UNIVERZITA
PARDUBICE
FAKULTA
CHEMICKO-
TECHNOLOGICKÁ

Udržitelné zdroje energie a průmyslových surovin

Prezenční bakalářské studium

prof. Ing. Tomáš Weidlich, Ph.D.

Studijní materiál

Co můžete čekat:

- Celý semestr pondělních 2-hodinových prezentací o energetice, obnovitelných zdrojích a surovinové základně především na bázi biomasy
- Seznámení s aktuálními informacemi týkajícími se problematiky obnov.zdrojů
- Seznámení s dostupnými a důvěryhodnými informačními zdroji
- Zkoušení formou písemné/ústní zkoušky
- Zkouškové otázky budou dostupné před začátkem zkouškového období

Časový rozvrh přednášek:

1. **Možnosti získávání energie**, srovnání využití konvenčních a obnovitelných zdrojů energie:

- a) **tepelné** = kotle na tuhá paliva, solární kolektory
- tepelná čerpadla, geotermální zdroje
- b) **elektrické energie** = fotovoltaické systémy, větrné, vodní, jaderné, tepelné elektrárny

- c) **mechanické** = pohon dopravních prostředků, principy tradičních a alternativních způsobů

Časový rozvrh přednášek, pokračování:

2. Využití surovin na bázi obnovitelných zdrojů:

- Mechanické zpracování biomasy na výrobky
- Zpracování dřeva v papírnách,
- Přeměna biomasy na výchozí suroviny pro chemický průmysl (polymery, čistící prostředky,…)
- Chemikálie pro výrobu tzv. chemických specialit (agrochemikálie, léčiva, potravinové doplňky)

Obsah

1.týden Energetické zdroje v ČR, Evropě a ve světě, úloha obnovitelných zdrojů a jejich dopady na ŽP
2.týden Vodní energie, velké a malé vodní elektrárny, popis technologie, druhy turbín, jejich použití.
3.týden Větrná energie, větrné elektrárny, rozdělení používaných technologií, příklady z praxe.
4.týden Přímé využití energie slunce, sluneční kolektory, Stirlingův motor, sluneční elektrárny, využití tepelné energie, parní elektrárny, popis technologie tepelných elektráren a jejich použití
5.týden Nové technologie v oblasti tepelných elektráren, kogenerace, plynové turbíny, paroplynový cyklus, problematika získávání CO2-bezemisních paliv (amoniaku, hydrazinu, hydridů).
6.týden Úloha biomasy při získávání energie v tepelných energetických zdrojích, spalování biomasy, výroba a energetické využití bioplynu.
7.týden Jaderná energetika v roli nízkoemisního energetického zdroje, používané typy reaktorů, jaderné elektrárny.
8.týden Průmyslové suroviny na bázi biomasy = získávání biopolymerů (škrob, polyhydroxybutyrát, polylaktidy a další polyestery), problematika zpracování živných roztoků z biotechnologických výrob.
9.týden Možnosti průmyslového využití škrobu. Modifikované škroby a jejich průmyslové využití.
10.týden Klíčové oligo- a monosacharidy dostupné z biomasy a jejich průmyslové využití.
11.týden Průmyslové suroviny na bázi lignocelulózové biomasy, biorafinérie a v nich používané průmyslové techniky separace celulosy od ligninu a hemicelulóz.
12.týden Výroba polymerů na bázi regenerované celulosy (výroba viskózy, Lyocelu, atd.).
13.týden Výroba organických chemických specialit na bázi biomasy (vitamín C, antibiotika, cyklosporin, atd.).

Studijní materiály dostupné on-line nebo v odb.knihovně:

1. **Dokumenty BREF:**
   viz.: Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF) | MPO

2. **Sbírka zákonů, Statistická ročenka, Statistical Review of World Energy (BP), firemní ESG reporty, BP Sustainability Report,…**
3. **Odborné časopisy: Energie 21, Scientific American, VTM, Vesmír, Nature, Science…**

4. **On-line dostupné:** oenergetice.cz
https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik

energy institute

2025 | 74th edition

Statistical Review of World Energy

Studijní materiály dostupné on-line nebo v odb.knihovně:

1. **Dokumenty BREF:**
   viz.: Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF) | MPO

2. **Sbírka zákonů, Statistická ročenka, Statistical Review of World Energy (BP), firemní ESG reporty, BP Sustainability Report,…**
3. **Odborné časopisy: Energie 21, Scientific American, VTM, Vesmír, Nature, Science…**

4. **On-line dostupné:** oenergetice.cz
https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik

Př. nadnárodní firmy BP (těžaře ropy a plynu) a jeho aktuální firemní politika:

bp Sustainability Report 2024







Sustainability of BP Corporation:

2024 at a glance

We are an integrated energy company, one of only a few that can deliver energy at global scale through a decades-long energy transition. We are in action to grow shareholder value, strengthen bp and build our resilience to deliver energy to the world, today and tomorrow.

We have operations in Europe, North and South America, Australasia, Asia and Africa.

About bp

Employees
100,500[a]
(2023 87,800)

Countries of operation
61
(2023 61)

Underlying replacement cost (RC) profit★
$8.9bn
(2023 $13.8bn)

Our 2024 performance

Upstream production★
2.4mmboe/d
(2023 2.3mmboe/d)

Biogas supply volumes★
23mboe/d[b]
(2023 22mboe/d)

Strategic convenience sites★
2,950
(2023 2,850)

Electric vehicle charge points★
>39,000
(2023 >29,000)

Developed renewables to FID★ (net)
8.2GW
(2023 6.2GW)

Installed renewables capacity★ (net)
4.0GW
(2023 2.7GW)

Tier 1 and 2 process safety events★
38
(2023 39)

Value creation

Total economic value generated by bp
$197bn
(2023 $215.2bn)

Payments to partners and suppliers
$146.6bn
(2023 $151.7bn)

Dividends
$5.0bn
(2023 $4.8bn)

Taxes to governments
$10.6bn
(2023 $11.9bn)

Benefits paid to employees
$11.2bn
(2023 $10.3bn)

Social investment spend
$76m
supporting additional initiatives to benefit communities
(2023 $117m)

a This figure reflects new acquisitions and companies we have taken full ownership of including bp bioenergy and Lightsource bp.
b Conversion to mboe based on gasoline gallon equivalent (1 MMBTu = 8.04 gallons).
★ See the glossary on **pages 46-47**

Opakování z fyziky:

Dle SI soustavy:1 J = 1 W.s 1 kWh = 3,6 MJ

1 GJ = 277,7 kWh 1 TWh = 3,6 PJ

Běžně užívané násobky:

k =10^3 M = 10^6 G = 10^9 T = 10^{12} P = 10^{15}

Tuna ropného ekvivalentu (toe) 1 toe = 42 GJ

British thermal unit (btu) 1 btu = 1,055 kJ

Tuna měrného paliva (tmp) 1 tmp = 29,3 GJ

Barel ropy (1 bbl) ~ 159 litrů ropy

1 BOE = 6.1178632×10^9 J, 6.1 GJ či 1.7 MWh.

Sustainability of BP Corporation:

2024 at a glance

We are an integrated energy company, one of only a few that can deliver energy at global scale through a decades-long energy transition. We are in action to grow shareholder value, strengthen bp and build our resilience to deliver energy to the world, today and tomorrow.

We have operations in Europe, North and South America, Australasia, Asia and Africa.

About bp

Employees
100,500[a]
(2023 87,800)

Countries of operation
61
(2023 61)

Underlying replacement cost (RC) profit★
$8.9bn
(2023 $13.8bn)

Our 2024 performance

Upstream production★
2.4mmboe/d
(2023 2.3mmboe/d)

Biogas supply volumes★
23mboe/d[b]
(2023 22mboe/d)

Strategic convenience sites★
2,950
(2023 2,850)

Electric vehicle charge points★
>39,000
(2023 >29,000)

Developed renewables to FID★ (net)
8.2GW
(2023 6.2GW)

Installed renewables capacity★ (net)
4.0GW
(2023 2.7GW)

Tier 1 and 2 process safety events★
38
(2023 39)

Value creation

Total economic value generated by bp
$197bn
(2023 $215.2bn)

Payments to partners and suppliers
$146.6bn
(2023 $151.7bn)

Dividends
$5.0bn
(2023 $4.8bn)

Taxes to governments
$10.6bn
(2023 $11.9bn)

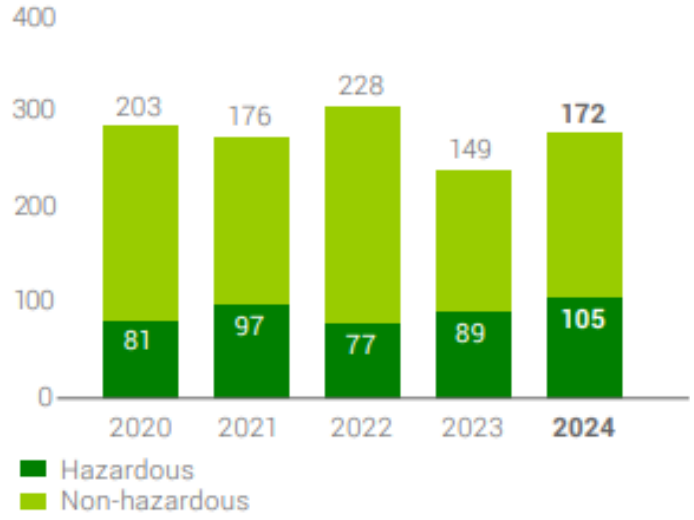
Benefits paid to employees
$11.2bn
(2023 $10.3bn)

Social investment spend
$76m
supporting additional initiatives to benefit communities
(2023 $117m)

a This figure reflects new acquisitions and companies we have taken full ownership of including bp bioenergy and Lightsource bp.
b Conversion to mboe based on gasoline gallon equivalent (1 MMBTu = 8.04 gallons).
★ See the glossary on pages 46-47

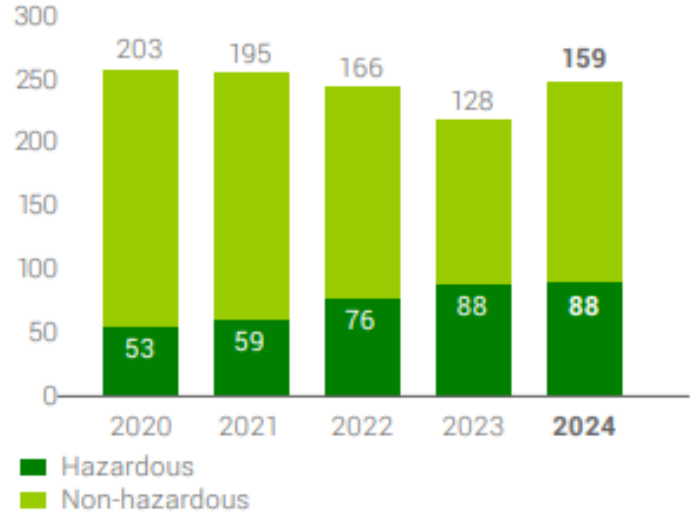
Waste disposed

(kt)



Waste recycled or recovered

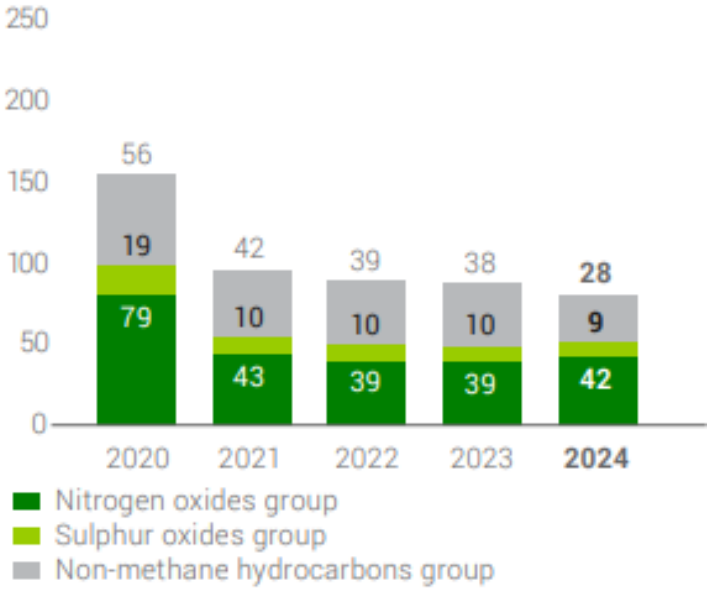
(kt)



Find more environmental and social data:
bp.com/ESGdata

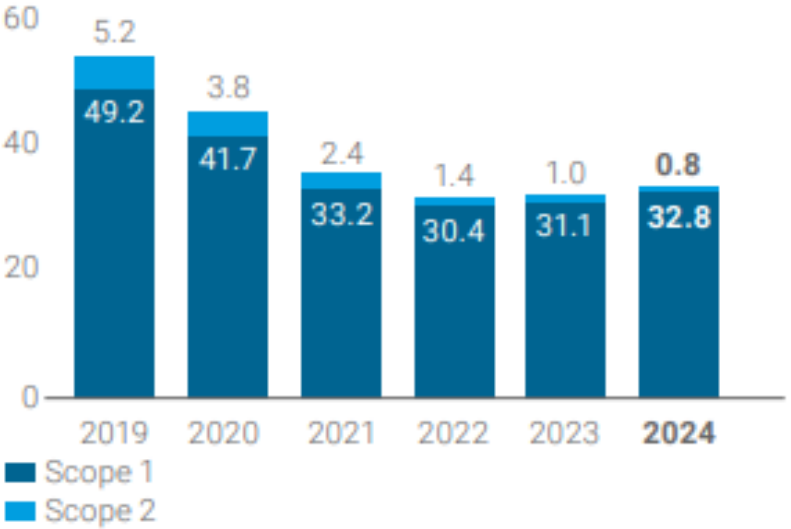
Air emissions

by substance (kt)



Scope 1 (direct) and Scope 2 (indirect) GHG emissions (operational control boundary)[c,d,e]

($MtCO_2e$)



Studijní materiály dostupné on-line nebo v odb.knihovně:

1. **Dokumenty BREF:**
   viz.: Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF) | MPO

2. **Sbírka zákonů, Statistická ročenka, Statistical Review of World Energy (BP), firemní ESG reporty, BP Sustainability Report,…**
3. **Odborné časopisy: Energie 21, Scientific American, VTM, Vesmír, Nature, Science…**

4. **On-line dostupné:** oenergetice.cz
https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik

Pro fandy o obor OZE: časopisy Energie 21 a Scientific American, …





Studijní materiály dostupné on-line nebo v odb.knihovně:

1. **Dokumenty BREF:**
   viz.: Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách (BREF) | MPO

2. **Sbírka zákonů, Statistická ročenka, Statistical Review of World Energy (BP), firemní ESG reporty, BP Sustainability Report,…**
3. **Odborné časopisy: Energie 21, Scientific American, VTM, Vesmír, Nature, Science…**

4. **On-line dostupné:** oenergetice.cz
https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik

oenergetice.cz: https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik

https://oenergetice.cz

OENERGETICE.CZ

Monitoring | Kariéra v energetice | Reporty a data | Zpravodajs



Monitoring | Nejčtenější | Komentáře

Washington tlačí na Brusel: EU může skončit s ruským plynem už do roka
Hrot24, 15. září 2025, 05:37

IEA: Výhled cen zemního plynu vypadá pro EU pozitivně
oEnergetice.cz, 15. září 2025, 05:19

Nové emisní povolenky mají začít platit za rok a čtvrt. Končící vláda chce úpravy, opozice je odmítá úplně
iRozhlas.cz, 14. září 2025, 15:51

Rusko nahradilo Norsko. Česko bere plyn i ropu ze Severního moře
Ekonomický deník, 14. září 2025, 11:00

Projev o stavu EU: Co Von der Leyenová řekla o evropské energetice
oEnergetice.cz, 14. září 2025, 08:36

Více příspěvků



Top 10 událostí z energetiky za poslední týden
14. září 2025, 17:35 Bez komentáře



Projev o stavu EU: Co Von der Leyenová řekla o evropské energetice

Ad
egu KONFERENCE ENERGETIKA 2025
JAK UDĚLAT ENERGETIKU KONKURENCESCHOPNOU?
24. - 25. září 2025
Hotel Passage, Brno

Co jsou obnovitelné zdroje

Nápověda:

Jak se liší od zdrojů neobnovitelných (fosilních)?

1. Co jsou obnovitelné zdroje (OZ)??!

Definice **podle českého zákona o životním prostředí** je:

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf

OZE je označení některých vybraných, na Zemi přístupných forem energie, získané primárně především z jaderných přeměn v nitru slunce. Dalšími zdroji jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc.

Lidstvo je čerpá ve formách např. sluneční záření, větrná, vodní a geotermální energie, energie přílivu, biomasy a další.

http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie

Obnovitelné zdroje, pojem tzv. oběhové hospodářství (circular economy):

KAM S NÍM?

Souvislost se získáváním a se spotřebou energie?



Proč obnovitelné zdroje energie?

1. Tzv. skleníkový efekt a podíl CO_2 na jeho ovlivňování

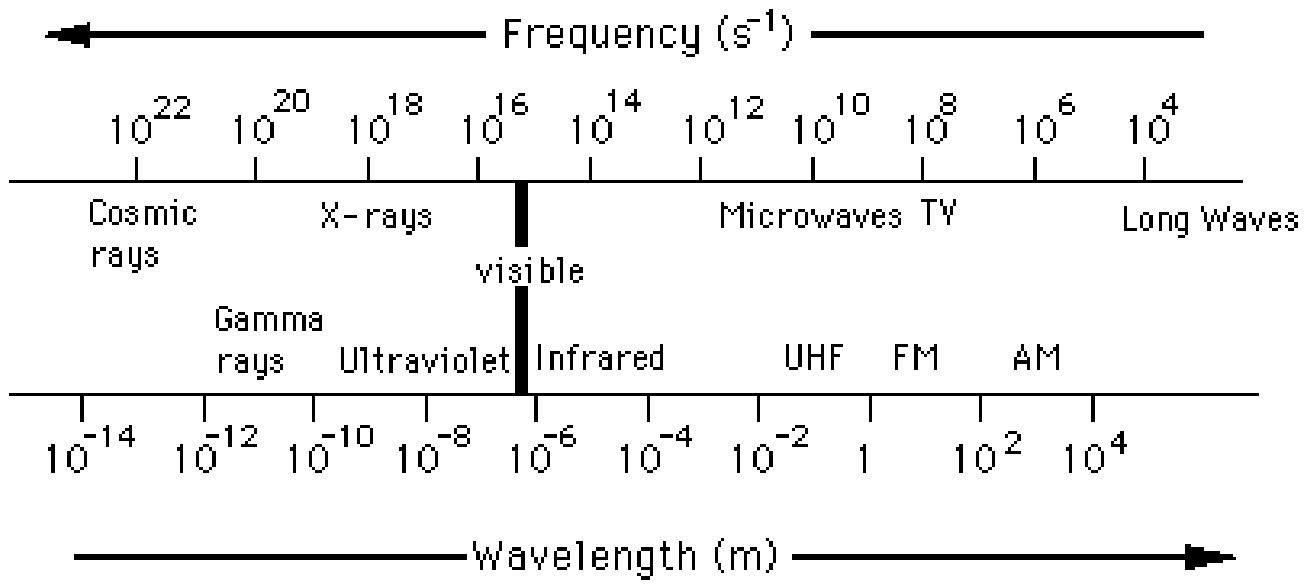
Obnovitelné (alternativní) zdroje (OZE) = prakticky nulová produkce CO_2



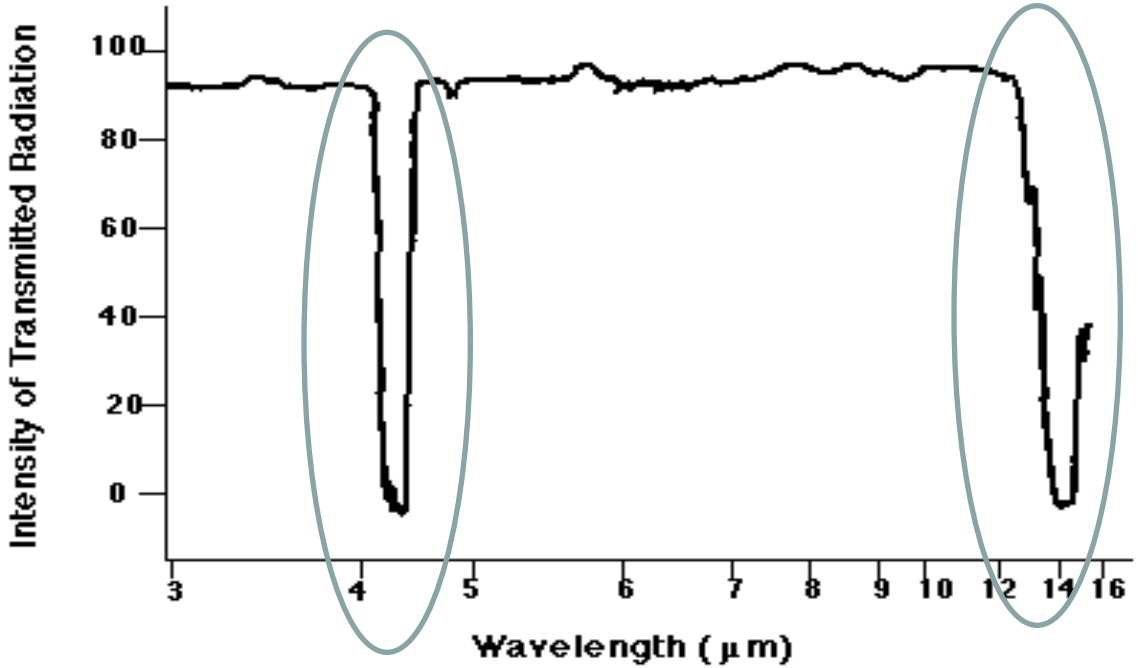
CO_2



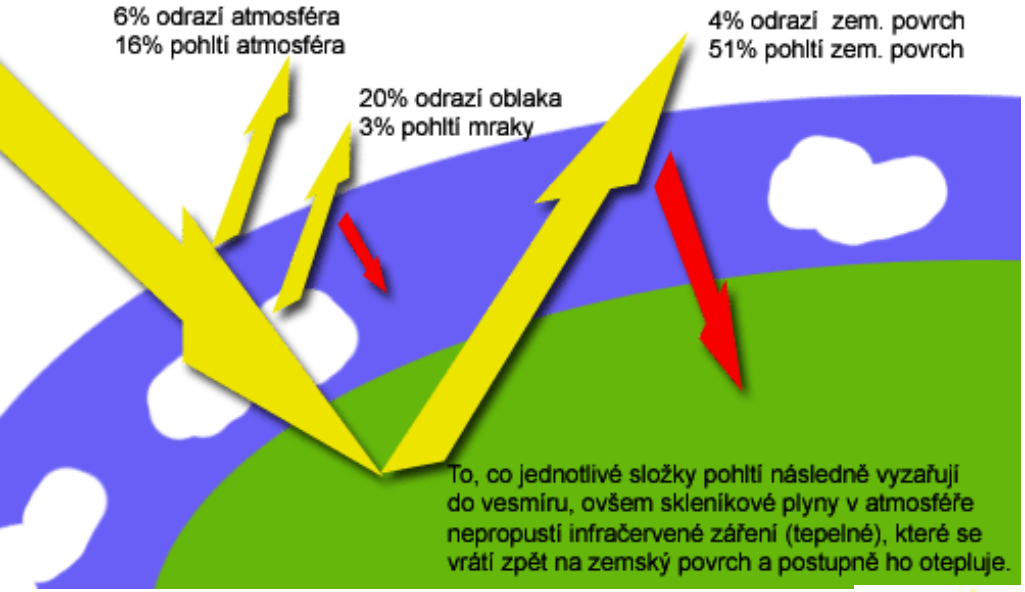
Rozdělení oblastí elektromagnetického spektra:



IR spektrum skleníkového plynu CO_2:



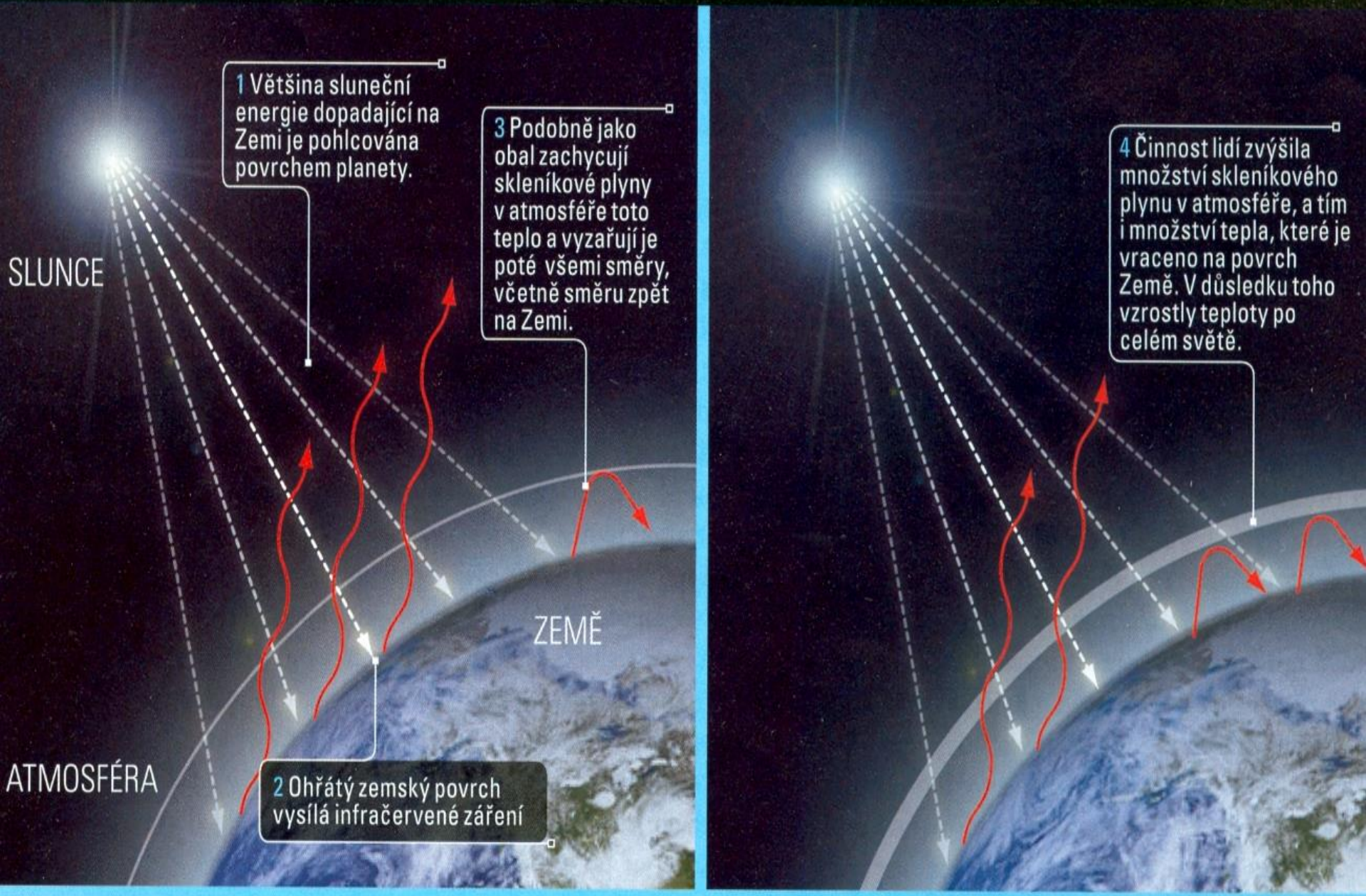
Předpokladem pro život na Zemi je skleníkový efekt, infračervené záření je zachycováno v atmosféře:





SKLENÍKOVÝ EFEKT

Předpokladem pro život na Zemi je skleníkový efekt: infrač ervené záření (teplo) je zachycováno v atmosféře.



Jak velké emise CO_2 lidstvo produkuje?

Ad. 1. Tzv. skleníkový efekt a podíl CO_2 na jeho ovlivňování:



CO_2



Podle databáze emisí Evropské komise pro globální atmosférický výzkum (EDGAR) vyprodukovaly lidské činnosti **v roce 2024 celkem 53,2 gigatun ekvivalentu CO_2.** To představuje nárůst o 1,3 % oproti předchozímu roku a přibližně roční emise celého Německa.
(Staženo 15.9.2025)

https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni

OENERGETICE.CZ Monitoring

6. Komise: Světové emise rostou, EU ale vede v jejich snižování



EmiseGlobální emise skleníkových plynů dosáhly v roce 2024 opět bezprecedentního maxima. Jak ale uvádí Evropská komise, hlavním světovým ekonomikám se daří skloubit hospodářský růst s omezením emisí. EU je v tomto lídrem.

Jak uvedla na svých stránkách evropská exekutiva, podle databáze emisí Evropské komise pro globální atmosférický výzkum (EDGAR) vyprodukovaly lidské činnosti v roce 2024 celkem 53,2 gigatun ekvivalentu CO2. To představuje nárůst o 1,3 % oproti

Opakování z fyziky:

Dle SI soustavy:1 J = 1 W.s 1 kWh = 3,6 MJ

1 GJ = 277,7 kWh 1 TWh = 3,6 PJ

Běžně užívané násobky:

k =10^3 M = 10^6 **G = 10^9** T = 10^{12} P = 10^{15}

Tuna ropného ekvivalentu (toe) 1 toe = 42 GJ

British thermal unit (btu) 1 btu = 1,055 kJ

Tuna měrného paliva (tmp) 1 tmp = 29,3 GJ

Barel ropy (1 bbl) ~ 159 litrů

=> 1 BOE 6.1178632 × 10^9 J, 6.1 GJ či 1.7 MWh.

Podle databáze emisí Evropské komise pro globální atmosférický výzkum (EDGAR) vyprodukovaly lidské činnosti **v roce 2024 celkem 53,2 gigatun ekvivalentu CO_2.** To představuje nárůst o 1,3 % oproti předchozímu roku a přibližně roční emise celého Německa.
(Staženo 15.9.2025)

https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni

OENERGETICE.CZ Monitoring

6. Komise: Světové emise rostou, EU ale vede v jejich snižování



EmiseGlobální emise skleníkových plynů dosáhly v roce 2024 opět bezprecedentního maxima. Jak ale uvádí Evropská komise, hlavním světovým ekonomikám se daří skloubit hospodářský růst s omezením emisí. EU je v tomto lídrem.

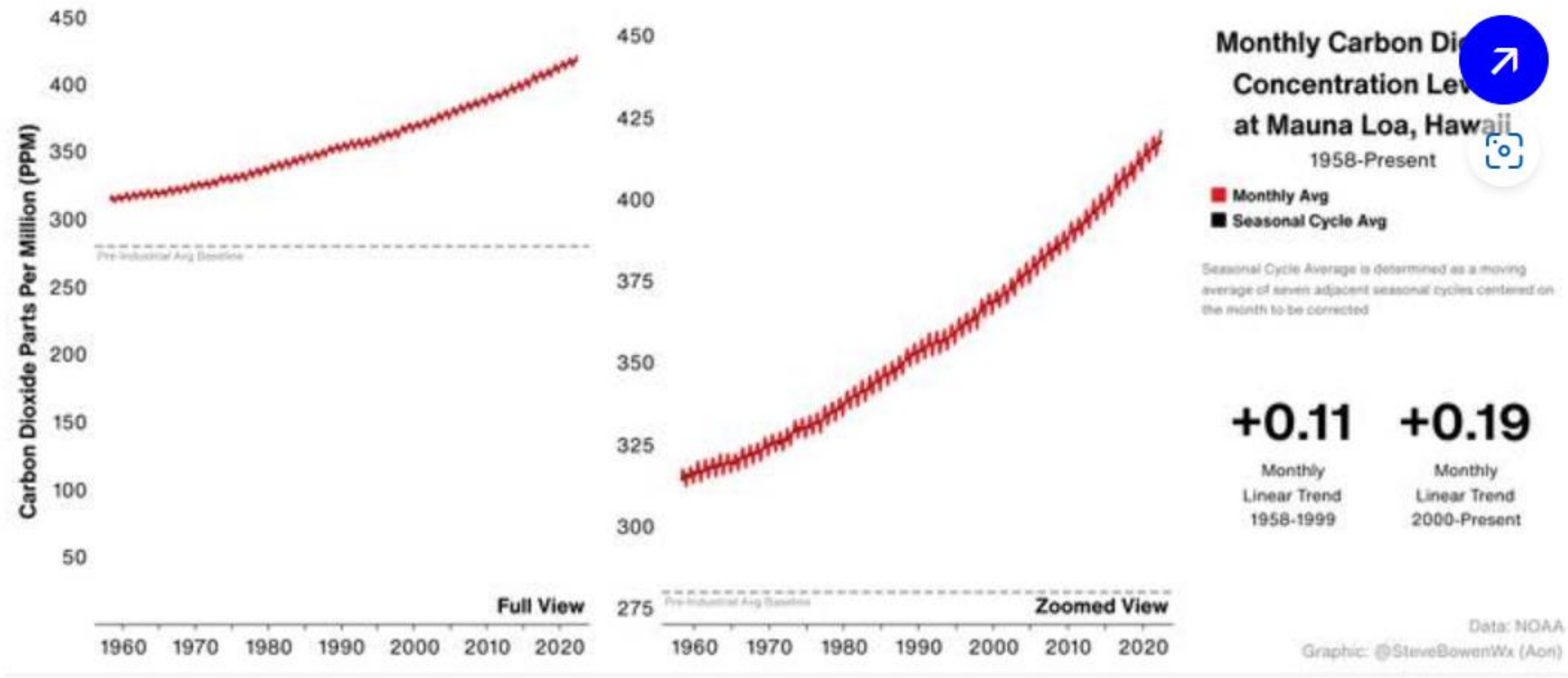
Jak uvedla na svých stránkách evropská exekutiva, podle databáze emisí Evropské komise pro globální atmosférický výzkum (EDGAR) vyprodukovaly lidské činnosti v roce 2024 celkem 53,2 gigatun ekvivalentu CO2. To představuje nárůst o 1,3 % oproti

Global emissions have increased on average 2.3% per annum since COVID

Carbon emissions increased 1% in 2024 exceeding the record level set the previous year reaching 40.8 $GtCO_2e$. US emissions dropped 0.7% below its 2023 levels against its ten-year average annual decline rate of 1% per annum. European emissions were nearly 16% below where they were a decade ago. CO_2 emissions from the combustion of fossil fuels are by far the largest source of energy-related greenhouse gas emissions contributing to 87% of the total.



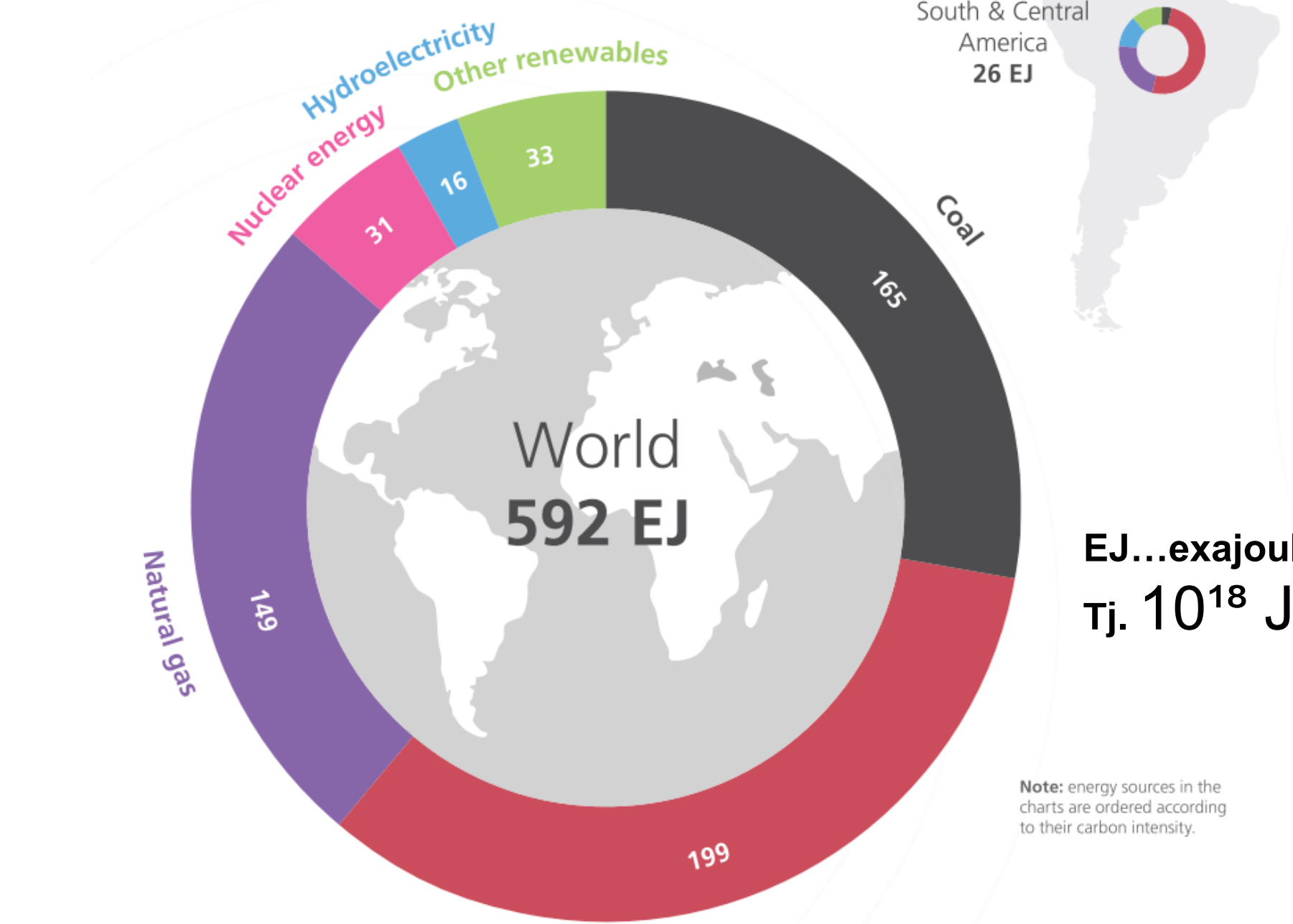
Vývoj koncentrace CO_2 v ovzduší:



Graf znázorňuje růst koncentrace CO_2 v atmosféře od šedesátých let dvacátého století po současnost. Součástí grafu je i průměrná hodnota před průmyslovou revolucí, jež činila 280 částic na milion (ppm). V současnosti je v ovzduší 421 ppm.

Graf Twitter Steve Bowen

https://denikreferendum.cz/clanek/34088-koncentrace-co2-dale-rostou-v-kvetnu-prolomily-rekord-stary-miliony-let



EJ…exajoule

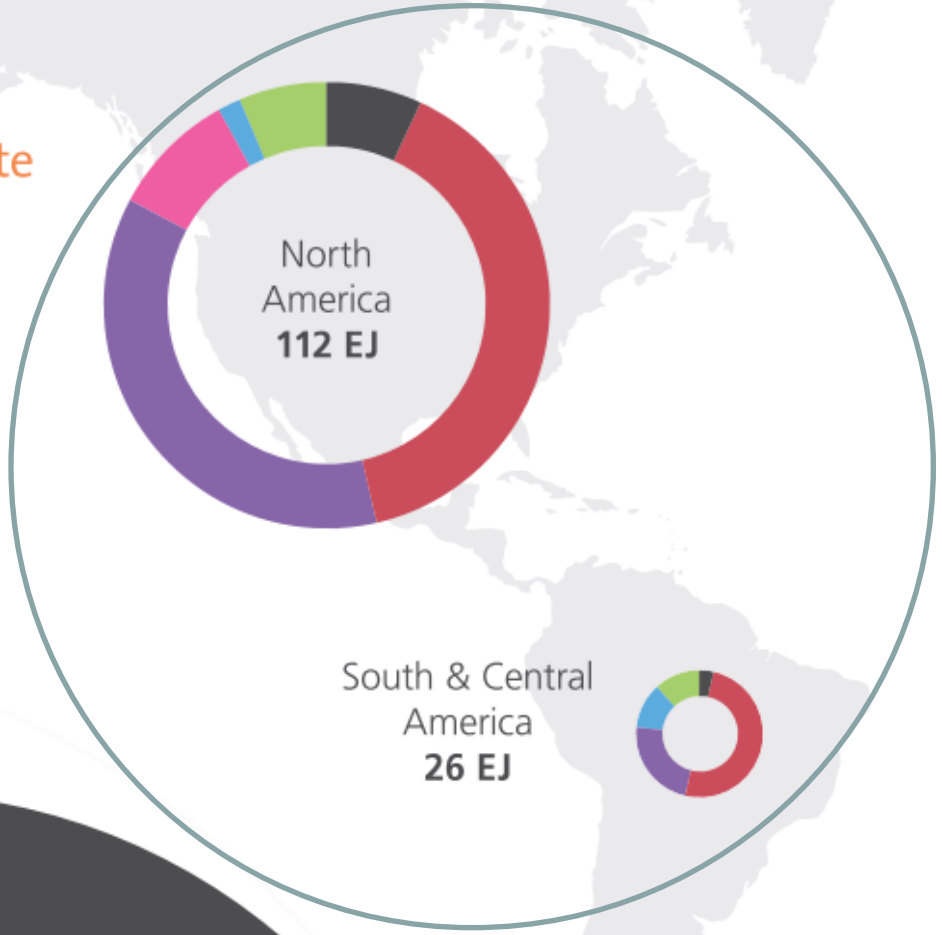
Tj. 10^{18} J

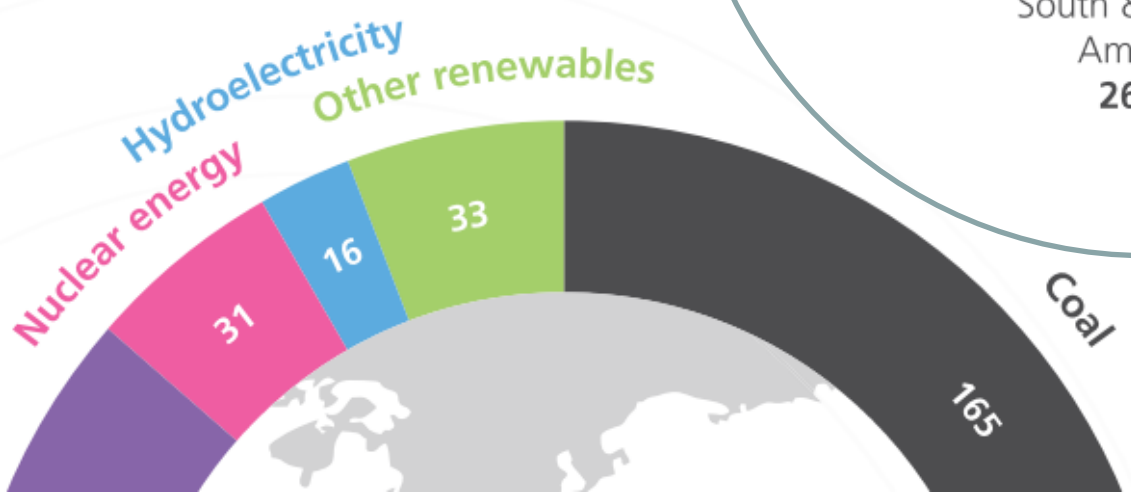
Note: energy sources in the charts are ordered according to their carbon intensity.

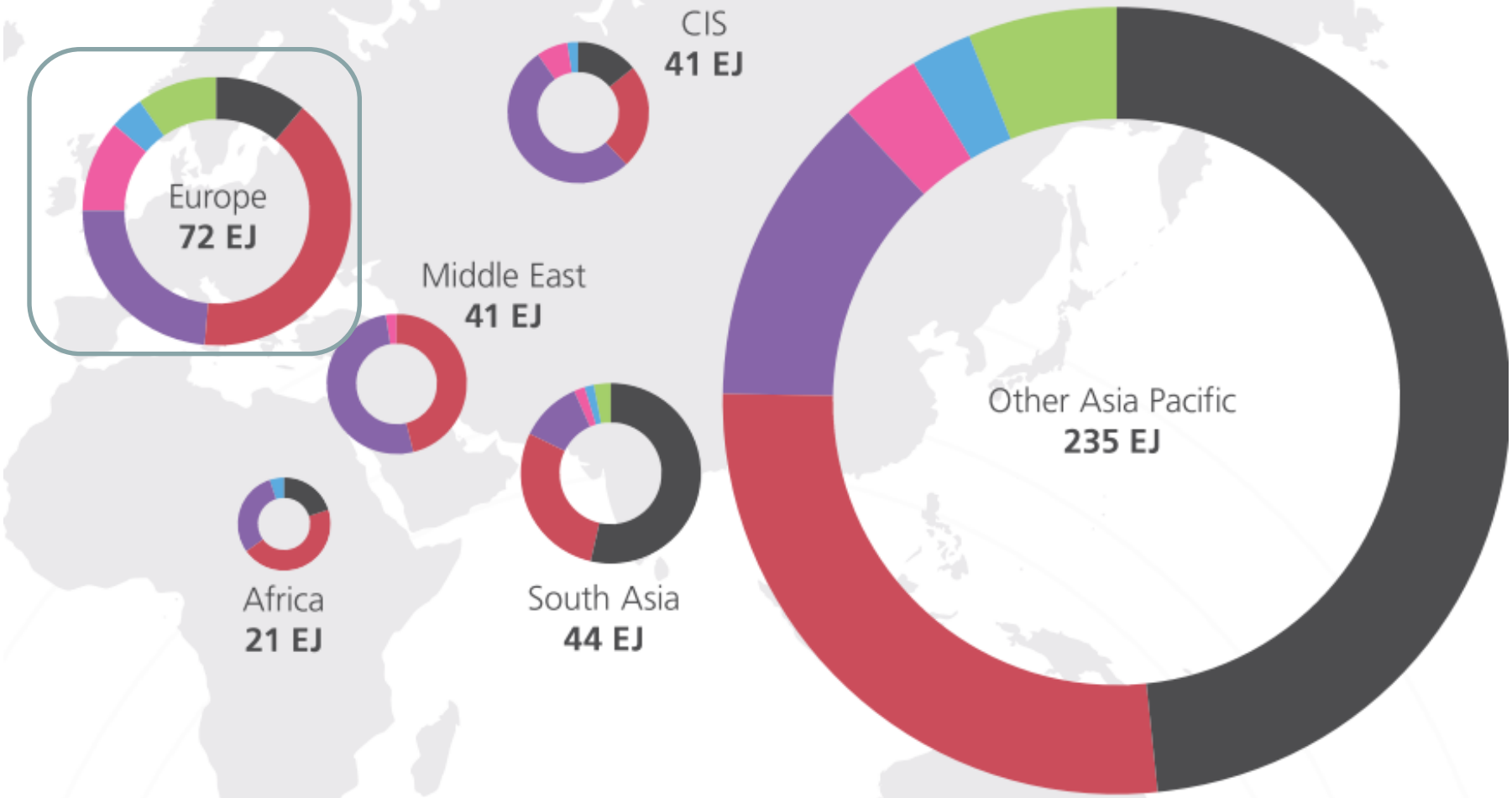
Získávání energie na Zemi

2024 Regional overview – access to energy and sustainability

Global energy demand increased 2% in 2024 with non-OECD countries dominating both the share of absolute demand and annual growth rates. Fossil fuels continue to underpin the energy system accounting for 87% of the energy mix.







Celý svět 592 EJ

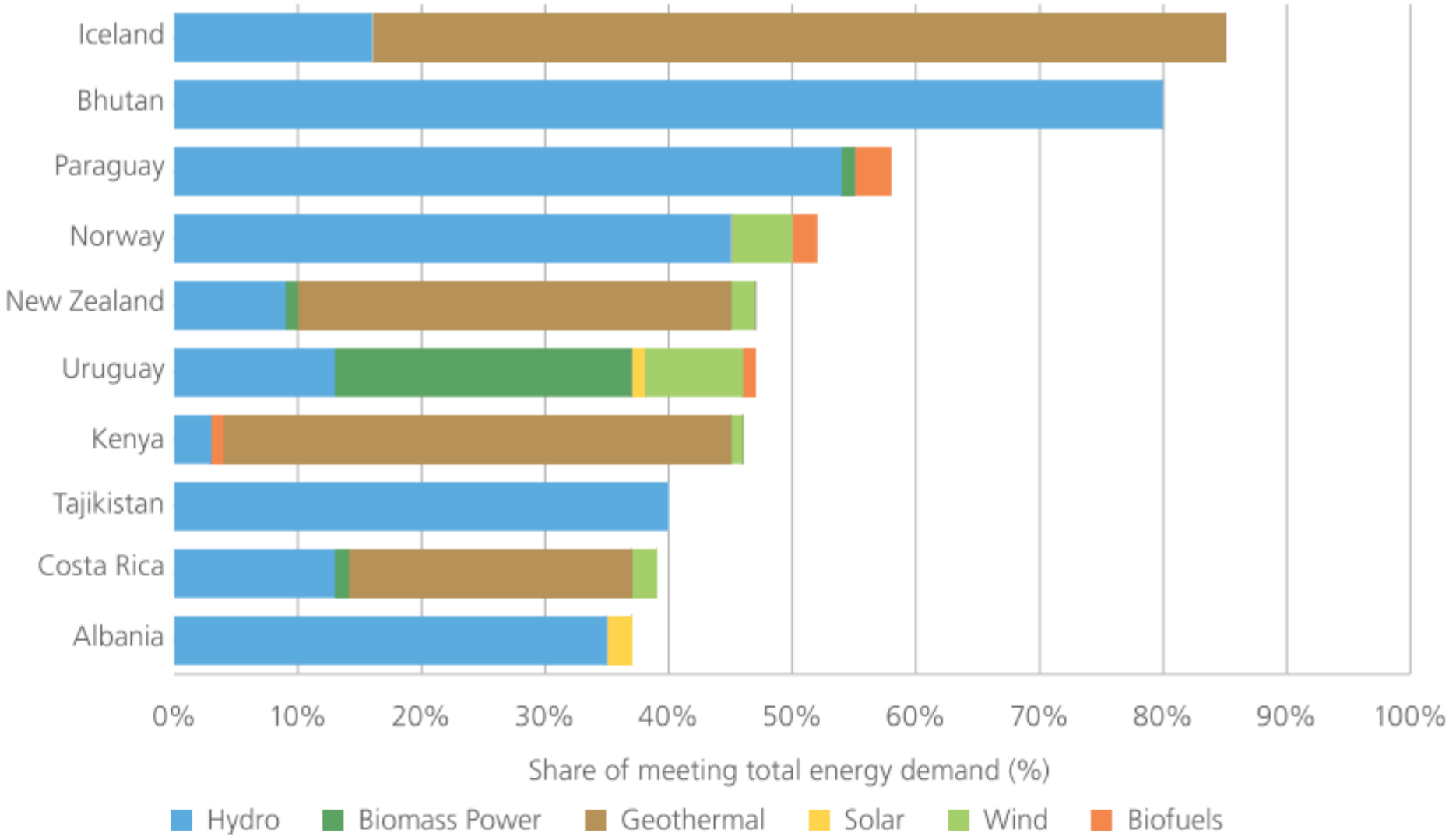
Evropa: The European Green Deal (EDG):

- Evropská unie ve svém dokumentu „The European Green Deal“ (dále jen EDG) přijala závazek na výrazné snížení emisí skleníkových plynů **s cílem dosažení klimatické neutrality do roku 2050**. Souhrn cílů dle tohoto dokumentu je následující:
- **Klimaticky neutrální EU**
- **Čisté oběhové hospodářství**
- Strategie biodiverzity
- Udržitelná a inteligentní mobilita
- **Čistá, dostupná a bezpečná energie**
- Stavebnictví – renovační vlna
- Z farmy na vidličku
- **Nulové znečištění: ŽP bez toxických látek**

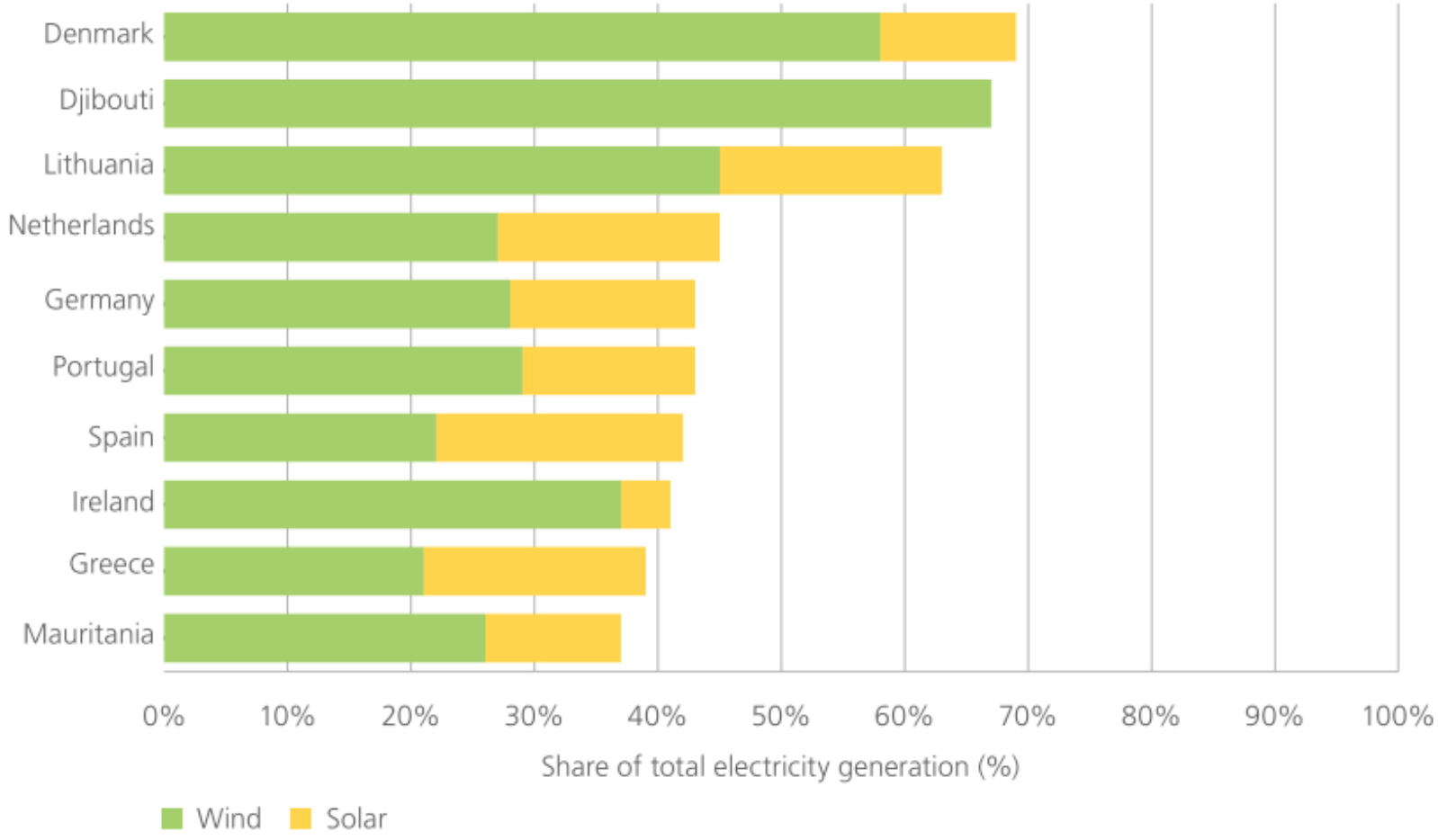
Jaká je realita?

Které státy světa mají největší podíl OZE?

2024 top ten countries by renewable contributions



2024 top ten countries wind and solar penetration



https://www.seznamzpravy.cz/clanek/studie-vyvraci-mytus-o-elektromobilech-opravdu-vyproduk

Globální průměrné emise skleníkových plynů podle technologií výroby elektřiny

	gram ekvivalentu CO2 / kWh	gram ekvivalentu CO2 / MJ
Uhlí	1001	278
Ropa	840	233
Zemní plyn	469	130
Jaderná energie	16	4
Bioenergie	230	64
Geotermální energie	45	13
Solární (fotovoltaická)	46	13
Solární (koncentrovaná)	22	6
Větrná energie	12	3
Mořská energie (z vln apod.)	8	2
Vodní energie	4	1

Zdroj: ICCT

Obnovitelné zdroje, pojem tzv. oběhové hospodářství (circular economy):

KAM S NÍM? (s CO_2)

Souvislost se získáváním a se spotřebou energie?



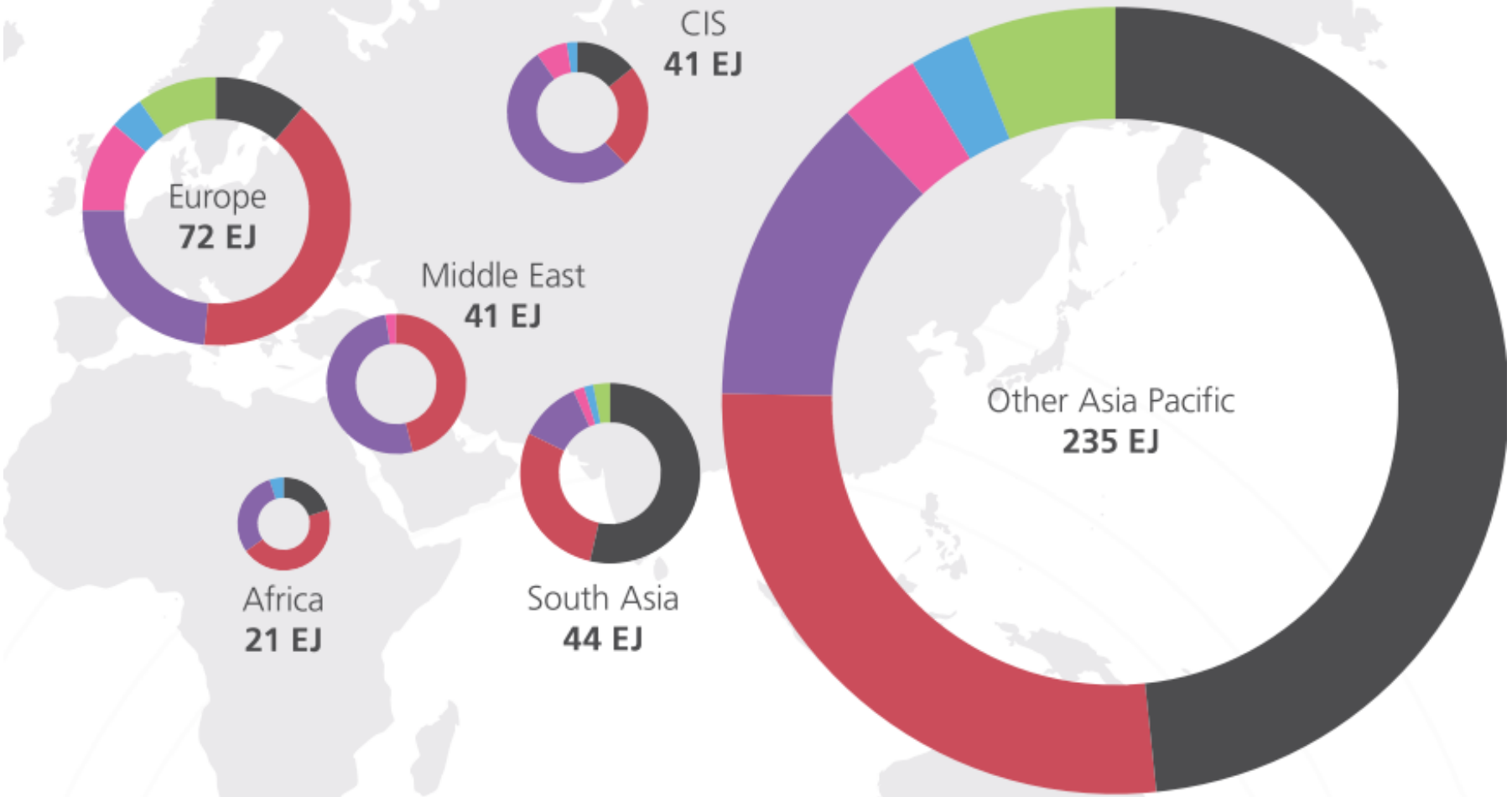
Ad.: Největší emitenti CO_2

V Číně klesají emise skleníkových plynů, i když spotřeba energie roste — ČT24 — Česká televize

Tomáš Karlík 22. 5. 2025|Zdroj: ČT24, Carbon Brief

- Podle zprávy think tanku Carbon Brief se **v prvním čtvrtletí roku 2025 emise v Číně meziročně snížily o 1,6 procenta**.
- **Jde ale o dlouhodobější trend, protože za posledních dvanáct měsíců zaznamenala země pokles o jedno procento**.
- **Hlavní příčinou jsou dodávky energie z obnovitelných a jaderných zdrojů**: ty dokázaly zajistit dodávky energie, které stále stoupají, a to i při klesající výrobě elektřiny z uhlí.
- **Za snížení emisí oxidu uhličitého v prvním čtvrtletí roku 2025 může hlavně 5,8procentní pokles v energetice**. Hlavní roli zde má uhlí, jehož spalováním se získává jak elektřina, tak i teplo. **Zatímco poptávka po elektřině celkově vzrostla o 2,5 procenta, ve výrobě tepelné energie – především z uhlí a plynu – došlo k poklesu o 4,7 procenta.**
- **Růst poptávky byl sice docela vysoký, ale Čína zapojuje tolik nových nefosilních zdrojů, že to stačilo ke kompenzaci tohoto nárůstu.** První kvartál bývá navíc lehce atypický tím, že během něj jedou naplno vodní elektrárny, které mají dostatek vody z jarního tání sněhu na horách.

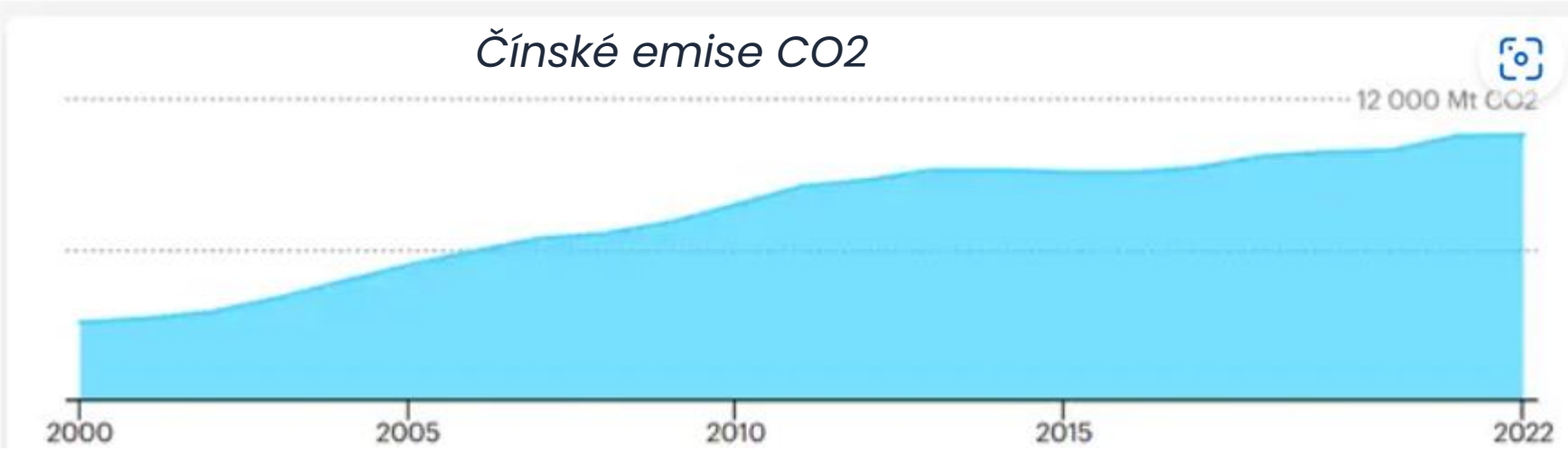
Celý svět 592 EJ



Čína snižuje svou emisní intenzitu. Na splnění cílů to však nestačí

OENERGETICE.CZ

- Největší světový producent skleníkových plynů, které oteplují klima, **Čína emituje přes 10 000 megatun CO2 ročně**.
- **To v roce 2022 odpovídalo 31% podílu na celkových světových emisích**.



Země však nemá cíle v oblasti snižování absolutní úrovně vypouštění oxidu uhličitého, místo toho se soustředí na uhlíkovou náročnost, která odráží množství oxidu uhličitého vyprodukovaného na jednotku hospodářského růstu. V období 2021-2025 plánuje snížit intenzitu o 18 %, což je součástí dlouhodobějšího cíle, který má vést k dosažení vrcholu emitování CO2 před rokem 2030.

Jak je na tom světový hegemon USA?

Celá roční americká produkce CO_2 se v posledních letech pohybuje kolem 4,9 miliard.

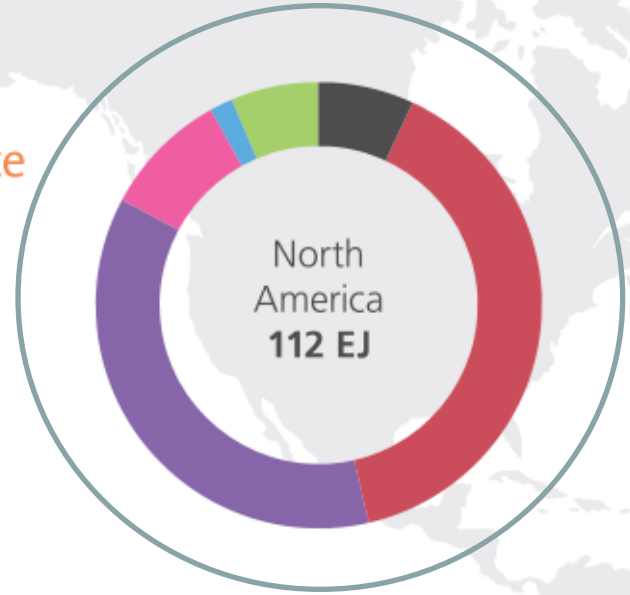
Trumpovy „ošklivé“ soláry a větrníky paradoxně triumfují. Krize je ale za rohem - Seznam Zprávy

https://www.seznamzpravy.cz/clanek/zahranicni-paradox-trumpovy-valky-s-vetrniky-nenavidi-je-ale-nesmi-byt-az-moc-uspesny-285534#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=hpfeed.sznhp.context&utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu

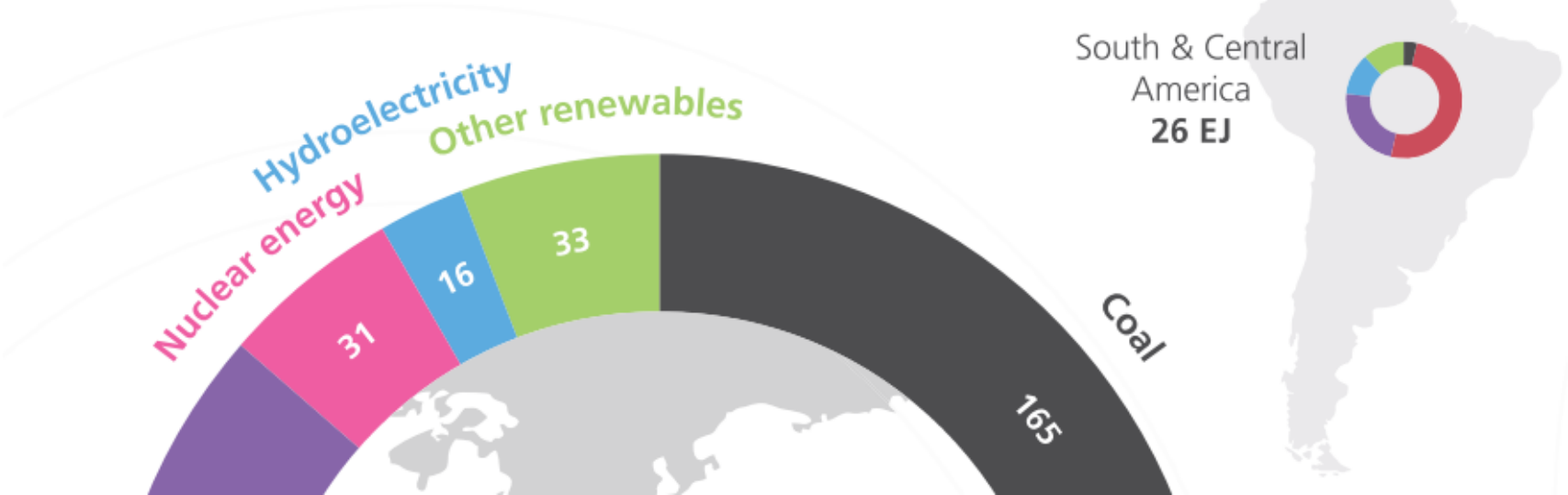
(staženo 20.9.2025)

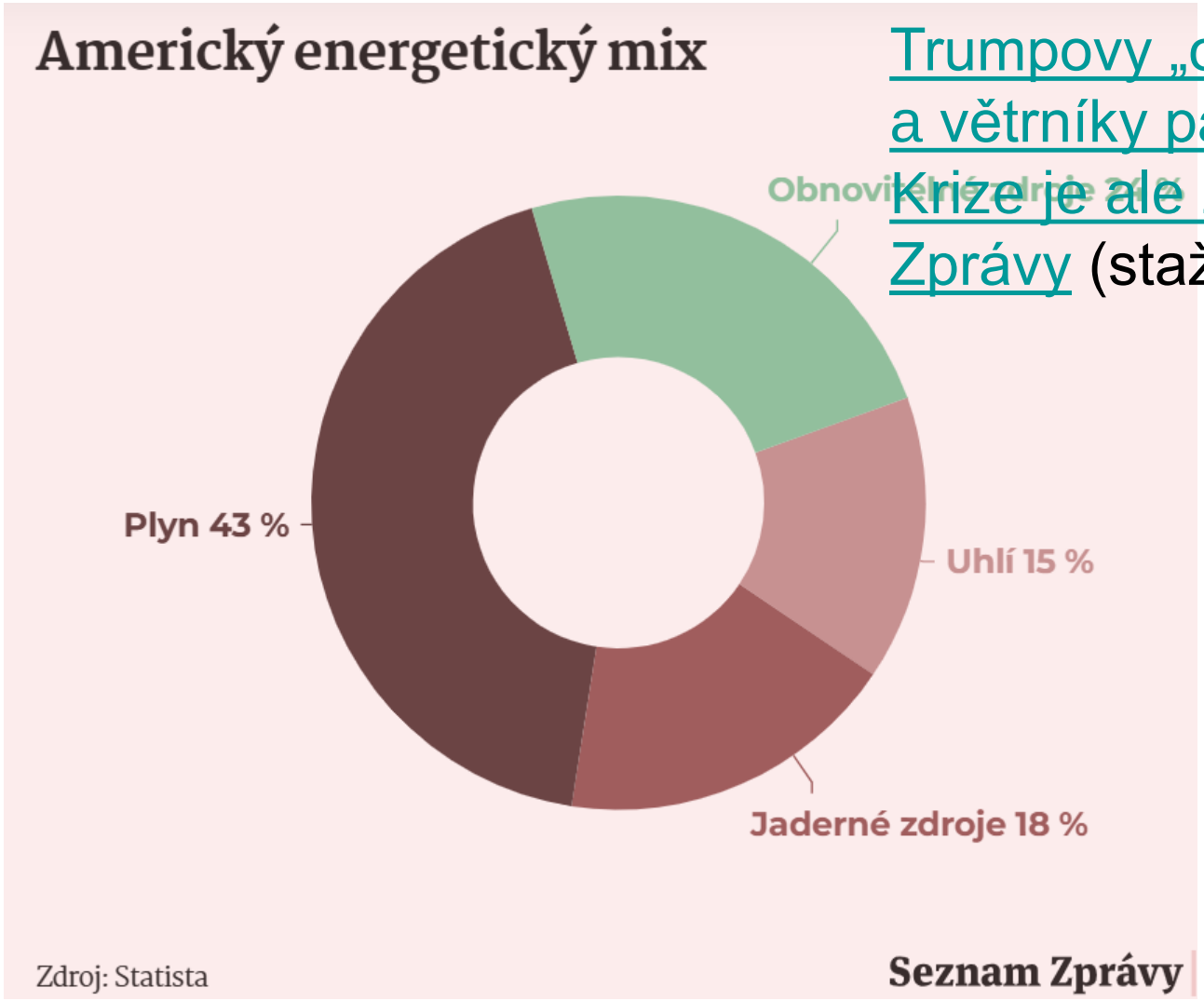
2024 Regional overview – access to energy and sustainability

Global energy demand increased 2% in 2024 with non-OECD countries dominating both the share of absolute demand and annual growth rates. Fossil fuels continue to underpin the energy system accounting for 87% of the energy mix.

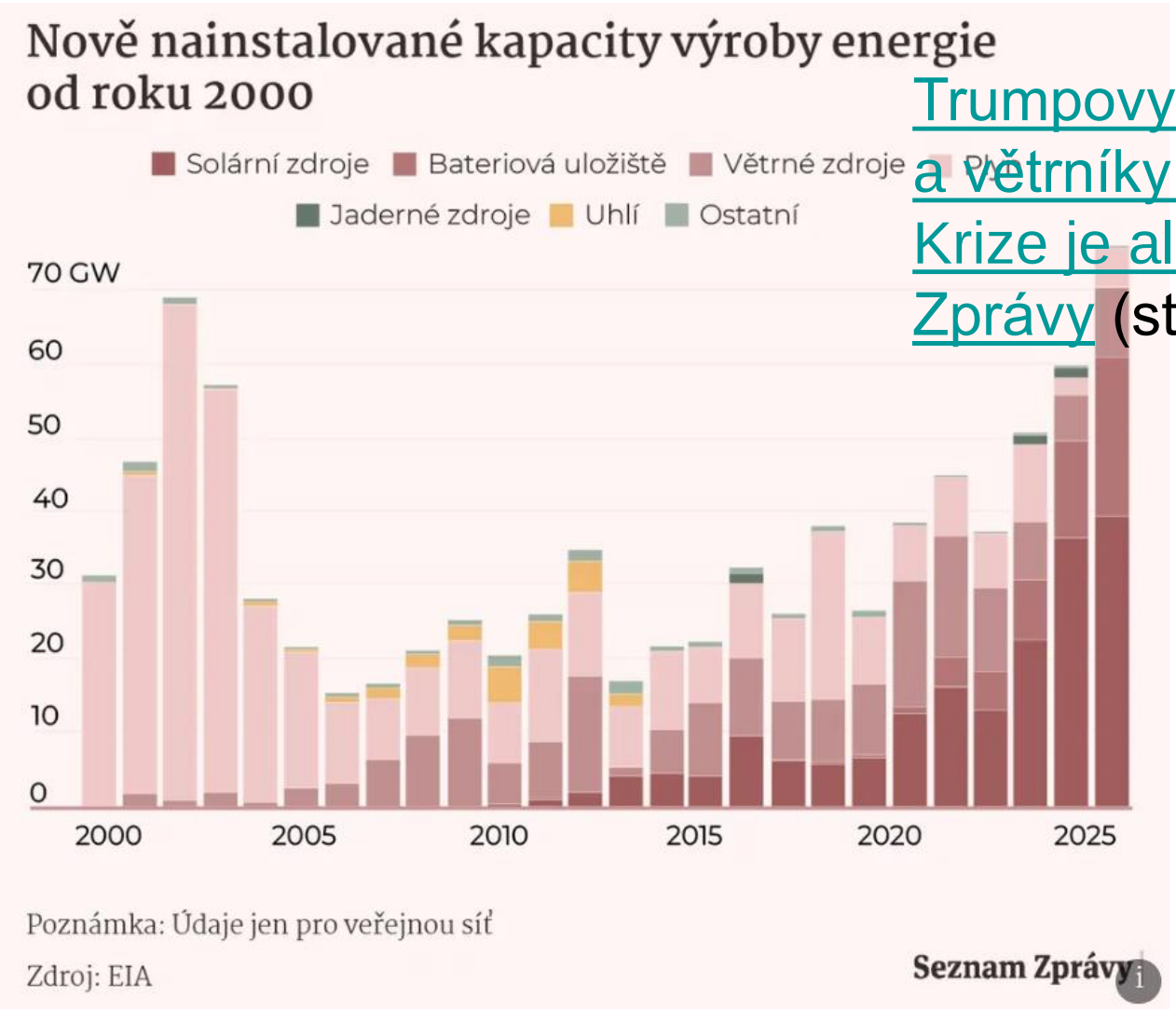


Celý svět 592 EJ





Trumpovy „ošklivé“ soláry a větrníky paradoxně triumfují. Krize je ale za rohem - Seznam Zprávy (staženo 20.9.2025)



[Trumpovy „ošklivé“ soláry a větrníky paradoxně triumfují. Krize je ale za rohem - Seznam Zprávy](#) (staženo 20.9.2025)

Pro srovnání emise ČR:

MŽP: Nejnižší emise CO2 v historii. V roce 2023 klesly v Česku emise poprvé pod hranici 100 milionů tun - Zelená transformace

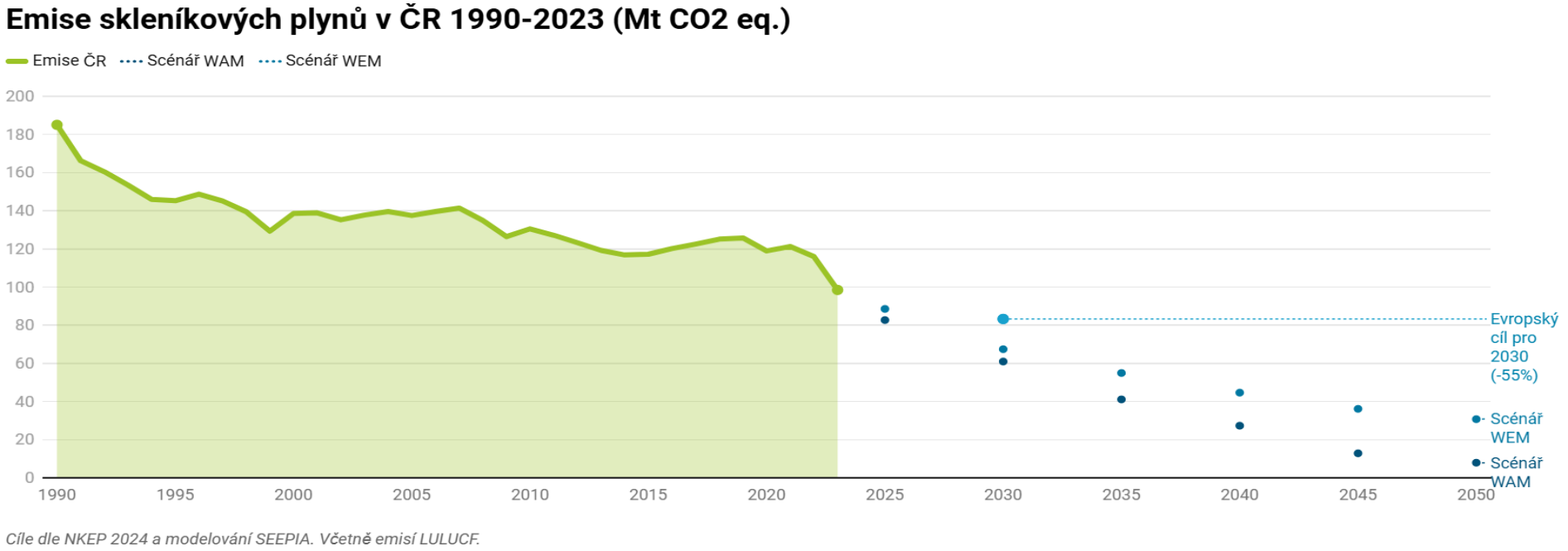
Viz.: https://zelenatransformace.cz/

MŽP zveřejnilo tiskovou zprávu s předběžnými daty z Národní inventarizační zprávy za rok 2023.

Podle nich klesly roční emise v roce 2023 meziročně o více než 15 % (17,5 Mt CO2eq.) na 99 Mt CO2eq. Jde o největší meziroční pokles od 90. let. Splnění evropského cíle do roku 2030 by znamenalo další snížení až na 85,7 Mt.

Od roku 1990 se celkové emise ČR již snížily o 47 %.

Evropský cíl pro rok 2030 je pak 55 %.



https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr

Celkové emise České republiky za rok 2022



Co znamená CO_2eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO_2, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH_4) a oxidu dusného (N_2O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplující efekt (ekvivalent CO_2).

VERZE 2025-03-17 LICENCE CC BY 4.0

* Sektor **lesnictví a využití půdy** (tzv. LULUCF) nezobrazujeme, tento sektor by **zvýšil** celkové emise o **3,4 Mt CO_2eq** (3 % ze zobrazených 118,5 Mt)

Statistická ročenka ČR z 2024:

Životní prostředí
Environment

3-15 Emise oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů
3-15 Emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases

v mil. t CO_2 ekvivalentu — *Million tonnes of CO_2 equivalent*

Typ látky	2015	2018	2019	2020	2021	2022	*Type of compound*
Skleníkové plyny celkem	**121,39**	**129,78**	**130,43**	**123,09**	**125,36**	**120,45**	***Greenhouse gases, total***
CO_2	**97,13**	**106,31**	**107,48**	**101,36**	**103,22**	**98,45**	***CO_2***
CO_2 emise	105,00	106,34	101,01	91,67	96,65	95,11	*CO_2 emissions*
CO_2 emise a propady v LULUCF[1)]	-7,87	-0,03	6,48	9,68	6,57	3,34	*CO_2 emissions and sinks in LULUCF[1)]*
CH_4	**14,94**	**14,17**	**13,80**	**13,10**	**13,21**	**13,08**	***CH_4***
N_2O	**5,90**	**5,41**	**5,23**	**4,82**	**5,10**	**5,20**	***N_2O***
fluorované látky celkem	**3,41**	**3,89**	**3,91**	**3,82**	**3,84**	**3,73**	***Fluorinated compounds, total***
částečně fluorované deriváty uhlovodíků (HFC)	3,32	3,82	3,84	3,75	3,74	3,61	*Hydrofluorocarbons (HFCs)*
úplně fluorované deriváty uhlovodíků (PFC)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	*Perfluorocarbons (PFCs)*
fluorid sírový (SF_6)	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	*Sulphur hexafluoride (SF_6)*
fluorid dusitý (NF_3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*Nitrogen trifluoride (NF_3)*
Mezinárodní letecká doprava	0,90	1,25	1,28	0,35	0,47	0,81	*International air transport*

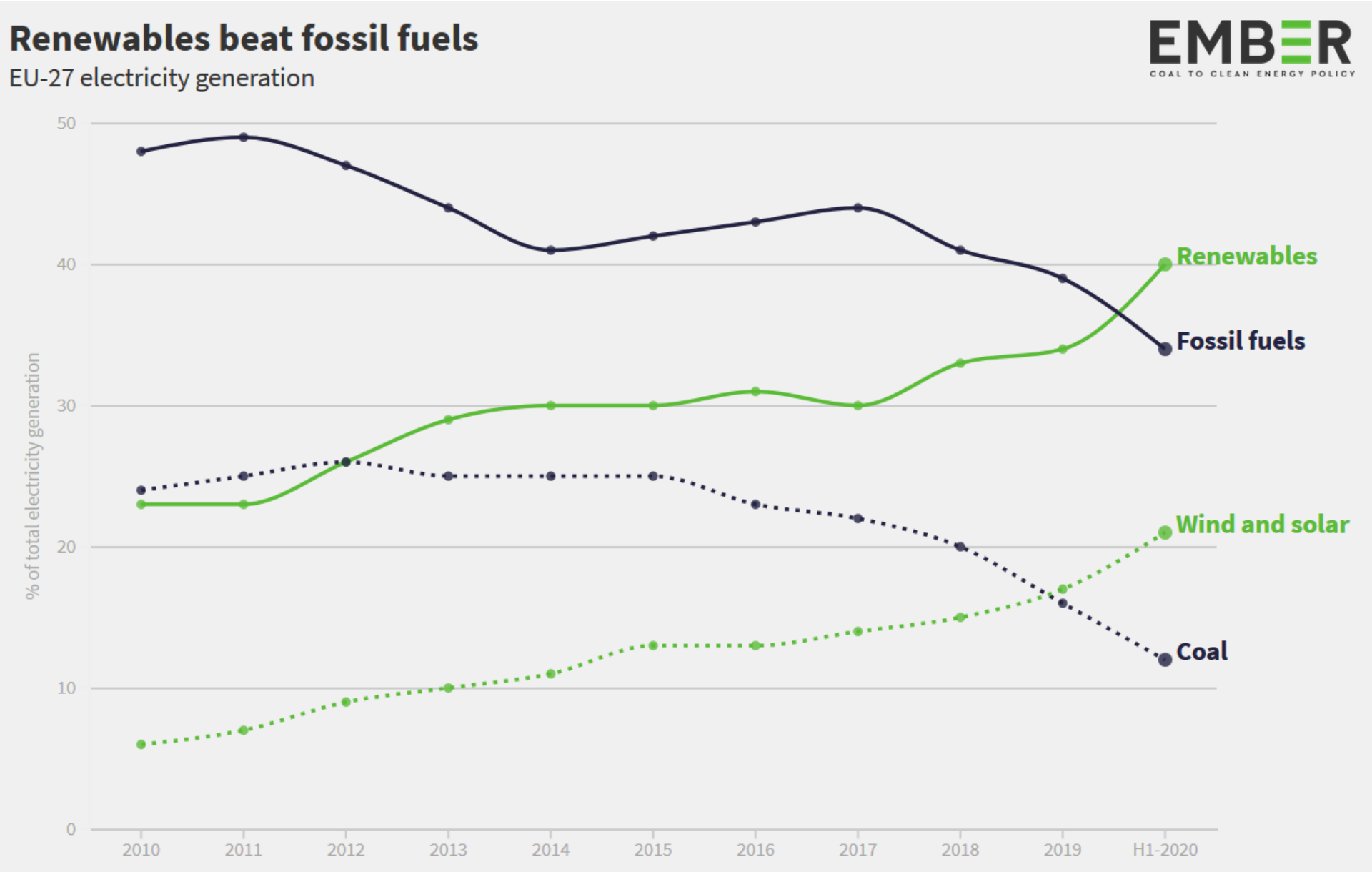
[1)] LULUCF – využívání krajiny, změny ve využití krajiny a lesnictví

[1)] *LULUCF – Land use, land use change and forestry*

Jak uvedenou produkci CO_2 (a tím i zastoupení OZE) srovnat?

- **Porovnat role OZE na celkové energetické produkci posuzovaného státu (výhody/nevýhody)**
- Vztáhnout na počet obyvatel hodnoceného státu
- …
- Vztáhnout na jednotku hospodářského růstu (použít např. HDP)

OZE v r.2020 v EU poprvé překonaly uhlí a plyn:



https://www.seznamzpravy.cz/clanek/studie-vyvraci-mytus-o-elektromobilech-opravdu-vyproduk

Globální průměrné emise skleníkových plynů podle technologií výroby elektřiny

	gram ekvivalentu CO2 / kWh	gram ekvivalentu CO2 / MJ
Uhlí	1001	278
Ropa	840	233
Zemní plyn	469	130
Jaderná energie	16	4
Bioenergie	230	64
Geotermální energie	45	13
Solární (fotovoltaická)	46	13
Solární (koncentrovaná)	22	6
Větrná energie	12	3
Mořská energie (z vln apod.)	8	2
Vodní energie	4	1

Zdroj: ICCT

Statistical Review of World Energy (BP):

Total energy Supply by fuel*

Exajoules	2023 Oil	Natural gas	Coal	Nuclear energy	Hydro-electricity	Renewables	Total	2024 Oil	Natural gas	Coal	Nuclear energy	Hydro-electricity	Renewables	Total
Canada	4.30	4.47	0.37	0.96	1.30	0.40	**11.81**	4.35	4.63	0.29	0.93	1.24	0.43	**11.87**
Mexico	3.57	3.62	0.28	0.14	0.07	0.35	**8.03**	3.60	3.61	0.28	0.13	0.08	0.33	**8.04**
US	35.88	31.98	8.19	8.90	0.87	5.37	**91.20**	35.82	32.48	7.90	8.98	0.86	5.79	**91.83**
Total North America	43.75	40.07	8.84	10.00	2.24	6.13	**111.03**	43.77	40.72	8.48	10.05	2.18	6.55	**111.75**
Argentina	1.33	1.62	0.05	0.10	0.11	0.14	**3.35**	1.22	1.64	0.04	0.11	0.11	0.15	**3.27**
Brazil	5.13	1.08	0.57	0.16	1.53	2.10	**10.58**	5.14	1.13	0.53	0.17	1.49	2.25	**10.71**
Chile	0.81	0.27	0.14	–	0.08	0.20	**1.51**	0.86	0.26	0.13	–	0.10	0.21	**1.54**
Colombia	0.92	0.47	0.20	–	0.22	0.06	**1.86**	0.91	0.48	0.22	–	0.20	0.07	**1.88**
Ecuador	0.57	0.02	^	–	0.09	0.01	**0.69**	0.59	0.02	^	–	0.08	0.01	**0.70**
Peru	0.52	0.36	0.03	–	0.10	0.04	**1.05**	0.54	0.41	0.03	–	0.12	0.04	**1.13**
Trinidad & Tobago	0.07	0.52	–	–	–	^	**0.59**	0.07	0.51	–	–	–	^	**0.58**
Venezuela	0.76	1.07	0.01	–	0.26	^	**2.10**	0.68	1.14	0.01	–	0.26	^	**2.10**
Other S. & Cent. America	2.67	0.41	0.18	–	0.31	0.37	**3.94**	2.78	0.49	0.17	–	0.30	0.38	**4.12**
Total S. & Cent. America	12.78	5.82	1.17	0.26	2.72	2.91	**25.66**	12.78	6.08	1.12	0.29	2.65	3.12	**26.04**
Austria	0.48	0.25	0.10	–	0.15	0.12	**1.10**	0.47	0.25	0.10	–	0.16	0.14	**1.12**
Belgium	1.15	0.50	0.10	0.36	^	0.16	**2.27**	1.18	0.48	0.11	0.34	^	0.15	**2.25**
Czech Republic	0.39	0.24	0.45	0.33	0.01	0.08	**1.50**	0.41	0.24	0.36	0.32	0.01	0.09	**1.43**
Finland	0.32	0.04	0.09	0.37	0.05	0.20	**1.08**	0.31	0.05	0.08	0.36	0.05	0.22	**1.06**
France	2.80	1.23	0.18	3.69	0.20	0.48	**8.57**	2.79	1.15	0.18	4.15	0.26	0.48	**9.01**
Germany	4.20	2.62	1.75	0.08	0.07	1.42	**10.14**	4.24	2.83	1.58	–	0.08	1.41	**10.14**
Greece	0.62	0.19	0.05	–	0.01	0.09	**0.96**	0.62	0.24	0.04	–	0.01	0.10	**1.01**
Hungary	0.34	0.30	0.04	0.17	^	0.06	**0.90**	0.34	0.30	0.03	0.17	^	0.07	**0.91**
Italy	2.57	2.11	0.19	–	0.15	0.63	**5.65**	2.57	2.12	0.10	–	0.20	0.61	**5.60**
Netherlands	1.67	0.93	0.16	0.04	^	0.30	**3.10**	1.56	0.94	0.17	0.04	^	0.31	**3.02**
Norway	0.39	0.14	0.03	–	0.49	0.07	**1.12**	0.39	0.12	0.03	–	0.50	0.07	**1.12**
Poland	1.40	0.70	1.48	–	0.01	0.27	**3.86**	1.42	0.76	1.33	–	0.01	0.29	**3.80**
Portugal	0.45	0.16	^	–	0.04	0.13	**0.79**	0.44	0.13	^	–	0.05	0.14	**0.77**
Romania	0.47	0.33	0.11	0.12	0.07	0.06	**1.15**	0.50	0.34	0.09	0.12	0.05	0.06	**1.16**
Spain	2.51	1.06	0.11	0.62	0.09	0.61	**5.00**	2.67	1.02	0.10	0.60	0.12	0.62	**5.13**
Sweden	0.47	0.03	0.07	0.53	0.24	0.32	**1.65**	0.49	0.03	0.07	0.55	0.23	0.29	**1.66**
Switzerland	0.39	0.12	^	0.25	0.13	0.05	**0.95**	0.39	0.12	^	0.25	0.16	0.05	**0.97**
Türkiye	2.32	1.73	1.68	–	0.23	0.70	**6.66**	2.37	1.83	1.80	–	0.27	0.75	**7.02**
Ukraine	0.39	0.67	0.39	0.57	0.05	0.04	**2.11**	0.40	0.72	0.39	0.58	0.05	0.03	**2.16**
United Kingdom	2.67	2.29	0.18	0.44	0.02	0.81	**6.42**	2.68	2.23	0.17	0.44	0.02	0.89	**6.43**

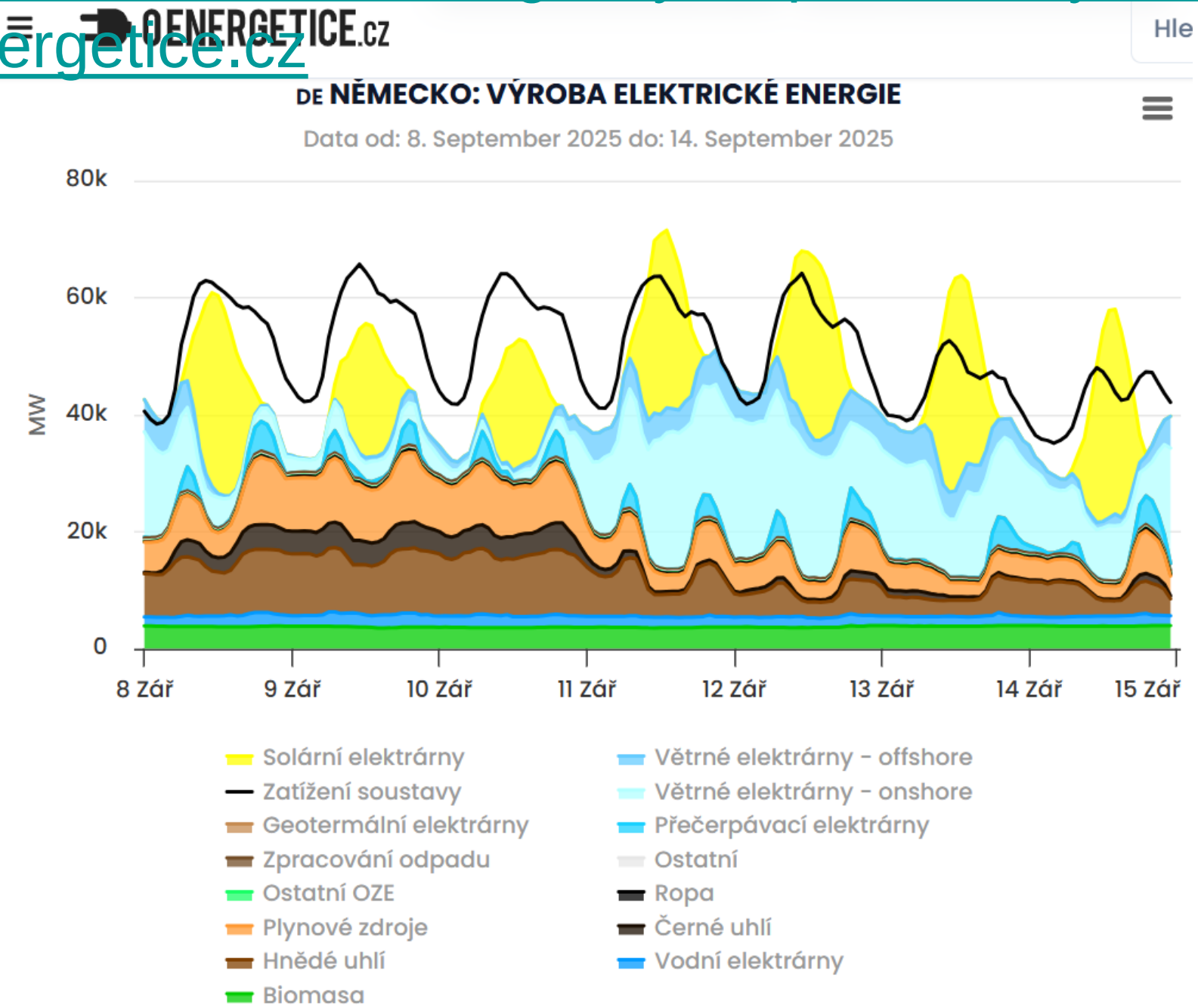
Vliv různých energetických zdrojů na dodávky el.energie do rozvodné sítě

Srovnání SRN a ČR

Top 10 událostí z energetiky za poslední týden - oEnergetice.cz

Top 10 událostí z energetiky za poslední týden - oEnergetice.cz

https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni



https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni

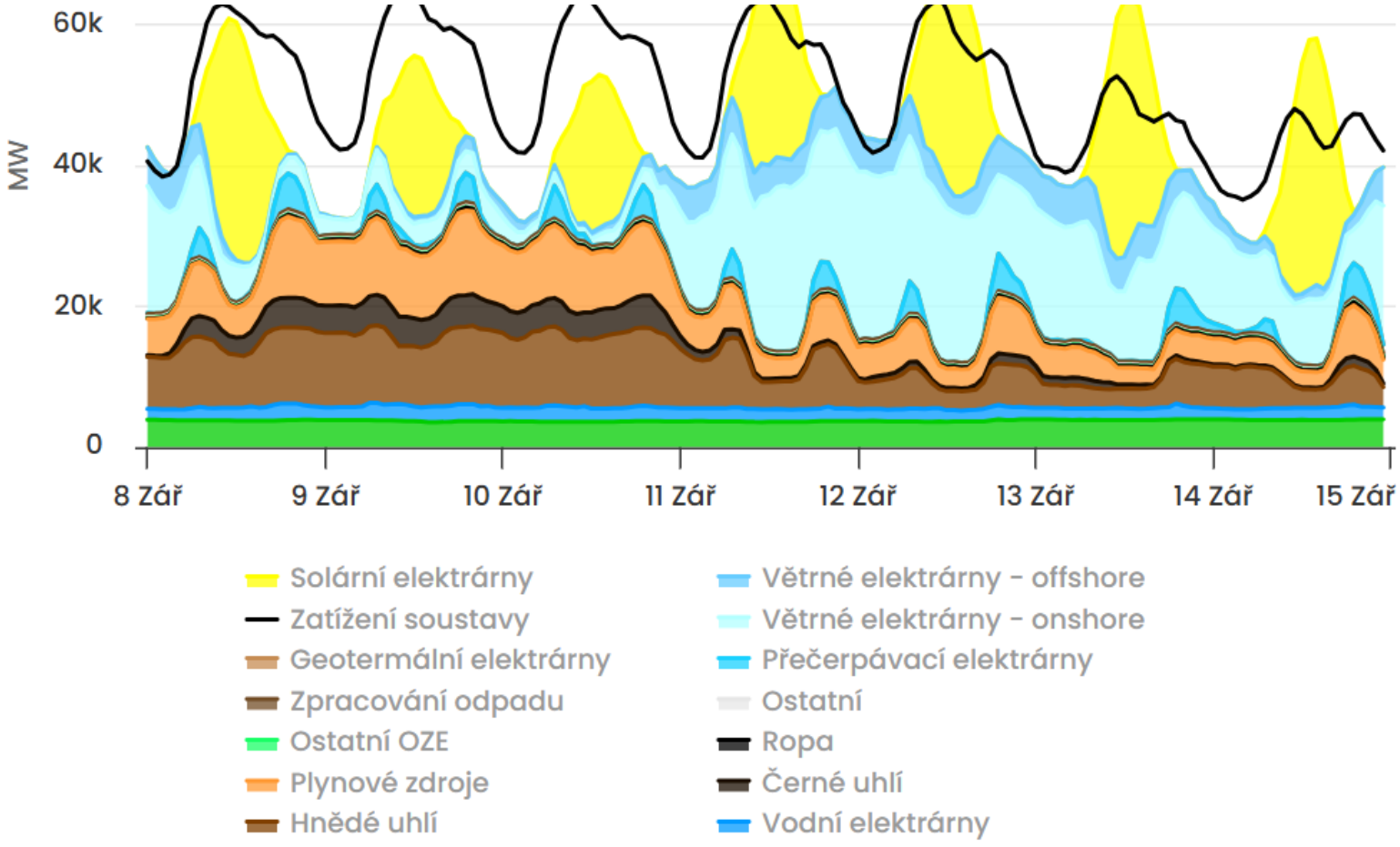
OENERGETICE.CZ

Hle

DE NĚMECKO: VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Vliv tzv. Dunkelflauten

Viz. např.: [Dunkelflaute - Wikipedia]



Statistical Review of World Energy (BP):

Total energy Supply by fuel*

Exajoules	2023 Oil	Natural gas	Coal	Nuclear energy	Hydro-electricity	Renewables	Total	2024 Oil	Natural gas	Coal	Nuclear energy	Hydro-electricity	Renewables	Total
Canada	4.30	4.47	0.37	0.96	1.30	0.40	**11.81**	4.35	4.63	0.29	0.93	1.24	0.43	**11.87**
Mexico	3.57	3.62	0.28	0.14	0.07	0.35	**8.03**	3.60	3.61	0.28	0.13	0.08	0.33	**8.04**
US	35.88	31.98	8.19	8.90	0.87	5.37	**91.20**	35.82	32.48	7.90	8.98	0.86	5.79	**91.83**
Total North America	43.75	40.07	8.84	10.00	2.24	6.13	**111.03**	43.77	40.72	8.48	10.05	2.18	6.55	**111.75**
Argentina	1.33	1.62	0.05	0.10	0.11	0.14	**3.35**	1.22	1.64	0.04	0.11	0.11	0.15	**3.27**
Brazil	5.13	1.08	0.57	0.16	1.53	2.10	**10.58**	5.14	1.13	0.53	0.17	1.49	2.25	**10.71**
Chile	0.81	0.27	0.14	–	0.08	0.20	**1.51**	0.86	0.26	0.13	–	0.10	0.21	**1.54**
Colombia	0.92	0.47	0.20	–	0.22	0.06	**1.86**	0.91	0.48	0.22	–	0.20	0.07	**1.88**
Ecuador	0.57	0.02	^	–	0.09	0.01	**0.69**	0.59	0.02	^	–	0.08	0.01	**0.70**
Peru	0.52	0.36	0.03	–	0.10	0.04	**1.05**	0.54	0.41	0.03	–	0.12	0.04	**1.13**
Trinidad & Tobago	0.07	0.52	–	–	–	^	**0.59**	0.07	0.51	–	–	–	^	**0.58**
Venezuela	0.76	1.07	0.01	–	0.26	^	**2.10**	0.68	1.14	0.01	–	0.26	^	**2.10**
Other S. & Cent. America	2.67	0.41	0.18	–	0.31	0.37	**3.94**	2.78	0.49	0.17	–	0.30	0.38	**4.12**
Total S. & Cent. America	12.78	5.82	1.17	0.26	2.72	2.91	**25.66**	12.78	6.08	1.12	0.29	2.65	3.12	**26.04**
Austria	0.48	0.25	0.10	–	0.15	0.12	**1.10**	0.47	0.25	0.10	–	0.16	0.14	**1.12**
Belgium	1.15	0.50	0.10	0.36	^	0.16	**2.27**	1.18	0.48	0.11	0.34	^	0.15	**2.25**
Czech Republic	0.39	0.24	0.45	0.33	0.01	0.08	**1.50**	0.41	0.24	0.36	0.32	0.01	0.09	**1.43**
Finland	0.32	0.04	0.09	0.37	0.05	0.20	**1.08**	0.31	0.05	0.08	0.36	0.05	0.22	**1.06**
France	2.80	1.23	0.18	3.69	0.20	0.48	**8.57**	2.79	1.15	0.18	4.15	0.26	0.48	**9.01**
Germany	4.20	2.62	1.75	0.08	0.07	1.42	**10.14**	4.24	2.83	1.58	–	0.08	1.41	**10.14**
Greece	0.62	0.19	0.05	–	0.01	0.09	**0.96**	0.62	0.24	0.04	–	0.01	0.10	**1.01**
Hungary	0.34	0.30	0.04	0.17	^	0.06	**0.90**	0.34	0.30	0.03	0.17	^	0.07	**0.91**
Italy	2.57	2.11	0.19	–	0.15	0.63	**5.65**	2.57	2.12	0.10	–	0.20	0.61	**5.60**
Netherlands	1.67	0.93	0.16	0.04	^	0.30	**3.10**	1.56	0.94	0.17	0.04	^	0.31	**3.02**
Norway	0.39	0.14	0.03	–	0.49	0.07	**1.12**	0.39	0.12	0.03	–	0.50	0.07	**1.12**
Poland	1.40	0.70	1.48	–	0.01	0.27	**3.86**	1.42	0.76	1.33	–	0.01	0.29	**3.80**
Portugal	0.45	0.16	^	–	0.04	0.13	**0.79**	0.44	0.13	^	–	0.05	0.14	**0.77**
Romania	0.47	0.33	0.11	0.12	0.07	0.06	**1.15**	0.50	0.34	0.09	0.12	0.05	0.06	**1.16**
Spain	2.51	1.06	0.11	0.62	0.09	0.61	**5.00**	2.67	1.02	0.10	0.60	0.12	0.62	**5.13**
Sweden	0.47	0.03	0.07	0.53	0.24	0.32	**1.65**	0.49	0.03	0.07	0.55	0.23	0.29	**1.66**
Switzerland	0.39	0.12	^	0.25	0.13	0.05	**0.95**	0.39	0.12	^	0.25	0.16	0.05	**0.97**
Türkiye	2.32	1.73	1.68	–	0.23	0.70	**6.66**	2.37	1.83	1.80	–	0.27	0.75	**7.02**
Ukraine	0.39	0.67	0.39	0.57	0.05	0.04	**2.11**	0.40	0.72	0.39	0.58	0.05	0.03	**2.16**
United Kingdom	2.67	2.29	0.18	0.44	0.02	0.81	**6.42**	2.68	2.23	0.17	0.44	0.02	0.89	**6.43**

Rozdělení energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

OZE v ČR v r.2023 vyrobily cca. 10 % elektřiny

https://csu.gov.cz/statistika/energetika?pocet=10&start=0&skupiny=39&razeni=-datumVydani#grafy___skupina-783708

řady

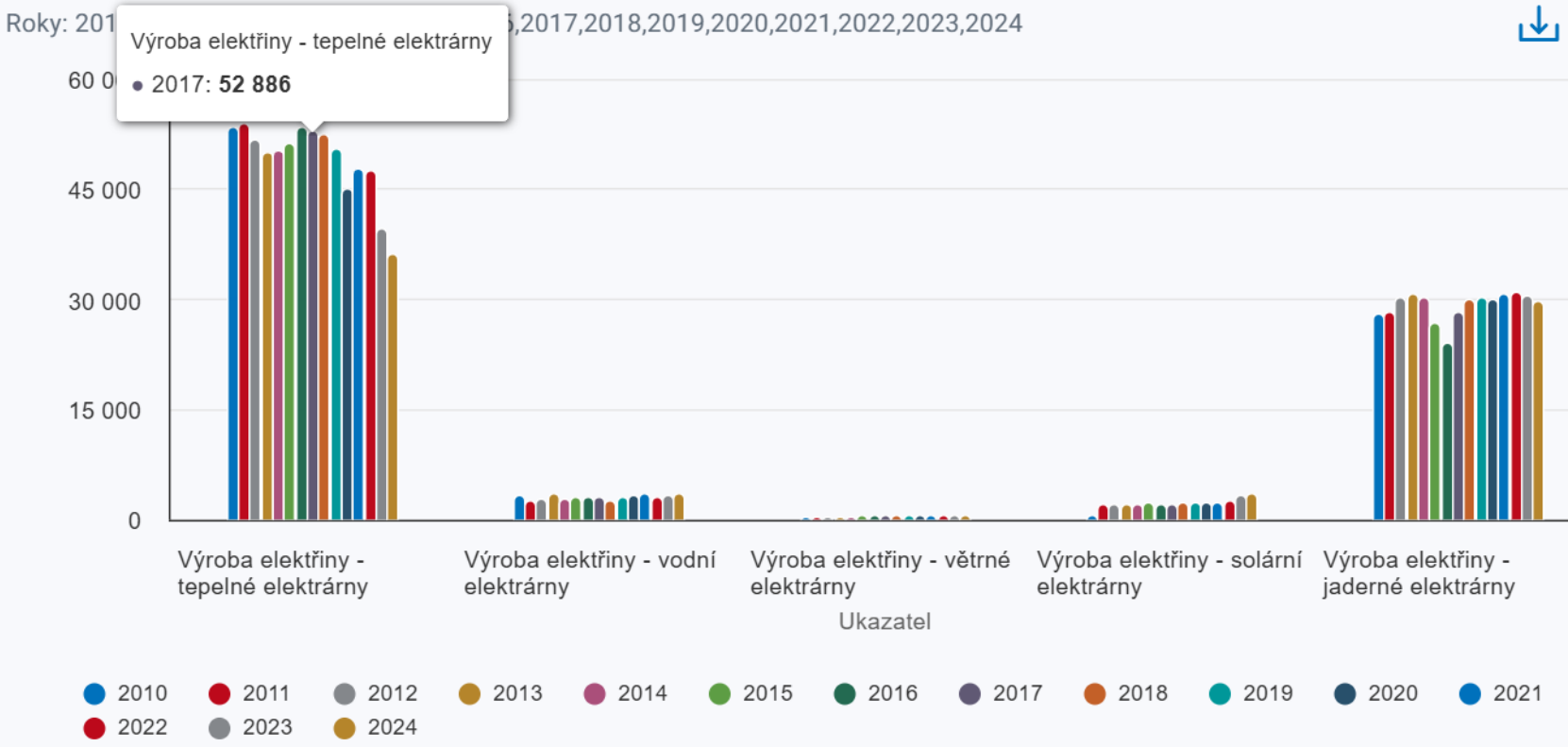
tů

ky

rmace

Výroba elektřiny podle druhu elektrárny (GWh)

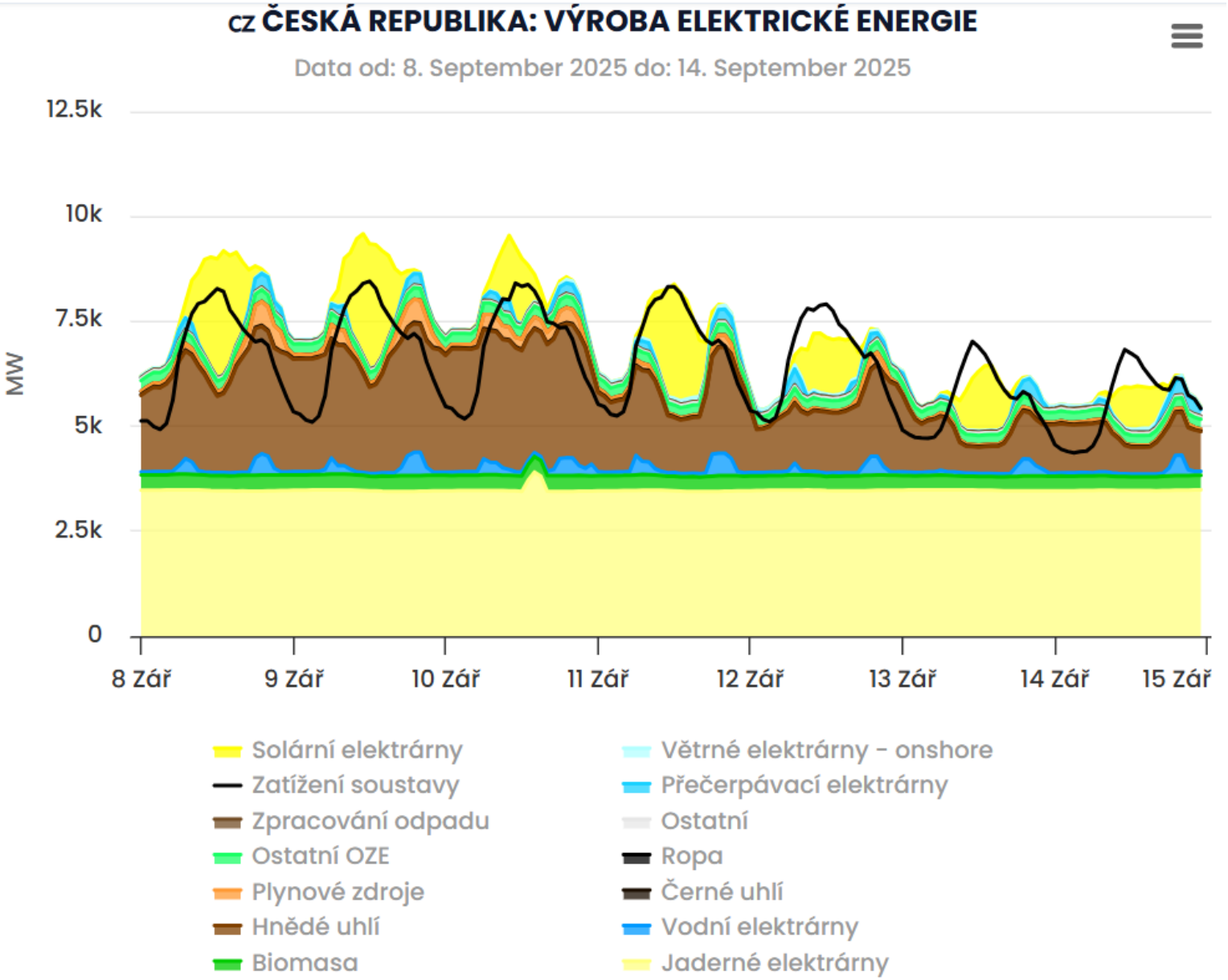
Výroba elektřiny podle druhu elektrárny (GWh) [1)]



https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni

OENERGETICE.CZ

Hle



Nárůst hodin, kdy odběratel elektřiny dostává zaplaceno, pokračuje:

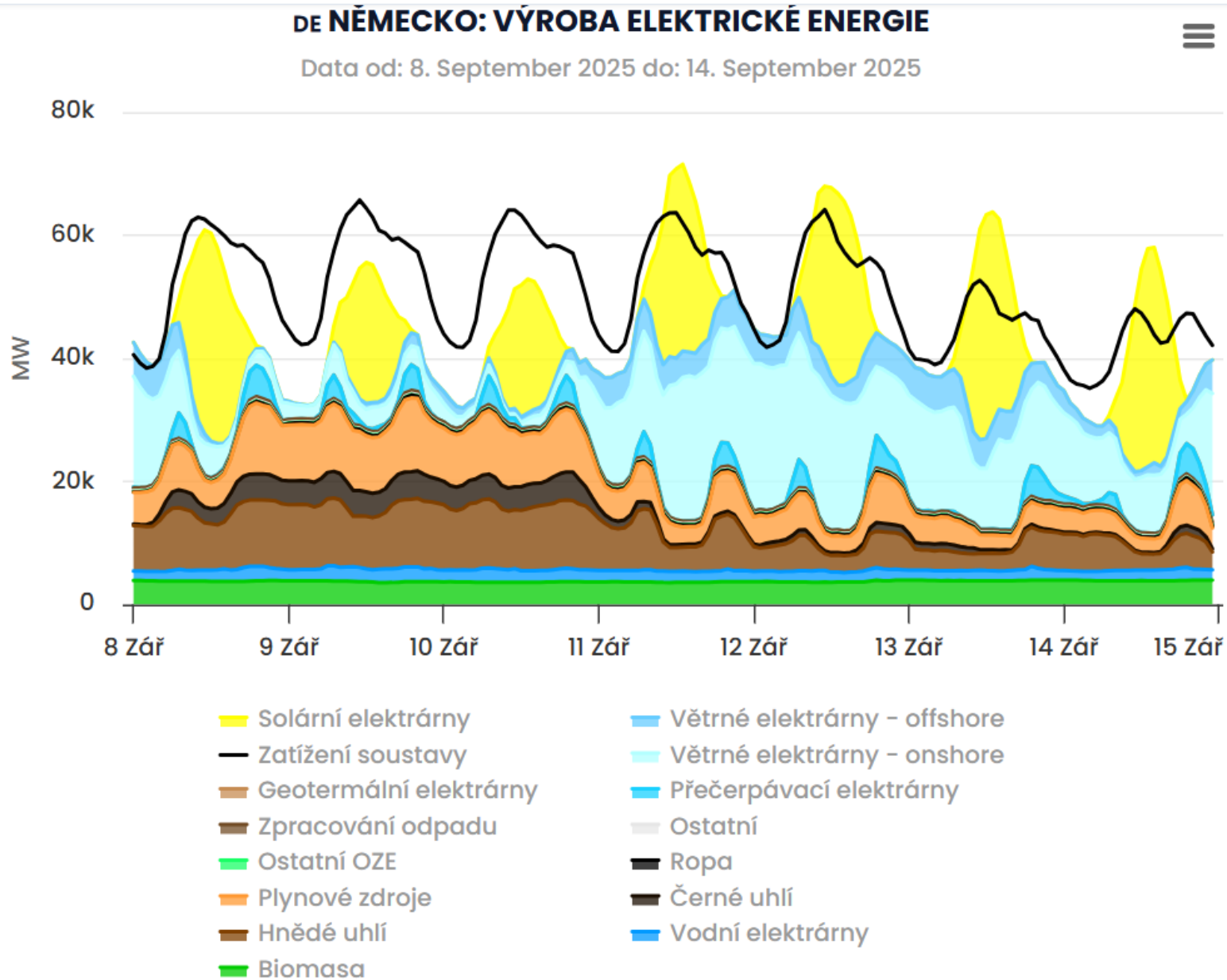
- **V jarních a letních měsících roku 2024 došlo k nárůstu obchodů s elektřinou za zápornou cenu.**
- skoro trojnásobek případů oproti stejnému období roku 2023.
- Nejvyšší dosažená záporná cena byla -138,75 EUR/MWh dne 12.5. 2024.

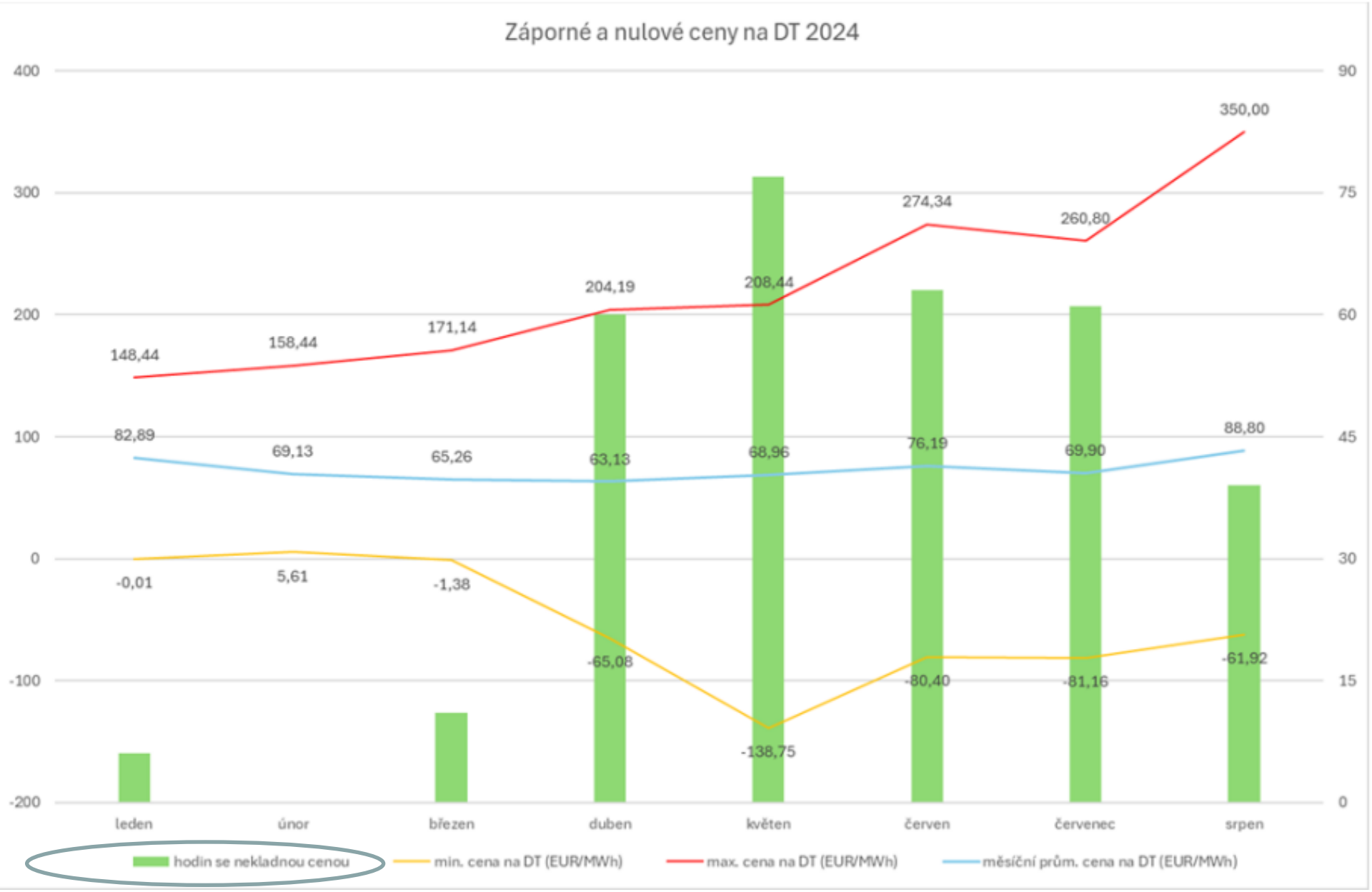
TZ Zvýšení počtu hodin se zápornými cenami elektřiny na denním trhu v roce 2024

https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni

OENERGETICE.CZ

Hle




Záporné a nulové ceny na DT 2024
400
300
200
100
0
-100
-200
90
75
60
45
30
15
0
148,44
158,44
171,14
204,19
208,44
274,34
260,80
350,00
82,89
69,13
65,26
63,13
68,96
76,19
69,90
88,80
-0,01
5,61
-1,38
-65,08
-138,75
-80,40
-81,16
-61,92
leden
únor
březen
duben
květen
červen
červenec
srpen
hodin se nekladnou cenou
min. cena na DT (EUR/MWh)
max. cena na DT (EUR/MWh)
měsíční prům. cena na DT (EUR/MWh)

Dle statistik ČR se v r.2024 vyrobilo více el.energie než spotřebovalo:

https://csu.gov.cz/statistika/energetika?pocet=10&start=0&skupiny=39&razeni=-datumVydani

Energetika

Skrýt obsah

Úvod

Data a časové řady

Grafy

Metodika

Katalog produktů

Tematické články

Související informace

Dostupnost zdrojů energie a jejich spotřeba patří k základním předpokladům funkční a provozuschopné společnosti. Spolu s několika dalšími faktory energetika podmiňuje existenci celé naší civilizace. Proto se statistika energetiky zabývá všemi fázemi „životního cyklu“ paliv a energií. Statistika obsahuje údaje pokrývající oblast od výroby energie, těžby paliv, dovozem, vývozem surovin až přes její transformaci a následně až k její konečné spotřebě.

Výroba elektřiny (poslední rok) 2024

73 882 GWh

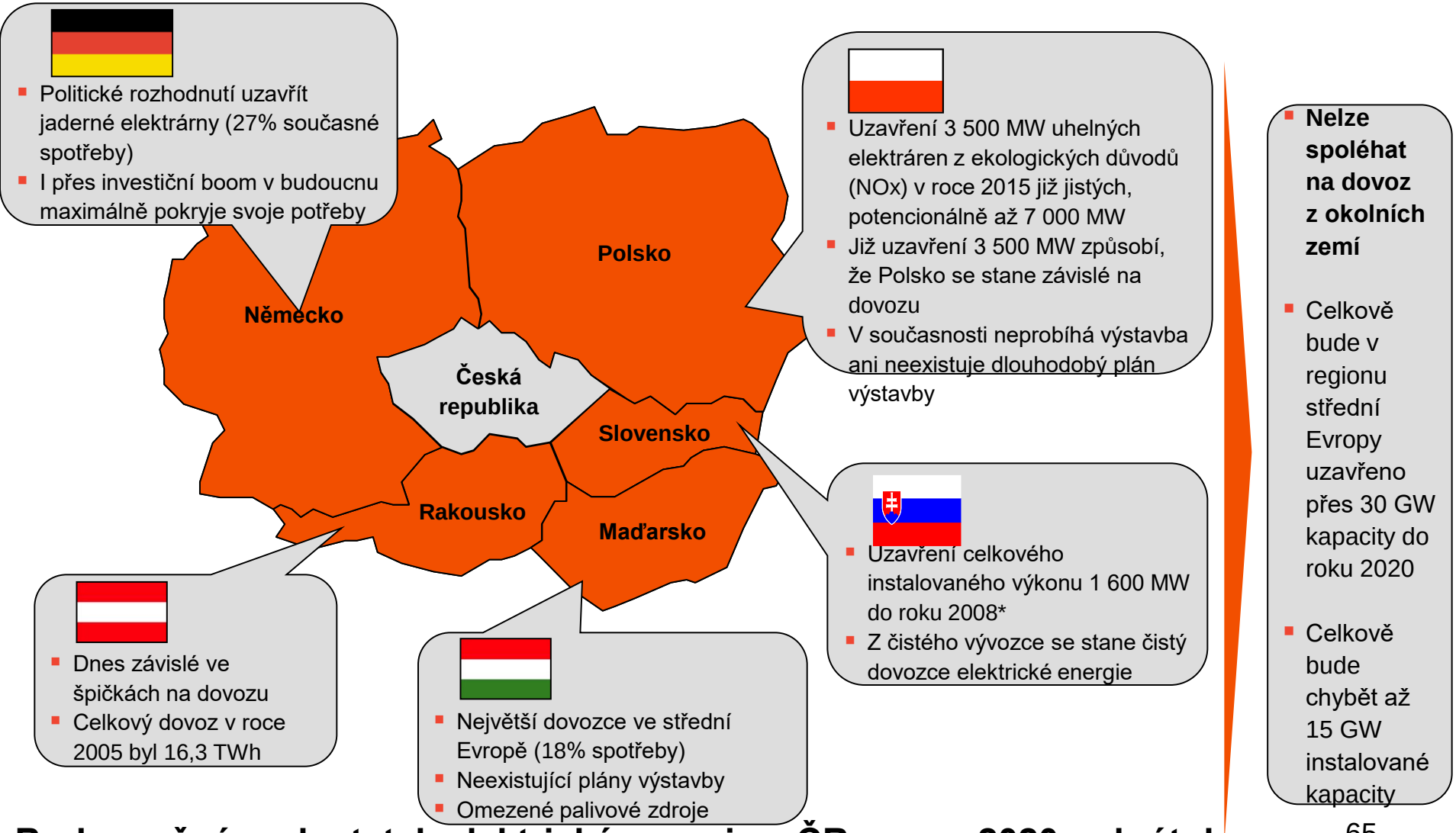
Datum zveřejnění: 28. 07. 2025

Čistá (netto) spotřeba elektřiny (poslední rok) 2024

59 171 GWh

Datum zveřejnění: 28. 07. 2025

NA DOVOZ ELEKTŘINY DO ČR NELZE DLOUHODOBĚ SPOLÉHAT, NAŠI SOUSEDÉ BUDOU MÍT SAMI NEDOSTATEK ELEKTRICKÉ ENERGIE



- Politické rozhodnutí uzavřít jaderné elektrárny (27% současné spotřeby)
- I přes investiční boom v budoucnu maximálně pokryje svoje potřeby

- Uzavření 3 500 MW uhelných elektráren z ekologických důvodů (NOx) v roce 2015 již jistých, potencionálně až 7 000 MW
- Již uzavření 3 500 MW způsobí, že Polsko se stane závislé na dovozu
- V současnosti neprobíhá výstavba ani neexistuje dlouhodobý plán výstavby

- Uzavření celkového instalovaného výkonu 1 600 MW do roku 2008*
- Z čistého vývozce se stane čistý dovozce elektrické energie

- Dnes závislé ve špičkách na dovozu
- Celkový dovoz v roce 2005 byl 16,3 TWh

- Největší dovozce ve střední Evropě (18% spotřeby)
- Neexistující plány výstavby
- Omezené palivové zdroje

- **Nelze spoléhat na dovoz z okolních zemí**
- Celkově bude v regionu střední Evropy uzavřeno přes 30 GW kapacity do roku 2020
- Celkově bude chybět až 15 GW instalované kapacity

Bude možné nedostatek elektrické energie v ČR v roce 2020 pokrýt dovozem z okolních zemí?

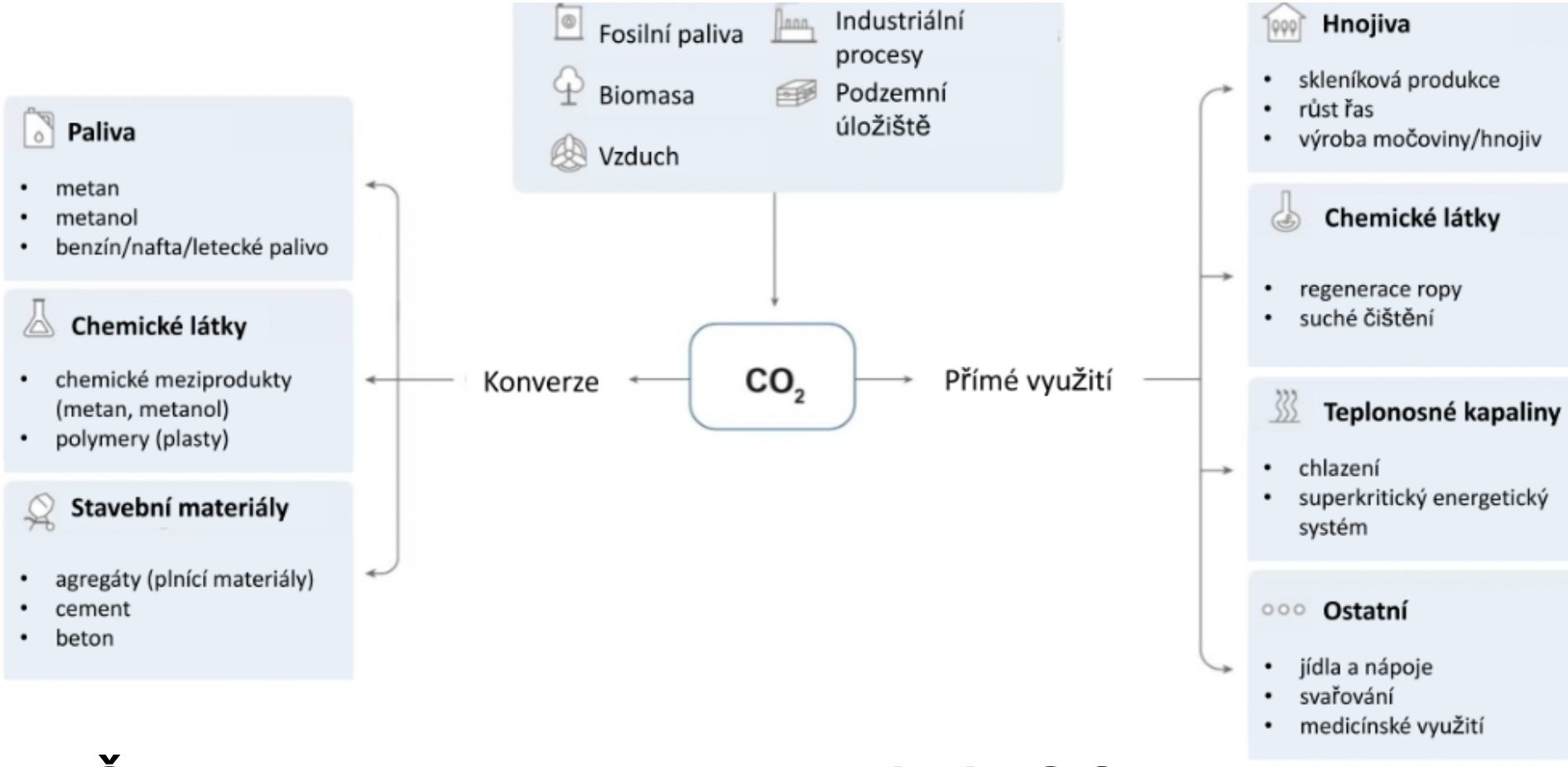
Jak uvedenou produkci CO_2 (a tím i zastoupení OZE) srovnat?

- Porovnat role OZE na celkové energetické produkci posuzovaného státu
- **vztáhnout produkci CO_2 na počet obyvatel hodnoceného státu (výhody/nevýhody)**
- …
- Vztáhnout na jednotku hospodářského růstu (použít např. HDP = tzv. uhlíková intenzita)

Statistical Review of World Energy (BP):

Total energy Supply per capita*

Gigajoule per capita	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	**2024**	Growth rate per annum 2024	2014–24
Canada	340.9	337.1	328.2	328.6	331.5	326.3	300.8	301.6	305.7	300.40	**298.64**	-0.9%	-1.3%
Mexico	66.1	65.1	66.5	67.4	65.1	63.6	57.1	59.7	62.0	61.87	**61.48**	-0.9%	-0.7%
US	286.1	280.7	276.9	274.2	281.8	277.0	254.0	266.9	270.1	265.51	**265.85**	-0.1%	-0.7%
Total North America	235.1	230.9	228.0	226.4	231.2	227.2	208.0	217.3	220.2	216.64	**216.55**	-0.3%	-0.8%
Argentina	78.5	79.3	78.6	76.9	75.3	70.1	64.7	71.3	74.6	73.52	**71.64**	-2.8%	-0.9%
Brazil	52.5	51.6	48.8	49.0	48.2	48.8	46.0	48.9	49.0	50.09	**50.54**	0.6%	-0.4%
Chile	73.8	73.3	77.1	77.9	79.2	78.9	71.8	77.6	80.0	76.62	**78.16**	1.7%	0.6%
Colombia	33.5	32.8	35.7	34.4	35.1	34.9	31.0	32.8	36.4	35.59	**35.64**	-0.1%	0.6%
Ecuador	37.9	36.6	35.0	34.7	36.3	35.4	29.3	34.8	36.9	38.30	**38.57**	0.4%	0.2%
Peru	27.5	28.4	29.9	29.1	29.8	30.1	25.6	29.5	30.7	30.98	**33.14**	6.7%	1.9%
Trinidad & Tobago	579.7	558.3	490.4	515.8	475.0	473.2	411.6	418.9	416.4	392.62	**381.53**	-3.1%	-4.1%
Venezuela	104.2	99.2	91.8	89.1	74.9	68.9	53.0	63.0	68.4	74.21	**73.87**	-0.7%	-3.4%
Other S. & Cent. America	31.8	33.0	34.1	33.7	34.0	34.4	30.1	31.8	32.5	33.2	**34.3**	3.1%	0.8%
Total S. & Cent. America	51.8	51.3	50.2	49.7	48.5	47.9	43.1	46.6	47.9	48.47	**48.86**	0.5%	-0.6%
Austria	133.2	134.5	136.5	139.2	135.7	140.0	127.8	131.4	122.2	120.33	**122.69**	1.7%	-0.8%
Belgium	209.2	208.5	226.8	227.4	223.0	230.6	203.1	228.5	212.0	193.58	**191.75**	-1.2%	-0.9%
Czech Republic	165.9	162.2	159.6	169.2	169.1	165.1	153.1	161.7	153.8	138.95	**133.17**	-4.4%	-2.2%
Finland	206.5	200.4	203.9	198.3	203.2	199.7	185.1	189.0	187.4	193.64	**187.90**	-3.2%	-0.9%
France	157.9	159.5	154.9	154.8	155.1	151.2	133.1	142.4	124.7	129.05	**135.35**	4.6%	-1.5%
Germany	157.1	157.1	158.4	160.5	155.1	149.6	137.8	143.3	134.5	119.90	**119.88**	-0.3%	-2.7%
Greece	95.0	95.5	94.4	100.3	100.0	97.8	83.8	91.0	96.5	94.15	**100.62**	6.6%	0.6%
Hungary	88.7	93.6	95.6	101.0	101.7	102.7	100.7	105.5	99.0	93.39	**94.38**	0.8%	0.6%
Italy	100.5	103.4	103.6	105.0	104.8	103.8	93.5	101.2	101.0	94.95	**94.37**	-0.9%	-0.6%
Netherlands	212.6	213.1	215.2	214.5	207.4	204.2	194.1	196.5	179.6	171.57	**165.84**	-3.6%	-2.5%
Norway	214.8	216.8	216.2	217.5	214.4	203.1	208.0	211.2	200.1	202.30	**200.10**	-1.4%	-0.7%
Poland	100.7	101.6	105.8	110.9	112.6	109.0	104.3	112.3	106.7	99.50	**98.66**	-1.1%	-0.2%
Portugal	84.6	88.5	91.2	94.5	91.5	88.8	77.7	77.2	78.1	75.39	**73.69**	-2.5%	-1.4%
Romania	61.7	62.1	62.2	64.7	65.2	64.6	62.4	66.3	61.8	60.39	**60.97**	0.7%	-0.1%
Spain	108.6	112.2	112.0	115.6	115.0	112.0	97.2	104.0	108.7	104.31	**106.99**	2.3%	-0.2%
Sweden	185.2	180.1	183.7	187.2	180.7	180.9	159.8	170.6	164.3	156.45	**156.94**	†	-1.6%
Switzerland	127.2	121.5	114.0	113.6	115.3	118.8	106.5	97.3	104.6	106.63	**109.17**	2.1%	-1.5%
Türkiye	64.0	66.6	69.0	73.7	72.4	72.5	71.5	77.5	76.9	76.37	**80.28**	4.8%	2.3%
Ukraine	96.3	81.0	84.6	79.1	82.2	78.5	75.0	76.9	54.7	55.81	**57.02**	1.9%	-5.1%
United Kingdom	122.5	121.9	119.4	117.6	115.9	111.6	98.8	99.8	98.7	93.48	**93.02**	-0.8%	-2.7%



V ČR se problematikou zabývá CO2.cz spolek

Obrázek 2: Možnosti využití zachytávaného CO_2

[Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz](https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic)
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Jak uvedenou produkci CO_2 (a tím i zastoupení OZE) porovnávat?

- Porovnat role OZE na celkové energetické produkci posuzovaného státu
- vztáhnout produkci CO_2 na počet obyvatel hodnoceného státu (výhody/nevýhody)
- …
- **Vztáhnout na jednotku hospodářského růstu (použít např. HDP = tzv. uhlíková intenzita)**

Pojem uhlíková intenzita

= poměr mezi emisemi CO_2 a hrubým domácím produktem

Úspory samotné nezastaví při růstu ekonomiky růst spotřeby energie

Existují tyto způsoby snižování emisí CO_2:

Možnosti tzv. dekarbonizace dodávek energie:

- **<u>Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva</u>**
- **Přechod z uhlí na uhlovodíková (methan) či dokonce bezuhlíková (vodík, amoniak) paliva**.

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn

- **Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%**
- **Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy**
- **Přechod na jadernou energetiku** (nutnost zvýšit kapacitu jaderných elektráren na 5-násobek současného stavu

Obnovitelné zdroje

Obnovitelné (alternativní) zdroje (OZE) = prakticky nulová produkce CO_2?

V jak dlouhém časovém úseku?

Definice **podle českého zákona o životním prostředí**:

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf

OZE: Zelené rostliny využívají CO_2 jako zdroj C coby stavebního materiálu pro budování svého skeletu:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$ fotosyntéza

Tvorba biomasy:

$n\ C_6H_{12}O_6$

↓

$(C_6H_{10}O_5)_n + n\ H_2O$

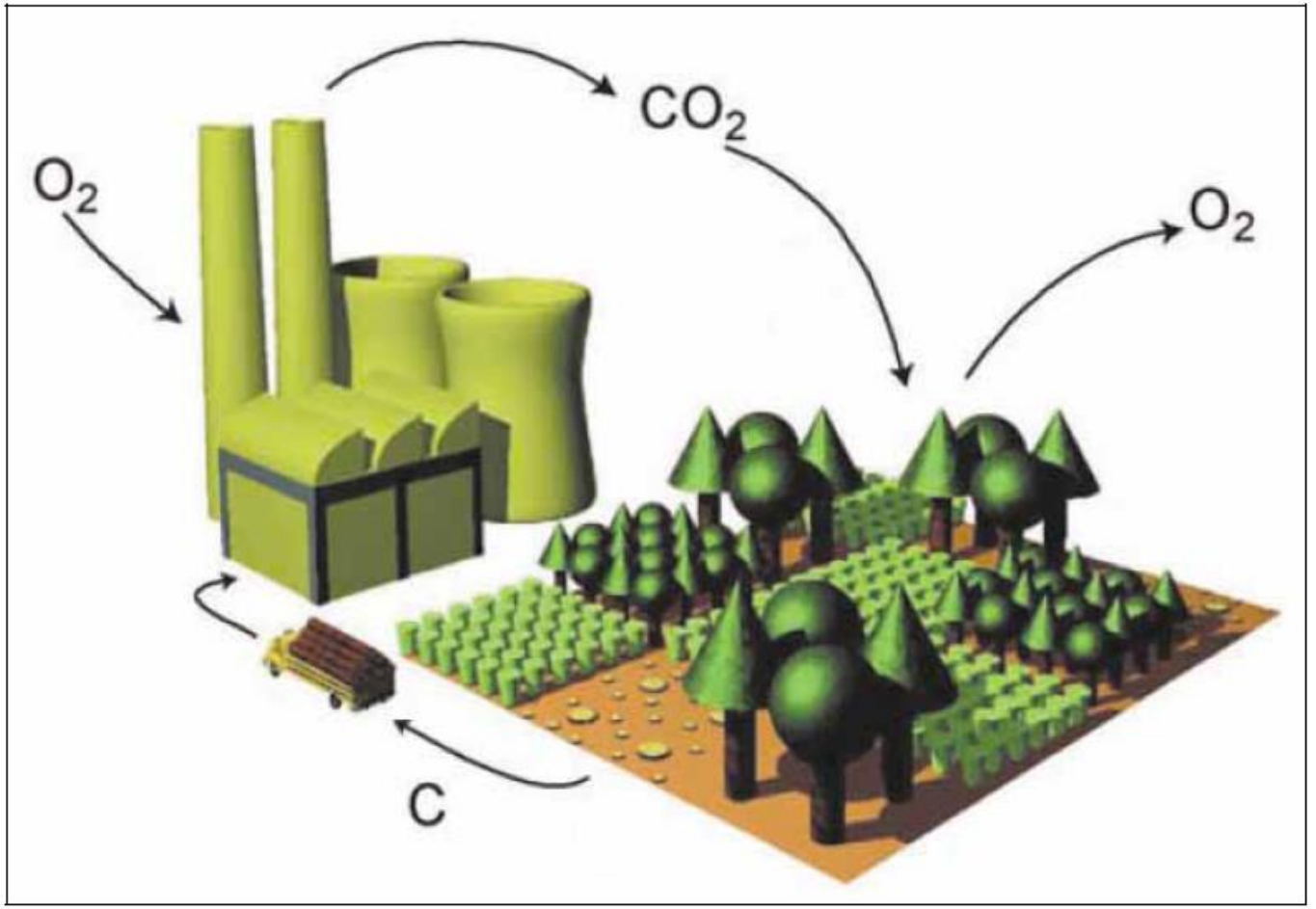
Hoření biomasy:

$(C_6H_{10}O_5)_n + x\ O_2$

↓

$6n\ CO_2 + 5n\ H_2O$

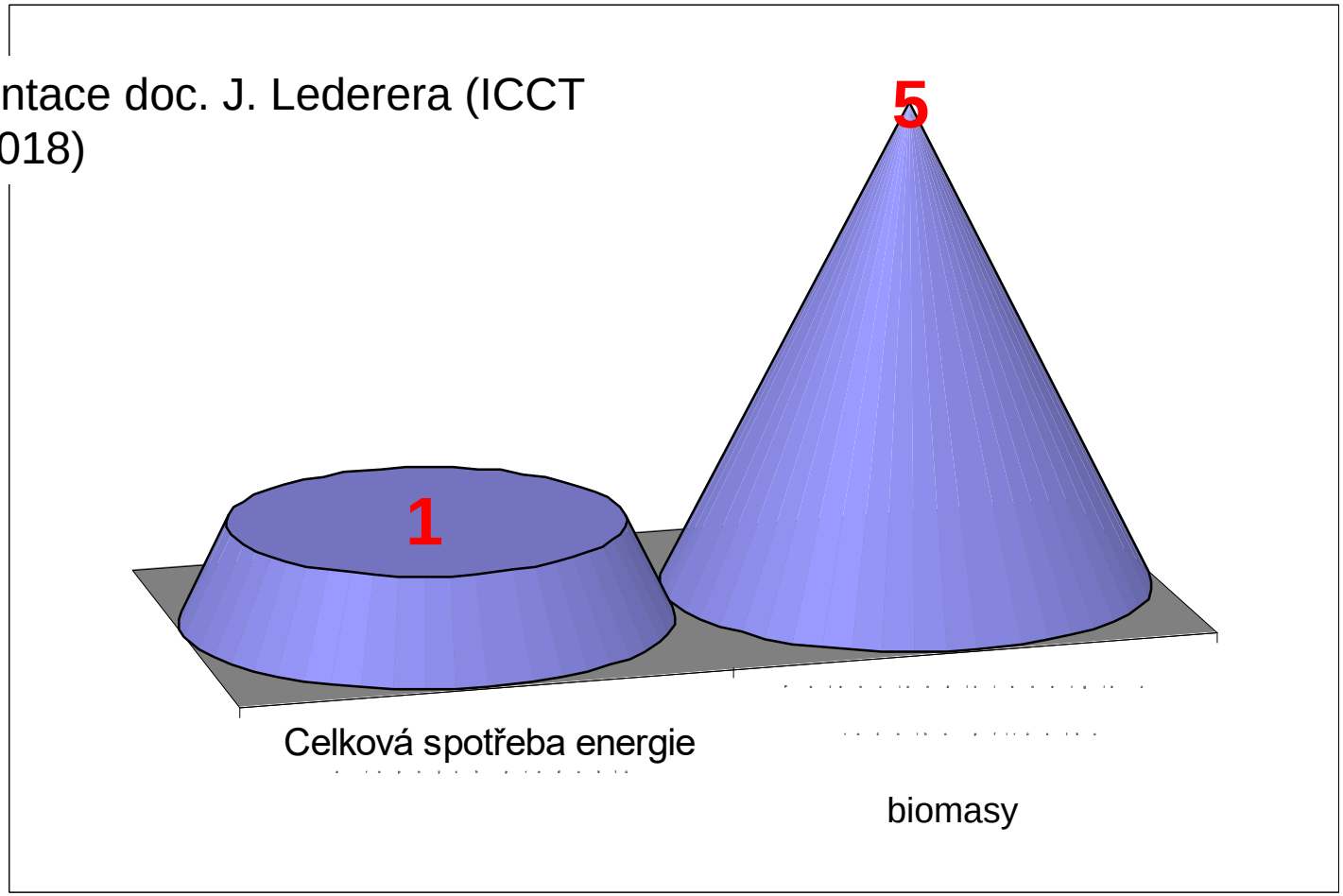
Obrázek 1: Uzavřený cyklus uhlíku při udržitelném energetickém využívání biomasy



Zdroj: IEA

GLOBÁLNÍ ENERGETICKÝ POTENCIÁL BIOMASY

Z prezentace doc. J. Lederera (ICCT konf., 2018)



FOTOSYNTÉZA: $CO_2 + h\upsilon + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2$

Zdroje biomasy a doba jejich tvorby??

- Největší elektrárna v Británii spaluje dřevo z vzácných kanadských lesů - Seznam Zprávy (seznamzpravy.cz)
- **Společnost Drax provozuje největší „obnovitelnou“ tepelnou elektrárnu v Británii, která vyrábí energii spalováním dřevěných pelet. BBC zjistila, že část dřeva zřejmě pochází z původních kanadských lesů.**
- **Společnost později přiznala, že k výrobě dřevěných pelet skutečně používala stromy ze vzácných pralesů**. Údajně šlo o druhy, o které není v dřevozpracujícím průmyslu zájem.
- **Mluvčí Draxu uvedl, že 80 % materiálu v jejich kanadských peletách jsou zbytky z pily, které by se stejně zlikvidovaly.**

Intenzivní využívání dřevné biomasy = prům. využívání OZE:

- Negativa a pozitiva?

Les není pouhá stromová plantáž, plní i jiné nenahraditelné role v ekosystému…

Viz. např.: bestseller něm.autora:

Peter Wohlleben: Tajný život stromů, Kazda (2017)

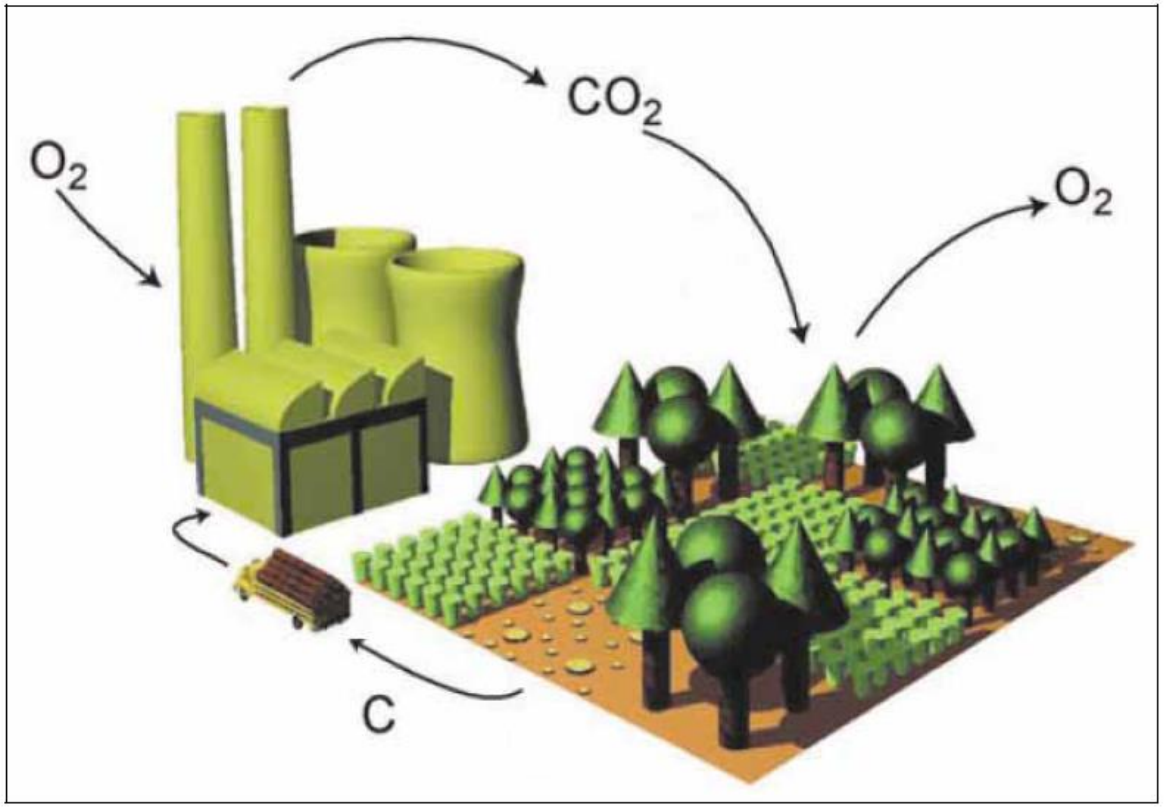
OZE: využití fotosyntézou vzniklé glukosy při pěstování jednoletých zemědělských plodin pro výrobu paliva bioethanolu:

Kvašení glukosy s následným spalováním bioethanolu:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{-\ 2\ CO_2} 2\ C_2H_5OH \xrightarrow{+\ 5{,}5\ O_2} 4\ CO_2 + 5\ H_2O$$

glucose — bioethanol

Obrázek 1: Uzavřený cyklus uhlíku při udržitelném energetickém využívání biomasy



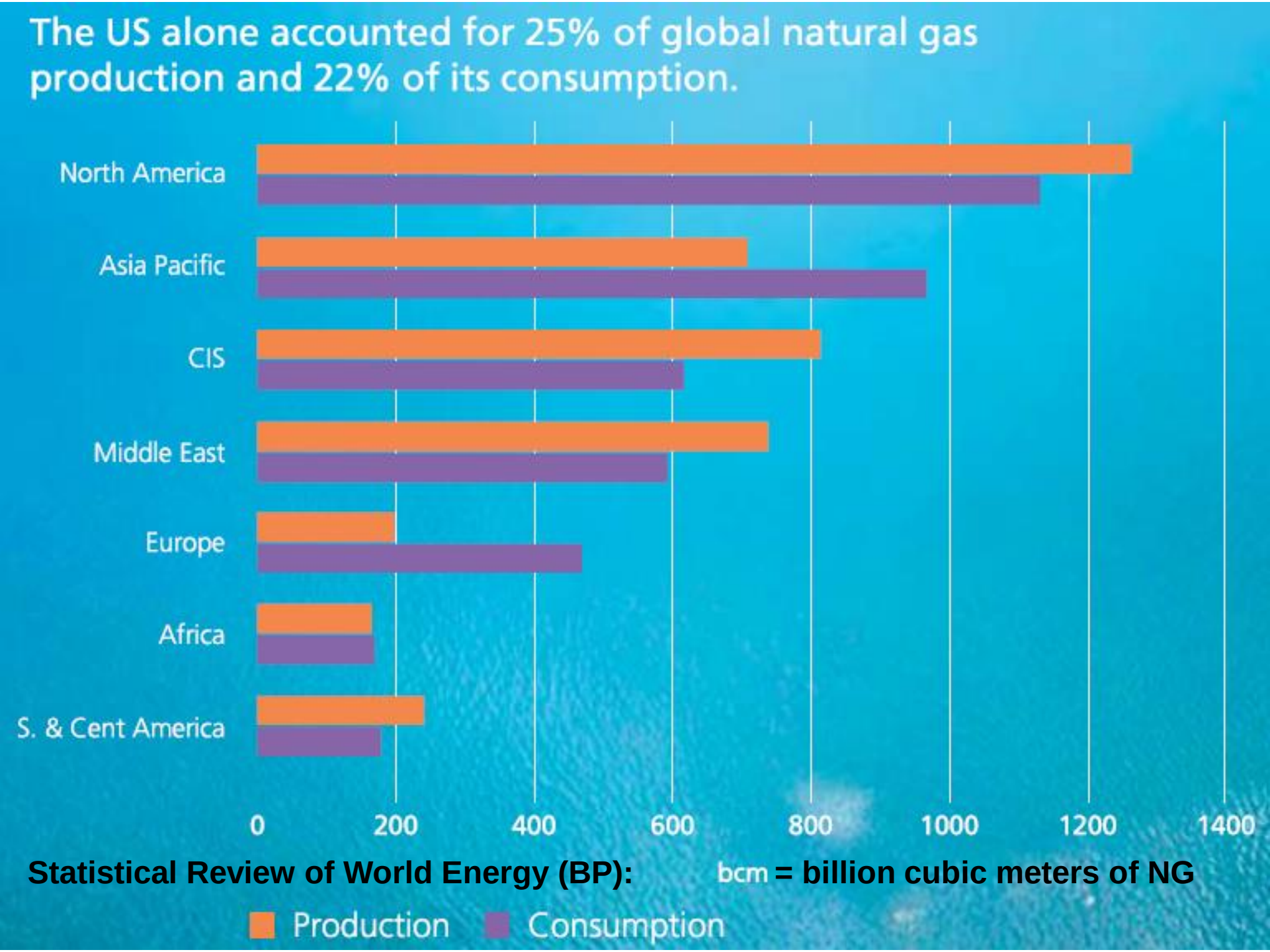
Zdroj: IEA

Možnosti tzv. dekarbonizace dodávek energie:

- **Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva**
- **Přechod z uhlí na uhlovodíková (methan) či dokonce bezuhlíková (vodík, amoniak) paliva.**

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn

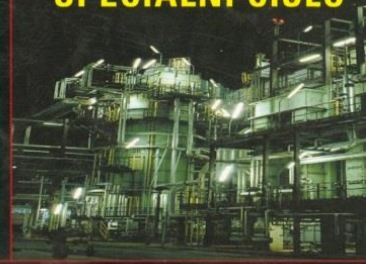
- **Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%**
- **Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy**
- **Přechod na jadernou energetiku** (nutnost zvýšit kapacitu jaderných elektráren na 5-násobek současného stavu


The US alone accounted for 25% of global natural gas production and 22% of its consumption.
North America
Asia Pacific
CIS
Middle East
Europe
Africa
S. & Cent America
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Statistical Review of World Energy (BP):
bcm = billion cubic meters of NG
Production
Consumption

ENERGETICKÁ ŘEŠENÍ PRO DALŠÍ GENERACE • CO ZAHŘÁLO ASTEROIDY

SCIENTIFIC AMERICAN

SPECIÁLNÍ ČÍSLO



Jak pohánět ekonomiku
a bojovat proti globálnímu oteplování

Energie budoucnosti

České vydání

LEDEN–ÚNOR 2007
WWW.SCIAM.CZ
ORIGINÁL VYCHÁZÍ OD ROKU 1845
CENA VE VOLNÉM PRODEJI 99 KČ/149 SK
PŘEDPLATNÉ 77 KČ/115 SK

- Čistíme uhlí
- Jaderná volba
- Naděje vkládané do vodíku
- Biopaliva a obnovitelné zdroje
- Fúze a další sny

9 771213 772008 01

Možnosti tzv. dekarbonizace dodávek energie:

- **Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva**
- **Přechod z uhlí na uhlovodíková (methan) či dokonce bezuhlíková (vodík, amoniak) paliva**.

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn

- **Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%**
- **Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy**
- **Přechod na jadernou energetiku** (nutnost zvýšit kapacitu jaderných elektráren na 5-násobek současného stavu

V areálu bývalého hlubinného uhelného dolu Centrum u Horního Jiřetína na Mostecku by se mohl vyrábět vodík. V systému vodíkového hospodářství se počítá s napojením na fotovoltaickou elektrárnu. Tzv. zelený vodík bude možné využít v chemických a zemědělských provozech i pro dopravní prostředky, vyplývá to ze zveřejněného záměru společnosti Sev.en Inntech.

Počítá se, že ročně se v areálu vyrobí 2390 tun vodíku. Záměr je součástí projektu transformace území zasaženého těžbou uhlí s názvem Green Mine. Pro výrobu tzv. zeleného vodíku, kdy se využije čistá elektřina z obnovitelných zdrojů, je zvolená jediná vhodná technologie, kterou je elektrolýza vody. Stavba se bude skládat z PEM elektrolyzéru v kontejnerovém provedení o celkovém elektrickém příkonu 15 MW (megawatt).
Předpokládaný termín výstavby vodíkového hospodářství je na přelomu let 2026 a 2027 a termín zahájení provozu o rok později.

V roce 2024 ústecký krajský úřad schválil záměr společnosti Orlen Unipetrol RPA vyrábět obnovitelný vodík s využitím elektřiny z obnovitelných zdrojů v nedalekém petrochemickém závodě Záluží u Litvínova. Předpokládaný termín zahájení investice je v roce 2026, dokončení je naplánované na konec roku 2028, ročně se počítá s výrobou 900 tun obnovitelného vodíku.

V areálu bývalého hlubinného dolu Centrum u Mostu by se mohl vyrábět vodík - Ekolist.cz

Možnosti tzv. dekarbonizace dodávek energie:

- **Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva**
- **Přechod z uhlí na uhlovodíková (methan) či dokonce bezuhlíková (vodík, amoniak) paliva**.

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn

- **Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%**
- **<u>Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy</u>**
- **Přechod na jadernou energetiku** (nutnost zvýšit kapacitu jaderných elektráren na 5-násobek současného stavu

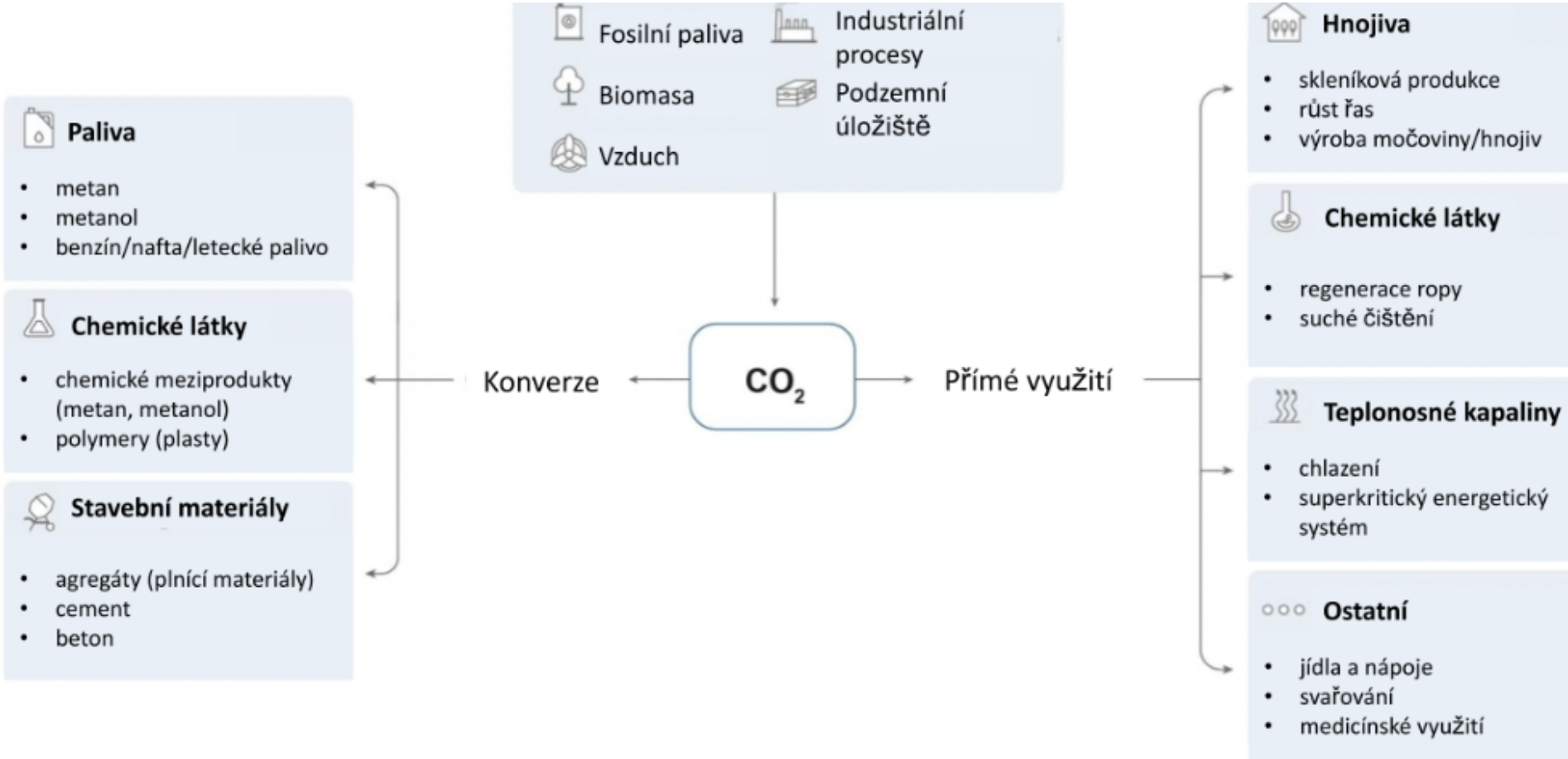
Jak moc využíváme technologie záchytu produkovaného CO_2?

Statistical Review of World Energy (BP):

Carbon Carbon capture, usage and storage (CCUS)

Capture capacity Million tonnes per year	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	**2024**	Growth rate per annum 2024	Growth rate per annum 2014–24	Share 2024
Canada	1.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	4.0	4.0	4.0	4.0	**4.0**	–	14.0%	6.9%
Mexico	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–	–
US	19.5	19.5	19.5	21.9	21.9	21.8	21.8	22.0	22.7	23.9	**24.1**	0.9%	2.2%	41.7%
Total North America	**20.5**	**21.7**	**21.7**	**24.1**	**24.1**	**24.1**	**25.8**	**25.9**	**26.7**	**27.9**	**28.1**	**0.7%**	**3.2%**	**48.7%**
Brazil	2.1	2.8	4.1	4.6	6.5	8.9	9.6	10.3	10.5	10.6	**11.1**	4.7%	18.1%	19.2%
Total S. & Cent. America	**2.1**	**2.8**	**4.1**	**4.6**	**6.5**	**8.9**	**9.6**	**10.3**	**10.5**	**10.6**	**11.1**	**4.7%**	**18.1%**	**19.2%**
Norway	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	**1.7**	–	–	2.9%
Other Europe	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.7	0.7	**0.7**	9.2%	-5.1%	1.2%
Total Europe	**2.9**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**2.4**	**2.4**	**2.4**	**2.6%**	**-1.8%**	**4.2%**
Russian Federation	–	–	–	–	–	–	–	0.4	0.4	0.4	**0.4**	–	–	0.7%
Total CIS	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**0.4**	**0.4**	**0.4**	**0.4**	**–**	**–**	**0.7%**
Qatar	–	0.2	0.2	0.2	0.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	**2.3**	–	–	3.9%
Saudi Arabia	–	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	**1.4**	–	–	2.4%
Other Middle East	0.3	0.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	**1.4**	–	16.4%	2.4%
Total Middle East	**0.3**	**1.8**	**2.6**	**2.6**	**2.6**	**4.7**	**5.0**	**5.0**	**5.0**	**5.1**	**5.1**	**–**	**32.3%**	**8.8%**
Total Africa	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**
Australia	–	–	–	–	–	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	**5.7**	42.5%	–	9.9%
China	0.3	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.9	2.2	3.5	**3.6**	1.5%	28.6%	6.2%
Other Asia Pacific	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**1.3**	–	–	2.3%
Total Asia Pacific	**0.3**	**0.4**	**0.4**	**0.4**	**0.7**	**4.7**	**4.7**	**4.9**	**6.2**	**7.5**	**10.6**	**40.9%**	**43.3%**	**18.4%**
Total World	**26.1**	**29.7**	**31.8**	**34.7**	**37.0**	**45.4**	**48.1**	**49.6**	**51.1**	**54.0**	**57.8**	**7.1%**	**8.3%**	**100.0%**
of which: OECD	23.1	24.4	24.4	26.9	26.9	30.8	32.7	32.9	33.0	34.3	**36.2**	5.6%	4.6%	62.6%
Non-OECD	3.0	5.3	7.4	7.8	10.1	14.6	15.4	16.7	18.2	19.7	**21.7**	9.8%	21.7%	37.4%
European Union	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.1	0.1	**0.1**	25.0%	-15.8%	0.2%

^ Less than 0.05.
† Less than 0.05%.
Source: Rystad Energy. For further information visit **https://www.rystadenergy.com**



Obrázek 2: Možnosti využití zachytávaného CO_2

[Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz]
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Evropa: The European Green Deal (EDG):

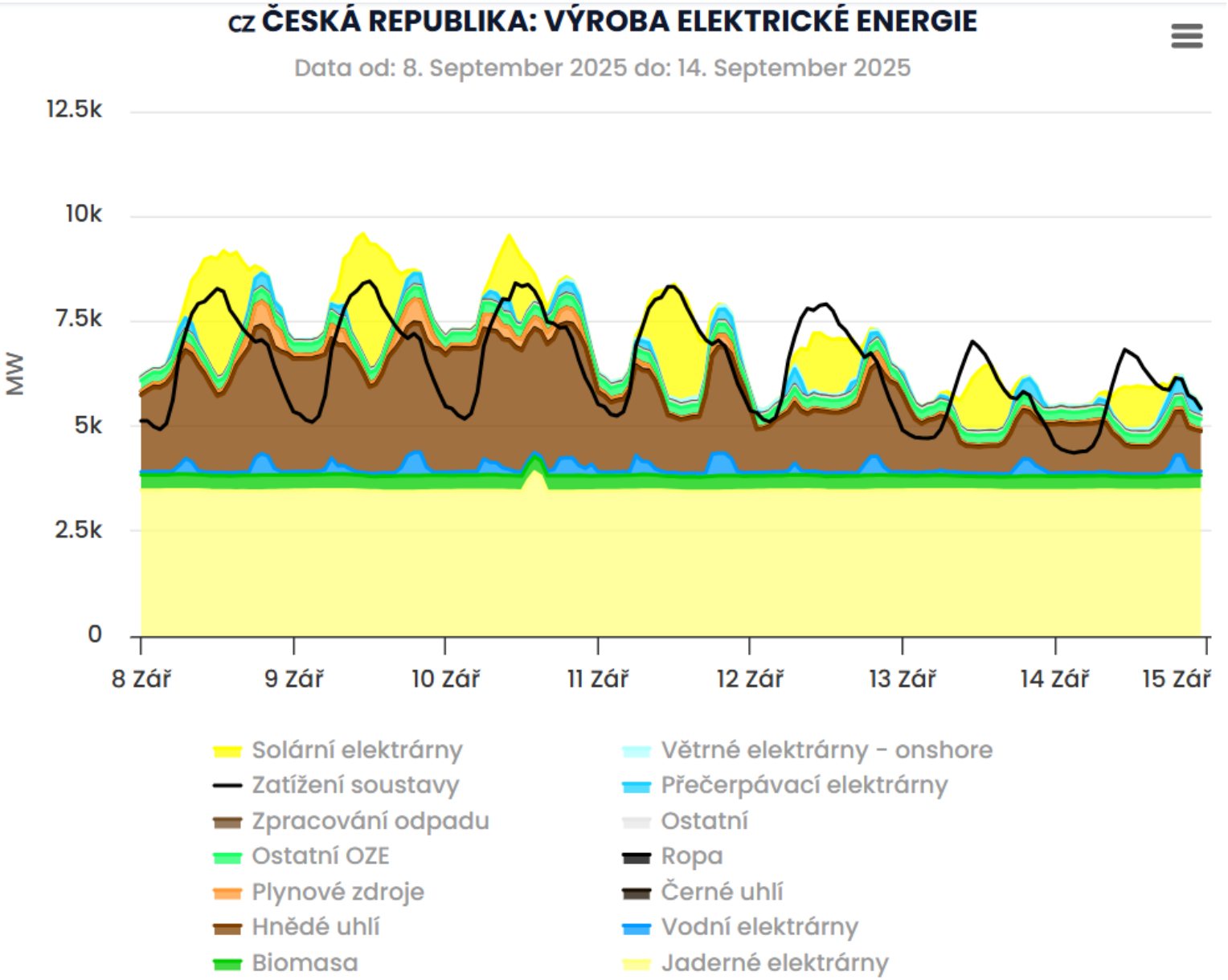
- Evropská unie ve svém dokumentu „The European Green Deal“ (dále jen EDG) přijala závazek na výrazné snížení emisí skleníkových plynů **s cílem dosažení klimatické neutrality do roku 2050**. Souhrn cílů dle tohoto dokumentu je následující:
- Klimaticky neutrální EU
- Čisté oběhové hospodářství
- Strategie biodiverzity
- Udržitelná a inteligentní mobilita
- Čistá, dostupná a bezpečná energie
- Stavebnictví – renovační vlna
- Z farmy na vidličku
- Nulové znečištění: ŽP bez toxických látek

JAK?

https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni

OENERGETICE.CZ

Hle



Pro uplatnění OZE v ČR, které jsou k dispozici, nutno posoudit tyto faktory:

- Možná míra podílu na spotřebě energie
- Možná míra přispění k produkci energie
- Srovnání měrných nákladů vs. tradiční zdroje
- Jiný pohled: jaké investice je nutné vložit, abychom získali určité množství energie

Hodnocení energetických zdrojů

Trocha výpočtů toho, kdy se investorovi vyplatí či nevyplatí investovat do určitého typu elektrárny (teplárny):

Celkové měrné náklady na produkci energie:

$$N_c = N_{investiční} + N_{provozní} + N_{palivo}$$

Při maximálním využití instalovaného výkonu a ceně elektřiny na úrovni r.2002-2005 platilo:

- jaderná 2000 MW < uhelná < vodní 10MW < větrná

- V současnosti vliv státních dotací, pořadí?!?

Ekonomické hodnocení energ. zdrojů:

Koeficient ročního využití:

$$k_{cr} = P_{celoroční}/P_{instal.}$$

$$P_{celoroční} = E_{celoroční}/8760 \text{ hodin [W]}$$

Př: Větrné elektrárny v ČR v r. 2005 měly

$P_{instal} = 22$ MW.

Vyrobily 21,3 GWh elektřiny.

Koeficient jejich ročního využití byl:

k_{cr} = (21300 MWh / 8760h) / 22MW = 11%

Výnos energ. zdroje V [Kč/kWh]:

$V = E_{celoroční} * (výkupní\ cena – celk.měrné\ náklady)$

$E_{celoroční} = k_{cr} * P_{instalovaný} * 8760hod.$

Doba návratnosti investice do energ. zdroje D_n [roky]:

D_n = cena dodání / výnos

Zdroje energie – rozdělení dle místa produkce:

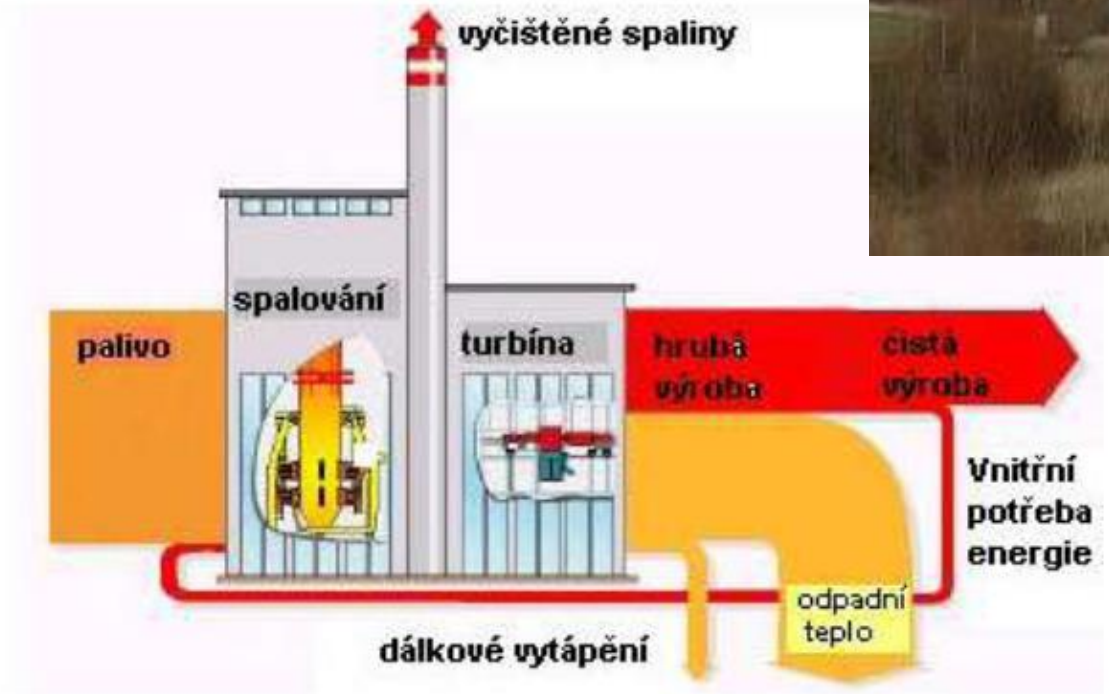
- **Centralizované** = snadné řízení, velké energetické jednotky

- **Decentralizované** = menší ztráty při přenosu energie

Centralizované zdroje=elektrárny

Př. Tepelná elektrárna Opatovice:





Centralizované zdroje=elektrárny

Př.

Jaderná elektrárna Dukovany:



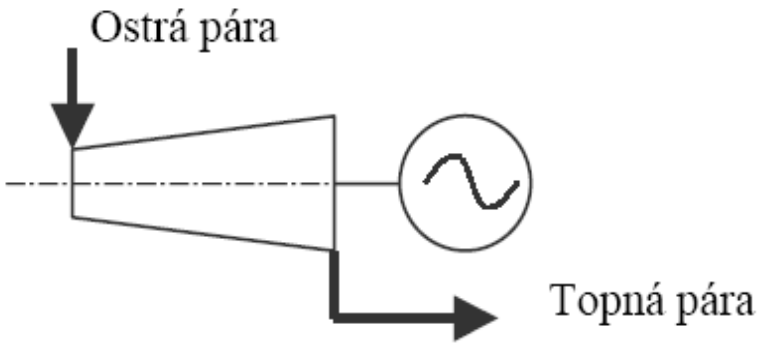
Př. Hydroelektrárna Lipno I:



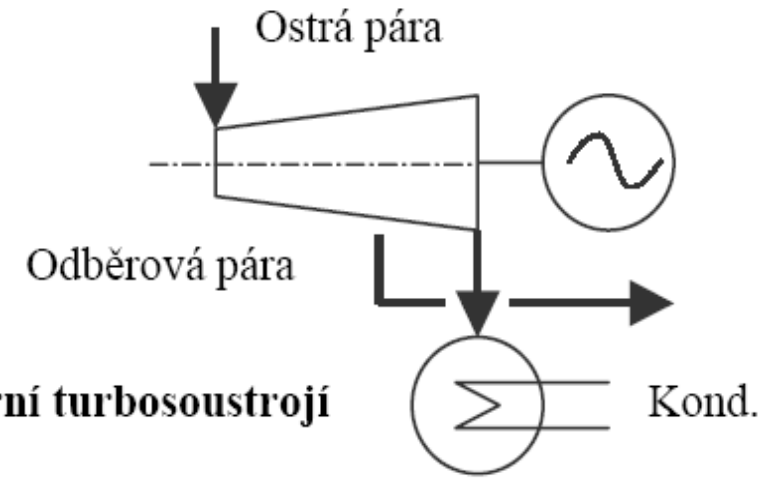
Decentralizované zdroje:

- **Ohniště, kamna, kotle, krby** = zdroje tepla
- **Bioplynové stanice, fotovoltaické panely, větrné elektrárny, benzínové a naftové elektrocentrály** = zdroje elektrické energie
- **Teplárny jako zdroje tepla** pro činžovní domy, městské čtvrti, továrny (**a někdy i elektrické energie = využití tzv. kogenerace**)

Kombinovaná výroba tepla a elektřiny, princip a srovnání účinnosti s elektrárenskou výrobou:



Protitlaké parní turbosoustrojí



Odběrové parní turbosoustrojí

		Malé zdroje do 0,2 MW	Střední zdroje do 5 MW	Velké zdroje do 300 MW
Výtopna	teplo	57 %	71 %	86 %
s kotli na	elektřina	-	-	-
tuhá paliva	ztráty	43 %	29 %	14 %
Teplárna	teplo	-	64 %	65 %
s kotli na tuhá paliva	elektřina	-	6 %	20 %
a protitlakou turbínou	ztráty	-	30 %	15 %
Elektrárna	teplo	-	-	-
s kotli na tuhá paliva	elektřina	-	-	34 %
a kondenzační turbínou	ztráty	-	-	66 %

Decentralizované zdroje:

- **Bioplynové stanice**
- **Větrné elektrárny**
- **Sluneční elektrárny**
- **Malé vodní elektrárny**
- **Spalovny komunálního odpadu** jako kogenerační jednotky, tj. zdroje tepla a elektrické energie pro celé městské čtvrti (Praha-Malešice, SAKO Brno, TERMIZO Liberec, Plzeň-Chotíkov)

Druhotné zdroje energie = využitelný energetický zdroj, jehož energ. potenciál vzniká jako vedl. produkt při přeměně a konečné spotřebě energie a při odstraňování odpadů

-pevné, kapalné a plynné látky vznikající jako odpad z technologických procesů (odpady chem. výroby, důlní a koksárenský plyn, skládkový plyn)

Výhody vs. problémy druhotných zdrojů

tzv. energetické využití odpadu

tzv. alternativní palivo (odpad či vytěžené staré zátěže přepracováné na certifikované palivo pro cementárny)

Příklady využití druhotných zdrojů energie:



Velká zařízení na energetické využití odpadu (ZEVO), lidově nazývané spalovny, v tuzemsku nyní fungují čtyři. Zpracovávají každoročně zhruba 710 tisíc tun odpadu, přičemž podle zákona ho můžeme v Česku takto likvidovat více než dvojnásobek.

V Česku je prostor pro dvakrát tolik spaloven, než kolik jich máme, říká ministr životního prostředí - oEnergetice.cz

Evropo, uč se! Čína dominuje trhu s čistou energií a ve světě nemá konkurenci

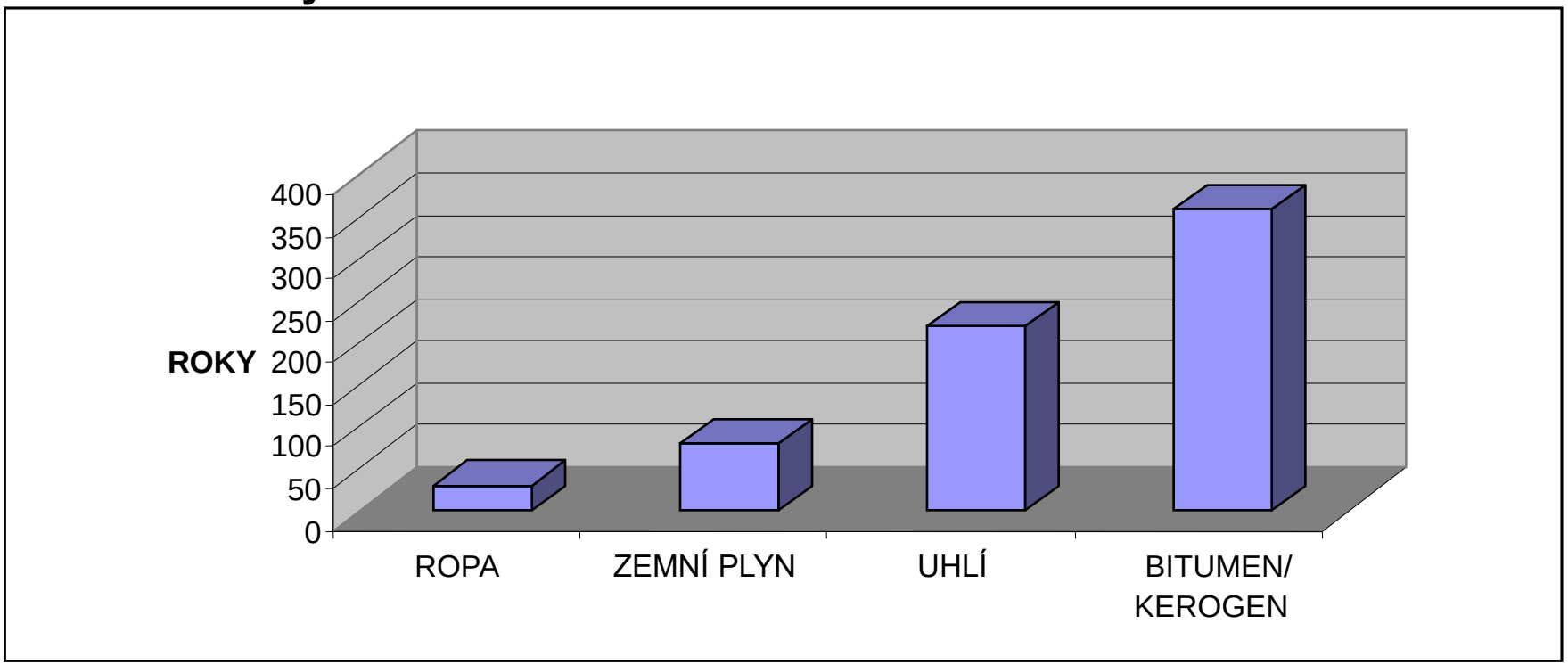
Faktory přispívající k úspěchu Číny:

- Vláda vynaložila velké prostředky na modernizaci elektrické sítě. Státní banky poskytují štědré financování projektů čisté energie
- Největší výhodou Číny může být její domácí poptávka po elektřině, která roste o 15 % ročně.
- Dle Čínské asociace průmyslu obnovitelných zdrojů energie dosáhl počet pracovních míst v odvětvích OZE v Číně v roce 2008 1,12 milionu a ročně se zvyšuje o 100 000 míst.

Evropo, uč se! Čína dominuje trhu s čistou energií a ve světě nemá konkurenci — Svět Huawei (svethuawei.eu) Autor: Lukáš Drahozal

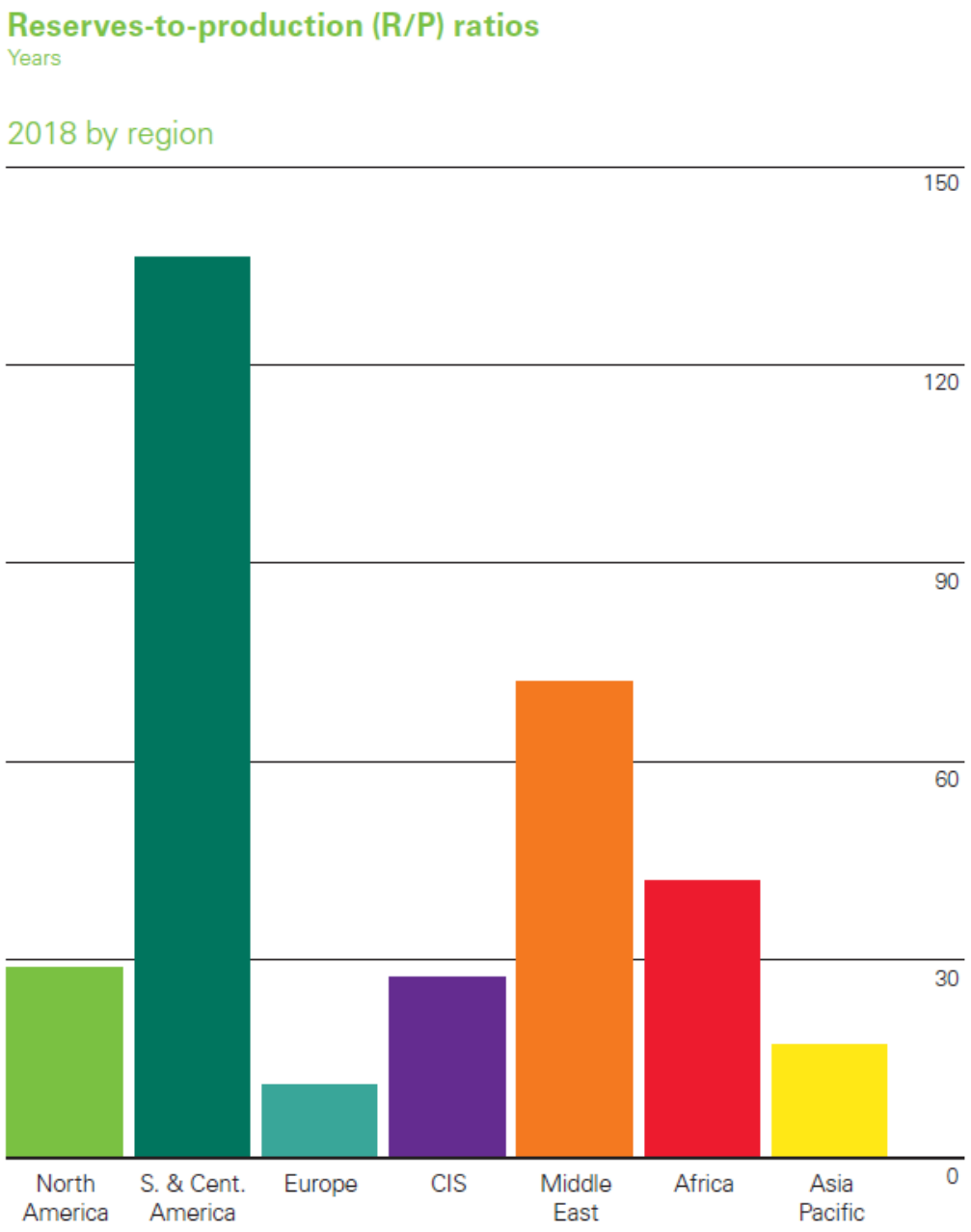
PROKÁZANÉ ZÁSOBY FOSILNÍCH SUROVIN (roky těžby)

Těžitelné zásoby ropy **na necelých 53 let**
Těžitelné zásoby zemního plynu **na necelých 56 let**
Těžitelné zásoby uhlí **na 109 let**

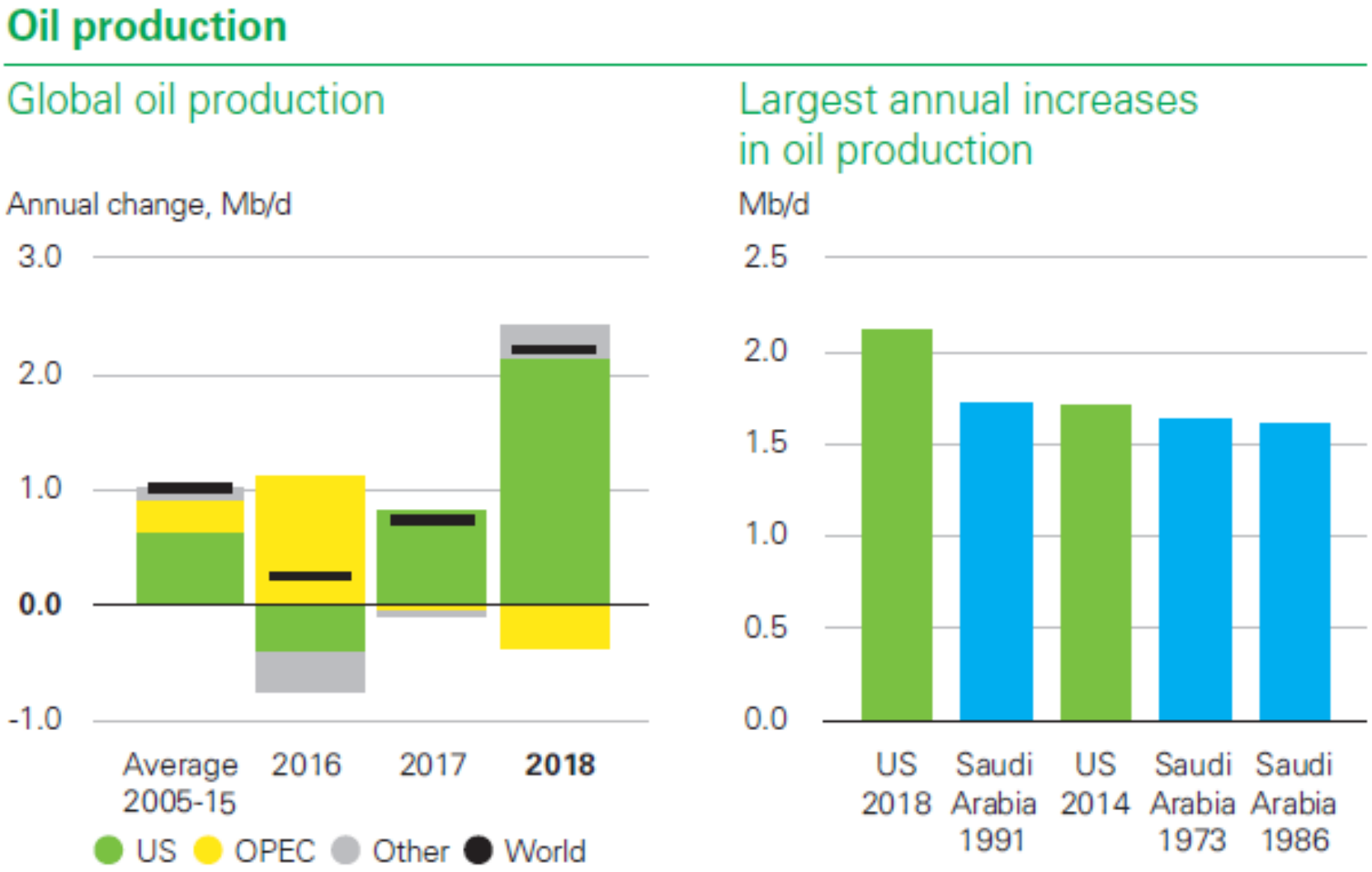


Zásoby uranu na stovky (tisíce) let dle technologie využití

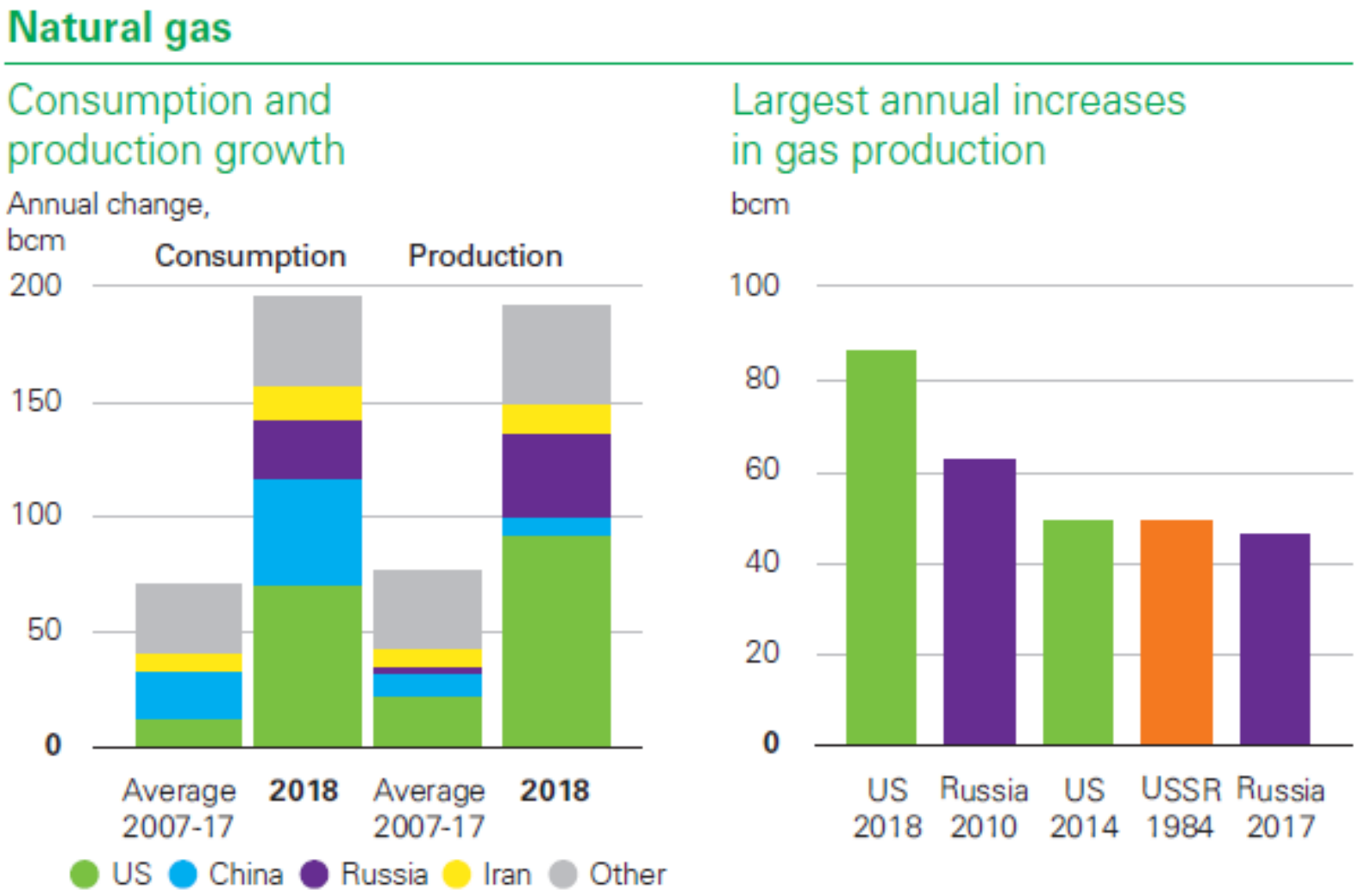
Rozložení světových zásob ropy:



Světová produkce ropy, největší změny podle států:



Světová produkce zemního plynu, největší změny podle států:



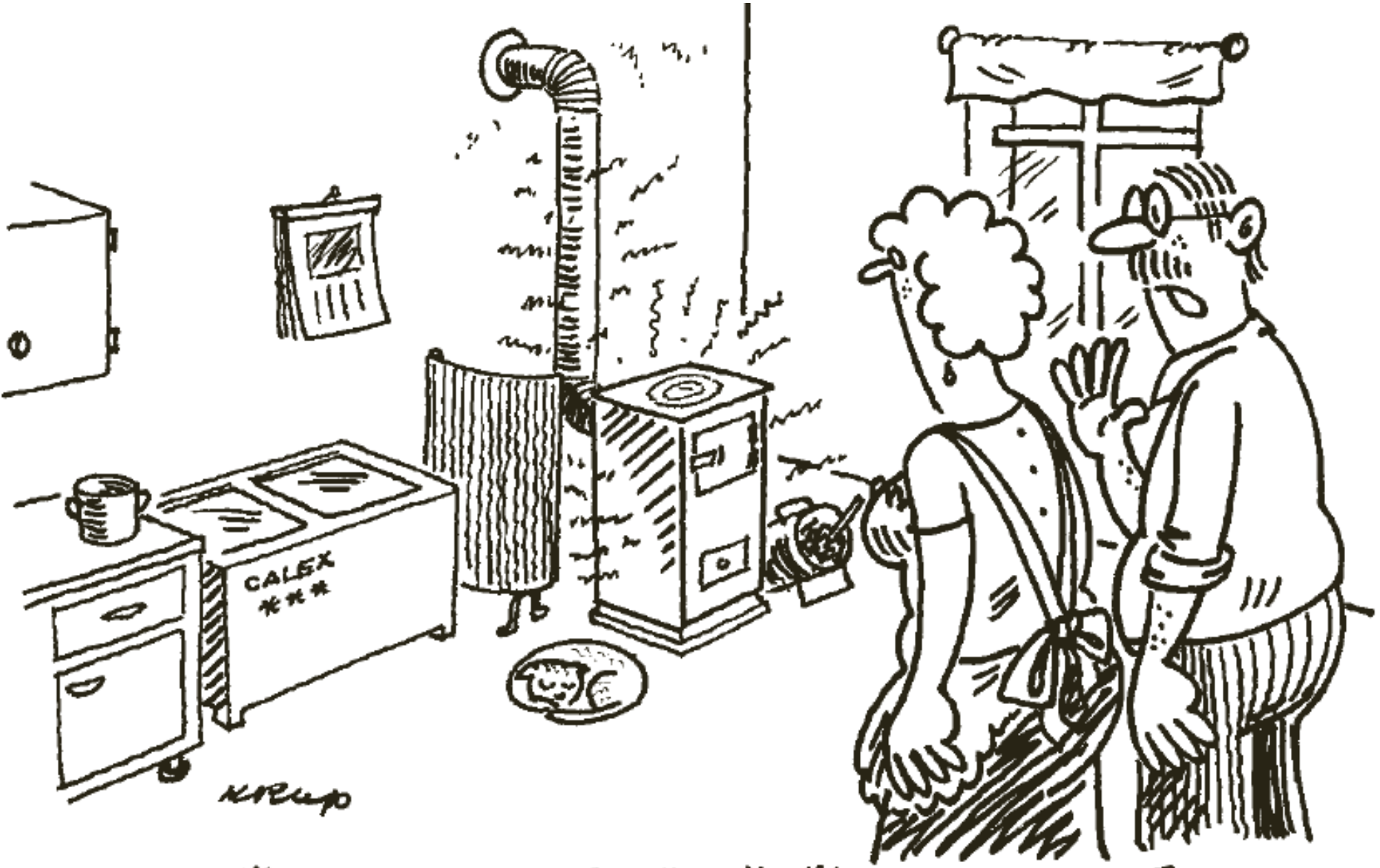
Domácí úkol:

- Počet obyvatel v ČR: 11 milionů
- Roční produkce elektřiny v ČR: 81 443 GWh

Zadání:

vypočítejte denní produkci energie na

1 obyvatele ČR



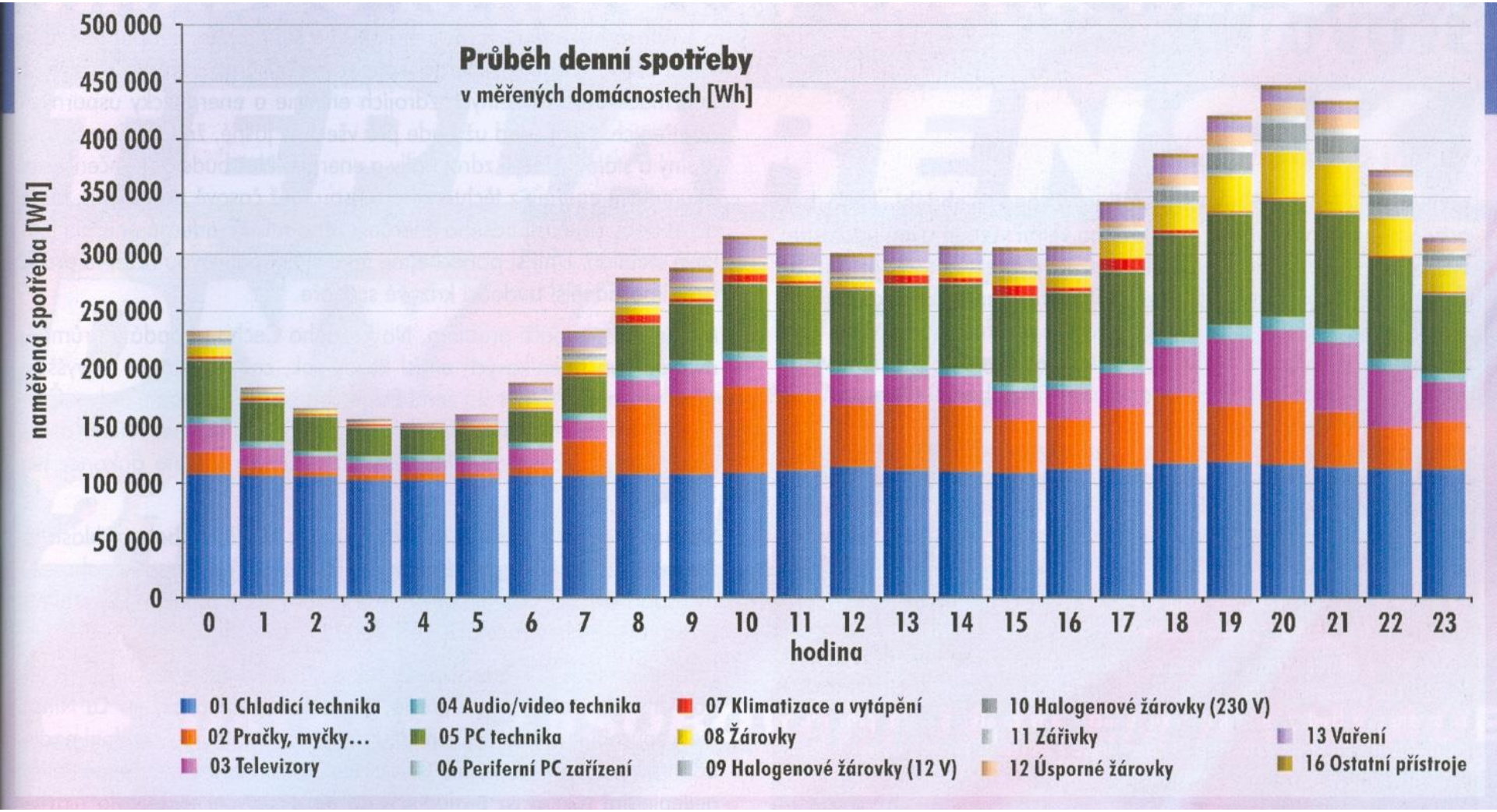
MAMKO, MÁŠ SICE TEN MRAZÁK PĚKNĚ PŘI RUCE, ALE MUSÍ DO SKLEPA!
TO BYSME SE VŮBEC NEDOPLATILI

Energetická náročnost domácností:

Výtah z průměrné roční spotřeby

Druh přístroje	Průměrná domácnost (VWEW)	Moderní domácnost
pračka	280 kWh	120 kWh
lednice	440	100
mrazák	570	200
malý přístroj	200	100
televizor	170	100
osvětlení	320	130
myčka nádobí	280	150
celkem	2 260	900

Odběrový diagram sledovaných spotřebičů:



Zateplování fasád v rámci programu Zelená úsporám?!

Asi spíš svépomocí (RD v Mutěnicích):







=>



MOŽNOSTI ÚSPOR:
Kancelářské prostory z pohledu energetika



Prosklené administrativní budovy (nosná stavební konstrukce je uvnitř) musí řešit velké problémy s tepelnými ztrátami, nedostatečnou tepelnou akumulaci, přehřívání slunečním zářením, světelnou zátěž, venkovní hluk, nežádoucí odlesky do okolí apod. Budovy již nejdou do budoucna „zateplit". Zdá se, že tomuto trendu již „zvoní hrana". Na obrázku nová administrativní budova v Liberci.

=>



Administrativní budovy s nosnou konstrukcí po obvodě objektu s klasickými okenními otvory jsou historicky ověřené, problémy prosklených fasád se jich téměř nedotýkají. Na obrázku ostravská nová budova Nordica, která naznačuje návrat k osvědčeným koncepcím kancelářských budov. Obvodový plášť je možné do budoucna kdykoliv dále „zateplit".

Energetická náročnost českého průmyslu:

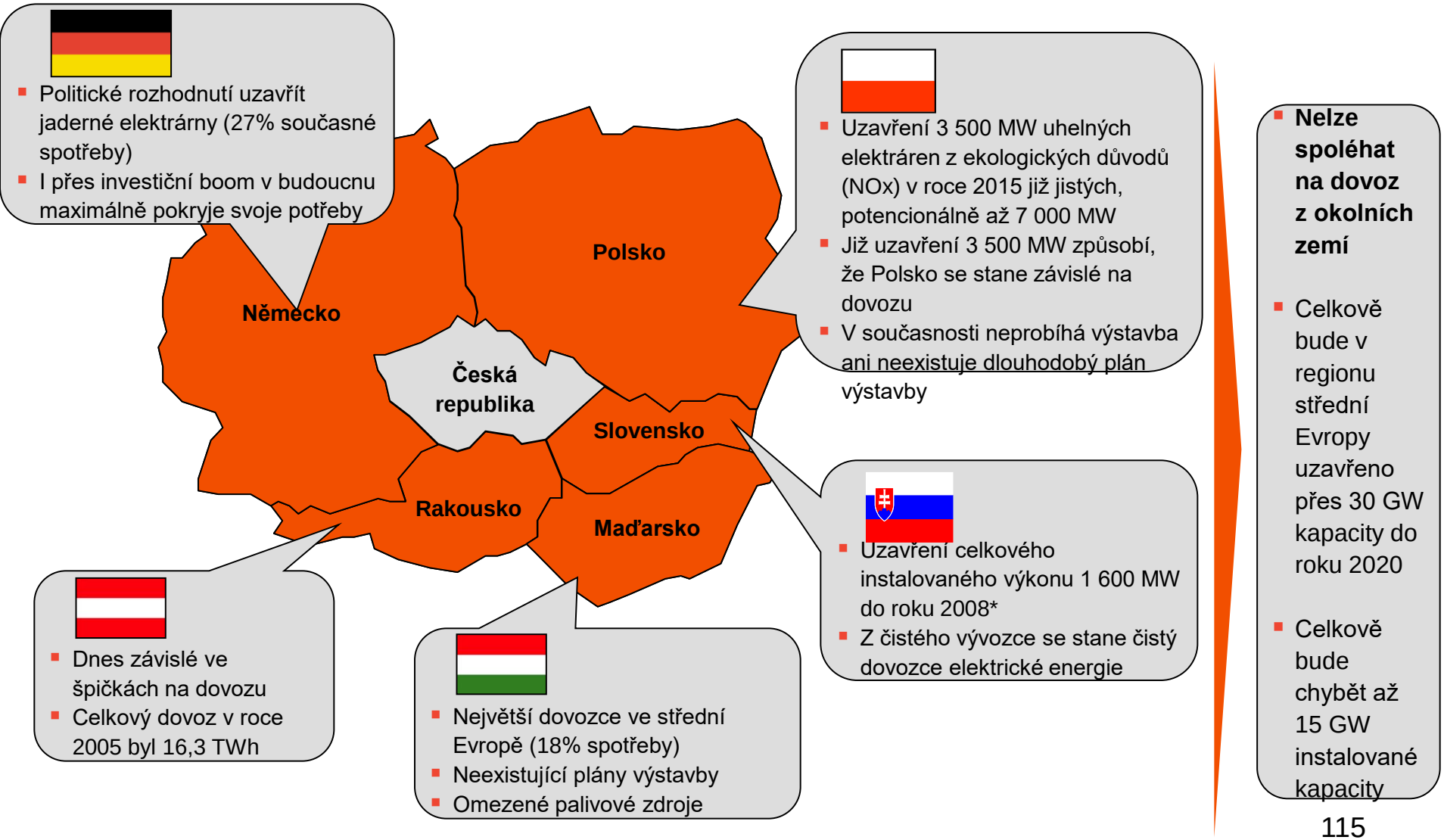
- **Největší spotřebitel: výroba železa a oceli**
- **2. největší spotřebitel energie = chemie**
  (8% celk. spotřeby energie)

- **V EU NEEXISTUJE ZÁVAZNÁ ENERGETICKÁ KONCEPCE**, DOKUMENTY MAJÍ JEN VÝZNAM DOPORUČENÍ A ODPOVĚDNOST ZA BEZPEČNOST ZÁSOBENÍ ENERGIEMI JE NA NÁRODNÍCH VLÁDÁCH

Jaké faktory ovlivňují národní energetickou koncepci?

Možnost importu a exportu elektřiny

NA DOVOZ ELEKTŘINY DO ČR NELZE DLOUHODOBĚ SPOLÉHAT, NAŠI SOUSEDÉ BUDOU MÍT SAMI NEDOSTATEK ELEKTRICKÉ ENERGIE



- Politické rozhodnutí uzavřít jaderné elektrárny (27% současné spotřeby)
- I přes investiční boom v budoucnu maximálně pokryje svoje potřeby

- Uzavření 3 500 MW uhelných elektráren z ekologických důvodů (NOx) v roce 2015 již jistých, potencionálně až 7 000 MW
- Již uzavření 3 500 MW způsobí, že Polsko se stane závislé na dovozu
- V současnosti neprobíhá výstavba ani neexistuje dlouhodobý plán výstavby

- Uzavření celkového instalovaného výkonu 1 600 MW do roku 2008*
- Z čistého vývozce se stane čistý dovozce elektrické energie

- Dnes závislé ve špičkách na dovozu
- Celkový dovoz v roce 2005 byl 16,3 TWh

- Největší dovozce ve střední Evropě (18% spotřeby)
- Neexistující plány výstavby
- Omezené palivové zdroje

- **Nelze spoléhat na dovoz z okolních zemí**
- Celkově bude v regionu střední Evropy uzavřeno přes 30 GW kapacity do roku 2020
- Celkově bude chybět až 15 GW instalované kapacity

Státní energetická koncepce ČR (schválena 2004)

Hl. cíle státní energ. koncepce:

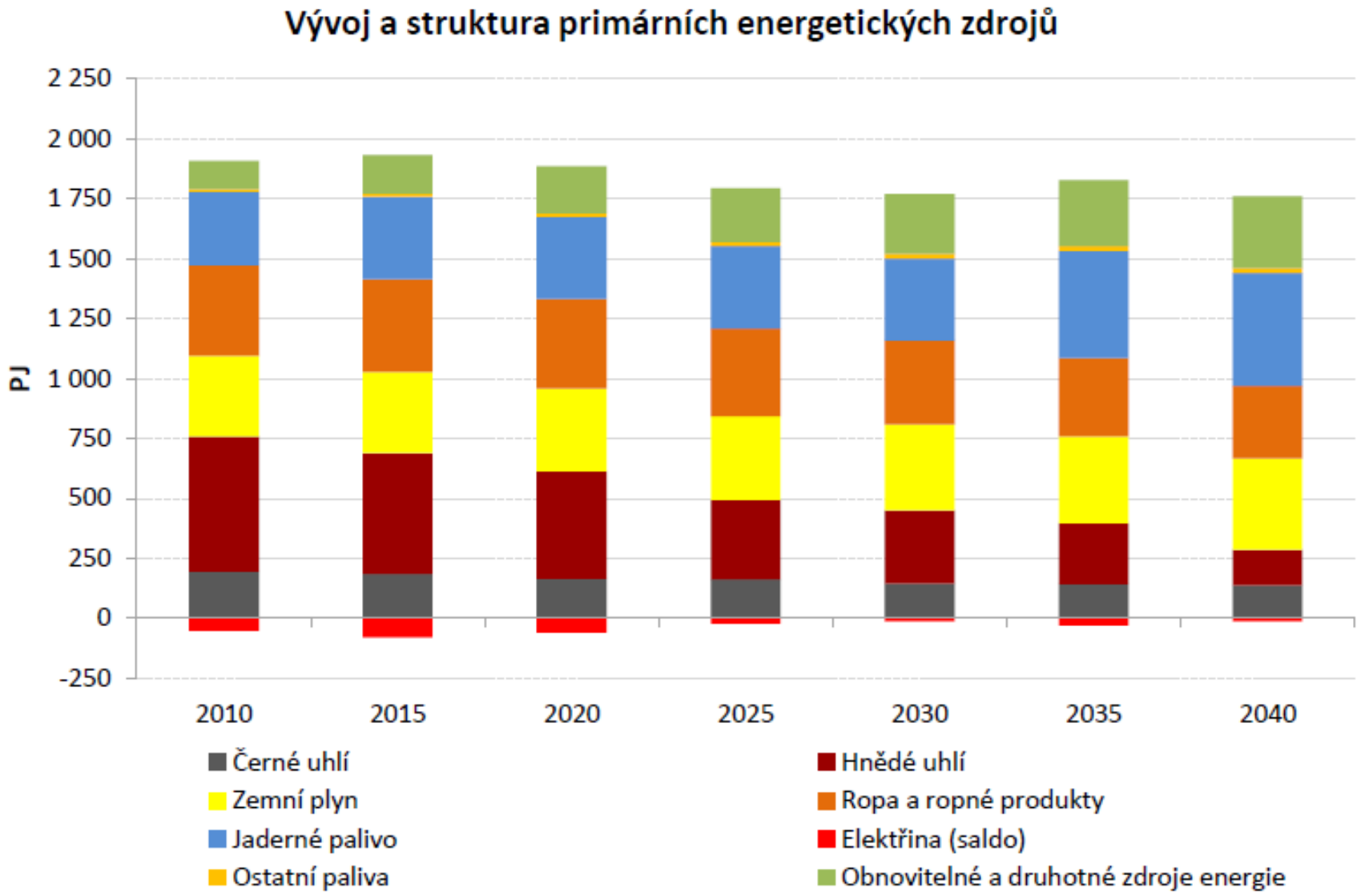
- 1) Maximalizace energetické efektivnosti = zlepšit účinnost využití energie

- 2) Zajištění vhodného poměru spotřeby prvotních energetických zdrojů

- 3) Zajištění maximální šetrnosti k životnímu prostředí

http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/statni-energeticka-koncepce-ceske-republiky-30051.html

Aktualizace státní energ.koncepce 2015 (ASEK):



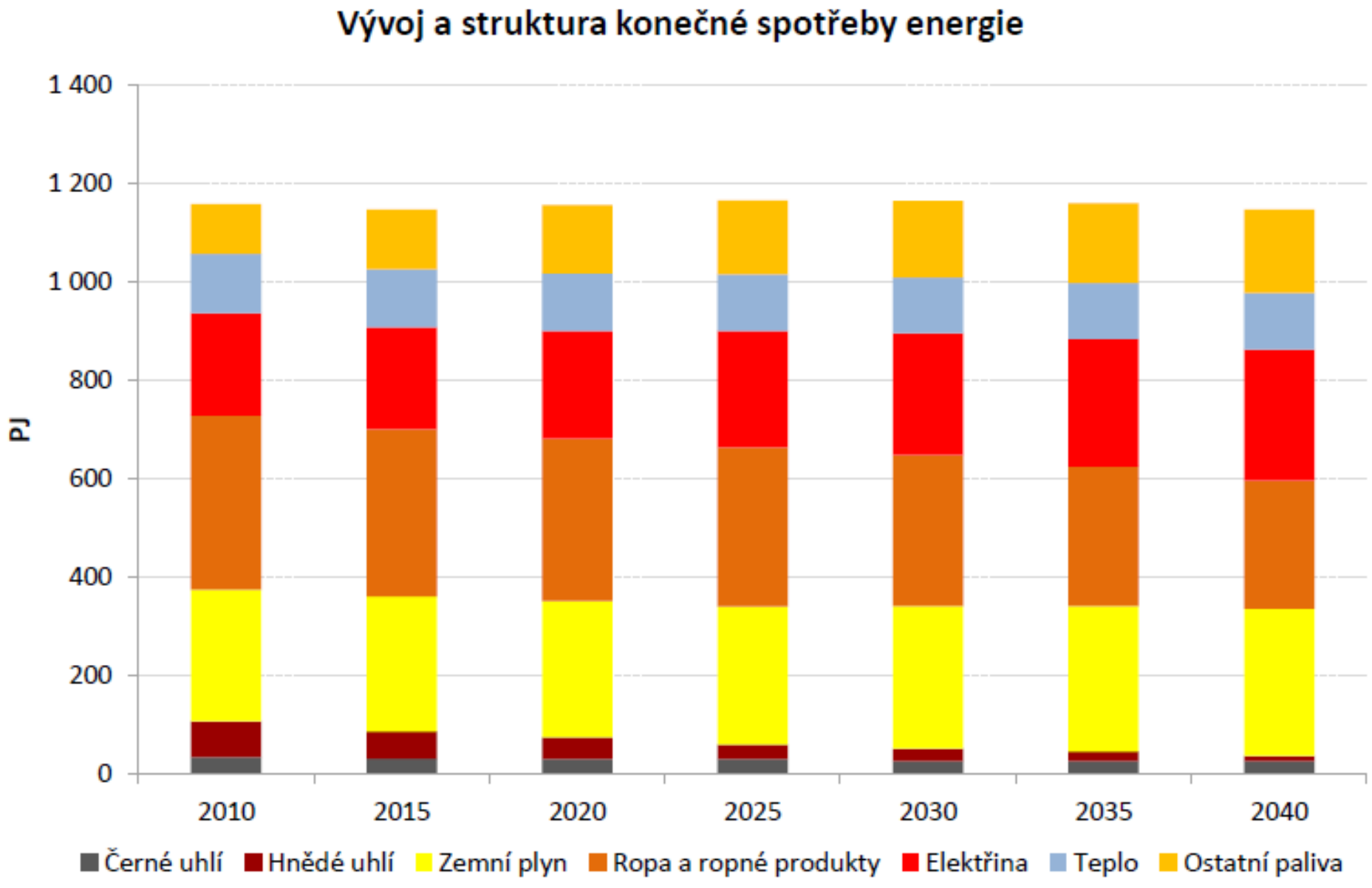
V ČR aktualizace státní energetické koncepce (ASEK), strateg. priority ČR na dalších 25 let:

- **Vyvážený mix zdrojů založený na jejich širokém portfoliu, efektivním využití všech dostupných tuzemských energetických zdrojů** a udržení přebytkové výkonové bilance soustavy s dostatkem rezerv. Udržování dostupných strategických rezerv tuzemských forem energie.
-
- **Zvyšování energetické účinnosti a dosažení úspor energie v hospodářství i v domácnostech.**
-
- **Rozvoj síťové infrastruktury ČR v kontextu zemí střední Evropy**, posílení mezinárodní spolupráce a integrace trhů s elektřinou a plynem v regionu včetně podpory vytváření účinné a akceschopné společné energetické politiky EU.

- **Podpora výzkumu, vývoje a inovací zajišťující konkurenceschopnost české energetiky** a podpora školství, s cílem nutnosti generační obměny a **zlepšení kvality technické inteligence v oblasti energetiky**.

- **Zvýšení energetické bezpečnosti a odolnosti ČR a posílení schopnosti zajistit nezbytné dodávky energií v případech kumulace poruch**, vícenásobných útoků proti kritické infrastruktuře **a v případech déle trvajících krizí v zásobování palivy.**

Aktualizace státní energetické koncepce (ASEK):



V oblasti produkce elektrické energie je prioritní:

- **Aktualizovaný dokument předpokládá stagnující spotřebu energií**, navzdory stoupajícímu odběru zemního plynu, elektřiny a skupiny takzvaných „ostatních paliv“ (degazační plyn, průmyslové a tuhé neobnovitelné komunální odpady).

- Aktualizace státní energetické koncepce předpovídá, že **ve struktuře primárních zdrojů poroste podíl obnovitelných (OZE), jaderného paliva, zemního plynu a skupiny „ostatních paliv“.**

- **Ministerstvo průmyslu a obchodu** sleduje ***„udržení stávající plné nezávislosti v oblasti dodávek tepla a elektřiny, ale bez významného vývozu vyrobené energie“***. Toho údajně docílíme ***„pouze dalším rozvojem jaderné energetiky“***, přičemž aktualizovaná koncepce jmenuje **jaderné palivo mezi domácími zdroji *„za podmínky zajištění jeho dostatečných zásob“***.

- **Klesnou vyvezené přebytky elektřiny.**

- **Rozvoj sítí, včetně řídících a měřících prvků inteligentních sítí.**

Postupy získávání tepla a elektrické energie

Průmyslová výroba je zcela závislá na dodávkách „vyráběné“ energie

Získávání tepla:

- **spalováním hořlavých materiálů (paliv)**
- Jaderné štěpení (obvykle izotopu ^{235}U)
- třením (třeba u kogeneračních jednotek)
- využití energie slunce
- Využitím zbytkového tepla z okolí

Získávání elektrické energie

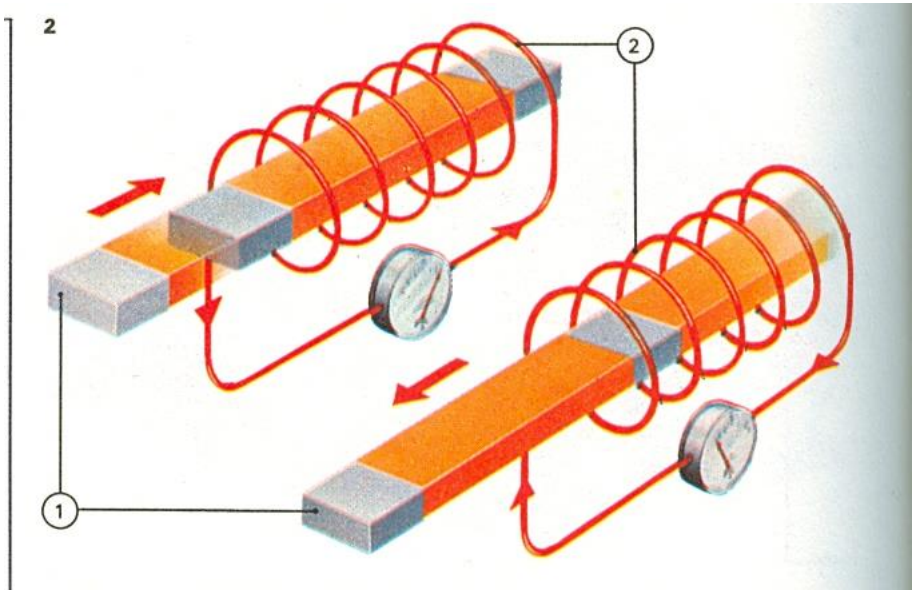
- **Využití elektromagnetické indukce**
- Elektrochemické zdroje proudu (baterie, akumulátory)
- Speciální procesy (fotovoltaika, termoeletrické zdroje)

Získávání elektrické energie ve „velkém“:

- Konvenční postupy založeny na využití principu tzv. elektromagnetické indukce

(M. Faraday, 1791-1867)

Mění-li se počet siločar magnetického pole 1, které protínají vodivou smyčku 2 (mění se magnetický tok smyčkou), indukuje se v ní elektromotorické napětí



Pro praktické získávání elektrické energie:

…využití Faradayova objevu:

Při pohybu vodiče v magnetickém poli se v něm indukuje elektromotorické napětí (při uzavření obvodu vodičem protéká indukovaný proud)

- **Elektrický generátor** je **elektrický stroj**, **sloužící k přeměně jiných druhů energie na energii elektrickou. Nejčastěji se jedná o rotační stroje, které využívají točivého magnetického pole a cívek, ve kterých se indukuje elektrické napětí.**

- **Skládají se z rotoru a statoru**, kdy obyčejně rotor vytváří točivé magnetické pole a ve statoru jsou umístěny cívky, ve kterých se indukuje elektrické napětí.

- **Rotor vyžaduje pohonné zařízení (turbínu nebo pístový motor), které jej udržuje v rovnoměrném rotačním pohybu**

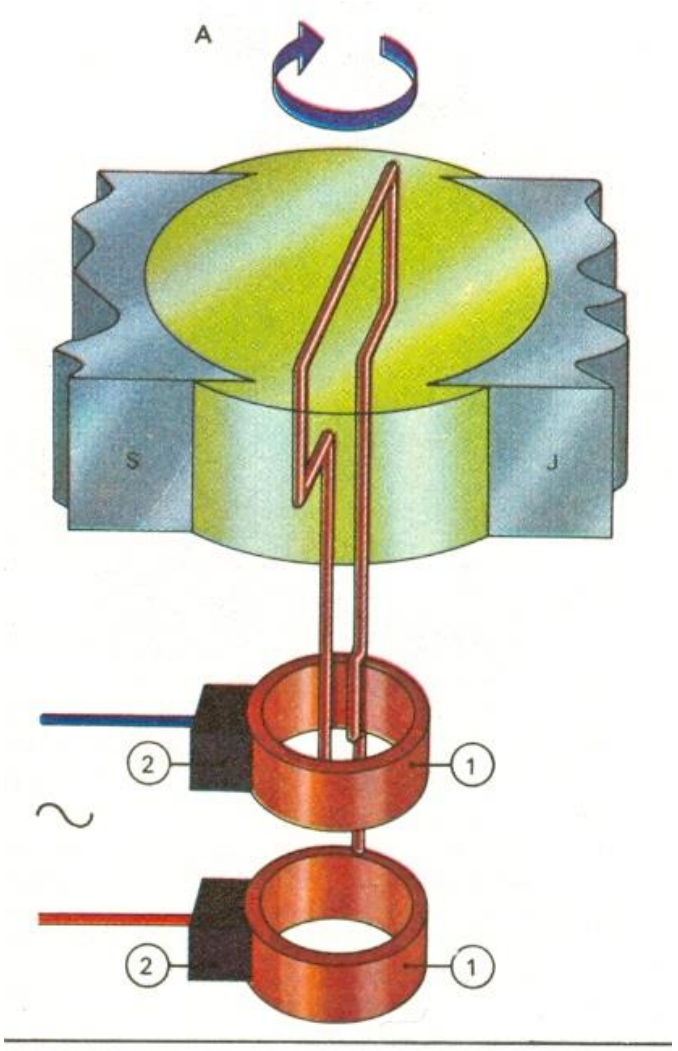
Schéma elektrického generátoru:

Ad. A)

Elektromotorické napětí vyrobíme, když otáčíme smyčkou (cívkou) v magnet.poli.

Vzniklé střídavé napětí indukované v cívce připojíme pomocí sběrných kroužků (1) a uhlíkových kartáčků (2).

Je-li vnější obvod uzavřen, bude jím protékat proud.



Pro přenos elektrické energie na velkou vzdálenost je důležitá transformace:

Ztráty elektrického proudu při průchodu vodičem (ztráty přenosové soustavy):

$$P_Z = R * I^2$$

kde P_z je ztrátový výkon, R je elektrický odpor vedení a I je protékající proud.

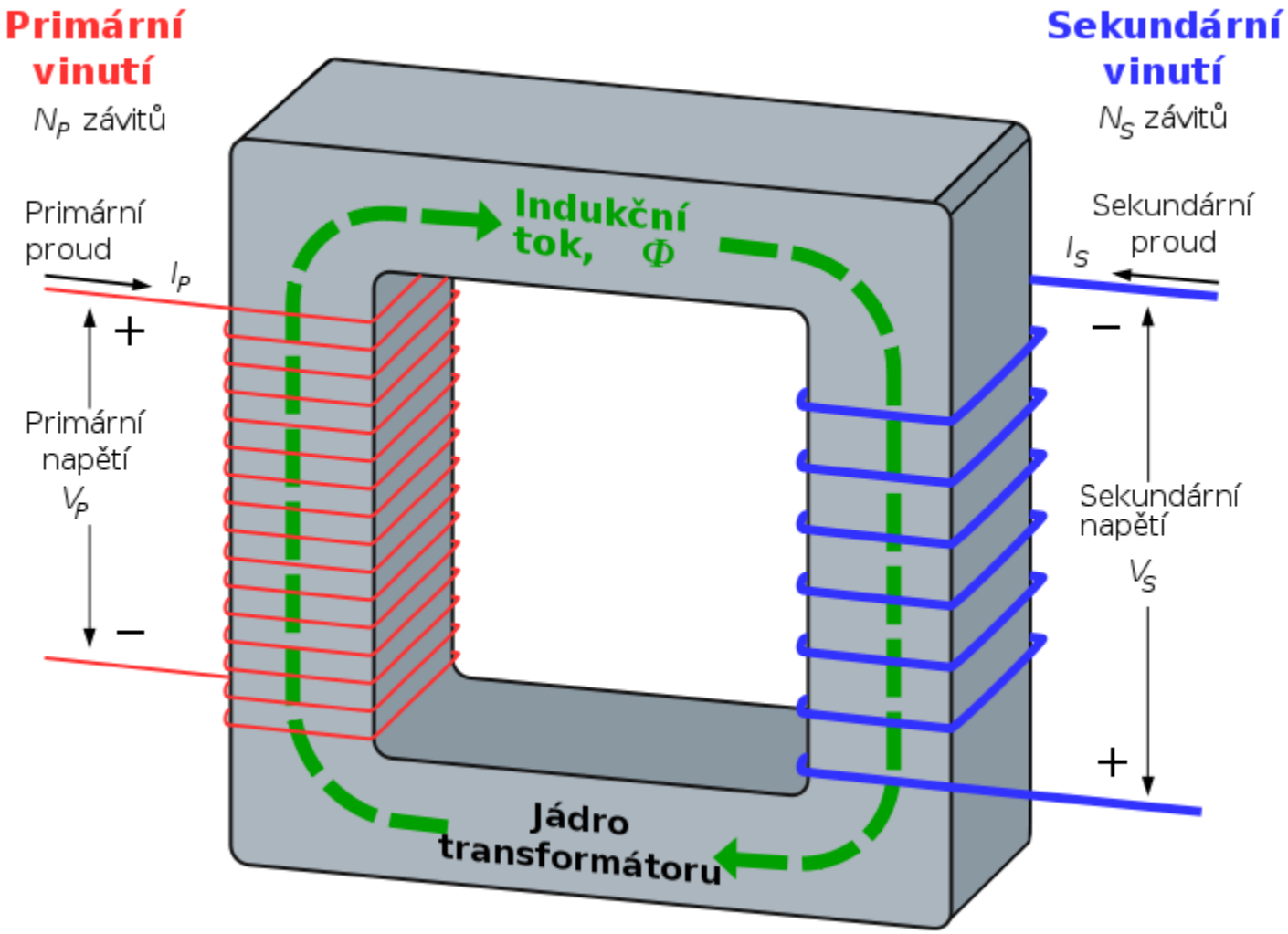
El. odpor je možné snížit:

a) zvětšením průřezu vodičů

b) nebo volbou vhodného materiálu (např. použít měď místo hliníku nebo oceli).

Snížení velikosti protékajícího proudu se dá při konstantním přeneseném výkonu dosáhnout zvýšením napětí.
(Přenesený výkon se rovná součinu proudu a napětí: P = U * I)

Transformátor:



Transformátor:

- Z předpokladu aplikace zákona zachování energie dostaneme **rovnici ideálního tranformátoru**:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \text{konst.}$$

kde U_1 je napětí na primární cívce (U_2 sekundární),
I_1 je proud primární cívkou(I_2 sekundární),
N_1 je počet závitů primární cívky(N_2 sekundární).

Alternativní zdroje = prakticky nulová produkce CO_2:

Technologický vývoj => velké zvýšení výkonu a snížení cen zařízení na využívání alternativních zdrojů

- Cena získané elektrické energie(z r.2007):

20-25 centů za 1 kWh ze solárních článků

4-5 centů za 1 kWh z uhelných elektráren

5-7 centů za 1 kWh z plynových elektráren

6-9 centů za 1 kWh spalováním biomasy

2-12 centů za 1 kWh z jaderných elektráren

Zdroj: Scientific American

Neexistuje neomezený zdroj „čisté“ energie

(**snad jen ve fantazii některých vědců a novinářů**, viz. např.):

http://www.novinky.cz/zahranicni/164715-mame-klic-k-neomezenemu-zdroji-ciste-energie-veri-vedci.html; 25.3.2009:

25.3.2009 vyšel Článek:

„Máme klíč k neomezenému zdroji čisté energie, věří vědci“

Princip je na rozdíl od poměrně nebezpečné štěpné reakce založen na sloučení atomových jader reakcí při pokojové teplotě a tlaku a uvolnění značné energie.

Pamela Mosier-Bossová, výzkumnice z centra amerického námořnictva v San Diegu tvrdí, že její tým má průkazné stopy, že provedl jako první studenou fúzi v laboratoři.

Téměř před dvaceti lety oznámil podle britského listu Guardian provedení studené fúze výzkumný tým z Utahu. Tehdy však jejich bombastická zpráva vyzněla do ztracena.

Cílem je, aby během nízkoenergetické jaderné reakce vzniklo tritium (izotop vodíku se dvěma neutrony a jedním protonem) a uvolnily se neutrony společně s měřitelným množstvím tepla.



Nový pokus byl oficiálně představen v pondělí na setkání Americké chemické společnosti v Salt Lake City.

Mosier-Bossová provedla poměrně jednoduchý experiment:

Ponořila zlatý drát do kádinky, v níž byl chlorid palladnatý ($PdCl_2$) smíchaný s těžkou vodou (D_2O).

Vědci pak zavedli do kádinky proud a použili detektor, který zjišťoval přítomnost uvolněných neutronů.

Na konci experimentu našli tři stopy, které podle jejich přesvědčení vznikly uvolněním neutronů během fúze v kádince.

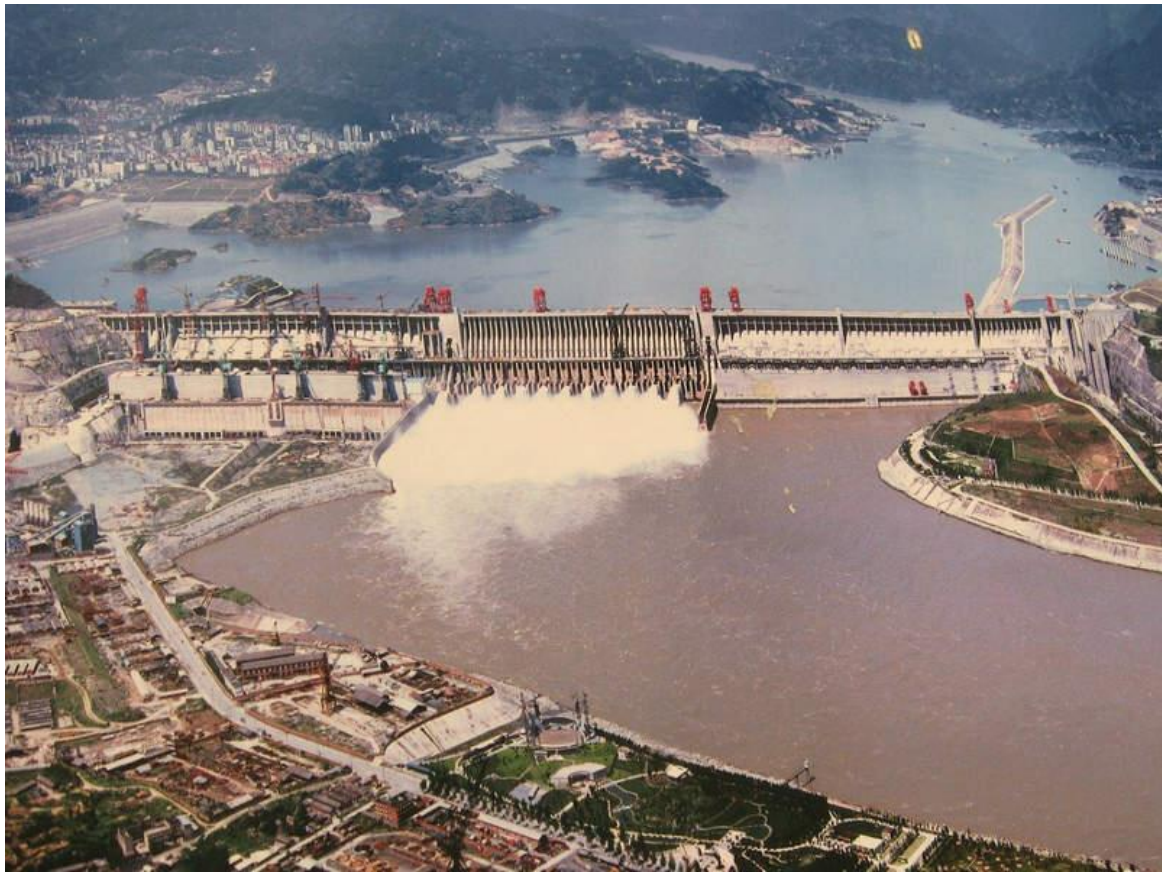
Nyní zbývá jejich pokus ověřit!

Vodní elektrárny

Využití energie vody pro výrobu a akumulaci elektrické energie

9,894 Hydro Power Plant Stock Photos, High-Res Pictures, and Images - Getty Images | Mini hydro power plant, Hydro power plant canada

The total electric generating capacity of the Three Gorges Dam is 22,500 MW Combining the capacity of the dam's 32 main turbines with the two smaller generators (50 MW each) that provide power to the plant itself. Estimates of the **number of people displaced by the dam's construction range from 1.13 million to around 1.4 million**



Úloha energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

VE v ČR v r.2023 vyrobily cca. 4,4 % el.energie

https://csu.gov.cz/statistika/energetika?pocet=10&start=0&skupiny=39&razeni=-datumVydani#grafy___skupina-783708

řady

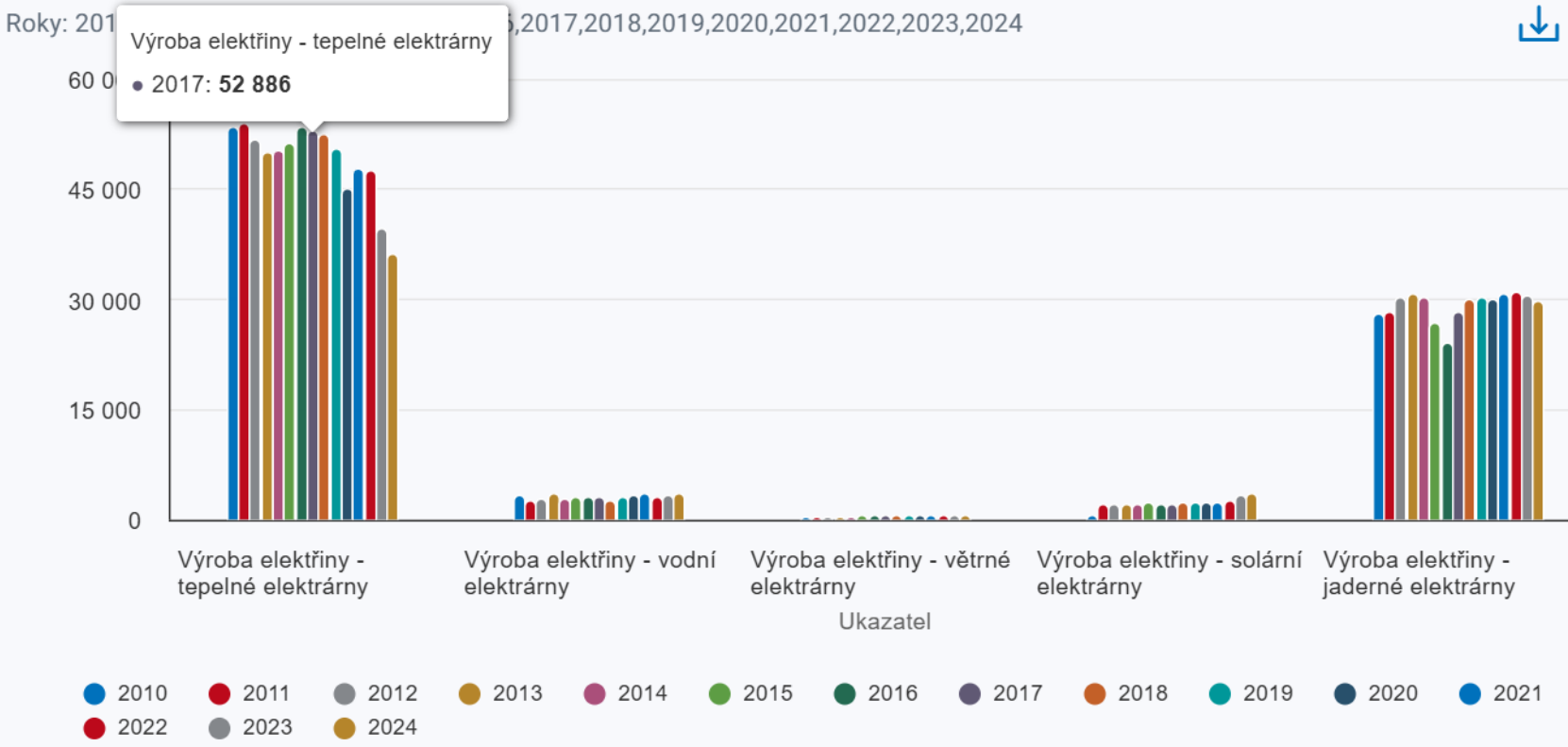
tů

ky

rmace

Výroba elektřiny podle druhu elektrárny (GWh)

Výroba elektřiny podle druhu elektrárny (GWh) [1)]



Instalovaný výkon energ.zdrojů v ČR (Statistická ročenka ČR z 2024)

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů

16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 877**	**21 378**	**20 877**	**21 160**	**22 093**	***MW***	***Installed capacity, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	MW	12 786	12 385	11 875	11 792	11 901	*MW*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	MW	4 290	4 290	4 290	4 290	4 290	*MW*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	MW	175	.	.	.	.	*MW*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	MW	2 266	2 285	2 286	2 290	2 288	*MW*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	MW	282	339	339	339	342	*MW*	*Wind power plants*
solární elektrárny	MW	2 078	2 079	2 087	2 449	3 272	*MW*	*Solar power plants*

VE v ČR disponovaly v r. 2023 tvoří cca. 11 % inst.výkonu



Elektrárny v České republice

- *tepelné elektrárny*
- *jaderné elektrárny*
- *vodní elektrárny*

potenciál malých vodních elektráren v čr - Hledat Obrázky

Všechny velké vodní elektrárny ČEZ, a .s. (s výjimkou Dalešic, Mohelna a Dlouhých Strání) jsou situovány na toku Vltavy, kde tvoří kaskádový systém **- Vltavskou kaskádu.**

Přehled velkých vodních elektráren provozovaných Skupinou ČEZ:

	Instalovaný výkon: [MW]	**Rok uvedení do provozu:**
Lipno I	120	1959
Orlík	364	1961 - 1962
Kamýk	40	1961
Slapy	144	1954 - 1955
Štěchovice I	22,5	1943 - 1944
Vrané	13,88	1936
Střekov	19,5	1936

Instalovaný elektrický výkon velkých vodních elektráren celkem téměř: 724 MW

+ k tomu nutno připočítat výkon přečerpávacích elektráren: + 1145 M
=> velké vodní elektrárny v ČR dosahují celk.výkonu: Σ = 1869 MW

Tj. zbytek, cca. 1000 MW tvoří souhrnný výkon malých vodních elektráren

Situace v ČR:

Přečerpávací vodní elektrárny	Instalovaný výkon [MW]	Rok uvedení do provozu
Štěchovice II	45	1948, 1996
Dalešice	450	1978
Dlouhé Stráně I	650	1996

Přečerpávací vodní elektrárna Štěchovice II se spádem až 220 m a nádrží na kopci Homole o obsahu 500.000 m^3 s nadzemním přivaděčem 2 x Ø 1,7÷2 m, délky 590 m. Soustrojí s Francisovou reverzní turbínou s oběžným kolem o Ø 2,2 m, hltností 24 m^3 vody/s a motor-generátorem 45 MW je umístěno v 45 m hluboké podzemní strojovně. V provozu od r. 1947, rekonstruována r. 1996.



Vodní elektrárny jako „zásobníky“ elektrické energie

Přečerpávací vodní elektrárny

Využívání trojice přečerpávacích vodních elektráren ČEZ - Dlouhé stráně, Dalešice a Štěchovice 2

mpo.cz (MPO)
Energie | 11.06.2021 18:49:14
Zatmění Slunce si vyžádalo koordinaci napříč Evropou. ČEPS na něj byla připravena s přečerpávacími vodními elektrárnami.
Dnešní částečné zatmění Slunce, které se v České republice projevilo v rozmezí přibližně 11:40 – 13:40, způsobilo pokles výroby fotovoltaických elektráren.



Elektrárny v České republice

- *tepelné elektrárny*
- *jaderné elektrárny*
- *vodní elektrárny*

potenciál malých vodních elektráren v čr - Hledat Obrázky

V ČR aktualizace státní energetické koncepce, strateg. priority:

- **Vyvážený mix zdrojů založený na jejich širokém portfoliu, efektivním využití všech dostupných tuzemských energetických zdrojů** a udržení přebytkové výkonové bilance soustavy s dostatkem rezerv. **Udržování dostupných strategických rezerv tuzemských forem energie.**
-
- **Zvyšování energetické účinnosti a dosažení úspor energie v hospodářství i v domácnostech.**
-
- **Rozvoj síťové infrastruktury ČR v kontextu zemí střední Evropy**, posílení mezinárodní spolupráce a integrace trhů s elektřinou a plynem v regionu včetně podpory vytváření účinné a akceschopné společné energetické politiky EU.

- **Podpora výzkumu, vývoje a inovací zajišťující konkurenceschopnost české energetiky** a podpora školství, s cílem nutnosti generační obměny a **zlepšení kvality technické inteligence v oblasti energetiky**.

- **Zvýšení energetické bezpečnosti a odolnosti ČR a posílení schopnosti zajistit nezbytné dodávky energií v případech kumulace poruch**, vícenásobných útoků proti kritické infrastruktuře **a v případech déle trvajících krizí v zásobování palivy.**

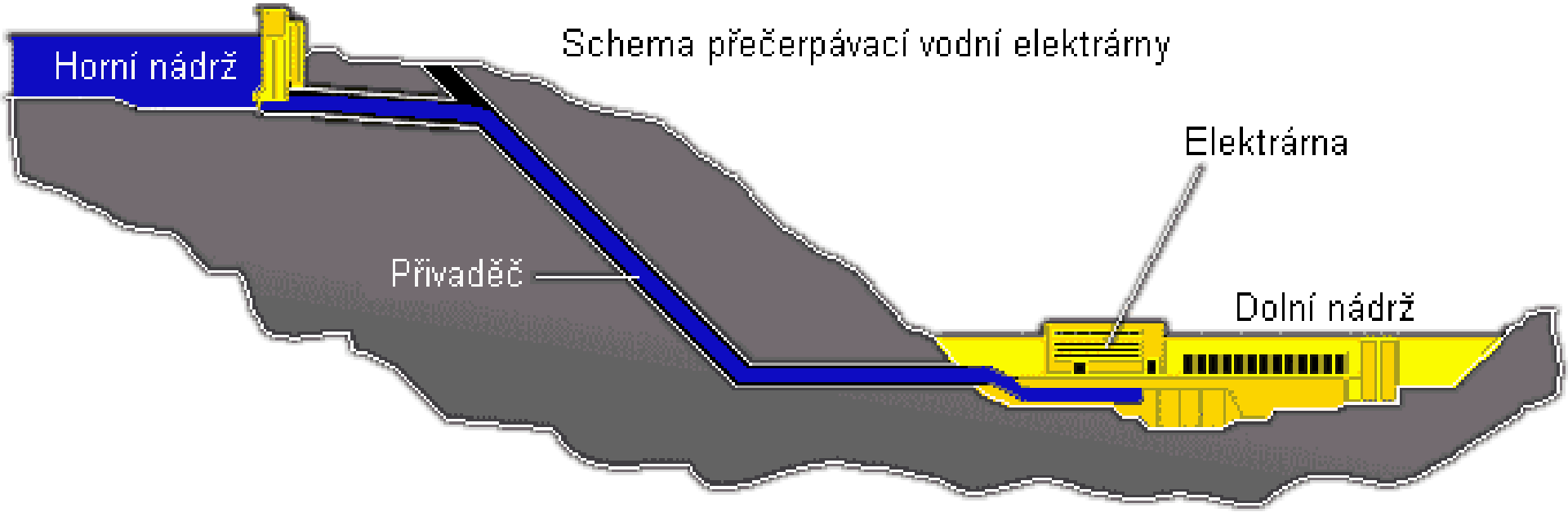
Přečerpávací vodní elektrárny:

- Rozvoj přečerpávacích elektráren vedl k vývoji reverzibilních turbín, které jsou schopny pracovat jako turbíny nebo po změně směru otáčení oběžného kola jako čerpadla.

- Velkou předností přečerpávacích vodních elektráren je schopnost přifázování do elektrifikační sítě s plným výkonem v několika minutách. Tato schopnost je ostatně vlastní všem vodním elektrárnám.

Přečerpávací vodní elektrárny

- Jde v principu o soustavu dvou nádrží. Voda vypouštěná spádem z horní vyrábí elektřinu v době její největší potřeby, mimo špičku se při využití tzv. levné elektřiny voda přečerpává z dolní nádrže zpět do horní.



Přečerpávací vodní elektrárny:

Elektrický generátor:

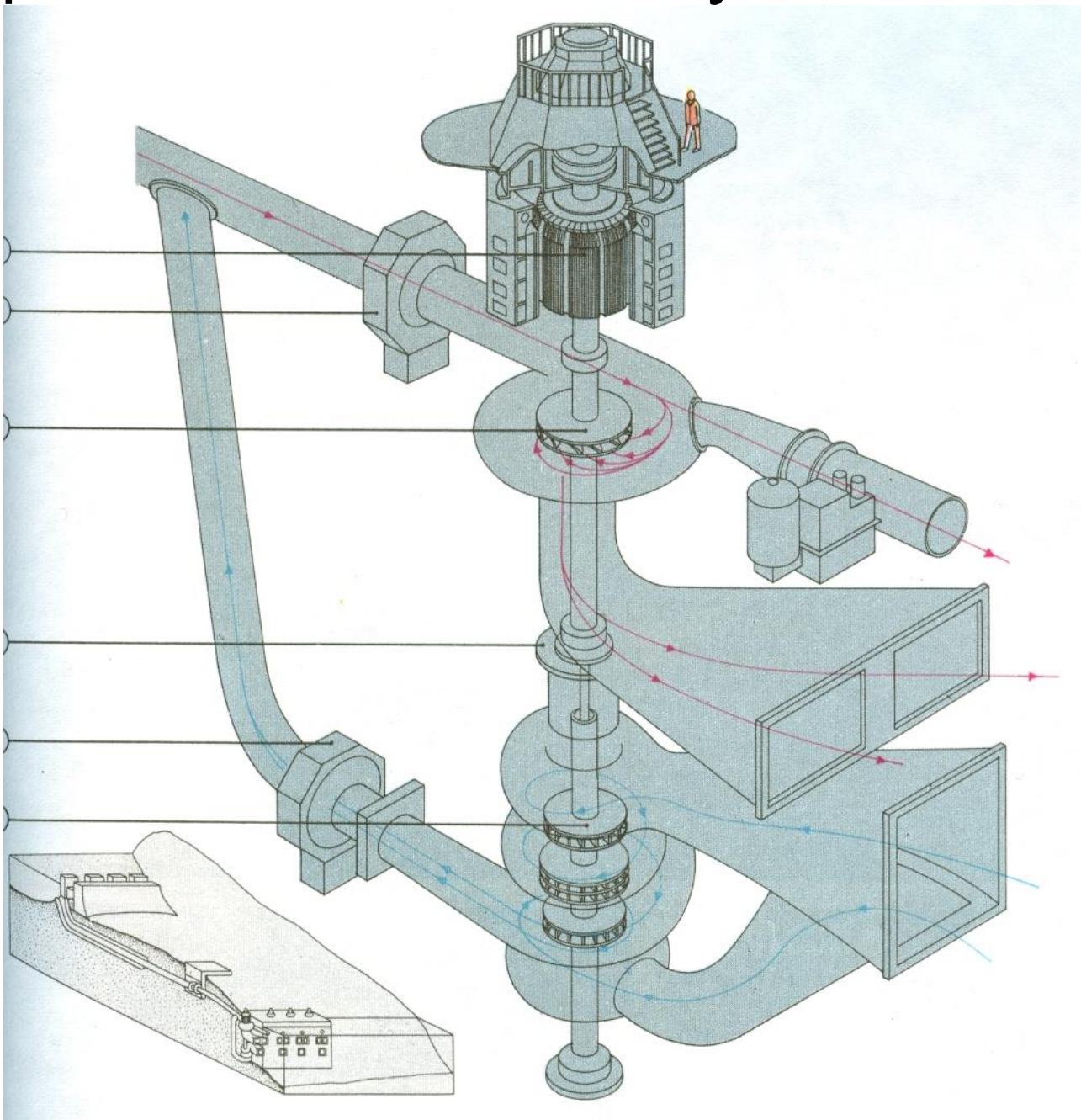
Ventil turbíny:

Vodní turbína:

Převodová spojka:

Ventil čerpadla:

Odstředivá čerpadla:



Základní výpočty:

Množství využitelné energie vodního toku závisí na výškovém rozdílu (spádu) dvou různých vodních hladin a na množství protékající vody (průtoku vody).

Výkon vodní turbíny:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad [W]$$

- **ρ - měrná hmotnost vody** (1 000 kg/m³)
- **Q - průtok vodním motorem** (m³/s)
- **g - gravitační zrychlení** (9,81 m/s²)
- **H - převýšení** (m)

Elektrárna	Štěchovice II	Dalešice	Dlouhé Stráně
Uvedení do provozu	1947 1996 rekonstrukce	1978 2007 rekonstrukce	1996
Výkon [MW]	45	480 (4 · 120)	650 (2 · 325)
Počet soustrojí	1	4	2
Typ turbín	Francis reverzní FR 180	Francis reverzní	Francis reverzní FR100
Turbínový spád [m]	209,8-219,5	60,5-90,7	534,3
Průtok turbínou [m^3/s]	24 (výroba) 21 (čerpání)	150 (výroba) 137,5 (čerpání)	68,6(výroba) 54,5(čerpání)
Průměr oběžného kola [mm]	2 200	6 000	4 540
Otáčky [ot./min]	600	136,4	428,6
Objem horní nádrže [mil. m^3]	0,467	127	2,72

Vodní turbíny:

- Podle způsobu práce se moderní **turbíny** dělí na **rovnotlaké a přetlakové**.

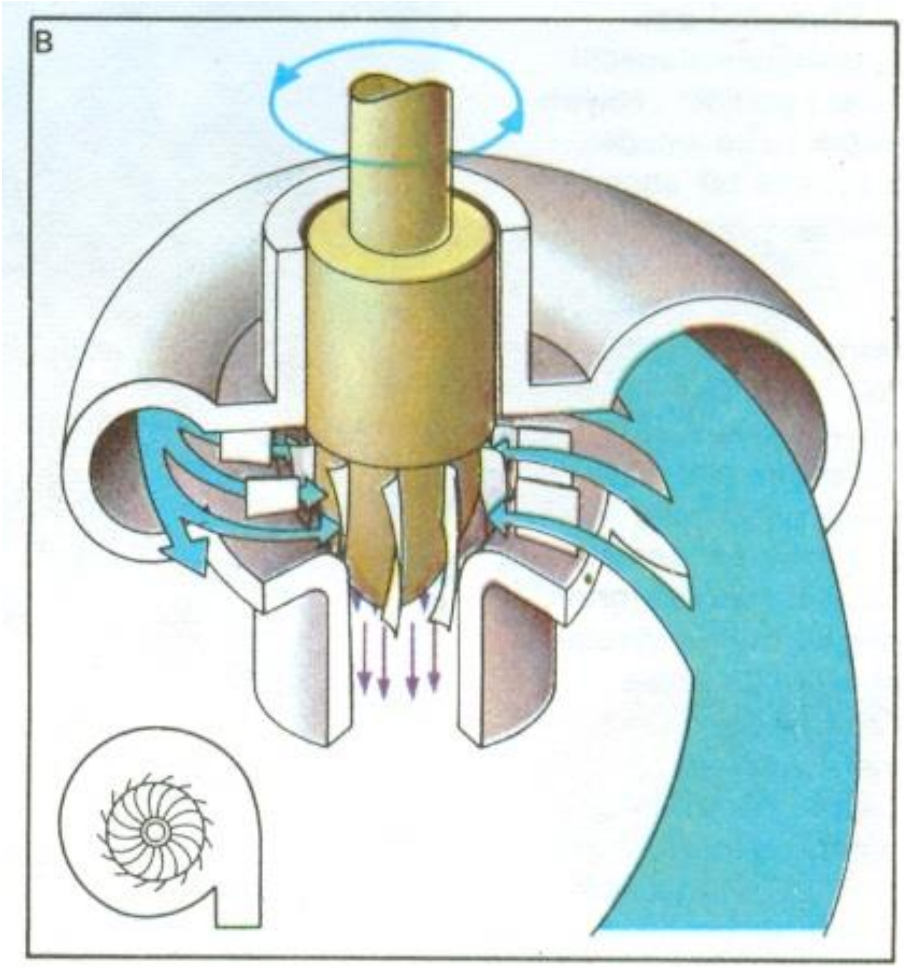
- **V rovnotlakých turbínách zůstává tlak vody stále stejný**, to znamená, že voda vychází z turbíny pod stejným tlakem, pod jakým do ní vstupuje.

- **U přetlakových turbín vstupuje voda do oběžného kola s určitým přetlakem, který při průtoku klesá**. Tak pracují např. Francisovy turbíny, vhodné pro střední spády.

- Vodní turbíny jsou technicky nejdokonalejší mechanické motory vůbec - dosahují 95% účinnosti.

Francisova turbína (přetlaková):

voda vstupuje věncem rozváděcích lopatek zvenčí do oběžného kola, které se otáčí uvnitř prstence s rozváděcími lopatkami. Z oběžného kola vystupovala voda ve směru osy (axiálně).







Francisova turbína:

Jedná se o turbínu, která využívá spád 1–734 m, ale nejefektivnější je pro spády 100–300 m.
Dle uložení hřídele se rozděluje na horizontální a vertikální.

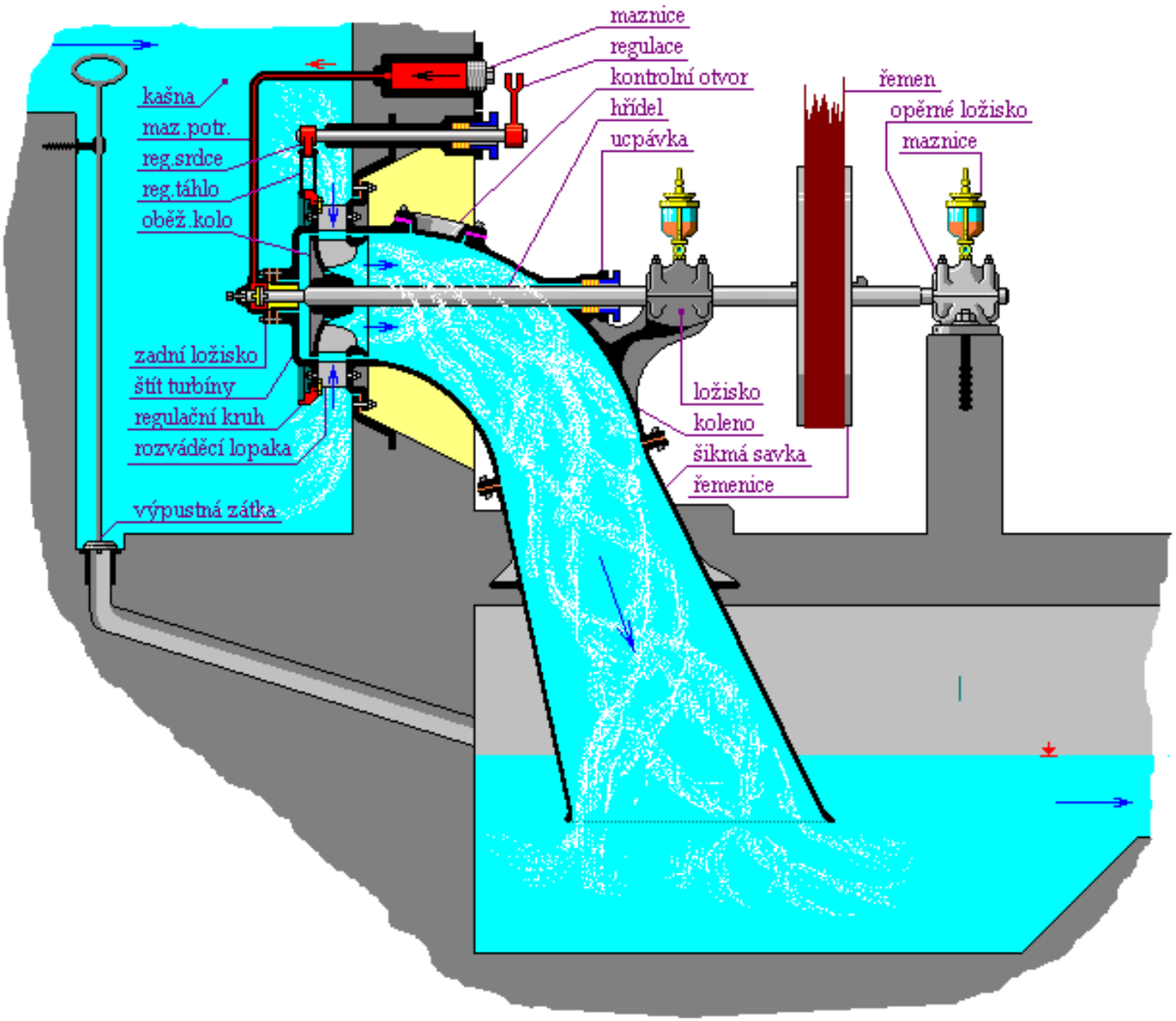


Obr. Francisova turbína s horizontálním uložením hřídele připojená na el.generátor:

Schéma uspořádání Francisovy turbíny:

Použitelná pro spády 2 - 200 m a pro velké průtoky, a také jako reverzní v přečerpávacích elektrárnách se spádem až 500 m.

Dosahují výkonů až 250 MW, jsou však schopny i 1000MW výkonu.



Ukázka rotoru Francisovy turbíny pro elektrárnu Tři Soutěsky, Čína:
Ø ~ 9.5m, výkon ~ 710 MW při 75 ot./min.



Největší česká vodní elektrárna:

- Z hlediska energetiky je česká „nej“ na přečerpávací **vodní elektrárně Dlouhé Stráně**: největší instalovaný výkon **2x325 MW**, největší spád 510,7 m a největší reverzní Francisovy turbíny v Evropě (325 MW).

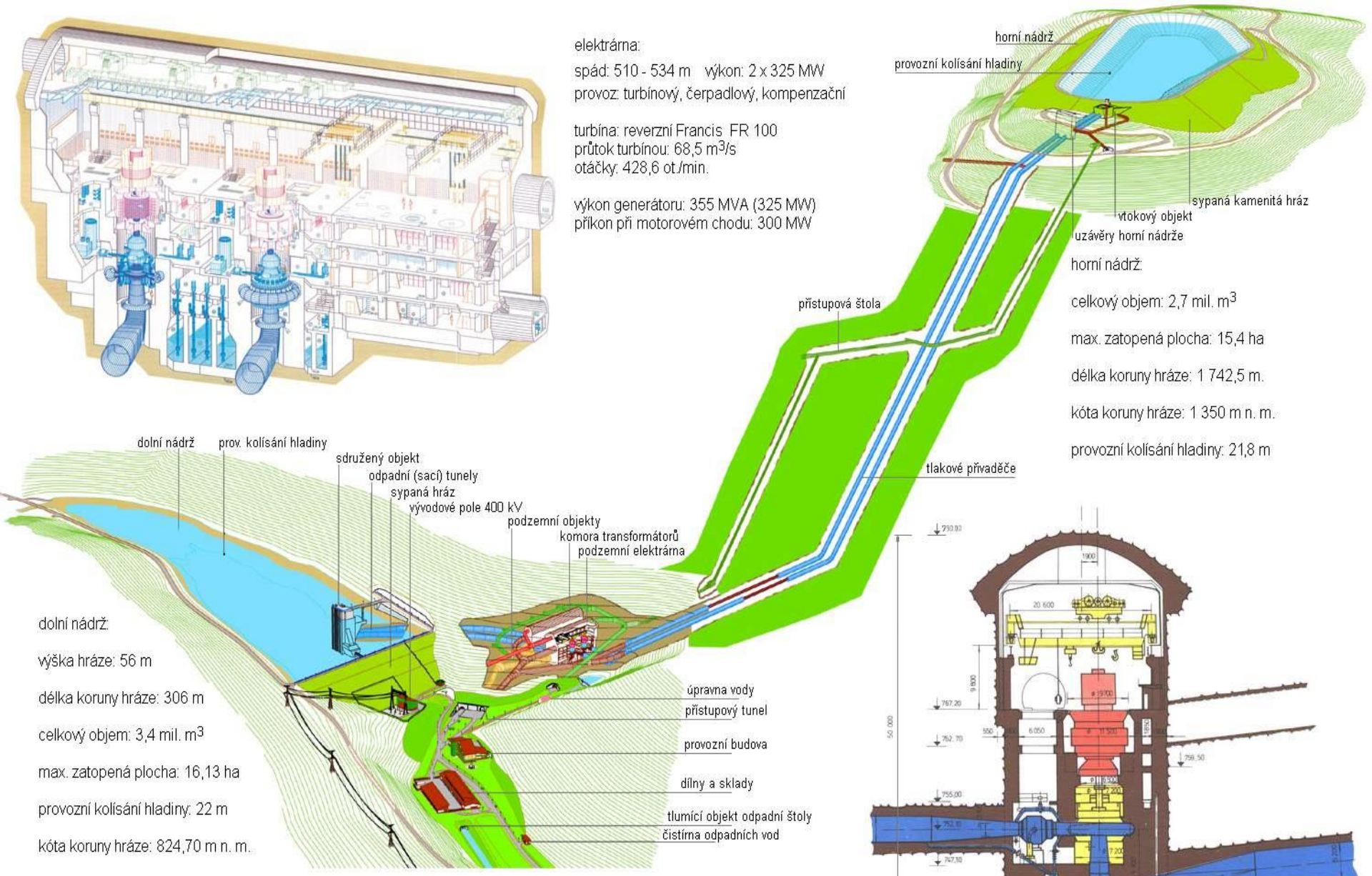
elektrárna:

spád: 510 - 534 m výkon: 2 x 325 MW

provoz: turbínový, čerpadlový, kompenzační

turbína: reverzní Francis FR 100
průtok turbínou: 68,5 m^3/s
otáčky: 428,6 ot./min.

výkon generátoru: 355 MVA (325 MW)
příkon při motorovém chodu: 300 MW



horní nádrž:

celkový objem: 2,7 mil. m^3

max. zatopená plocha: 15,4 ha

délka koruny hráze: 1 742,5 m.

kóta koruny hráze: 1 350 m n. m.

provozní kolísání hladiny: 21,8 m

dolní nádrž:

výška hráze: 56 m

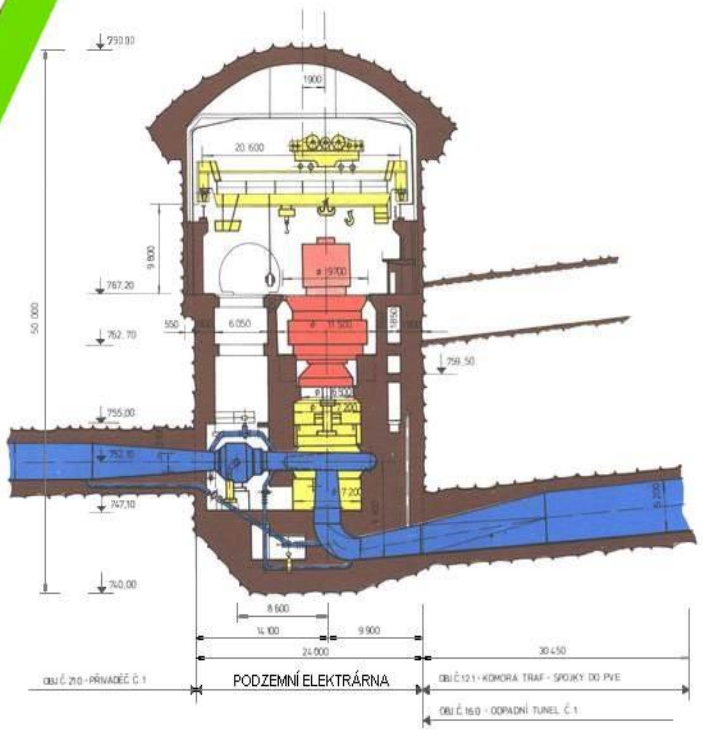
délka koruny hráze: 306 m

celkový objem: 3,4 mil. m^3

max. zatopená plocha: 16,13 ha

provozní kolísání hladiny: 22 m

kóta koruny hráze: 824,70 m n. m.



PVE Dlouhé stráně *zdr.: Pöyry Environment a.s. rev. © Jzed*

Dlouhé Stráně (Hrubý Jeseník):

- **Horní nádrž o objemu 2,7 mil. m^3 se nachází na vrchu Dlouhé Stráně v nadmořské výšce 1350 m n. m.**

- Dolní nádrž s obj. 3,4 mil. m^3 a výškou hráze 56 m se nachází na říčce Divoká Desná.

- **Výškový rozdíl hladin obou nádrží je 534 m s kolísáním hladin při provozu až 22 m.** Strojovna elektrárny je umístěna v podzemí pod vrchem Dlouhé stráně. Uvnitř jsou umístěny **dvě reverzní turbosoustrojí s elektrickými generátory, rozběhovými motory a Francisovými turbínami. Výkon 1 stroje při turbínovém chodu je až 325 MW, příkon při čerpání 300 MW.**
- Horní nádrž je propojena s turbínami dvěma podzemními tlakovými přivaděči o Ø 3,6 m a délce 1,5 km. Savky turbín jsou spojeny s dolní nádrží odpadními (sacími) kanály o Ø 5,2 m.
- **Účinnost přečerpávacího cyklu dosahuje až 76 %.**

[ČEZ připravil virtuální prohlídku přečerpávací elektrárny Dlouhé stráně | ČeskéNoviny.cz (ceskenoviny.cz)]



Nastal čas přečerpávacích vodních elektráren? Evropská iniciativa slibuje 35 gigawattů | Obnovitelně

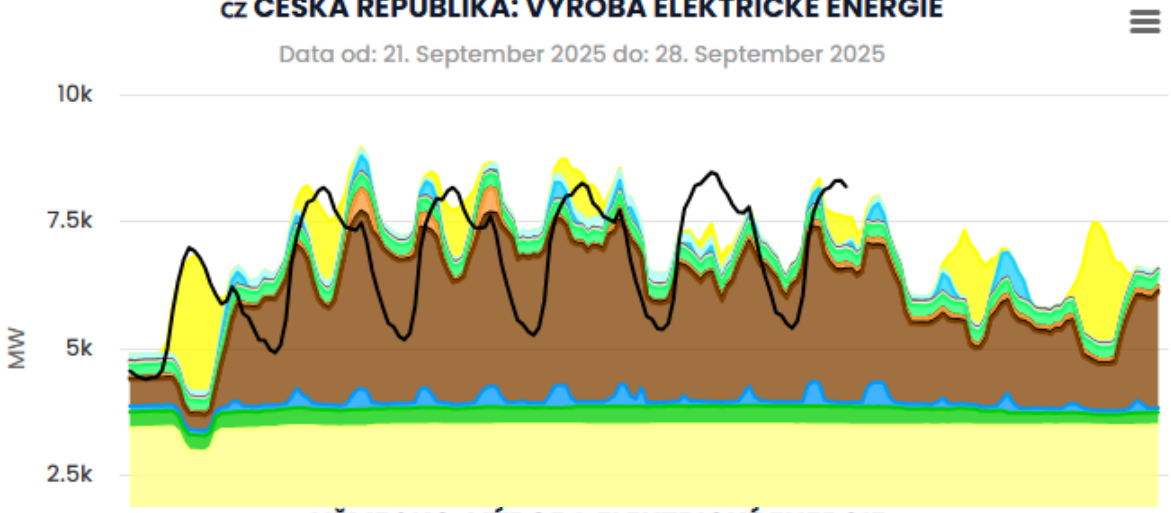
Kristýna Šermáková
21. 9. 2025

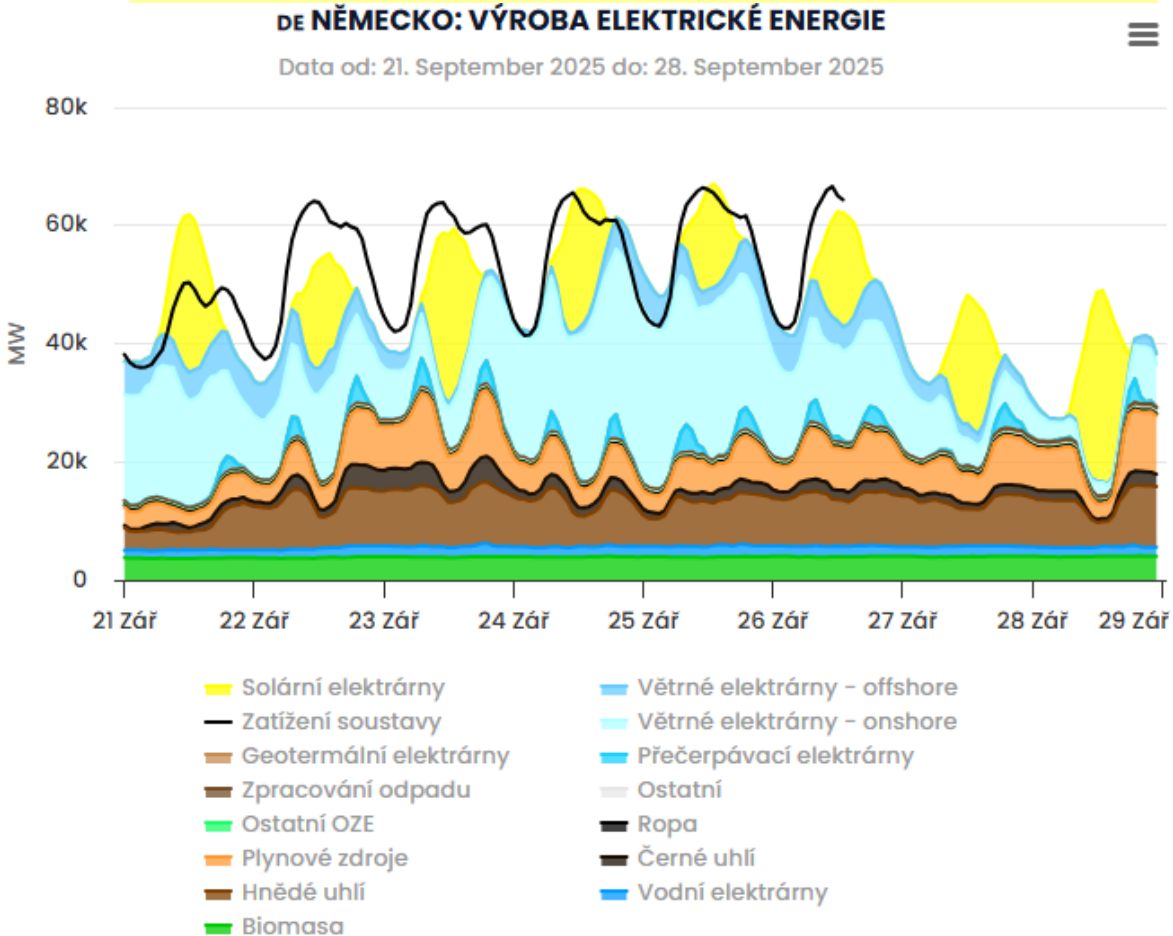
Evropské podniky chystají velkou podporu přečerpávacím elektrárnám, společně podepsaly takzvaný Pařížský závazek, tedy společnou výzvu k odblokování akumulačního potenciálu vodní energetiky. Celkem plánují podpořit rozvoj přečerpávaček o kapacitě 35 gigawattů.

Nová přečerpávací vodní elektrárna na Orlíku počítá s tříkilometrovým tunelem | Obnovitelně

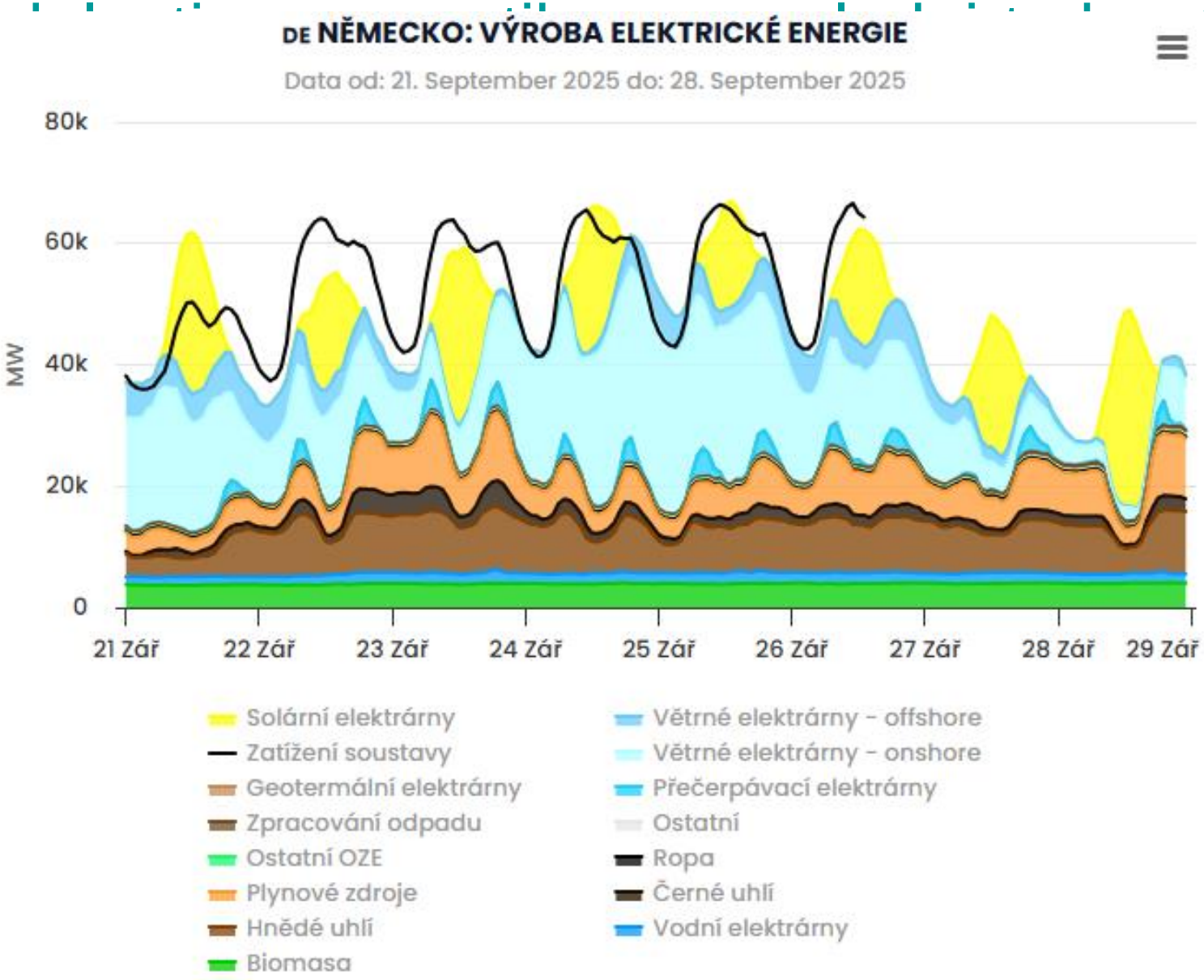
Mezi šesti vybranými lokalitami pro možný rozvoj nových přečerpávacích vodních elektráren je Orlík, Slapy, Pastviny, Libochovany, Vinice a Slezská Harta. U dvou lokalit – přečerpávací elektrárny Vinice a Libochovany – by mohly být investorem státní podniky Povodí Vltavy a Povodí Labe, u zbývajících čtyř potenciálních lokalit může být investorem polostátní firma ČEZ, která je zde provozovatelem stávajících vodních elektráren.

Voda z Orlické nádrže by se přečerpávala na vrchol kopce Pteč, kde by byla vybudována horní nádrž o objemu zhruba 4,4 milionů metrů krychlových. Dále by se vybudoval podzemní asi tři kilometry dlouhý přivaděč z horní nádrže směrem zpět do Orlické nádrže, kde by byly dvě roury o průměru zhruba 4,5


CZ ČESKÁ REPUBLIKA: VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE
Data od: 21. September 2025 do: 28. September 2025
10k
7.5k
5k
2.5k
MW


DE NĚMECKO: VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE
Data od: 21. September 2025 do: 28. September 2025
80k
60k
40k
20k
0
MW
21 Zář
22 Zář
23 Zář
24 Zář
25 Zář
26 Zář
27 Zář
28 Zář
29 Zář
Solární elektrárny
Zatížení soustavy
Geotermální elektrárny
Zpracování odpadu
Ostatní OZE
Plynové zdroje
Hnědé uhlí
Biomasa
Větrné elektrárny - offshore
Větrné elektrárny - onshore
Přečerpávací elektrárny
Ostatní
Ropa
Černé uhlí
Vodní elektrárny

https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-u… 157



Celkový instalovaný výkon všech vodních elektráren v ČR (v r.2023) = 2288 MW

včetně instalovaných malých vodních elektráren

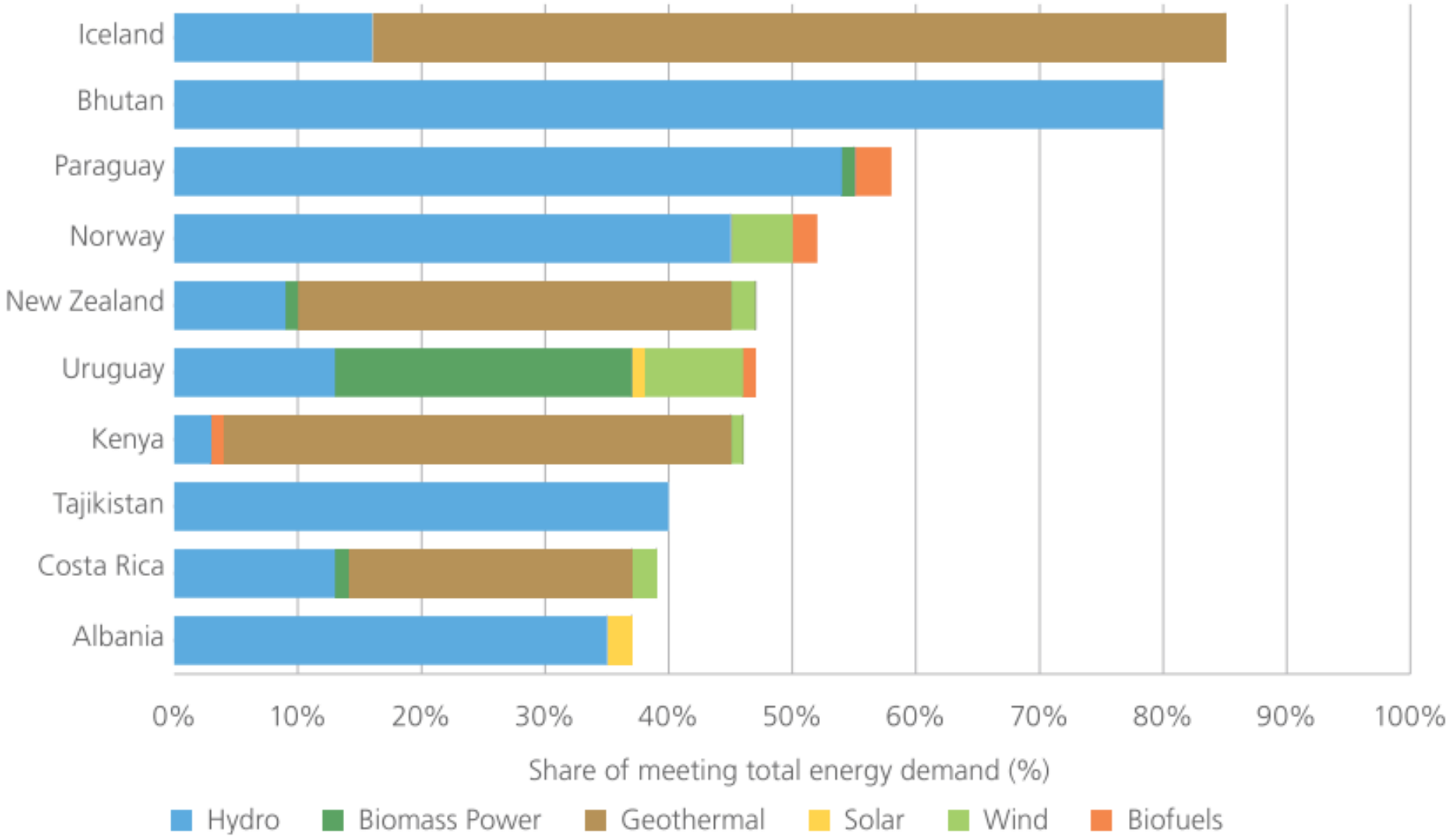
Více např. na: Seznam vodních elektráren v Česku – Wikipedie

Vodní zdroje energie – rozdělení dle místa produkce:

- **Centralizované** = snadné řízení, velké energetické jednotky
- Nevýhody velkých vodních elektráren: zabírají velký prostor

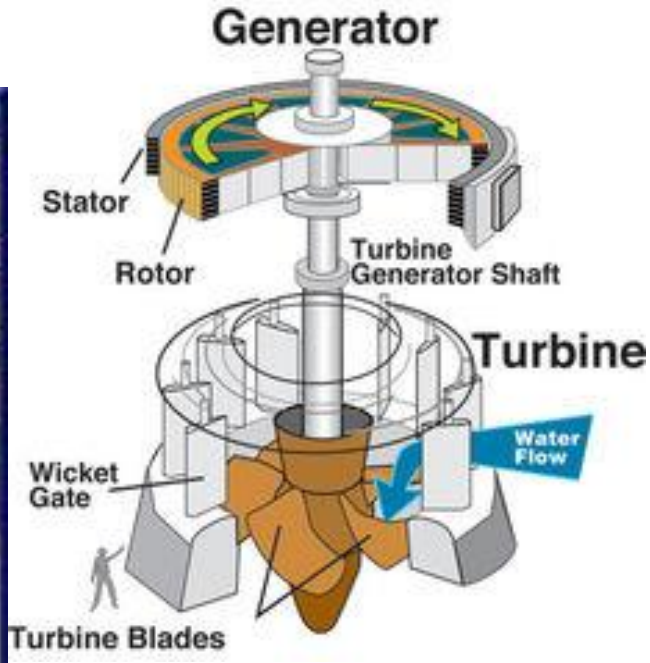
- **Decentralizované** = malé vodní elektrárny, menší ztráty při přenosu energie, ale komplikovanější řízení

2024 top ten countries by renewable contributions



Vodní elektrárny jako centralizované zdroje:





Itaipú Brazílie/Paraguay, 12 666 MW



Vodní elektrárna Orlík: vý

Decentralizované OZE:

- **fotovoltaické panely, větrné elektrárny, MVE** = zdroje elektrické energie

- **Malé vodní elektrárny (MVE)**

Př. MVE Železný Brod, inst.výkon: 1,09 MW



Vodní elektrárny:

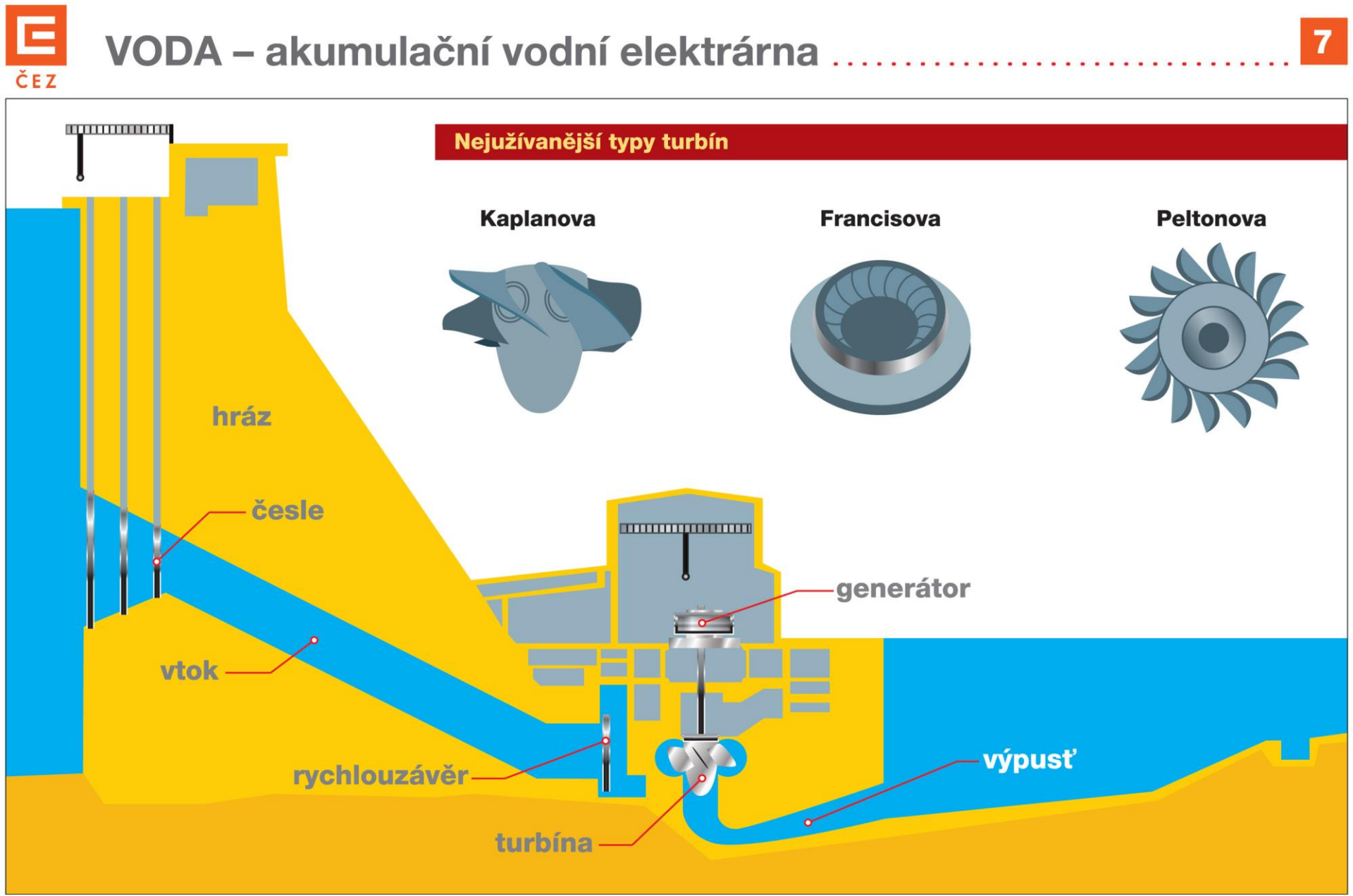
- jsou technologický celek, přeměňující potenciální energii vody na elektrickou energii.

Pro energetické využití jakéhokoliv vodního toku bývá většinou nutné uměle vytvořit výškový rozdíl hladin. Toho dosahujeme tzv. *vzdutím* vody, což bývá zajištěno zřízením nižších jezů či vyšších přehrad.

Rozdělení vodních elektráren podle druhu:

- přečerpávací vodní elektrárny
- vodní elektrárny
- malé vodní elektrárny (MVE) (do 10 MW včetně)
- přílivové elektrárny

Centralizované zdroje = velké vodní elektrárny v ČR:



Vodní turbíny:

- Podle způsobu práce se moderní **turbíny** dělí na **rovnotlaké a přetlakové**.

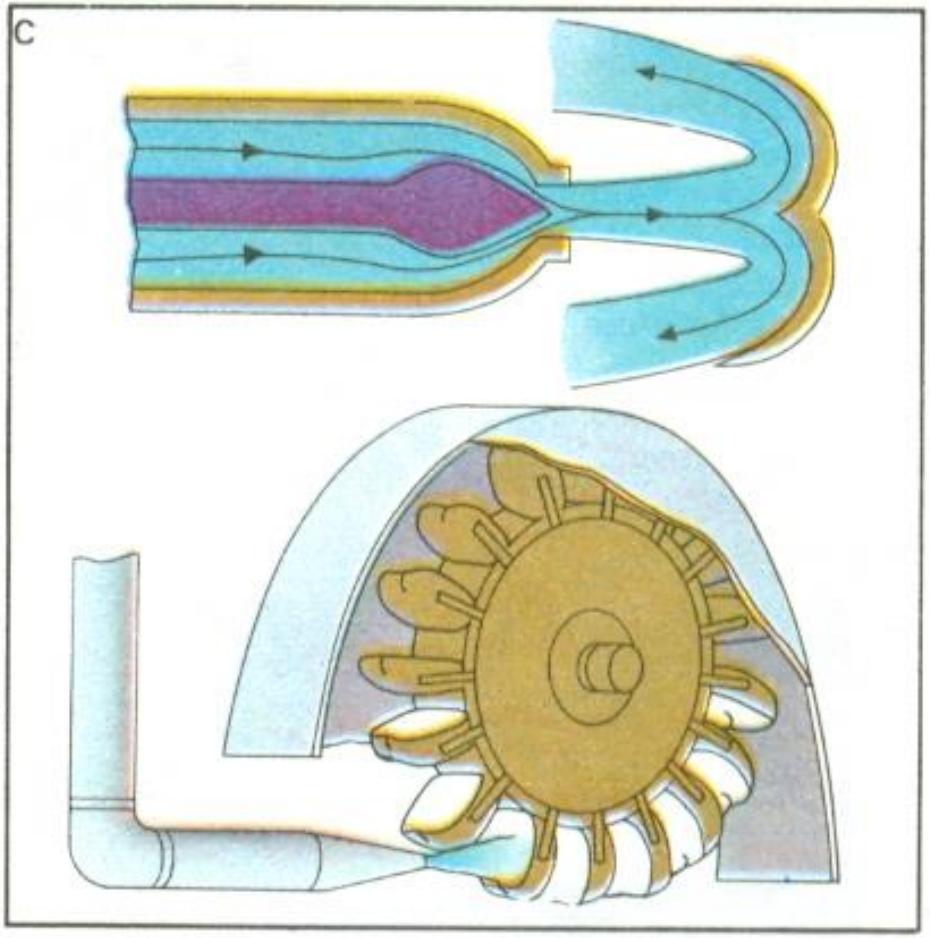
- **V rovnotlakých turbínách zůstává tlak vody stále stejný**, to znamená, že voda vychází z turbíny pod stejným tlakem, pod jakým do ní vstupuje.

- **U přetlakových turbín vstupuje voda do oběžného kola s určitým přetlakem, který při průtoku klesá**. Tak pracují např. Francisovy turbíny, vhodné pro střední spády.
- **Vodní turbíny jsou technicky nejdokonalejší mechanické motory vůbec - dosahují 95% účinnosti.**

Peltonova turbína (rovnotlaká):

Peltonovy turbíny se používají pro vysoké spády (dosahují hodnoty až 1 km), kdy výtoková rychlost vody je až 500 km/hod.

Největší spád na světě (asi 1 770 m) používá **Peltonova** turbína v rakouském Reissecku.



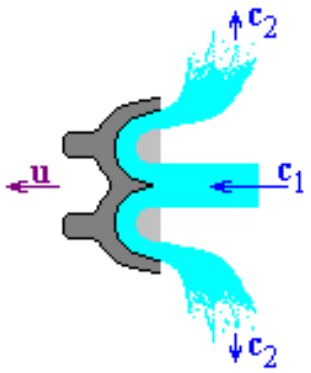


Peltonova turbína (rovnotlaká):

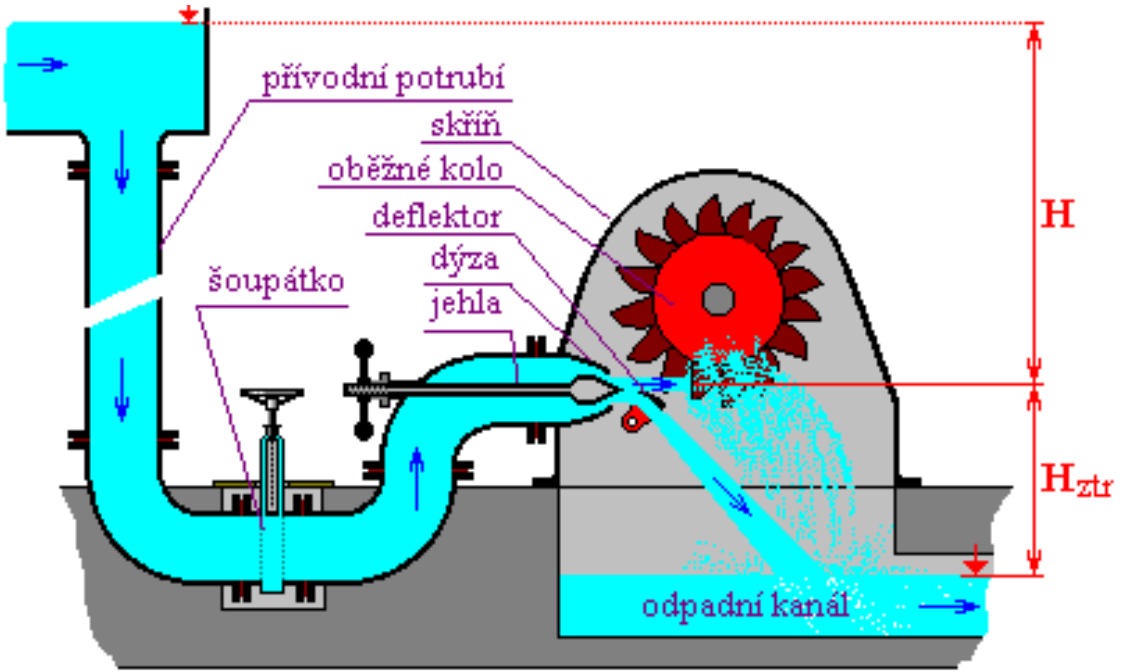
Tato turbína se používá pro malá množství vody při velkých spádech.

Vyžaduje relativně malé množství vody při velkém tlaku (používá se i ve vodárenském průmyslu na energetické využití rozdílu hladin ve vodojemech.

Její použitelnost v hydrologických poměrech České republiky je omezená.







Účinnost u malé turbíny 80 až 85%, u velké 85 až 95%.

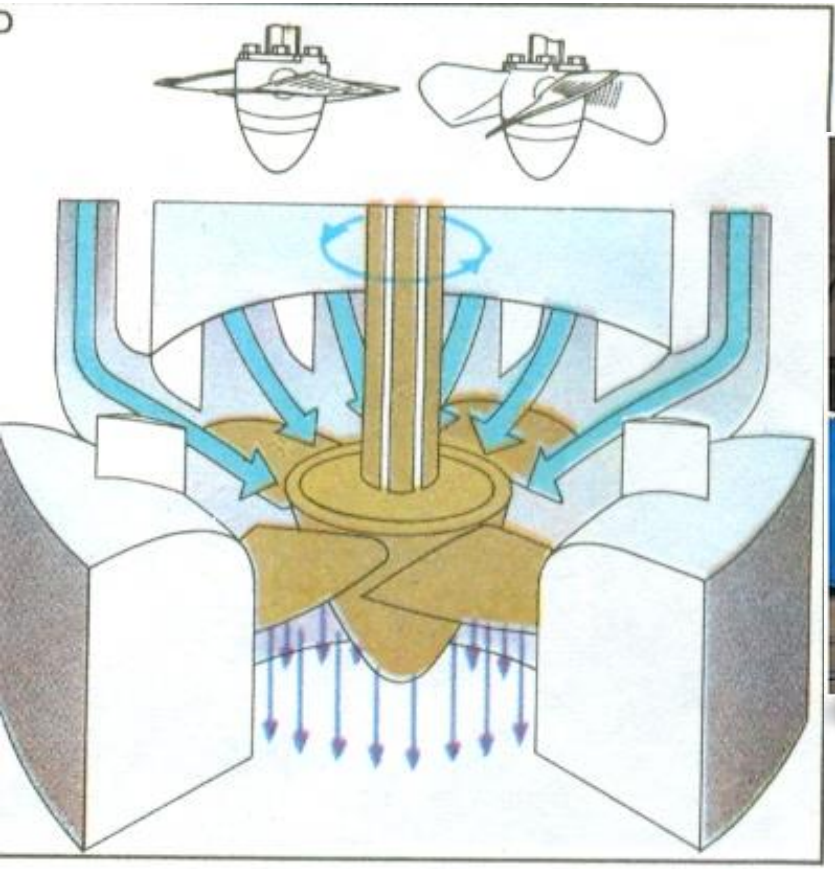
spád [m]	**průtok** [ltr./sec.]
(min.1) **30** až **200** (max.1770)	**1,5** až **max.34000**

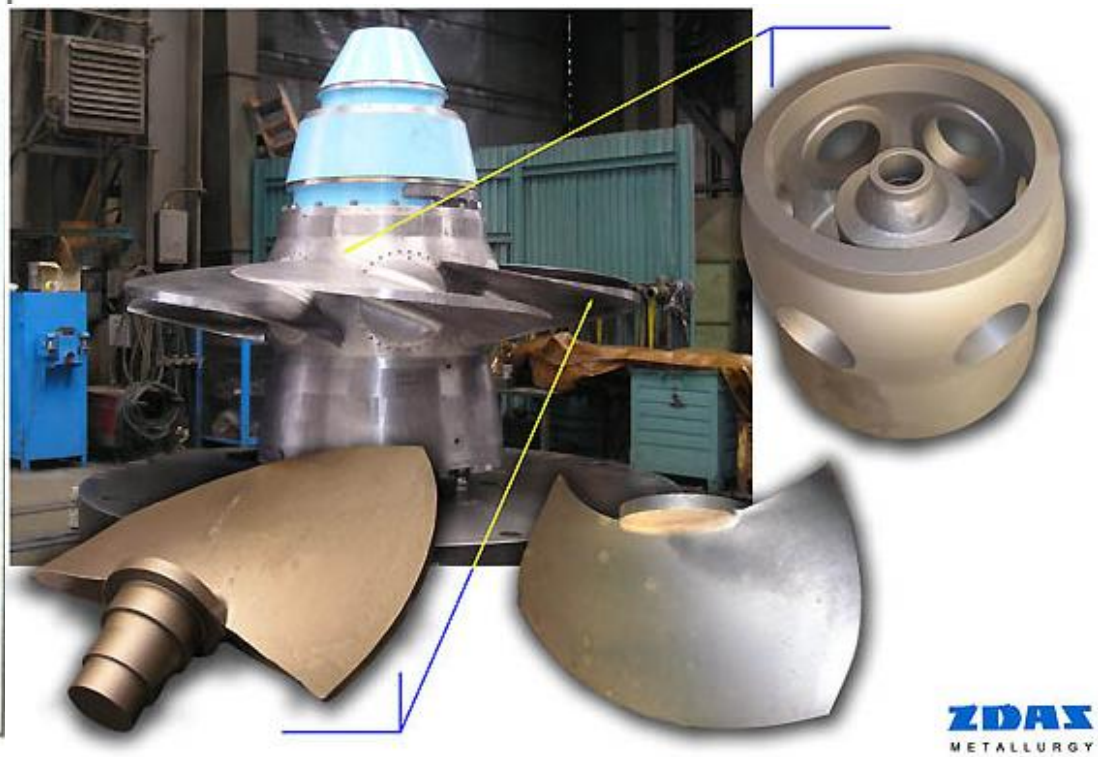
Kaplanova turbína:

přetlaková turbína užívaná pro velké průtoky vody při malých spadech.

Spád: velké turbíny 2 - 80 m, malé turbíny 1 - 20 m. Průtoky 0,1 až mnoho m^3/s . Průtok: od 0,1 m/s. Účinnost velkých jednotek: více než 90 %.

Výrobci v ČR: ČKD Blansko, Turbo Technics, Škoda Rotava.





Nevýhody předchozích turbín:

- **Účinnost předchozích turbín dosahuje až 90 %. To ale platí jen za předpokladu optimálního průtoku vody**. Při sníženém průtoku se účinnost rapidně snižuje.

- Natáčením vhodně tvarovaných lopatek oběžného kola lze podle měnícího se průtoku vody optimálně nastavovat nátokové úhly vodního proudu a zachovat tak vysokou účinnost i při polovičním průtoku.

=> Kaplanova turbína oběžné kolo ve tvaru lodního šroubu s natáčivými lopatkami (patentováno 1913).

- První Kaplanova turbína tohoto typu začala pracovat roku 1918 v přádelně v rakouském Ulmu. První Kaplanova turbína na území nové Československé republiky byla instalována roku 1921 v Poděbradech.

Základní výpočty:

Množství využitelné energie vodního toku závisí na výškovém rozdílu (spádu) dvou různých vodních hladin a na množství protékající vody (průtoku vody).

Výkon vodní turbíny:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad [W]$$

- **ρ - měrná hmotnost vody** (1 000 kg/m³)
- **Q - průtok vodním motorem** (m³/s)
- **g - gravitační zrychlení** (9,81 m/s²)
- **H - převýšení** (m)

Základní výpočty:

Skutečný výkon vodního zdroje je vždy vlivem ztrát menší. Ztráty vznikají při přeměně hydraulické energie na mechanickou v turbíně a dále na elektrickou v generátoru.

Účinnost turbíny (vodního motoru) **η** je poměr skutečného výkonu turbíny **P** (měřeného na hřídeli) k teoretickému výkonu:

$$\eta_t = P / P_0$$

Hodnota účinnosti η_t u dobře navržených turbín a optimálních hodnot průtoku a spádu se pohybuje v rozmezí:

$$\eta_t = 0{,}85 \text{ až } 0{,}94$$

V této **celkové účinnosti turbíny** musí být zahrnuty všechny hydraulické ztráty a objemové ztráty a mechanické ztráty. Mechanický výkon odevzdává turbína generátoru, v němž se tento mění na elektrický.

Účinnost vodních elektráren:

Generátor má vlivem vlastních ztrát účinnost:

$$\eta_g = 0{,}85 \text{ až } 0{,}97$$

- V případě, že generátor není na společné hřídeli s turbínou, přistupují ještě **ztráty převodem h_p.** Výkon, který vodní elektrárna dodává do sítě, je ještě ovlivněn transformací na vyšší napětí. Účinnost transformátoru:

- η_{tr} **= 0,92 až 0,98** účinnost transformace pro rozvod proudu vedením vysokého napětí

- **Celková účinnost je potom dána vztahem:**

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

(celkové ztráty mohou být značné, někdy až 50%).

Vodní elektrárny ve světě, pro srovnání pořadí dle velikosti:

- **1. Tři soutěsky**
- **Celkový výkon: max. 22 500 MW**
  Země: Čína
  Datum spuštění: 2008
- **Na řece Jang-c'-ťiang rozloha 1084 km^2, délka 650 km, objem 39,3 km^3, max. hloubka 113 m**

- **2. ITAIPU**
  Celkový výkon: max. 14000 MW
  Země: Brazílie/Paraguay na řece Paraná
  Datum spuštění: 1982

- **3. RAÚL LEONI, GURI**
  Celkový výkon: 10300 MW
  Země: Venezuela
  Datum spuštění: 1986
  Obří hydroelektrárna Raúl Leoni je součástí přehrady Guri, která leží na řece Caroni zhruba 100 kilometrů před jejím soutokem s jihoamerickým veletokem Orinoko.

…...

5. SAJANO-ŠUŠENSKÁ HYDROELEKTRÁRNA
Celkový výkon: 6400 MW
Země: Rusko
Datum spuštění: 1989
Na Jeniseji, jednom z největších sibiřských veletoků.

6. KRASNOJARSK
Celkový výkon: 6000 MW
Země: Rusko
Datum spuštění: 1968
Většinu elektřiny, kterou tamní vodní elektrárna vyrobí, spotřebuje blízká továrna na zpracování hliníku, která je druhou největší na světě.

7. CHURCHILL FALLS
Celkový výkon: 5428 MW
Země: Kanada
Datum spuštění: 1971
Vodní rezervoár, který elektrárnu zásobuje**, je svou rozlohou asi 6500 kilometrů čtverečních třináctkrát větší než Praha.**

10. USŤ-ILIMSKÁ
Celkový výkon: 4320 MW
Země: Rusko
Datum spuštění: 1977
Na říčce Ilim, která se vlévá do veletoku Angara, se těsně před jejich soutokem nachází desátá největší hydroelektrárna světa. Vodní plocha, která se rozprostírá za přehradní hrází, přitom měří 1873 km^2, je **tedy zhruba 38krát větší než naše největší přehrada Lipno.**

Pro srovnání:

Instalovaný výkon všech elektráren v ČR: 22 093 MW, celkem v r.2023 vyprodukováno: 84 000 000 MWh (vypočítejte zdánlivý výkon energetických zdrojů v ČR při 100%ním celoročním využití)

Top 3 hydroelektrárny:

1. Tři soutěsky (Čína). Celkový výkon: max. **22 500 MW**

2. ITAIPU (Brazílie/Paraguay). Celkový výkon: max. **14 000 MW**

3. RAÚL LEONI, GURI (Venezuela) Celkový výkon: **10 300 MW**

Aktuální realita ČR:

- **Instalovaný výkon českých vodních elektráren v tuto chvíli přesahuje 2,2 tisíce megawattů, což je více než oba bloky jaderné elektrárny Temelín. Ta ale ročně vyrobí zhruba pětkrát více elektřiny než všechny vodní elektrárny dohromady. Vodní elektrárny, které se na celkové výrobě elektřiny podílí více než 4 %, se využívají nárazově, tj. v případě výkyvů, a vyrábějí obvykle jen několik hodin denně.**
- Podle dostupných údajů byla v Česku loni spuštěna jediná malá vodní elektrárna, a to na horním toku Vltavy s výkonem 240 kilowattů.
- Podle expertních odhadů je na tuzemských tocích stále možné postavit stovky dalších. Výkon malých vodních elektráren by tak do roku 2050 mohl narůst o 47 megawattů.

Výkon malých vodních elektráren by se do roku 2050 mohl zvýšit o 47 megawattů - Energie bez emisí

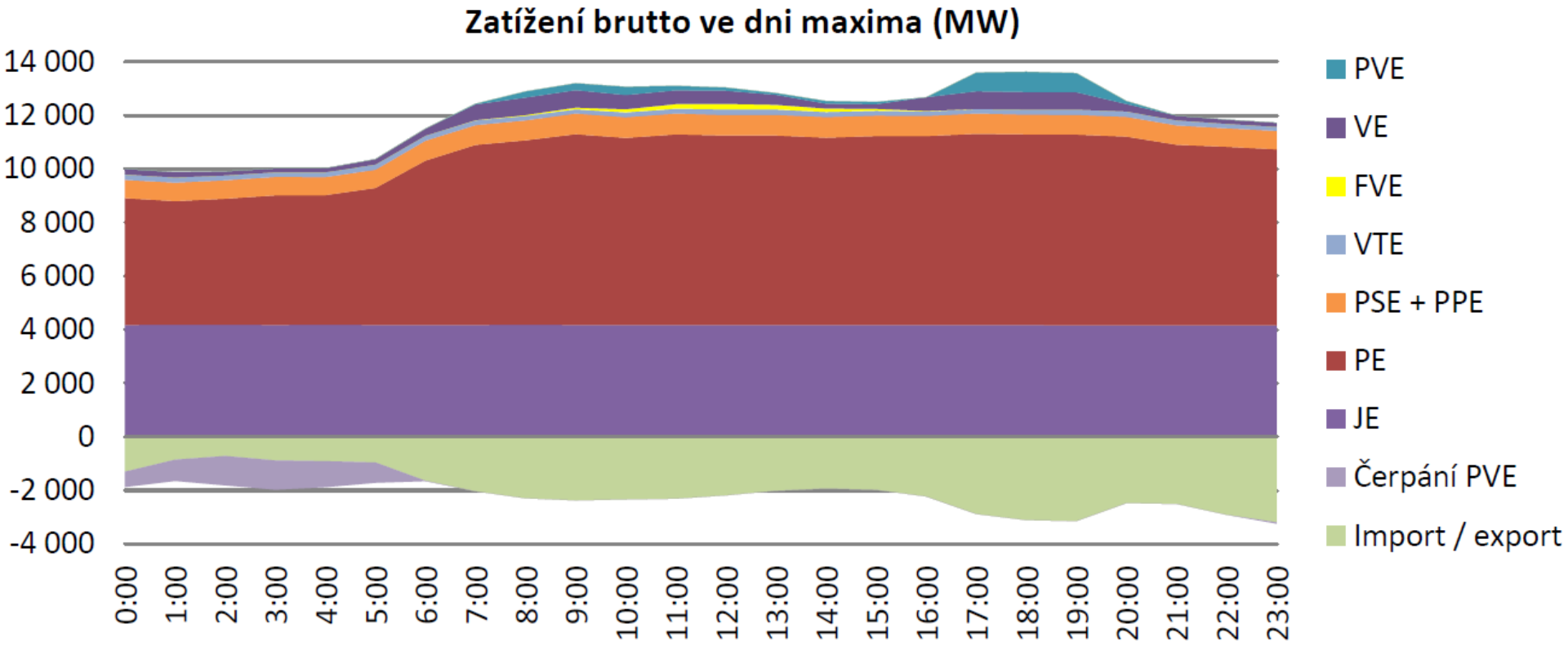


Elektrárny v České republice

- *tepelné elektrárny*
- *jaderné elektrárny*
- *vodní elektrárny*

potenciál malých vodních elektráren v čr - Hledat Obrázky

Diagram denní spotřeby elektřiny v ČR:



Výhody a nevýhody vodních elektráren:

Mezi výhody patří:

- energie vodních toků se počítá k obnovitelným zdrojům - nelze ji vyčerpat. Zároveň její provoz minimálně znečišťuje okolí.
- vyžadují minimální obsluhu i údržbu a lze je ovládat na dálku.
- Mohou startovat během několika sekund a dispečink je tak může používat jako špičkový zdroj k pokrytí okamžitých nároků na výrobu elektrické energie.
- Přehradní jezera mohou sloužit i pro jiné další účely, zejména pro rekreační účely nebo jako zdroje pitné či užitkové vody čili pro vodohospodářské účely, často bývají vhodné i pro říční rybolov

Výhody a nevýhody vodních elektráren:

Nevýhodou jsou:

- značná cena a čas výstavby a nutnost zatopení velkého území.
- závislost na stabilním průtoku vody.
- Přehradní hráz dokáže zabránit i menším povodním, velké katastrofální povodně však ovlivňuje velmi málo
-
- Přehradní hráze a jezy brání běžnému lodnímu provozu na řece, je nutno vybudovat systém plavebních komor resp. zdymadel

Perspektivy velkých vodních elektráren v Evropě v souvislosti s globálním oteplováním:

- **Např.:Rakousko** získává z OZE celkem 58,8% (cílem je 78,1% v r.2010), **velký podíl na produkci z OZE mají alpské hydroelektrárny**

- **Problém celosvětového oteplování => tání ledovců jako přirozených rezervoárů vody** => snižování průtoků v některých velkých řekách

- Další ohrožené státy: Rakousko, Norsko,…

Odstávka největší VE Tři soutěsky:

- Vodní elektrárny ztichly. Obnovitelné zdroje mají limity | Newstream (28. 10. 2022)
- Čínská megapřehrada Tři soutěsky na řece Jang-c'-ťiang se v létě kvůli suchu zastavila, podobně jako další vodní elektrárny od Kalifornie po Německo.
- Je to tvrdou připomínkou, že obnovitelné zdroje nejsou všemohoucí, a velkou ironií, že se tak děje v době stále většího celosvětového volání po snižování emisí a přechodu k udržitelným zdrojům, napsala agentura Bloomberg.
- Výroba elektřiny z vodních elektráren letos do září v Evropě klesla o 75 terawatthodin – více než roční spotřeba Řecka – a minulý mě
- Vodní elektrárny celosvětově vyrábí více elektřiny než jaderné a více energie než větrné a solární elektrárny dohromady. V zemích jako Norsko a Brazílie vyrábí přehrady více než polovinu celkové elektřiny.síc klesla v celé Číně o 30 procent.

Malé vodní elektrárny v ČR

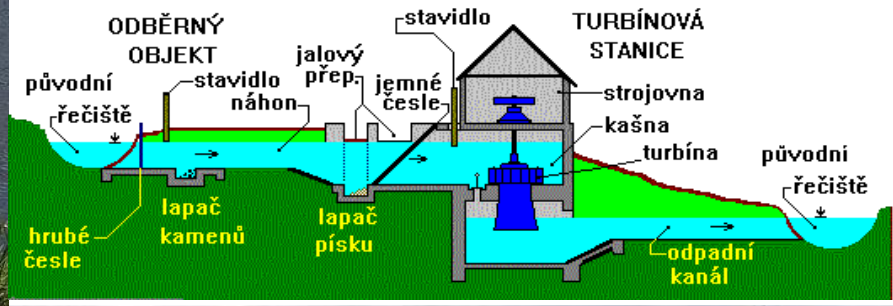
= **Decentralizované zdroje elektřiny**

Viz. http://mve.energetika.cz/

Výkon malých vodních elektráren by se do roku 2050 mohl zvýšit o 47 megawattů - Energie bez emisí

VE jako decentralizované zdroje:





MVE v Železném Brodě:



Malá vodní elektrárna (MVE):

- Evropská unie považuje za MVE vodní elektrárny do výkonu 5 MW.
- Velká většina výkonu vodních elektráren, cca 90 % je z elektráren o výkonu větším než 5 MW a zbylých cca 10 % je z MVE podle evropského řazení.

- Malé vodní elektrárny se většinou budují v místě bývalých mlýnů a jezů.
- Pro konstrukci malých vodních elektráren se často používá Bánkiho turbína, která je konstrukčně velmi jednoduchá a tím i ekonomicky výhodná na pořízení.

Malé vodní elektrárny (MVE)

- V současné době se v ČR provozuje asi 550 malých vodních elektráren, přibližně 60% z nich má výkon do 100kW.

- ČEZ provozuje MVE celk. výkonu: 64 MW

- Srovnej: v SRN bylo v roce 1988 v provozu více než 10 000 vodních kol. Většinou se však jednalo o udržované a obývané mlýny s MVE, využívající tento stylový vodní motor.

Dělení MVE podle některých parametrů:

Dle výkonu:

- průmyslové (od 1 MW)
- minielektrárny (do 1 MW)
- mikrozdroje (do 0,1 MW)
- domácí (do 35 kW)

Podle spádu:

- **nízkotlaké (do 20 m)**
- středotlaké (20 - 100 m)
- vysokotlaké (od 100 m)

Dle nakládání s vodou:

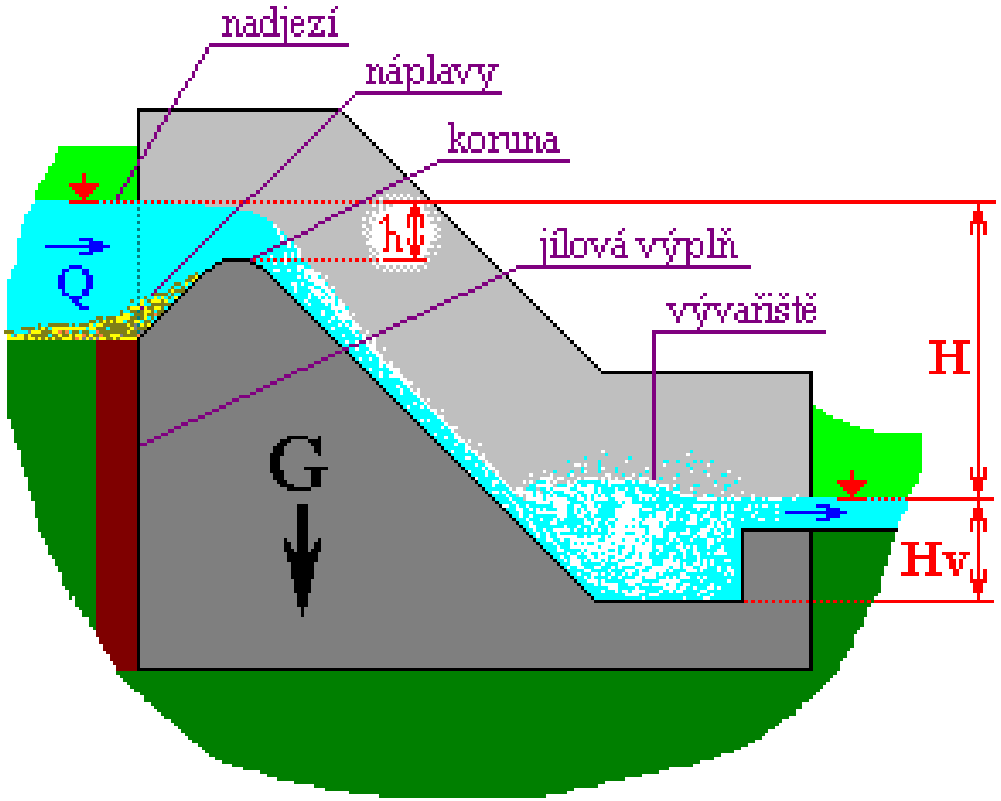
- průtokové
- akumulační
- přečerpávací

Viz. též: Investor malé vodní elektrárny Třísov ve Vltavském údolí dokázal přesvědčit | Vysoká hra (vysokahra.cz)

Jez:

Jez (nazývaný v místním názvosloví i stav, splav, či hatě) **slouží k vzedmutí a stabilizaci vodní hladiny v říčním korytě. Díky tomu je možné určitou část vody odebírat mimo hlavní řečiště.**

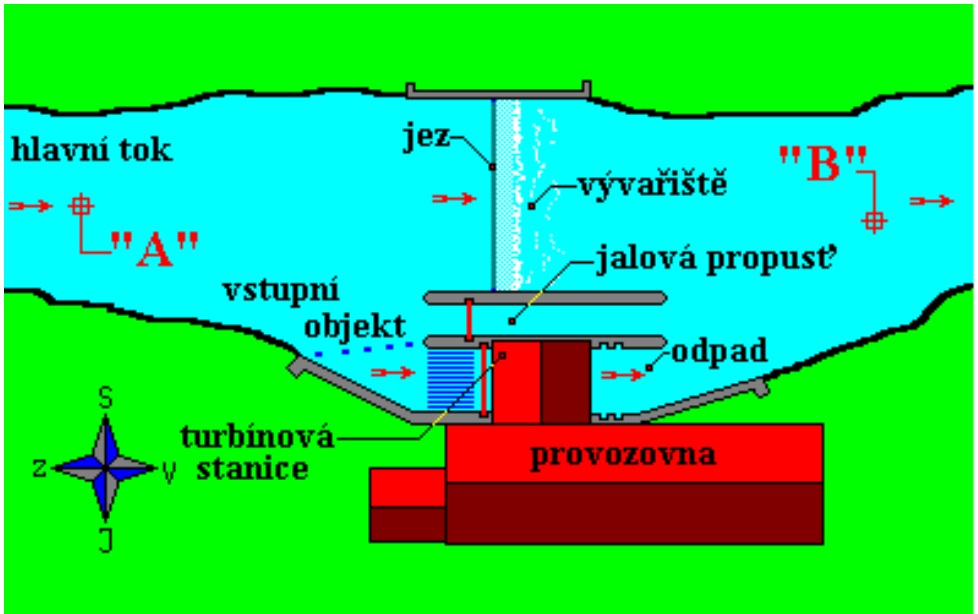
Šikmý betonový jez s prohloubeným vývařištěm:



Vodní dílo jezové:

- Vodní dílo využívá rozdíl hladin mezi body „A“ a „B“. Celý spád se získá vzdutím vody na jezu. Odpadá dlouhý náhon i odpadní kanál.
- Vhodné pro malé spády a velké průtoky. Relativně malé nároky na plochu zastavěných pozemků.

  Takto jsou řešena vodní díla v nížinách. Provozovny jsou stavebně jednodužší, jsou však více ohroženy povodněmi. Stavbu i opravy je nutno realizovat při trvalém průtoku vody.



Vodní dílo derivační:

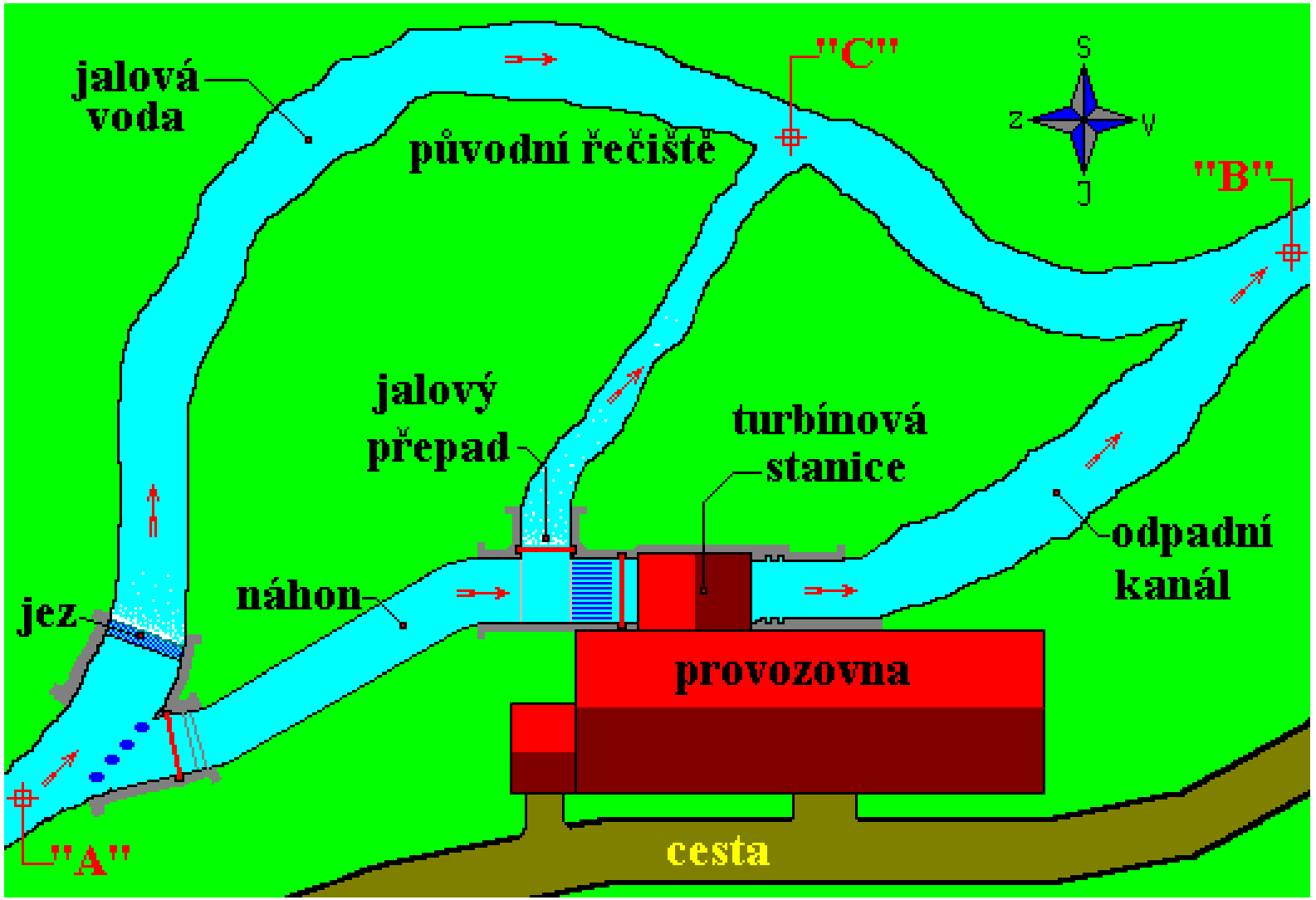
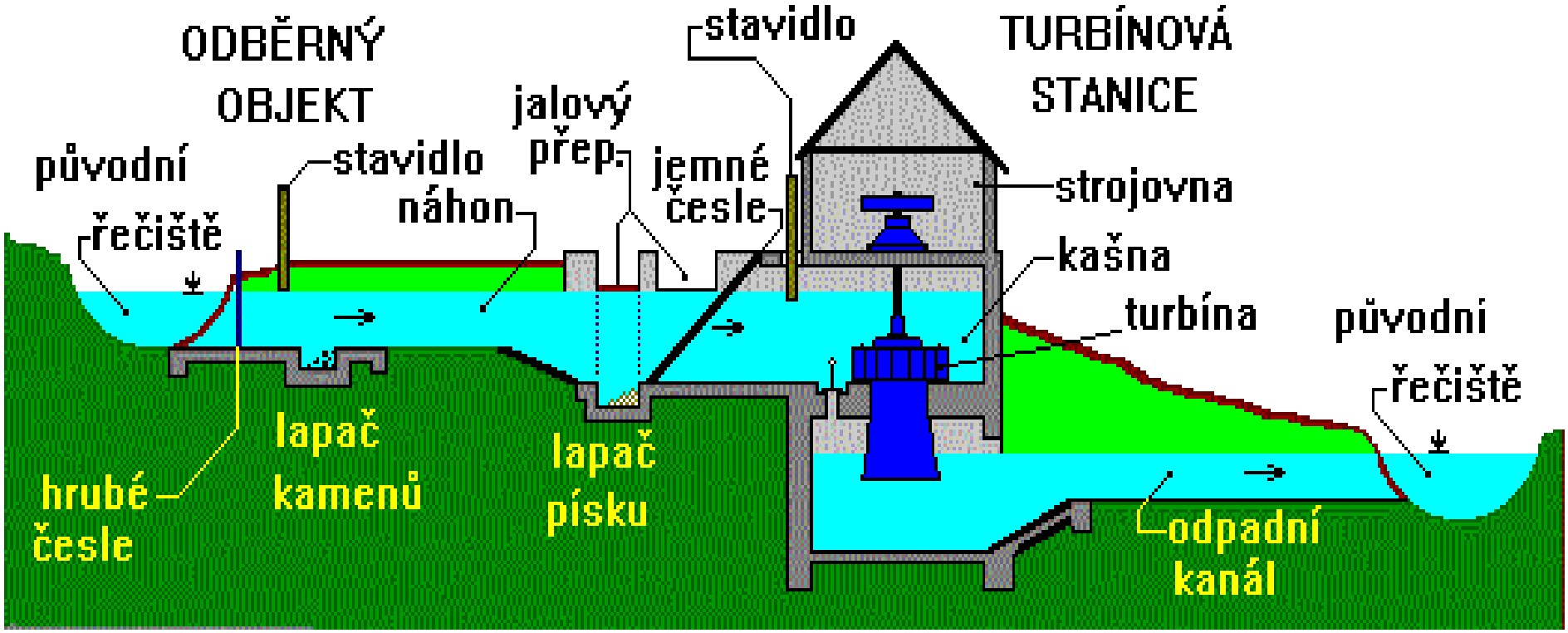


Schéma uspořádání nízkotlakého vodního díla

Tento typ vodního díla se staví do spádu asi 8 metrů. Pro větší spády by již byla turbínová kašna neúměrně hluboká a pak je výhodnější použít tlakový přiváděč (potrubí).



Investor malé vodní elektrárny Třísov ve Vltavském údolí dokázal přesvědčit | Vysoká hra (vysokahra.cz)

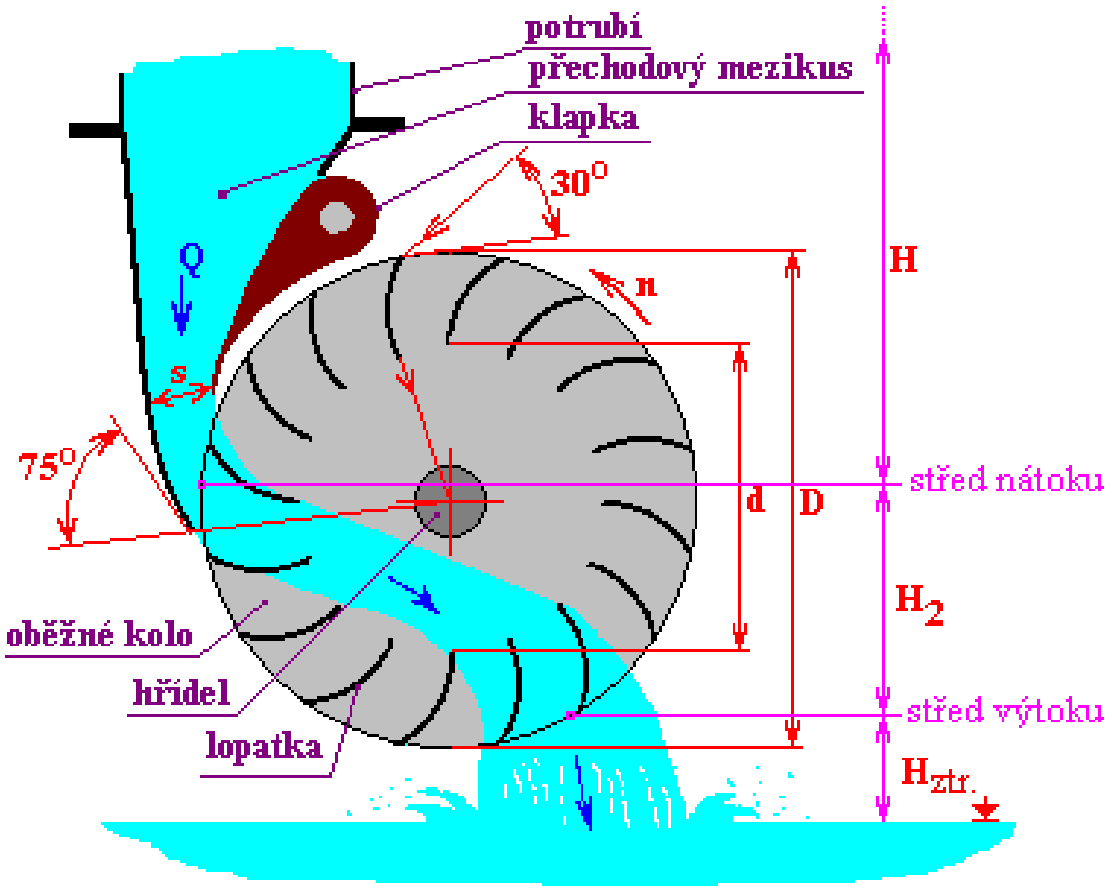
Bánkiho turbína:

Na malé toky, všude tam, kdy by jiný stroj (s plným ostřikem) vycházel malý a choulostivý. Turbína je však vhodná pouze tehdy, kdy je její průměr nejméně **5x...10x** menší, než spád "**H**".

Nehodí se tam, kde hrozí vzestup spodní vody. Pro spády menší než 2 metry se Bánkiho turbína většinou nestaví.

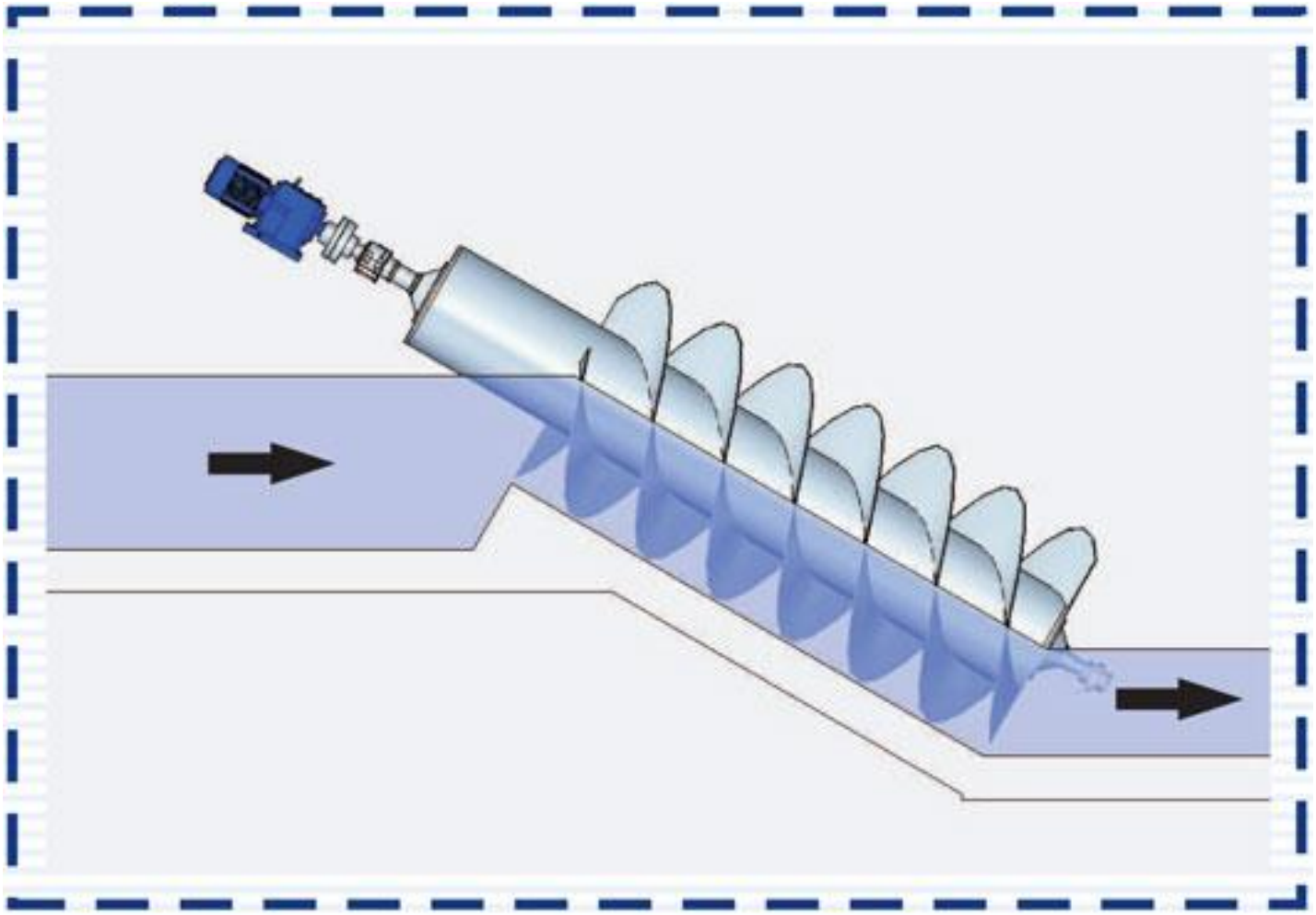
Účinnost 78 až 84%.

spád [m]	**průtok** [ltr./sec.]
(min.1) **2** až **30** (max.200)	(min. 0,5) **20** až **2000** (max.9000)



Šneková turbína = tzv. Archimédův šroub

- **Princip:**
  Volně přitékající voda se vlévá do závitů šnekovnice. Zároveň působí svou hmotností po celé dráze svého klesání a jejím působením se médium vytvořené mezi sousedními šnekovými plochami, nosnou rourou a žlabem vine směrem dolů a tím roztáčí celou šnekovnici.











Šneková turbína:

http://www.gess.cz/cz/male-vodni-elektrarny-snekove-turbiny.html

- **Srovnání účinností používaných vodních motorů:**

	Plnění stroje - hltnost									
Typ vodního motoru	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
Archimédův šroub	25	74	77	79	82	83	84	85	86	87
Kaplanova turbína	15	70	85	88	90	90	90	90	88	85
Francisova turbína	-	-	15	58	72	78	82	82	82	80
Bánkiho turbína	-	40	60	68	72	74	75	74	72	70
Účinnost vodních motorů [%]										

Šneková turbína

- Využívá se všude tam, kde je malý spád a značné kolísání průtoku.
  Je navržen i jako doplňkový motor ke stávajícím turbínám (Bánki, Kaplan atp.) využívající energii jalových přepadů.

Výkon **1 – 300kW**
Průtok **100 – 7 000 l/s**
Spád **1 – 7,5 m**
Úhel sklonu 22 – 36°

VÝHODY:

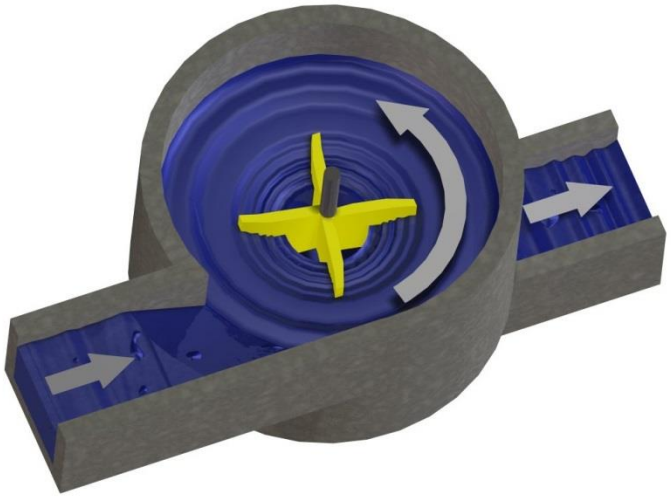
- Nízké náklady na stavební část MVE
- Nižší pořizovací náklady v porovnání s tradičními turbínami
- Využití nízkých spádů
- Jednoduchá konstrukce
- Dlouhá životnost
- Vysoká účinnost
- Spolehlivý i při malém průtoku (již při 20 % hltnosti má účinnost 74 %)
- Jednoduchá obsluha - nízké provozní náklady
- Možnost montáže do jezu
- Nevyžaduje jemné česle a je šetrný k vodním živočichům
- Okysličuje vodu, a tím přispívá ke zlepšení kvality vody v toku
- nevyžaduje žádný zvláštní způsob regulace, postačuje pouze havarijní stavidlo a boční přepad žlabu, v němž je šroub uložen.
  Asynchronní generátor se správně zvolenou převodovou skříní při zapojení do veřejné sítě zajistí dostatečnou optimalizaci výkonu tohoto vodního motoru v rozsahu 10 - 100 % hltnosti.

Vírová turbína:



Používaná pro:

- malé spády (0,5-2,5 m)
- Malé průtoky(0,05-20 m^3/s)
- Proudící voda tangenciálně přiváděna do kruhové nádrže, z níž pak odtéká otvorem uprostřed dna





Vírová turbína prof. Pochylého VUT:

- Je určena pro nízké spády 1-5 m a relativně vysoké průtoky.
- Je rychloběžnější než Kaplanova turbína. Specifické otáčky vírové turbíny jsou v rozmezí 950-1150.



- U vírové turbíny byla dosažena účinnost účinnost 85% (Při uvedených spádech je hydraulická účinnost pro Kaplanovy turbíny kolem 70%).

Vodní mikroelektrárny:

Vodní mikro-elektrárny – příklad:

- **Zjednodušené zadání:**
- **Naměřený průtok vodního zdroje: 24 l/s**
- **Předpokládané rozpětí v průběhu roku: 22-35 l/s**
- **Naměřený spád: 1 m**
- **Přivaděč: otevřený kanál**

Příklad energetického požadavku:

- 3ks úsporné žárovky 230V/20W - doba provozu 4hod/den
- přenosný počítač 230V/120W - doba provozu 5 hod/den
- chladnička 12V/50W - doba provozu 12 hod/den

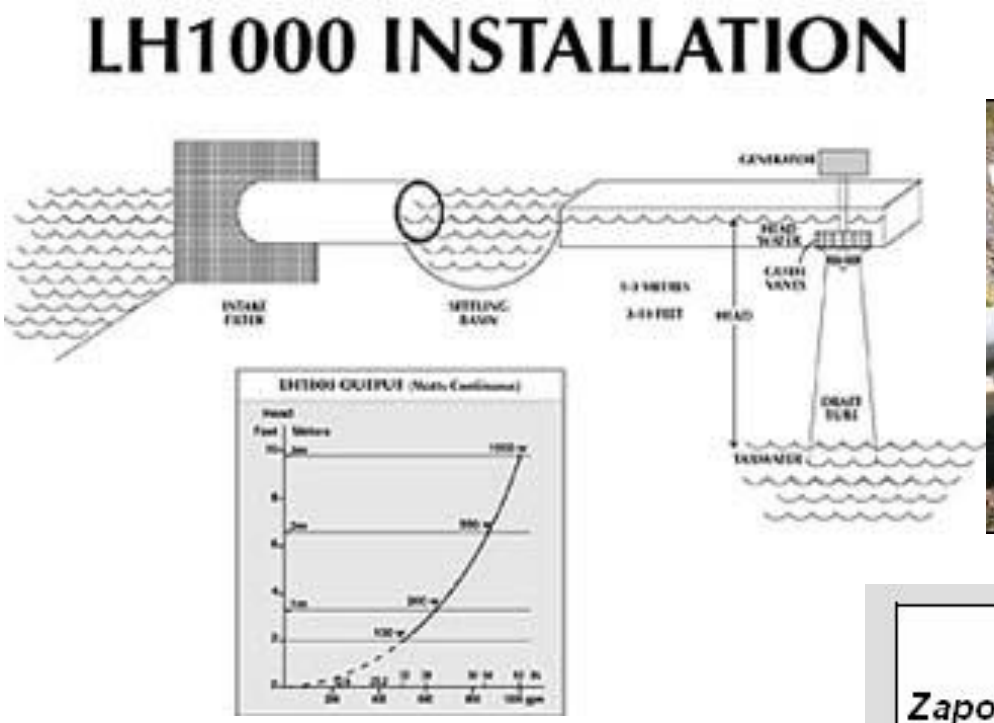
Návrh:

- Vertikální turbínka LH-1000 **trvalý výkon 70W**
- Měnič napětí 12V/230V, 300W
- Akumulátor 2x12V/80Ah
- Takto navržená sestava umožní jednohodinovou denní odstávku mikroelektrárny, která však podle provozních zkušeností není nutná. Napěťový měnič je dimenzován s dostatečnou rezervou.

Alter-eko s.r.o., Nám. Dr. V. Holého 2, 180 00 Praha 8 E-mail: info@alter-eko.cz
Provozovna Česká Třebová , Zámostí 819 , E-mail: info@alter-eko.cz

LH-1000 :



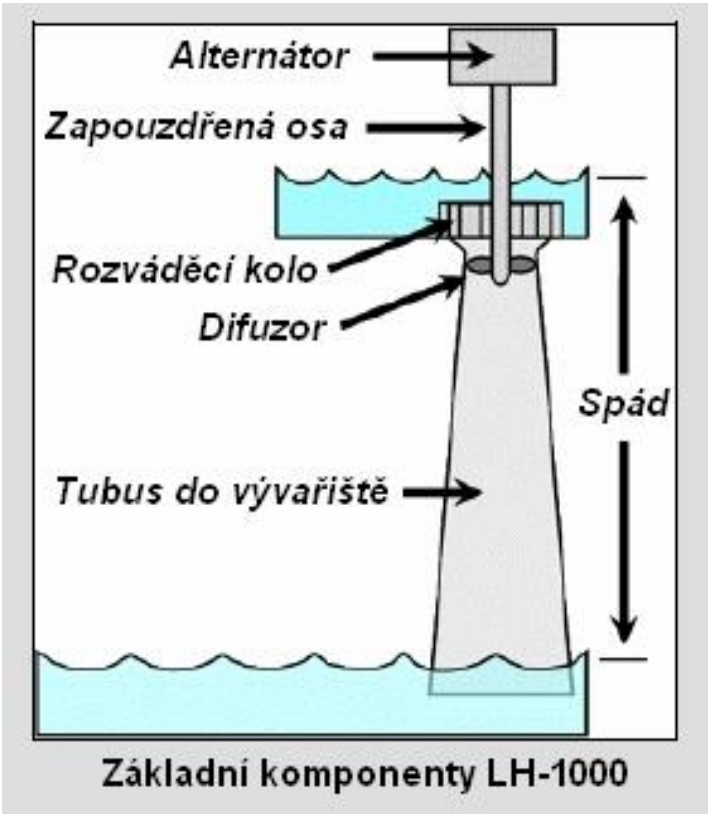


Montáž:



200 Wh při 0,62 m spádu a až 1 kWh při spádu 3,1 m. (Dost pro kompletní spotřebu průměrné domácnosti).





Základní komponenty LH-1000

Jednou z inovací v tomto odvětví je mikrohydraulická jednotka pro výrobu elektřiny v malých, nízkohladinových prostředích, kterou představuje společnost Sumino.



„PicoPica10“ umožňuje generování kolem 10 W s tím, že je zde zapotřebí průtok pouze 10 ℓ/sec a spád pouhých 0,1 m.

Malá vodní elektrárna zvládne i český

V Bavorsku testují plovoucí vodní elektrárnu. Váží 150 kilogramů





V Bavorsku testují plovoucí vodní elektrárnu. Váží

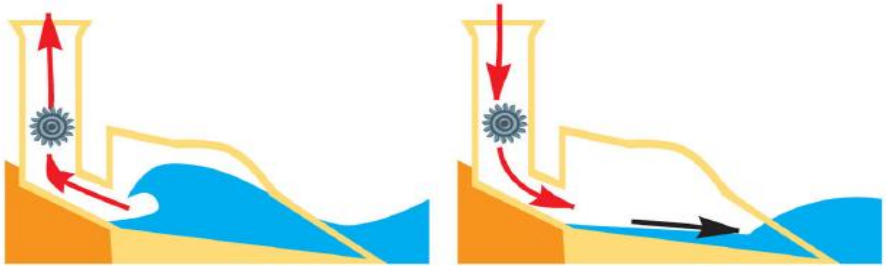
ZAJÍMAVOSTI:
Vodní elektrárny na pobřeží

Přílivové, příbojové elektrárny,

vodní elektrárny využívající energie mořských vln a mořských proudů

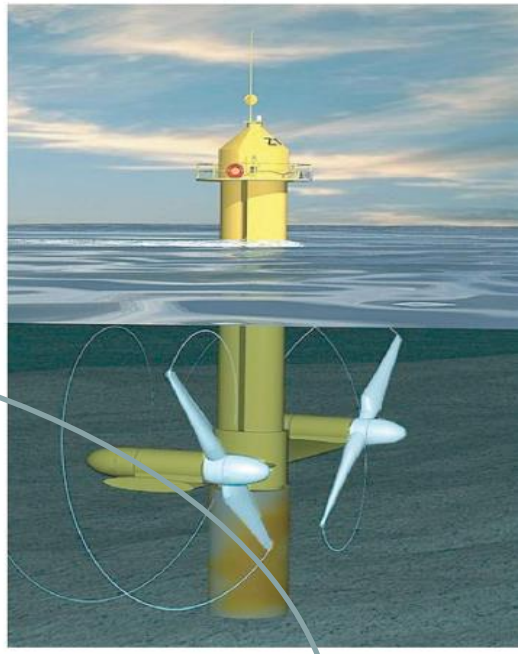
Příboj

Projekt „Oscillating Water Column“ – proud vzduchu roztáčí turbínu při příchodu vlny i při jejím ústupu.

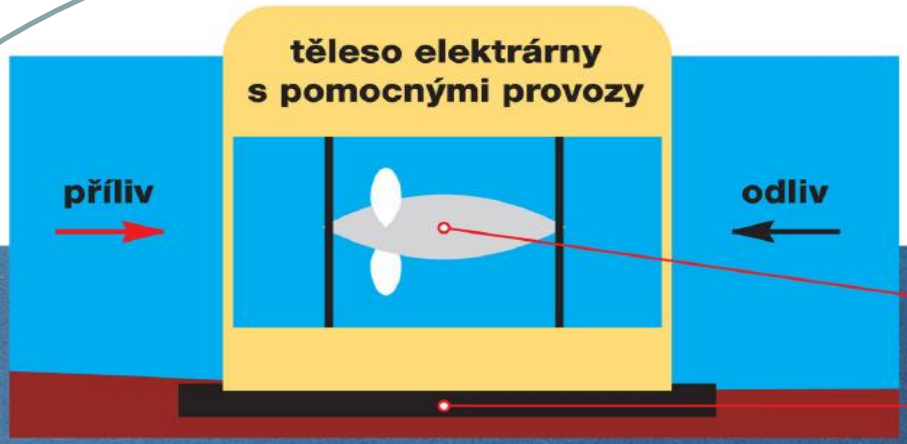


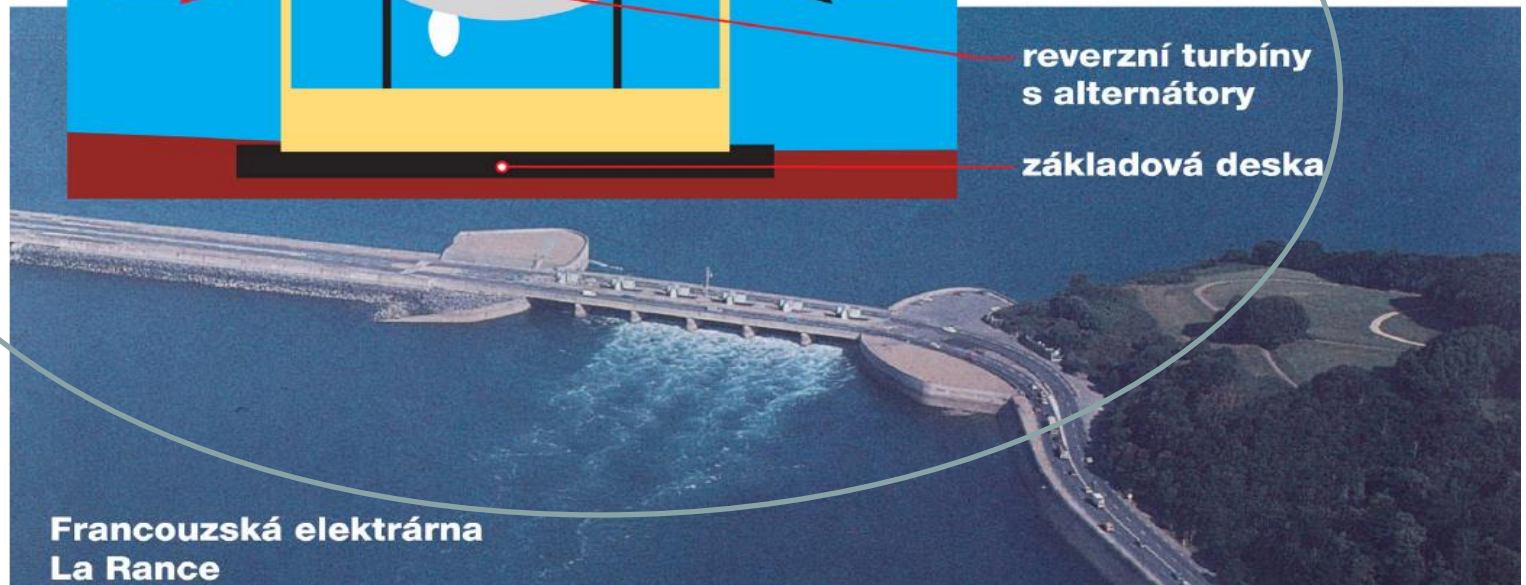
Mořské proudy

Projekt „Marine Current Turbines“ – pilíře zasazené do mořského dna nesou rotory o průměru 18 m.

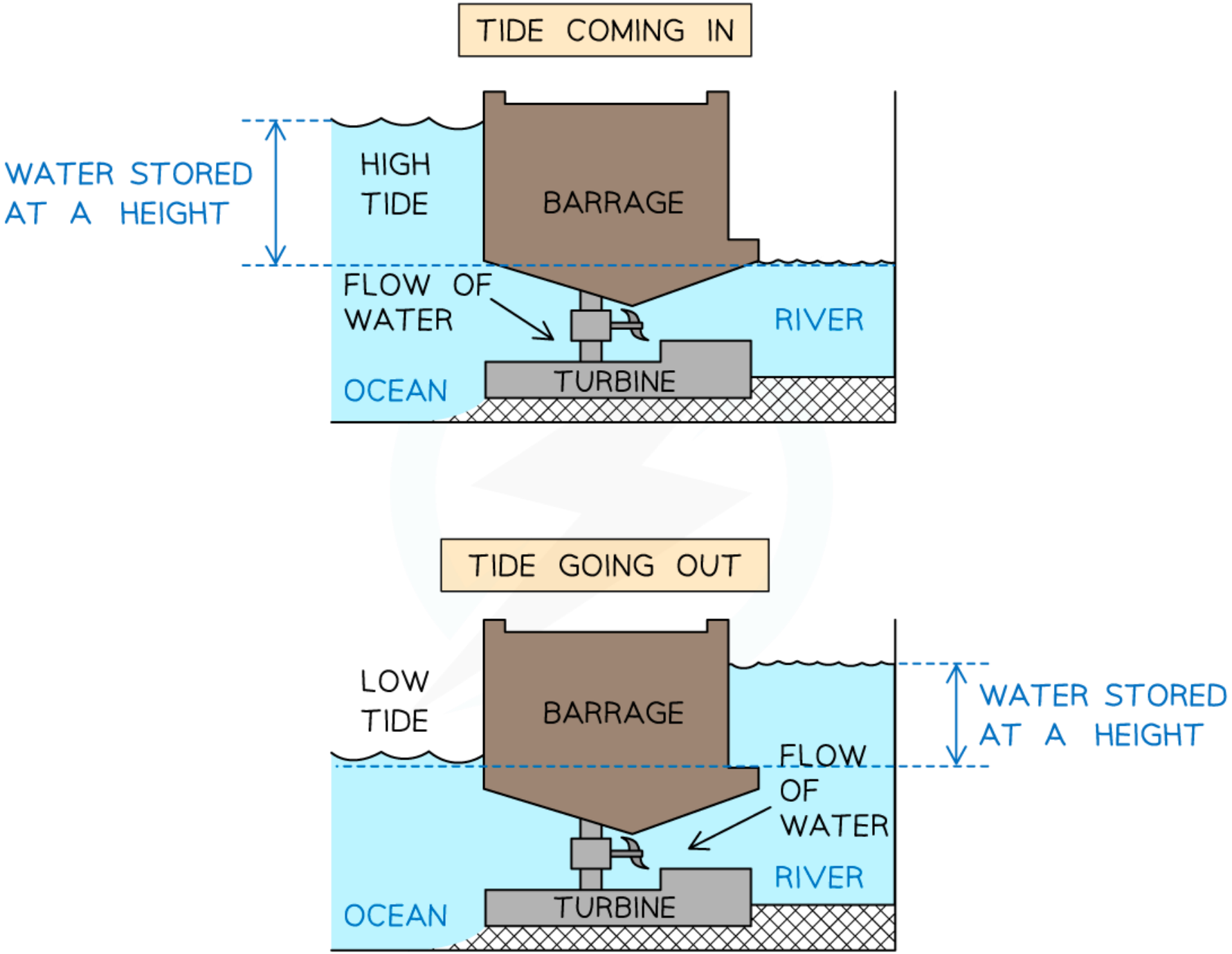


Příliv

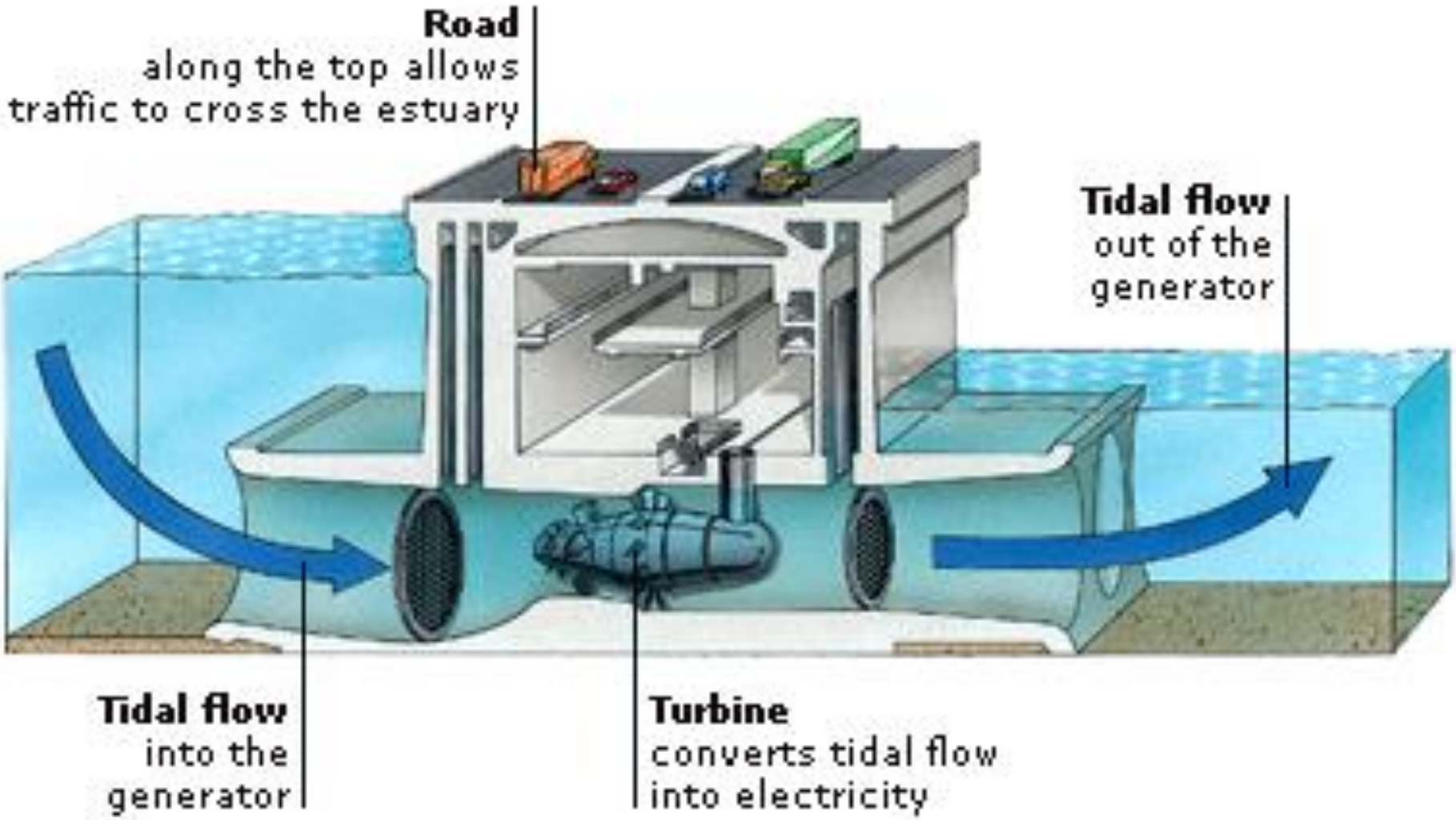




Francouzská elektrárna
La Rance

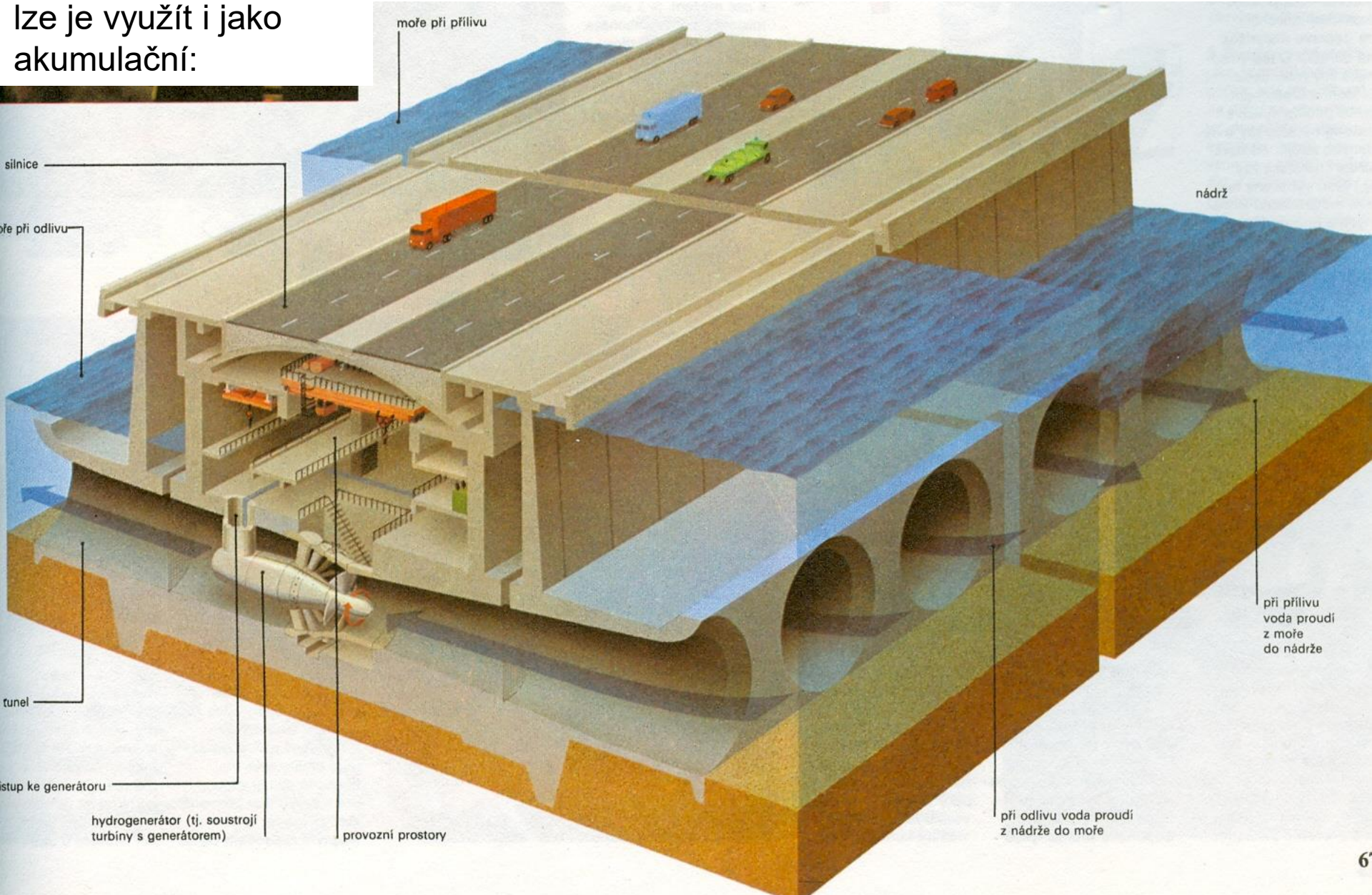


Copyright © Save My Exams. All Rights Reserved


Road
along the top allows traffic to cross the estuary
Tidal flow
out of the generator
Tidal flow
into the generator
Turbine
converts tidal flow into electricity

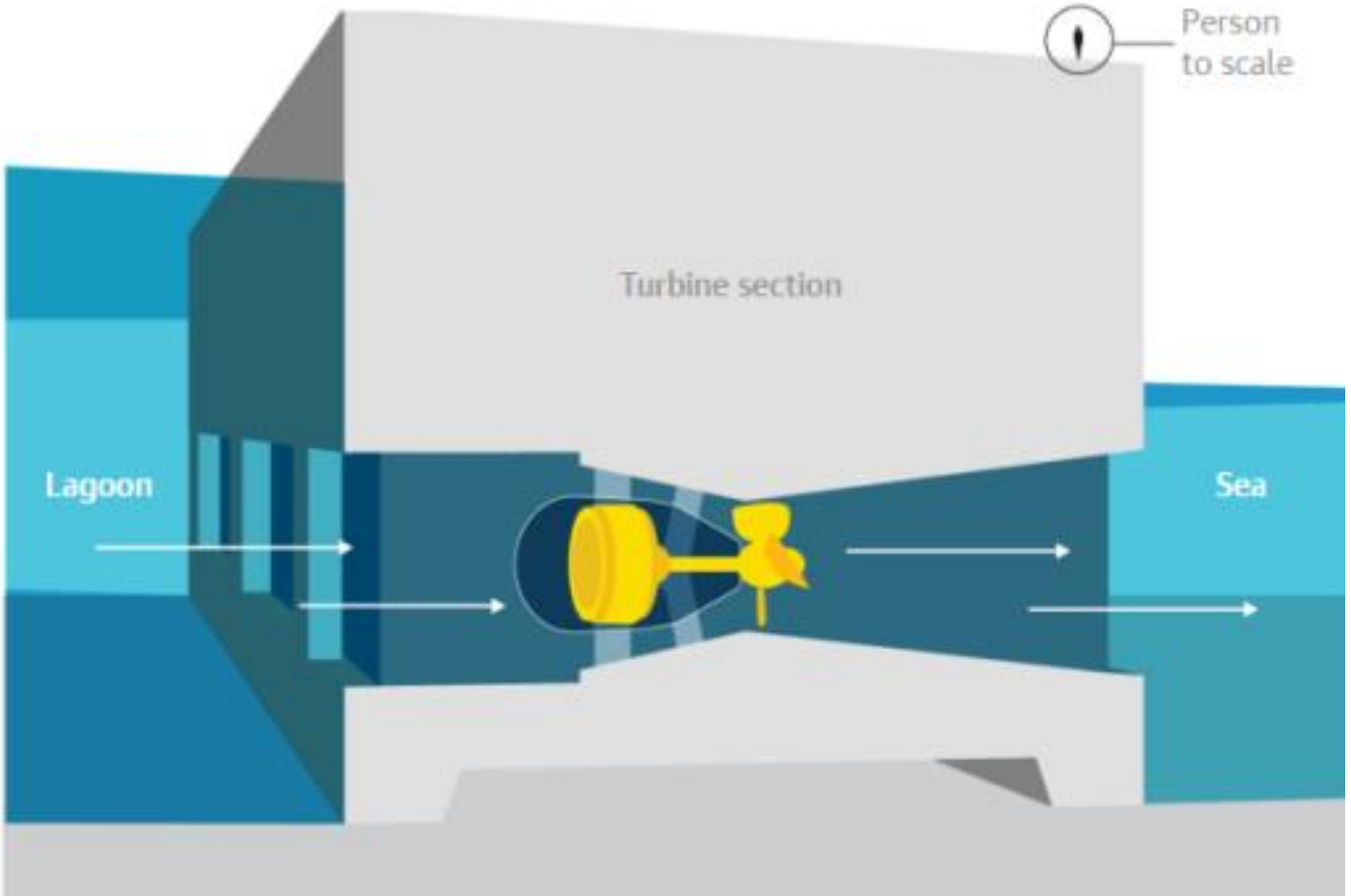
Obrázek přílivové elektrárny (ústí řeky La Rance, Francie), lze je využít i jako akumulační:

Příliv tu dosahuje 8,4 m. Elektrárna má celkový instalovaný výkon 240 MW. Má celkem 24 reverzních turbín, které se otáčejí jak při přílivu, tak i opačným směrem při odlivu.



Využití energie přílivu/odlivu:

Výhoda: Předvídatelný, stabilní (a výkonný) energetický zdroj na mořském pobřeží, jehož výroba energie nezávisí na rozmarech počasí



Projekt Swansea Bay ve Walesu:

- **16 obousměrně pracujících turbín by zde mělo po dokončení mít instalovaný výkon 350 MW**.
- Zařízení po 14 hodin bude denně vyrábět elektrickou energii.
- Celá laguna má mít 11 km² a bude obklopena 9 km dlouhou hrází
- plánovaná životnost alespoň 120 let
- Očekávané náklady na vybudování 1,3 mld GBP (cca. 39 mld Kč)
- Cena produkované elektřiny se očekává 89 GBP/MWh, což je více než současná cena na britském trhu, ale jde o nižší cenu, než je garantovaná hodnota pro novou jadernou elektrárnu Hinkley Point C (92,5 GBP/MWh).



Projekt Swansea je prototypem pro možné budoucí projekty s podstatně většími parametry.
Zdroj: Guardian Graphics

Perspektivy v GB:

- **Spojené království chystá přílivové elektrárny výkonnější než Temelín:**
- Kromě prototypu laguny ve Swansea, počítá Tidal Lagoon Power i s plnohodnotnými projekty v lagunách Cardiff, Newport, Colwyn, Bridgwater a západní Cumbria. Laguna v Cardiff by měla být oproti pilotnímu projektu v Swansea desetkrát větší, stát 9 mld GBP a instalovaný výkon by měl dosáhnout 3000 MW. Cena produkované elektřiny by pak měla poklesnout na 65 GBP/MWh. Plocha laguny by v tomto případě měla být 65 km² a ohraničující hráz má mít délku 20 km.

Spojené království chystá přílivové elektrárny výkonnější než Temelín

TAK TROCHU SCI-FI: Osmotické elektrárny:

Vzdutí hladiny vyvolané osmózou (řízeným mícháním slané a sladké vody)

Princip osmózy je pronikání vody přes polopropustnou membránu, která odděluje dva roztoky s nestejnou koncentrací iontů.

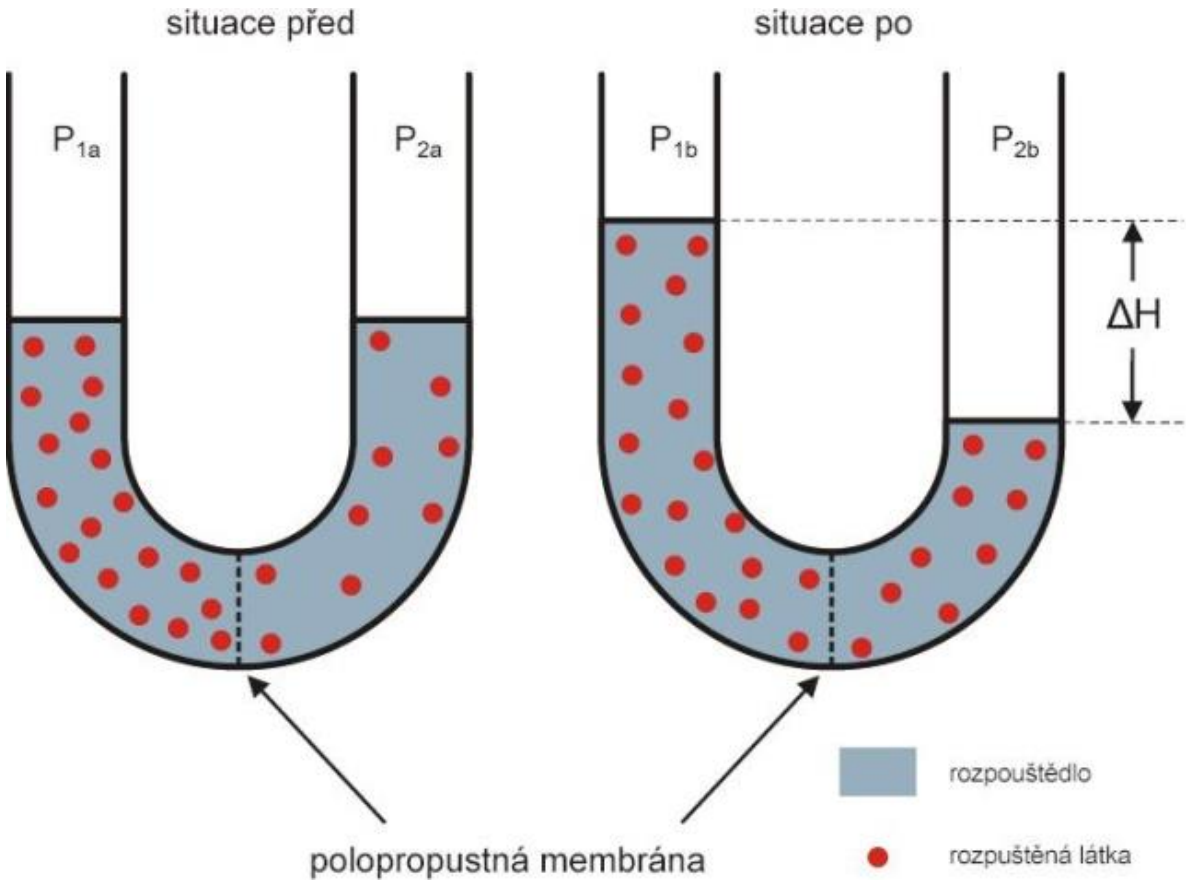
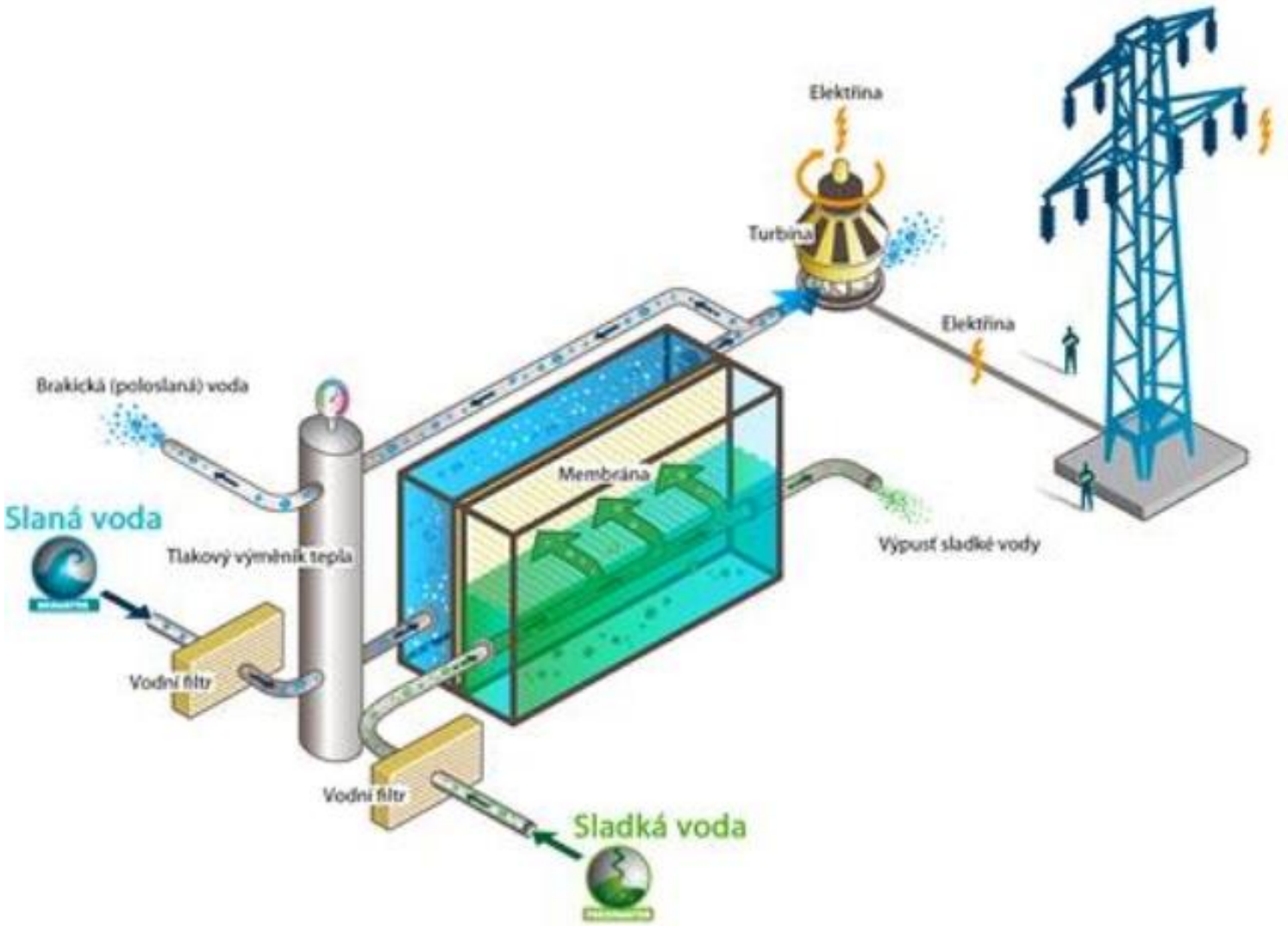


Schéma velké osmotické elektrárny:



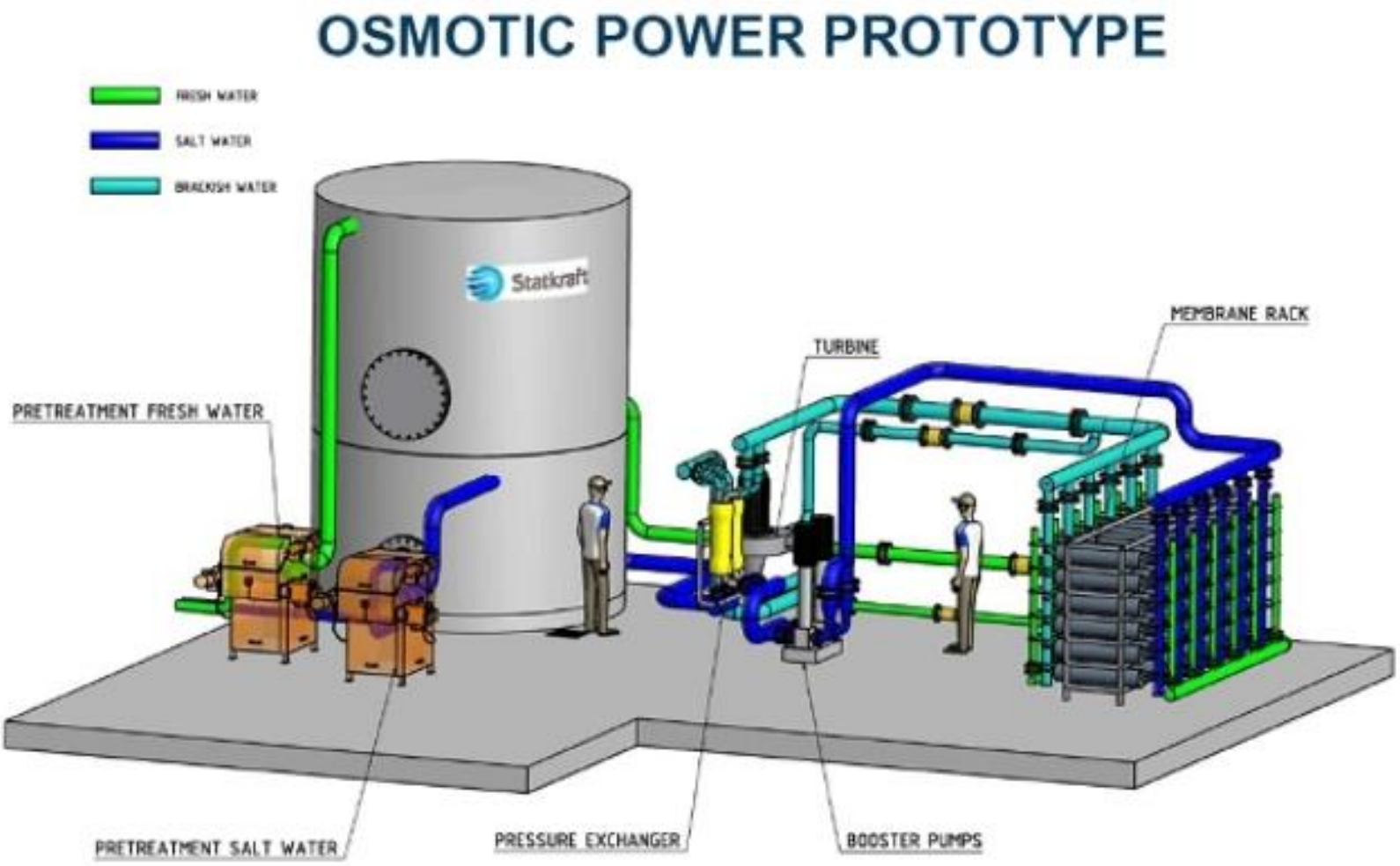
Osmotická elektrárna Statkraft:

- Ve zprovozněném prototypu elektrárny je z pobřeží pumpována do dvou nádrží sladká (s nižším osmotickým tlakem) a slaná voda (s vyšším osmotickým tlakem). oddělená membránou vyrobenou z polymerů. **Voda proniká z jedné nádrže do druhé a vytváří tlak, který odpovídá asi 120 metrům vodního sloupce**, což je srovnatelné s energií padající vody ve vodopádu o stejné výšce. To je dost na pohon turbíny, která vyrábí elektřinu.

- **současný výkon 4 kW**

- Společnost Statkraft počítá s tím, že se její výkon bude postupně zvyšovat…
- Ve skutečnosti byl provoz ukončen

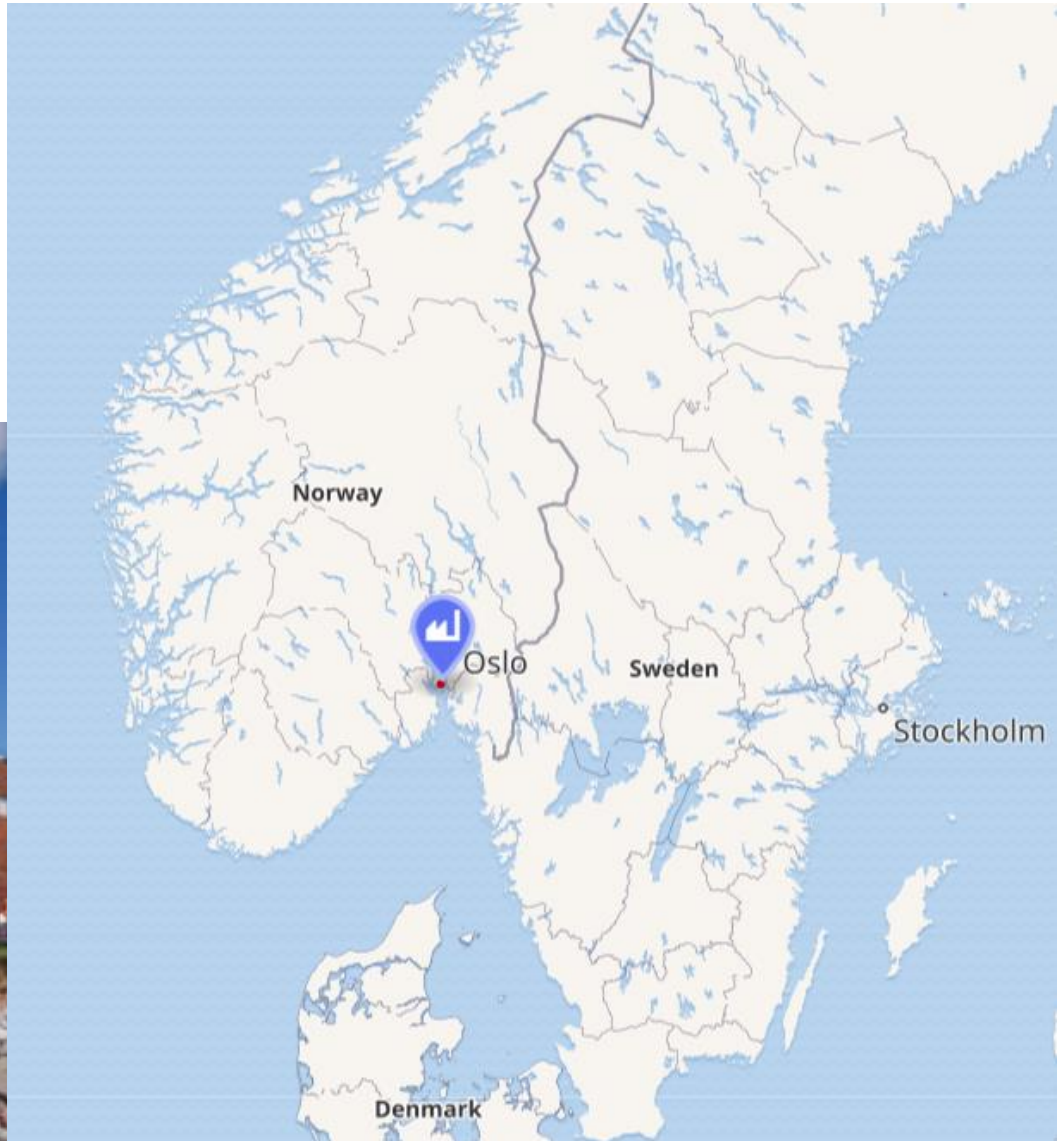
Prototyp fy. Statkraft:



Osmotická elektrárna fy. Statkraft, Norsko:

V provozu v letech 2009-2013. Při sekundové spotřebě 10 l/s sladké vody a 20 litrů/s slané vody se výkon elektrárny pohyboval mezi 2-4 kW





Sny versus realita:



Princezna Mette-Marit si uvařila čaj, údajně z el. energie vyrobené v osmotické elektrárně v Tofte

Osmotická elektrárna:

- Výhoda:

stabilní produkce elektřiny, závislá jen na existenci přítoku vody z řeky, její chod není závislý na rozmarech počasí, jako je to u větrných nebo solárních elektráren.

Nevýhoda:

je pro ni zapotřebí značné plochy v ústích řek do moře, která jsou už dne hustě osídlena

Elektrárna s výkonem 25 MW (pro město s 30 000 obyvateli) vyžaduje plochu fotbalového stadionu a potřebuje asi 5 000 000 m^2 svinuté membrány.

Pohled do budoucího vývoje osmotických elektráren:

- Hlavním záměrem investora je testovat technologii v reálném provozu a postupně zvyšovat energetickou výtěžnost patentově chráněných polopropustných membrán ze stávající hodnoty 1W/m^2 na 2-3W/m^2 a cílově až na 5W/m^2.

- Výhledově se počítá po 2-3 letech provozu s výstavbou pilotního zařízení o výkonu 1-2 MW.

- V roce 2015 by měla být postavena elektrárna o výkonu 25 MW a roční výrobou 166 GWh.

http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/osmoticka-elektrarna-v-norsku-konkurent-fotovoltaiky.aspx

Japonsko spustilo první osmotickou elektrárnu: vyrábí elektřinu ze slané a odpadní vody nonstop – Dotyk.cz

Japonsko spustilo první osmotickou elektrárnu: vyrábí elektřinu ze slané a odpadní vody nonstop

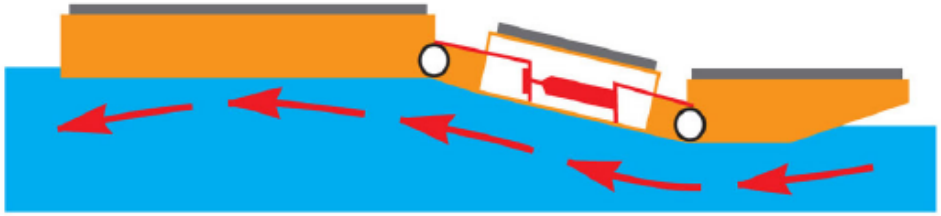
Pavel Topollini 4. 9. 2025

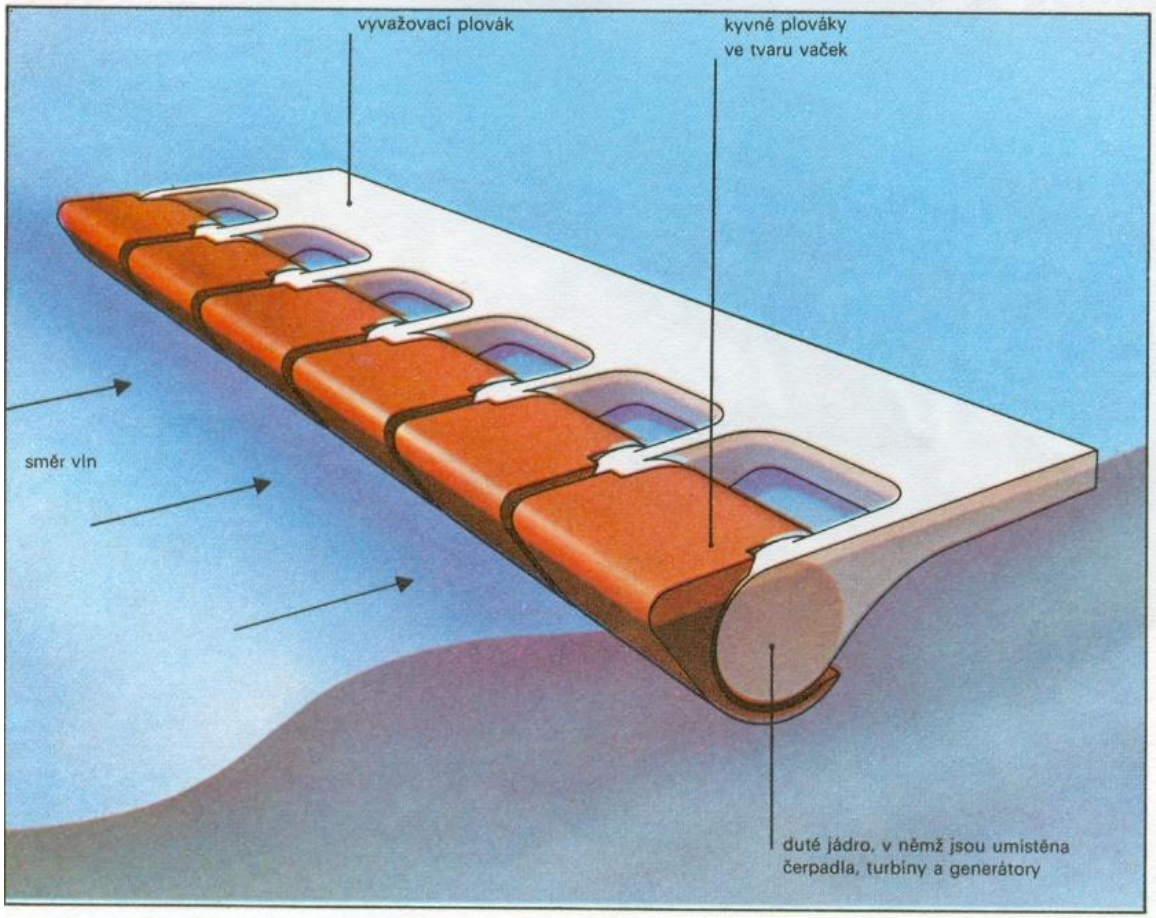
Tahle elektrárna vyrábí proud z obyčejné slané vody a sladké odpadní vody – Japonsko právě spustilo svou vůbec první osmotickou elektrárnu ve Fukuoce, což je teprve druhé takové zařízení na

Využití energie mořských vln:

Vlnění

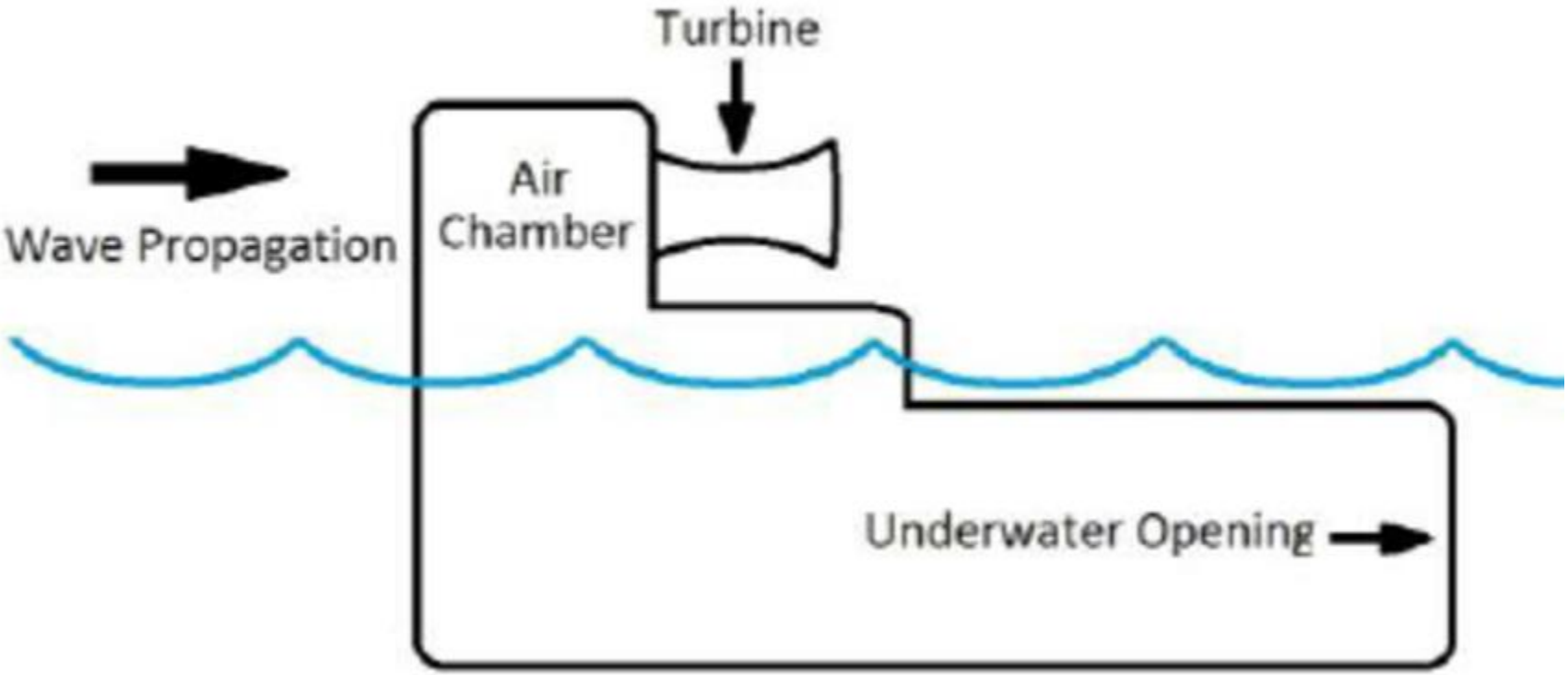
Projekt „Cockerellovy rafty“ – vzájemný pohyb pontonů se hydraulicky přenáší do střední části na pohyb pístů.

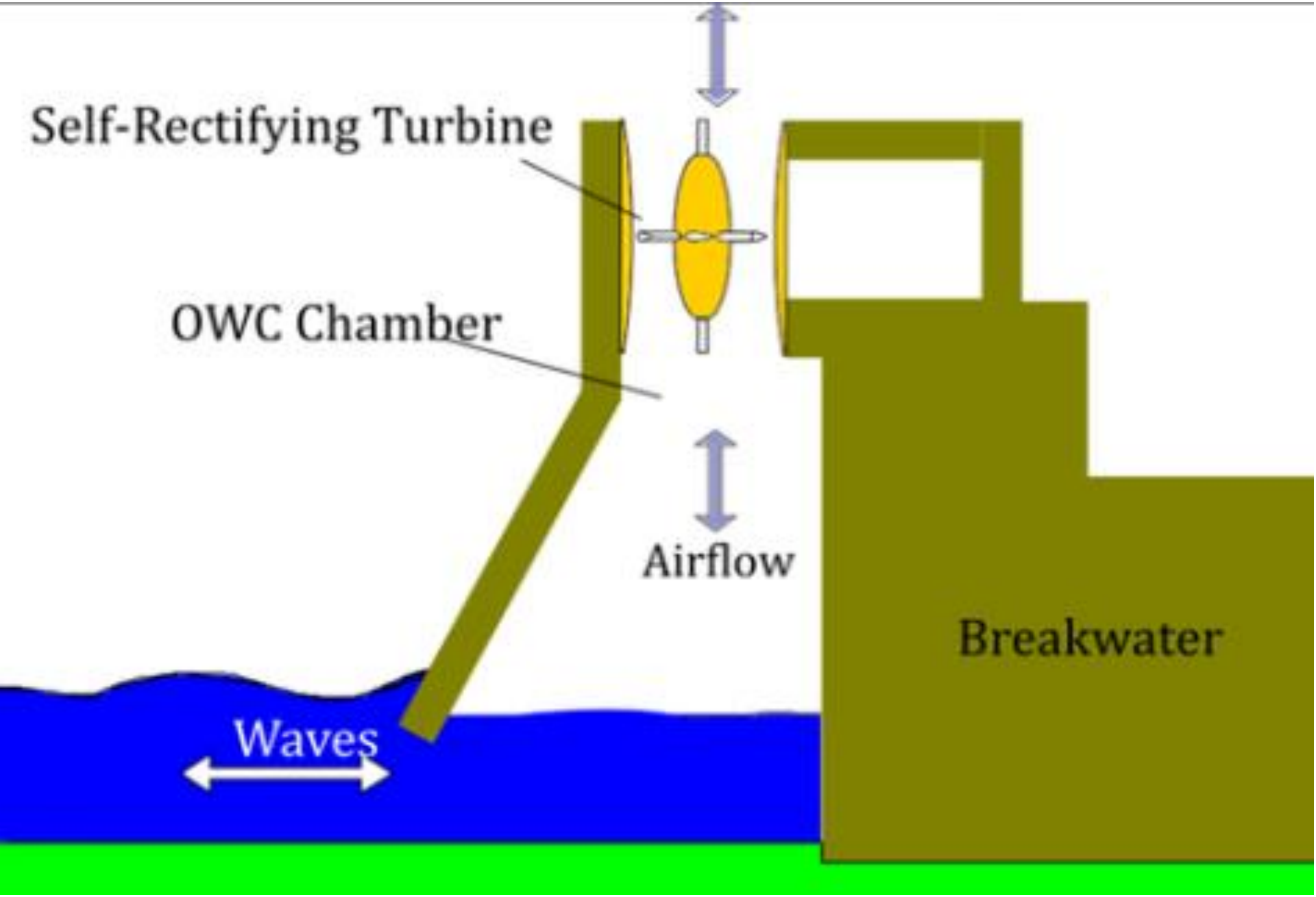


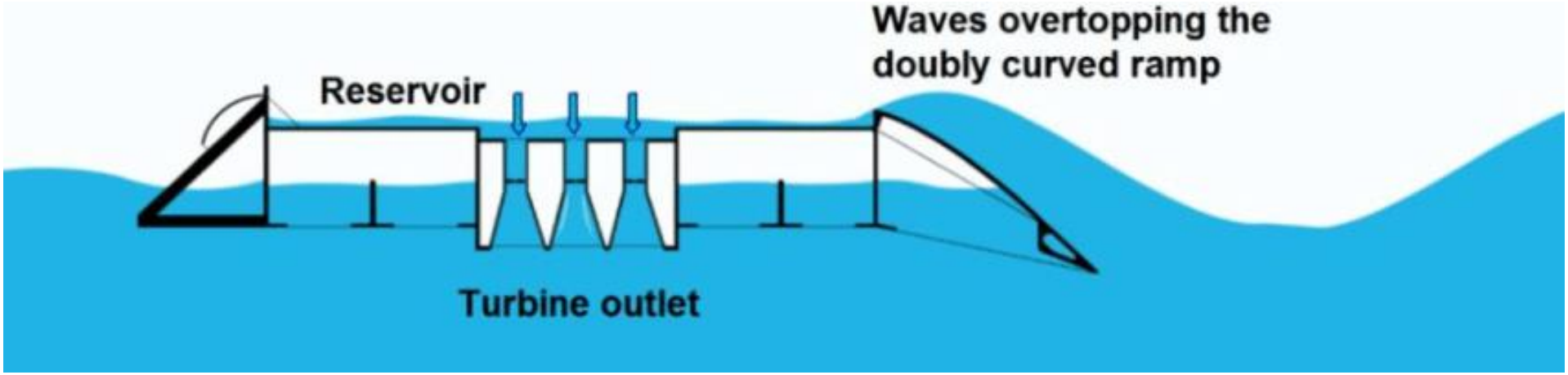


2 Neustálé vzdouvání vodních vln na moři představuje obrovský, ale dosud nevyužitý zdroj energie. Vlny vykonávají oscilační pohyby – to znamená, že voda dostává tvar vlny, zatímco vodní částice se otáčejí v kruhovitých drahách, aniž by se pohybovaly vpřed. Přesvědčíme se o tom při pozorování korkové zátky plovoucí na rybníku. Tam, kde se hladina rybníka vlní, se zátka nepohybuje dopředu, ale jen se na vlnách pohupuje nahoru a dolů. Zobrazené zařízení sestavené z kyvných plováků je určeno k využití energie vlnění na výrobu elektrické energie. Celá konstrukce je asi 300 m dlouhá. Pohybem plováků jsou uváděna do chodu čerpadla a voda z čerpadel roztáčí turbíny poháněnící generátory.

Jeden z principů využití energie vln (plynový motor využívající stlačování vzduchu kinetickou energií vln:




Self-Rectifying Turbine
OWC Chamber
Airflow
Breakwater
Waves


Waves overtopping the
doubly curved ramp
Reservoir
Turbine outlet

Čas. Týden 17(2009)49:

Elektrárna na jedovatém jezeře

Do konce příštího roku má na umělém jezeře Sihwa u Ansanu, předměstí Soulu, zahájit provoz největší příbojová elektrárna na světě.

Jezero vzniklo přehrazením zálivu v roce 1994. Záměrem bylo získat na úkor moře 56 km² rýžových polí a zadržovat pro ně sladkou vodu. Té však nebylo dost a projekt skončil katastrofou: z jezera se stala obří jímka průmyslového odpadu z Ansanu s mrtvými živočichy na hladině.

Jihokorejci doufají, že moře přitékající otvory v hrázi, jež při přílivu žene deset turbín a při odlivu odtéká stavidly, jezero vyčistí. Plánuje se, že příbojová elektrárna vydá za čtvrtinu průměrné jaderné elektrárny a vyrobí dost elektřiny pro celý Ansan.



délka hráze:	12,7 km
zahájení stavby:	2004
uvedení do provozu:	2010
cirkulace vody:	150 mil. t/24 h
výkon:	254 MWh
úspora:	862 000 barelů ropy (315 000 t CO_2) ročně

Větrná energetika

O nás - ČSVE



Zdroje energie – rozdělení dle místa produkce

- **Centralizované** = snadné řízení, provoz zatížen ztrátami přenosu energie na velké vzdálenosti (př. velké větrné parky)

- **Decentralizované** = menší ztráty při přenosu energie (VtE situované v krajině)

Historie, počátky VtE = Nizozemí

Historicky v Holandsku (Nizozemí) byly hlavním energetickým zdrojem právě větrné stroje (na rozdíl od Anglie a Německa, kde hlavním zdrojem energie bylo uhlí)**.**
V roce 1850 mohl být výkon všech větrných mlýnů kolem 1 000 MW.

Prvním mužem, který se vážně zabýval myšlenkou vyrábět "pomocí vzduchu" elektřinu a který zřejmě také **jako první na světě zhotovil větrný motor vyrábějící elektrický proud** byl **Poul la Cour** (1846 - 1908). Bylo to **v roce 1891 a vyrobený proud používal pro elektrolýzu ve své škole.**

Všechny tyto větrné motory pracovaly na odporovém principu: vítr se opírá do lopatky (např. ve tvaru rovinné desky), která mu klade odpor a tím se vyvíjí síla otáčející rotorem. Účinnost takovéhoto motoru je velmi nízká a zdaleka nedosahuje ani 20 %.
To ve třicátých letech vedlo ke konstrukci větrných motorů pracujících na vztlakovém principu, kdy vítr obtéká lopatku, jež má profil podobný letecké vrtuli (křídlu).

Technické řešení:

Podle aerodynamického principu dělíme větrné motory na:

- **odporové**
- **vztlakové**

Nejrozšířenějším typem jsou elektrárny s **vodorovnou osou otáčení pracující na vztlakovém principu, kde vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli.**

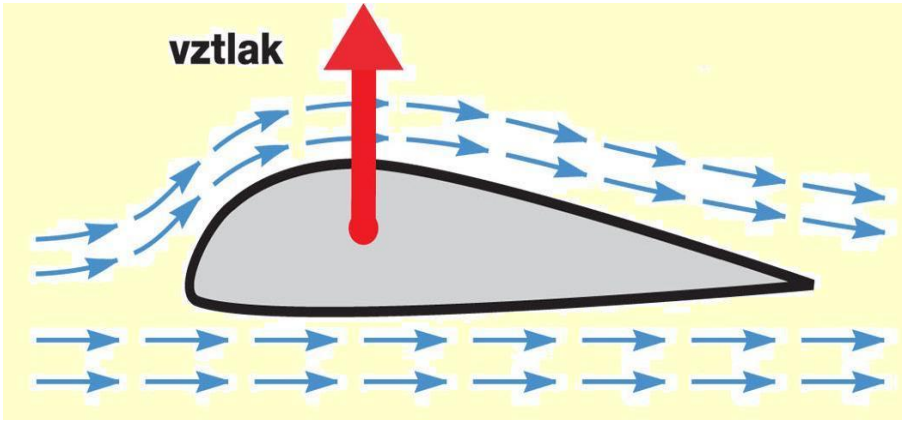
Po experimentech s jedno-, dvou- i čtyřlistými rotory již všechny velké moderní elektrárny používají rotory třílisté, které mají nejlepší parametry.



Na podobném principu pracovaly již historické **větrné mlýny, nebo tak pracují větrná kola vodních čerpadel (tzv. americký větrný motor**).

Vrtule, princip činnosti:

- **Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly**; listy proto musejí mít speciálně tvarový profil velmi podobný profilu křídel letadla.
- **Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou**. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie.



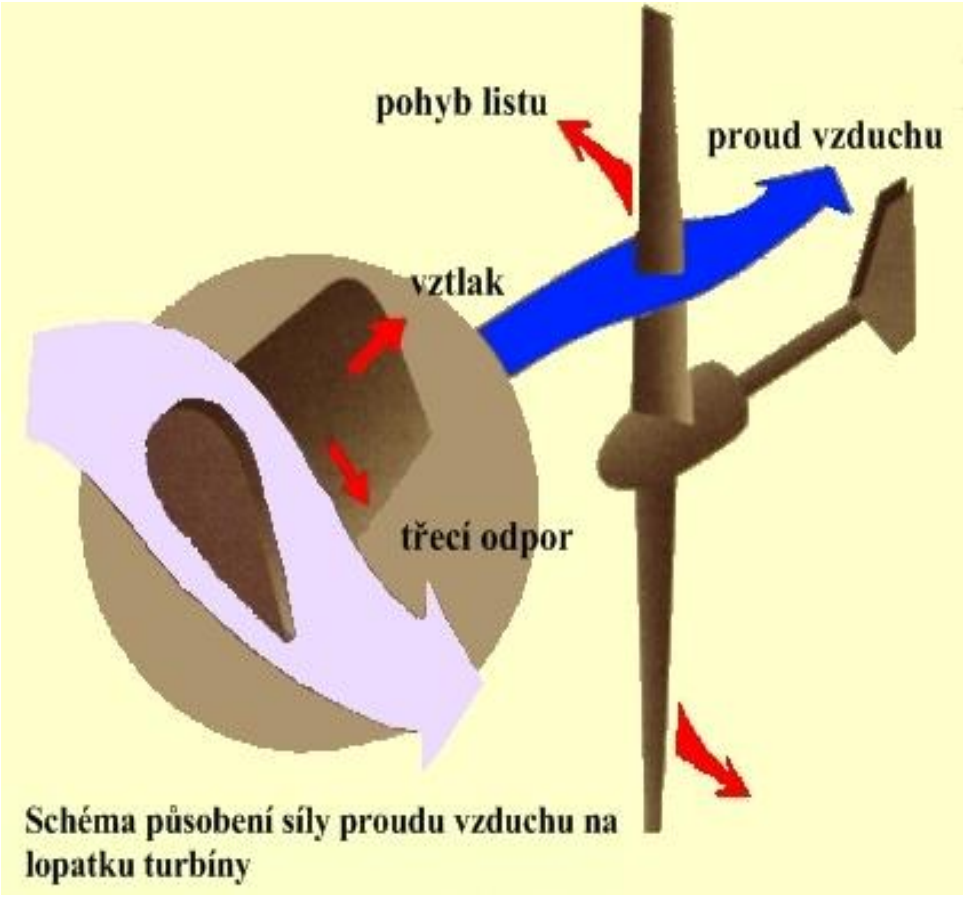


Schéma působení síly proudu vzduchu na lopatku turbíny

Vrtule u VtE:

- **Typické využití: výroba elektrické energie (střídavý a třífázový proud)**

- Počet listů rotoru: 2 – 4 (moderní velké elektrárny používají rotory třílisté, které mají nejlepší parametry)

- **Účinnost: ~45 % (max. se uvádí 48 %)**

- **Náběhová rychlost (m/s): 3 - 6**
- Poznámka: nejpoužívanější typ
- Aby mohl rotor co nejvíce převzít energii větru, je hlava větrné elektrárny, tzv. gondola, umístěna na stožáru otáčivě. K nařízení osy rotoru směrem k větru slouží postranní větrné kolo nebo elektromotor.

- **Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztlakové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou:**

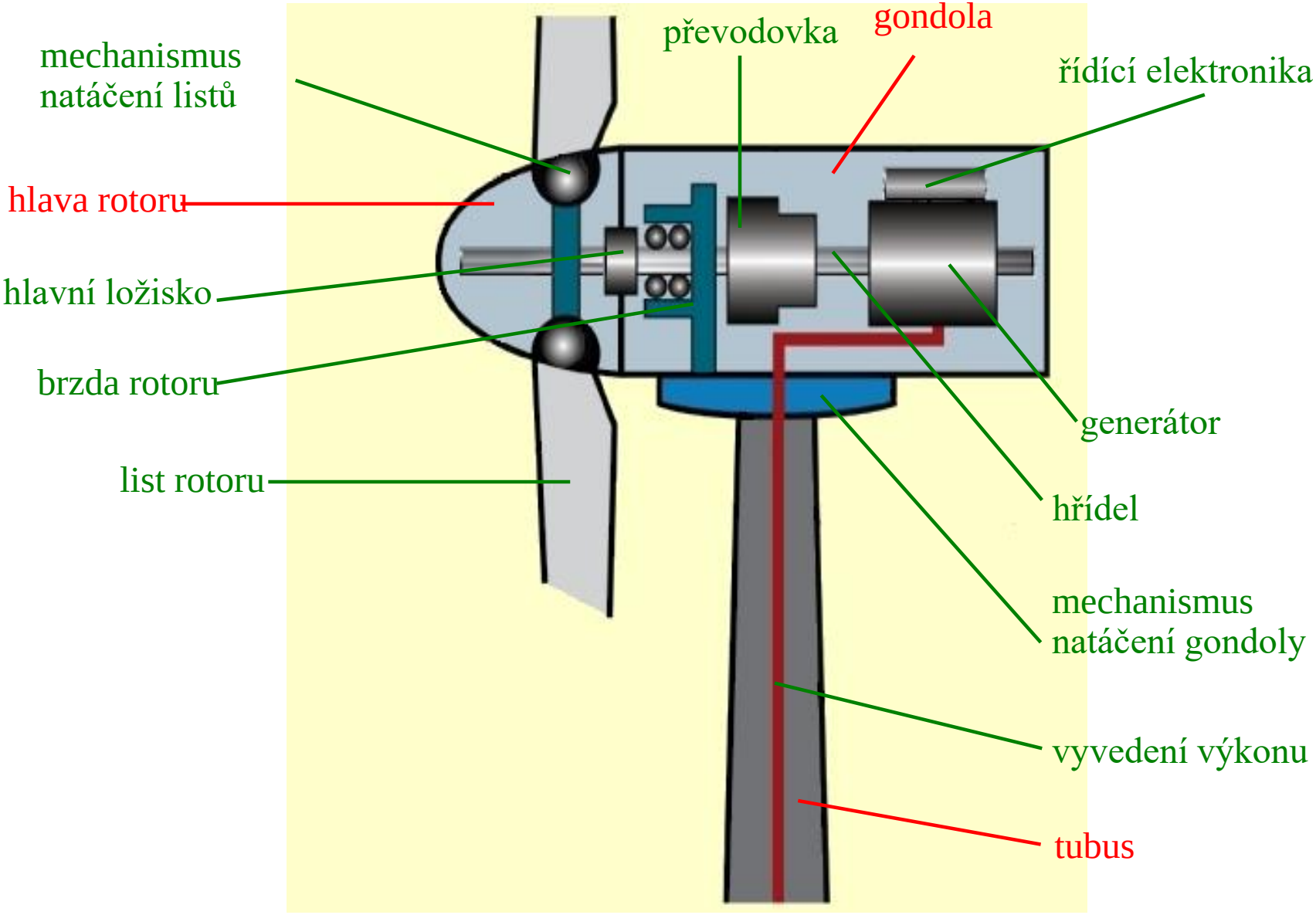
$$P = 0.2 \times v^3 \times D^2$$

P = výkon zařízení, v = rychlost větru,
D = průměr vrtule

- **Využitelný je vítr o rychlosti 4 až 26 m/s (tj. 15 až 95 km/h)**

- **Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu.**
- Obsluha větrné elektrárny je automatická.

Schéma gondoly větrné elektrárny:



Turbíny se svislou osou otáčení

- Existují také elektrárny se **svislou osou otáčení**, které pracující na **odporovém principu** (**typ Savonius**) nebo na **vztlakovém principu** (**typ Darrieus**).

Další konstrukční řešení větrných turbín:

- Turbíny se svislou osou otáčení

Výhody:

Nevyžadují natáčení proti směru proudění větru

Nevýhody:

Větší materiálová náročnost, nižší účinnost

Darrierův vztlakový rotor

Rozhodující popud pro zařízení tohoto druhu dal už v roce 1930 Francouz **George J. Darreius**, ale tehdy mu nikdo nepřikládal valný význam. Teprve energetická krize počátku 70. let oprášila i systém Darius.

Svislý rotor má zpravidla dva nebo tři listy, v příčném řezu tvarované opět jako letecký profil. K dalším výhodám tohoto systému patří to, že odpadá nákladná konstrukce otočné gondoly a generátor je umístěn na zemi, takže se snadno udržuje. Ke spuštění se musí použít pomocný elektromotor.



Darreius DZ 12 při zkouškách u Sever. moře (90 ot. za minutu, 30 kW)

Přednosti a nedostatky Darrierova rotoru:

Darrierův rotor:

Typické využití: výroba elektrické energie (střídavý a třífázový proud)

Počet listů rotoru: 2 - 3

Účinnost: 38 % (max. se uvádí 48 %)

Náběhová rychlost (m/s): 5 - 8

Poznámka:
vyžaduje pomocný pohon při náběhu



Darrieova turbína s rotorem ve tvaru H

- **Výhodou vztlakových elektráren se svislou osou je, že pracují i při nižší rychlosti větru a není třeba je natáčet podle směru větru.**

- Elektrárny se svislou osou otáčení se donedávna v praxi příliš nepoužívaly.

- Důvodem bylo jejich mnohem **vyšší dynamické namáhání, a tedy i nižší životnost**. Tento problém se však podařilo do určité míry konstrukčně vyřešit.

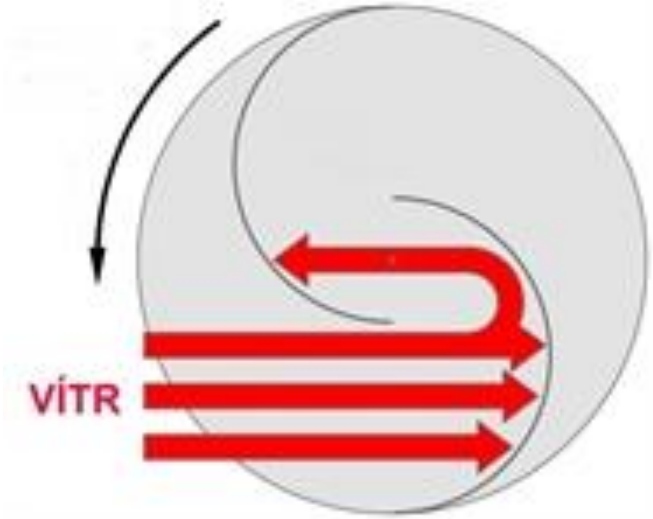
- Pro výše uvedené výhody a také menší hlučnost se začínají v Británii a USA využívat přímo v městské zástavbě. Stále jde však o menší zařízení s nižšími výkony.

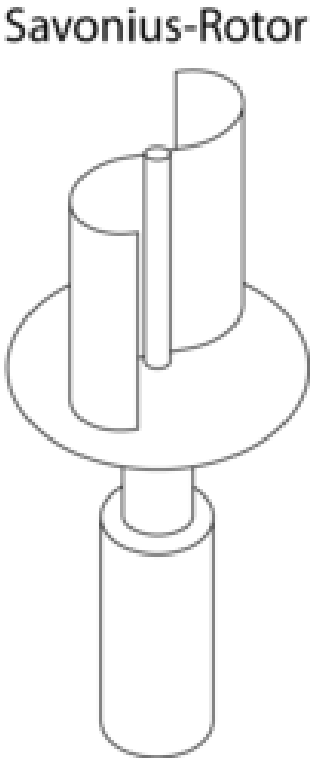
Savoniův náporový rotor

Patent na svou turbínu podal finský inženýr Sigurd J. Savonius roku 1922. Jde o zařízení se svislou osou, což je první a zásadní výhoda této konstrukce. Odpadá totiž mechanismus umožňující natáčení podle směru větru, které dělá složitější a dražší klasické větrné turbíny s vodorovnou osu.

V podstatě jde o podobný princip, jaký používají anemometry pro měření síly větru

Princip Savoniova rotoru:











Dvojitá turbína z PET lahví

Přednosti a nedostatky Savoniova rotoru:

- Typické využití: čerpání vody, výroba stejnosměrného elektrické energie
- **Počet listů rotoru: 2**
- **Účinnost: ~20 (max. se uvádí 23 %)**
- **Náběhová rychlost (m/s): 2 - 3**

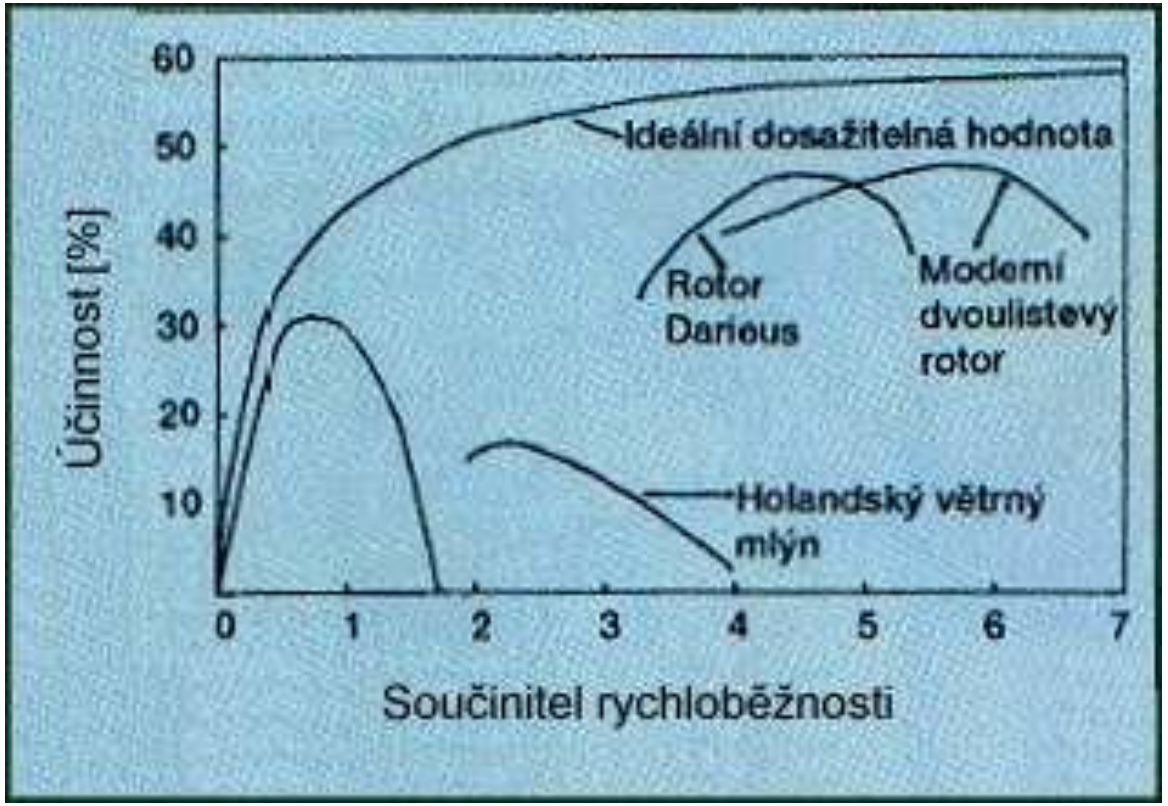
Poznámka: obvodová rychlost rotoru je vyšší než rychlost větru, často používán pro náběh Darrierova rotoru

Přednosti:

- nezávislost na směru větru
- extrémní jednoduchost
- mimořádně nízká cena
- snadná amatérská výroba
- **vhodné pro nižší rychlosti větru**
- jednoduchá údržba

Nevýhody:

- nižší účinnost
- nevhodné pro jednotky s velkým výkonem

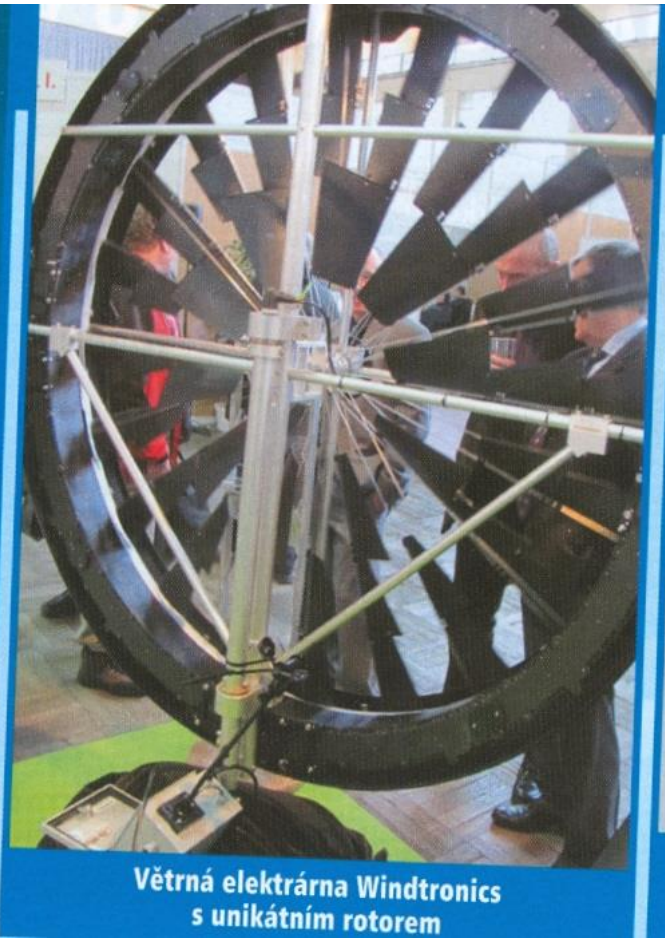


Účinnost větrného motoru může převýšit i 50 %. Aby mohla být energie větru takto využita, musí rychlost lopatek mnohonásobně převyšovat rychlost větru. Přitom **platí pravidlo, že čím menší je počet lopatek (křídel), tím vyšší je tzv. koeficient rychloběžnosti (poměr obvodové rychlosti konce křídel k rychlosti větru), tím rychleji se rotor otáčí.**

S jakými druhy větrných elektráren se v ČR můžeme potkat?



Historická větrná elektrárna u motorestu Rohlenka



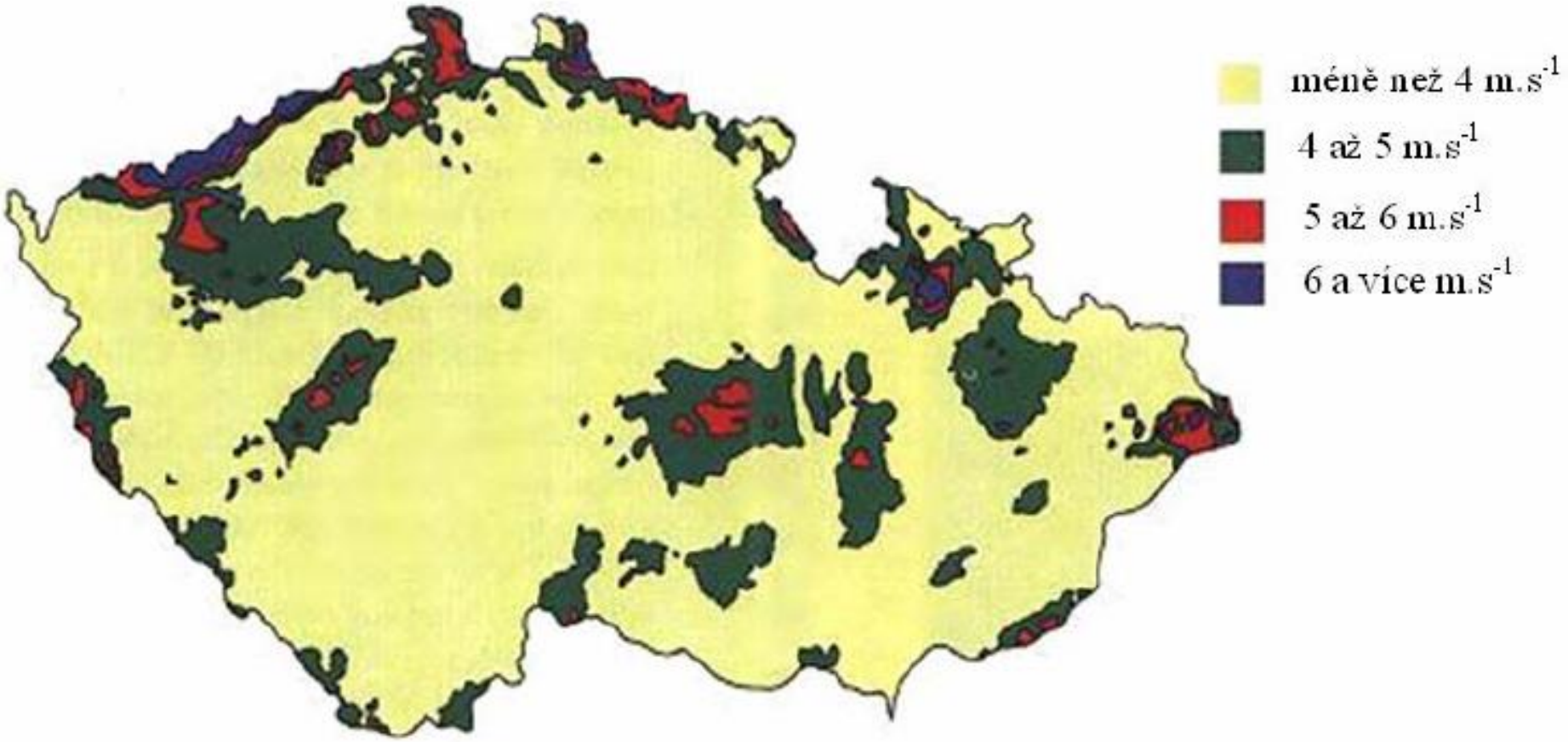
Větrná elektrárna Windtronics s unikátním rotorem



Jedna z testovaných hybridních instalací větrné elektrárny typu Darrieus a fotofoltaiky pro

Větrná energie v podmínkách ČR

- vyšší polohy nad 650m n.m.
- nelze realizovat VTE a FVTE v CHKO



Potenciál možného pokrytí ČR větrnými elektrárnami:

Výroba elektrické energie by v takovém případě pokrývala necelých 10 % její spotřeby v České republice, což je však stále poměrně významný podíl.

Tabulka č. I	počet VTE	instalovaný výkon [MW]	výroba [GWh/r]
Středočeský kraj	110	221	540
Jihočeský kraj	85	185	458
Plzeňský kraj	66	134	341
Karlovarský kraj	50	117	289
Ústecký kraj	153	364	864
Liberecký kraj	35	75	189
Královohradecký kraj	29	71	151
Pardubický kraj	83	178	447
Vysočina	236	511	1259
Jihomoravský kraj	157	317	768
Olomoucký kraj	77	172	428
Zlínský kraj	35	72	177
Moravskoslezský kraj	142	326	789
ČR	1259	2746	6719

Možnosti a perspektivy větrných elektráren v ČR:

- **Dlouhodobě mají větrné elektrárny šanci stát se jedním ze zdrojů, který bude nahrazovat kapacitu z uhelných elektráren.**
- **Samy však nemohou nikdy velké zdroje úplně nahradit.**

- **Podle studie společnosti Euroenergy by v roce 2010 mohl instalovaný výkon ve větrných elektrárnách dosáhnout maximálně 1044 MW.**
- **Při 20% využití výkonu by výroba v těchto zdrojích mohla v nízkém scénáři dosáhnout v roce 2010 hranice 1828 GWh**

Odhady produkce elektřiny ve VtE:



Předpokládaný vývoj instalovaného výkonu v ČR *Zdroj: ČSVE*

Instalovaný výkon energ.zdrojů v ČR (Statistická ročenka ČR z 2024)

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů

16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 877**	**21 378**	**20 877**	**21 160**	**22 093**	***MW***	***Installed capacity, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	MW	12 786	12 385	11 875	11 792	11 901	*MW*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	MW	4 290	4 290	4 290	4 290	4 290	*MW*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	MW	175	.	.	.	.	*MW*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	MW	2 266	2 285	2 286	2 290	2 288	*MW*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	MW	282	339	339	339	342	*MW*	*Wind power plants*
solární elektrárny	MW	2 078	2 079	2 087	2 449	3 272	*MW*	*Solar power plants*

VtE v ČR disponovaly v r. 2023 tvoří cca. 1,5 % inst.výkonu

Úloha energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

VtE v ČR v r.2023 vyrobily méně než 1 % el.energie

Důvod pro investici do větrné elektrárny:

Poměrně příznivé výkupní ceny a hlavně zákonem daná garance, že tyto ceny budou pevné po dobu 20 let od spuštění. Dalším důvodem může být možnost získání dotace, i když většina velkých větrných elektráren se u nás staví i bez dotace.

Obcím provozovatelé elektráren obvykle nabízejí roční příspěvky ve výši několika desítek tisíc Kč za jednu elektrárnu.

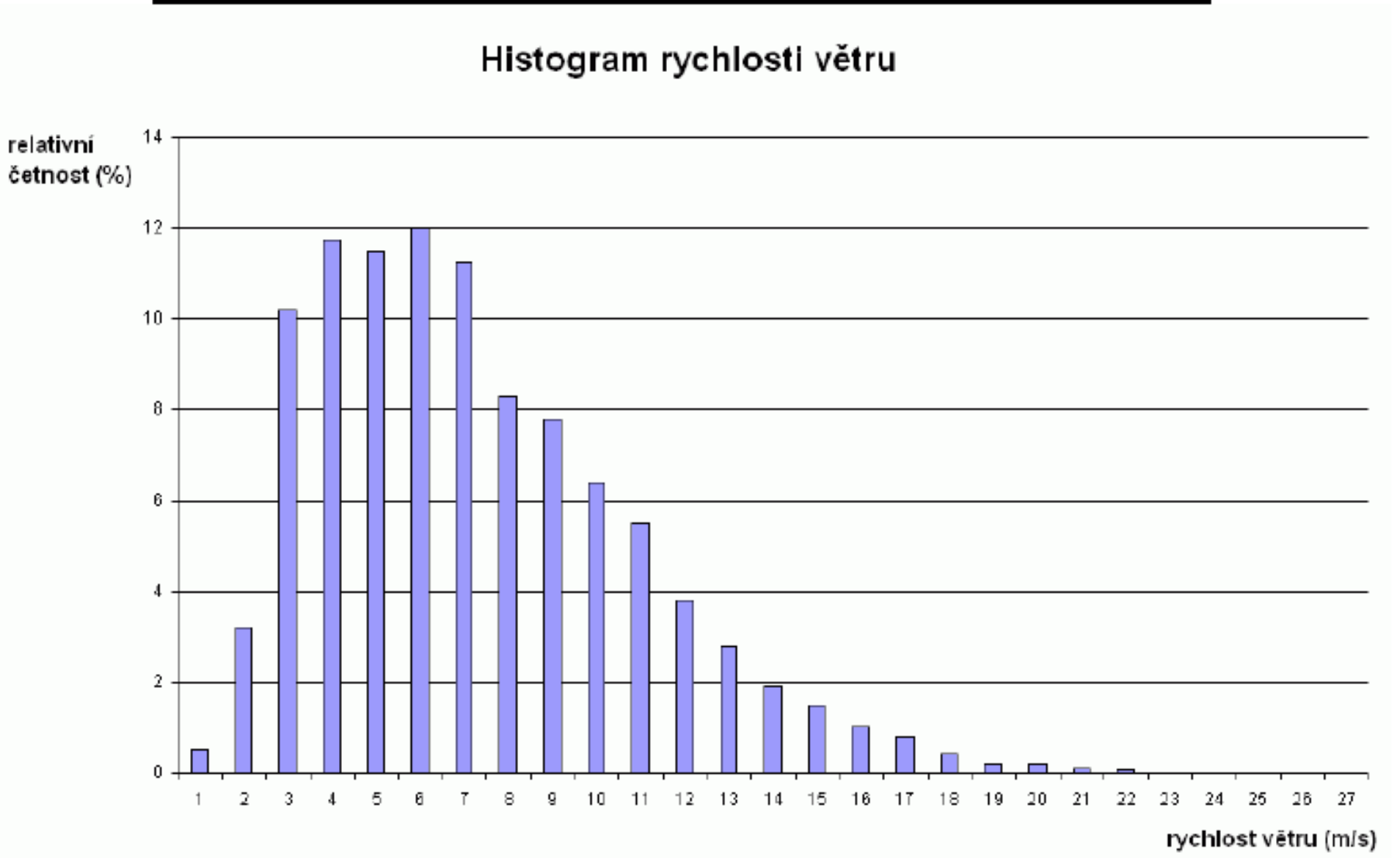
V současné době se větrné elektrárny nacházejí na více než padesáti lokalitách v ČR, jejich nominální výkon se pohybuje od 0,004 až po 3 MW_e.

Novinky v oblasti VtE, viz. např: Česká společnost pro větrnou energii:

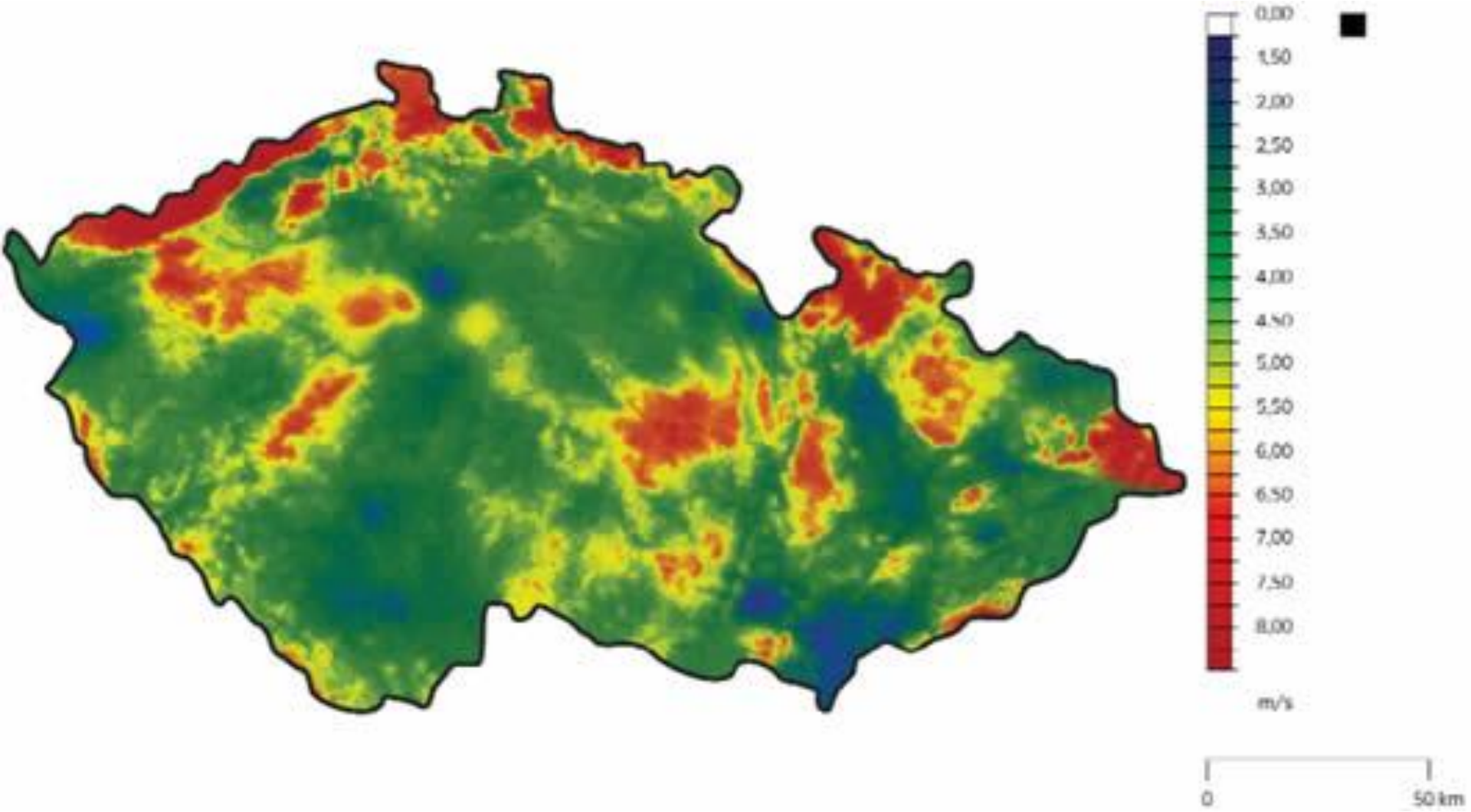
http://www.csve.cz/novinky/145

Využitelný je vítr o rychlosti 4 až 26 m/s (tj. 15 až 95 km/h)

Histogram rychlosti vanutí větru



Větrný atlas České republiky:



Podle větrného atlasu ČR, vytvořeného Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd ČR na základě podkladů Českého hydrometeorologického ústavu, je celoroční průměrná rychlost větru přes 4 m/s (ve výšce 10 m) a přes 5,3 m/s (ve výšce 30 m).

Nutné kroky investora k výstavbě VtE v ČR
(dle Přikřyl J.:Alternativní energie 12(6)(2009)30-31.)

- **1. krok = výběr lokality**

a) lokalita s průměrným prouděním větru v ose rotoru nad 6,3 m/s (Ústav fyziky atmosféry AV) mimo chráněná území včetně lesů

b) Lokalita mimo letecké koridory (AČR + Úřad civilního letectví)

Nebo dotaz na místním úřadě na předchozí EIA studii na VtE => poučení z dřívějšího neúspěchu

- **2. krok = spolupráce s obcí**

a) Uspořádaní ankety či referenda mezi místním obyvatelstvem (boj s odporem je problematický)

b) Doporučena spolupráce s developerem (výběr dle doporučení jiných provozovatelů); doba přípravy v ČR 5-6 let, náklady v milionech Kč

c) Doporučuje se finanční spolupráce s obcí (menší odpor obyvatel i úřadů)

d) Výstavba vyžaduje změny v územním plánu (zajistit pro jistotu větší než plánované plochy)

- **3. krok = rezervace el.sítě pro připojení**

Problém s připojením zdroje o jednotkách MW (konkurence fotovoltaiky), proto raději projektovat větrné parky s výkonem desítek MW (připojení na vedení 110 kV)

Problém zablokování jiným projektem:

řešení = trpělivost se vyplácí: z 1700 MW v procesu EIA realizováno jen 60 MW

- **4. krok = EIA studie**

Šance na budoucí úspěch = nejméně 2 roky + lokalita mimo Vysočinu a **spolupráce obce + pozitivní stanovisko EIA**

Riziko konfliktu s odpůrci = NIMBY + novináři

Cesta do finále:

S pozitivním stanoviskem EIA, pozemky a územním plánem možno začít připravovat územní řízení, ke kterému je nutno získat smlouvy na pozemky pod komunikacemi i na kabelové spoje

Největší problém:

Splnění podmínek EIA a územního řízení:

a) v žádosti na výjimku pro chráněné druhy vyskytující se v oblasti

b) v žádosti na výjimku ze zásahu do krajinného rázu (závisí na libovůli úředníka)

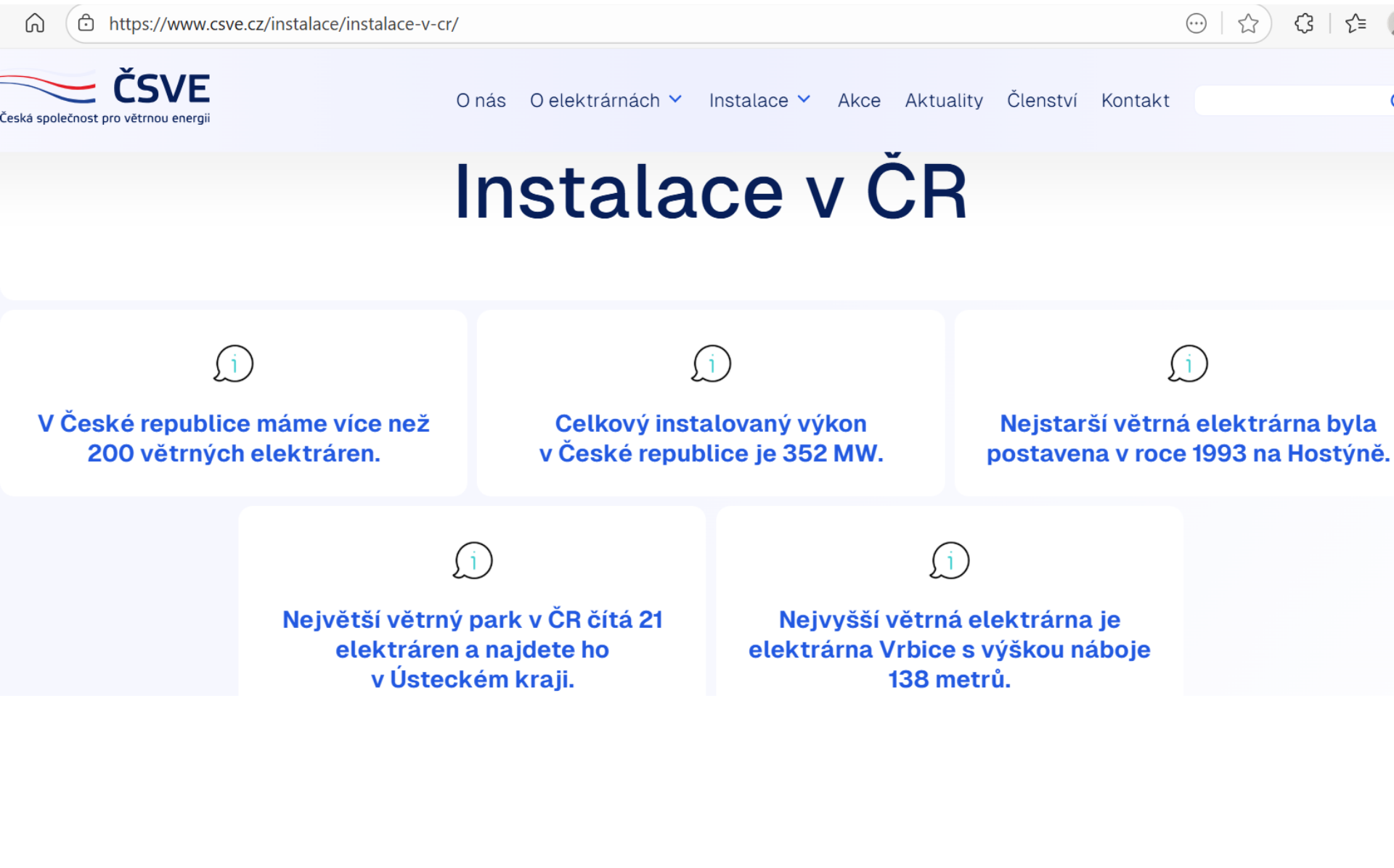
Vyplatí se znát stanovisko úřadů ještě před vypracováním EIA

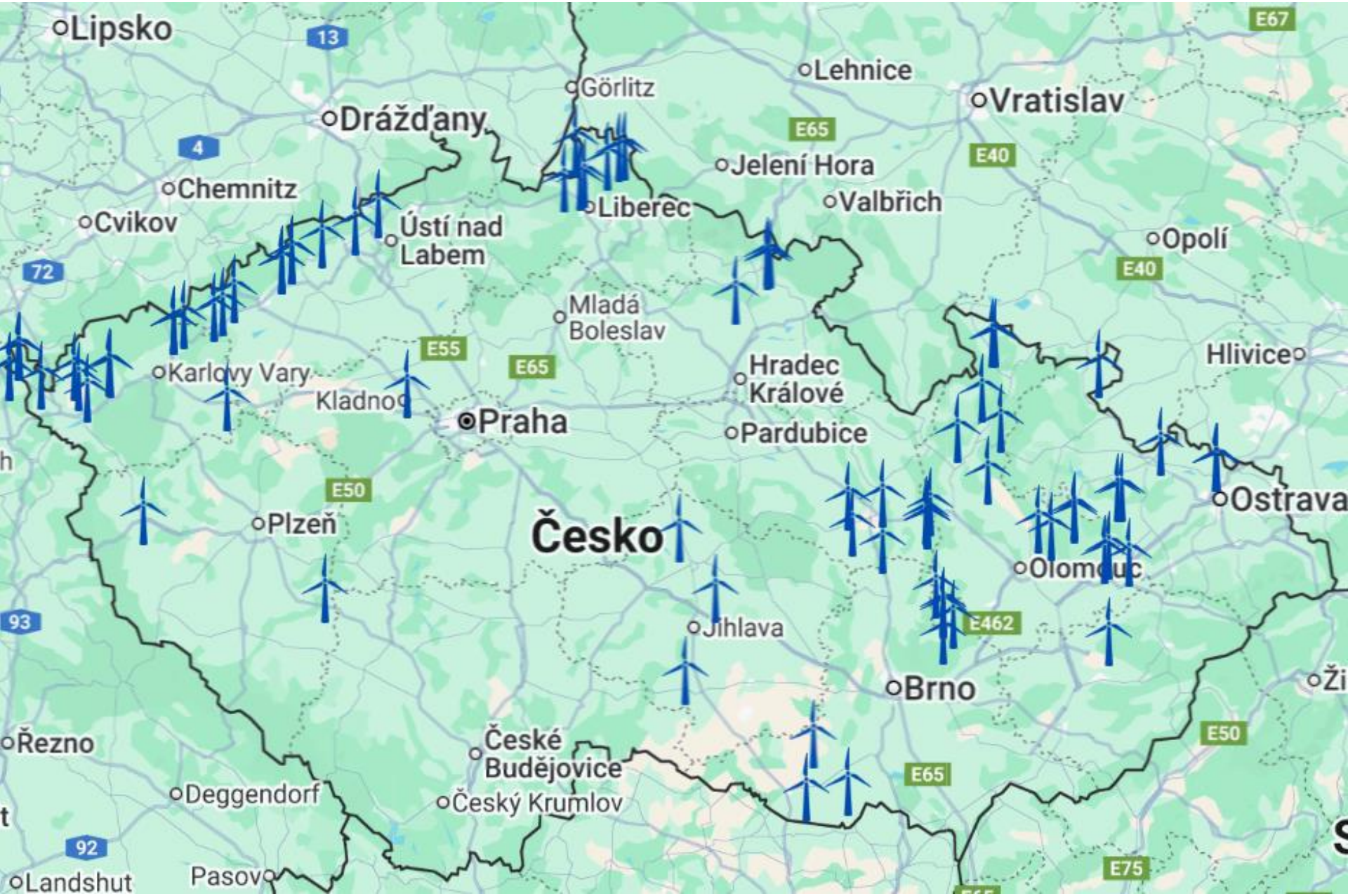
Po získání stavebního povolení:

- **Žádost o úvěr** (banky počítají s max. délkou garantované výkupní ceny jen 15let!!!)
- **Čekání na dodávku VtE**
- **Samotná výstavba VtE** = pozor na výběr zkušeného dodavatele stavby

VÝSLEDEK: jste majitelem nejlevnějšího zdroje OZE, gratulujeme!!!

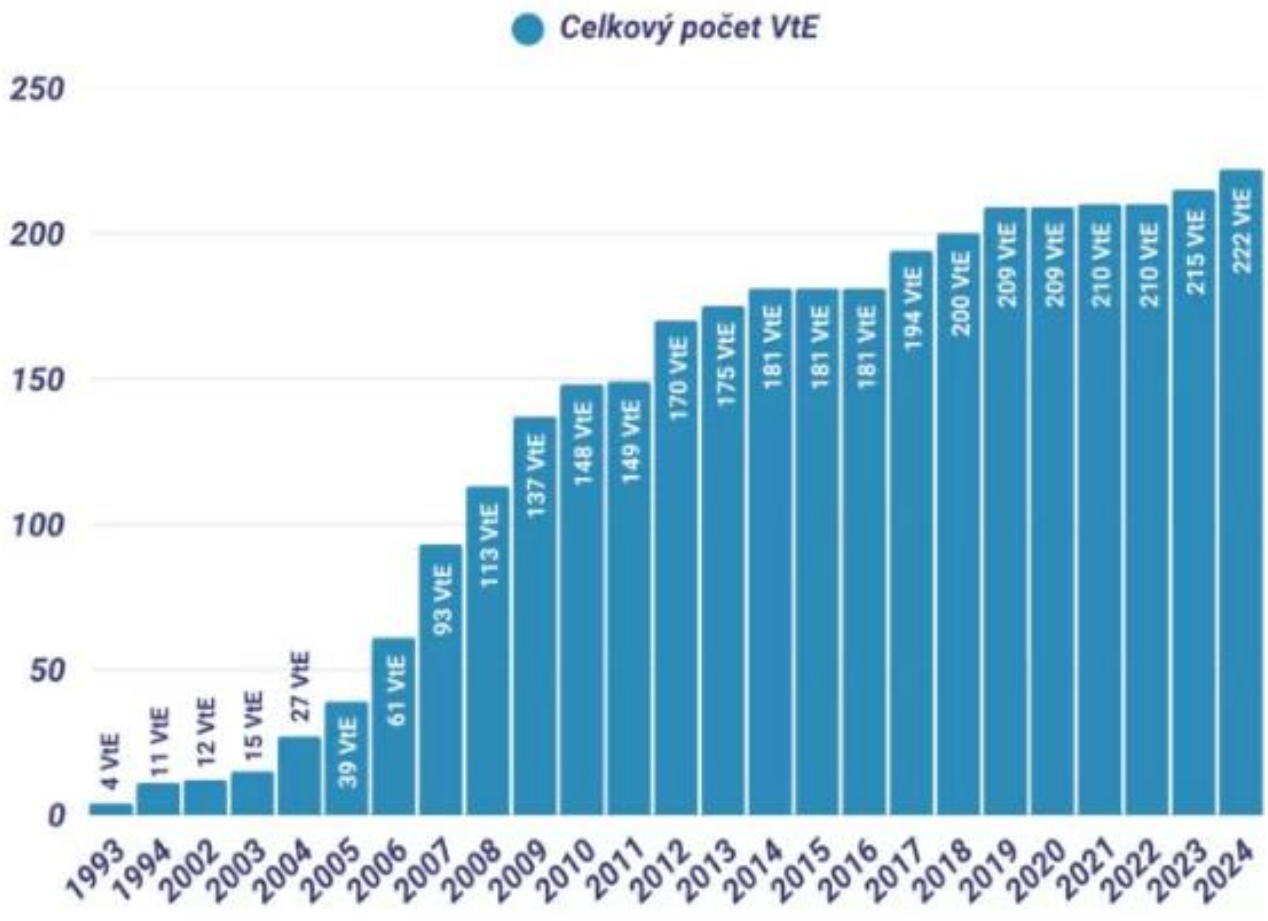
Česká společnost pro větrnou energii:




Lipsko
13
Drážďany
4
Chemnitz
Cvikov
Ústí nad Labem
72
Görlitz
Liberec
Lehnice
Vratislav
E67
E65
E40
Jelení Hora
Valbřich
Opolí
E40
Mladá Boleslav
E55
E65
Karlovy Vary
Kladno
Praha
Hradec Králové
Pardubice
Hlivice
Ostrava
E50
Plzeň
Česko
Olomouc
93
Jihlava
E462
Brno
Řezno
České Budějovice
E50
E65
Deggendorf
Český Krumlov
92
Landshut
Pasov
E75

Vývoj instalovaného počtu větrných elektráren v průběhu let

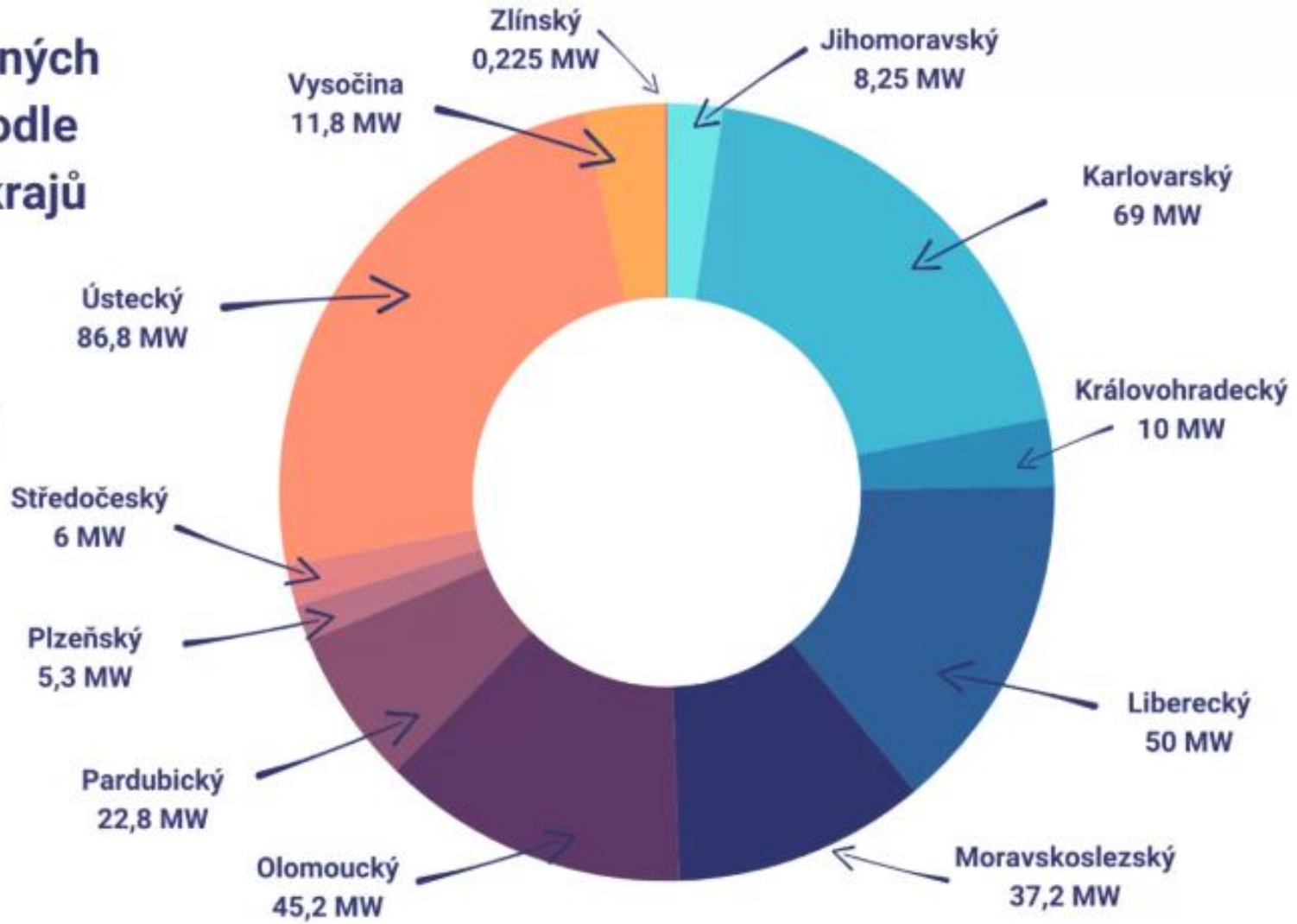




Statistiky - ČSVE

Instalace větrných elektráren podle jednotlivých krajů v MW





Statistiky - ČSVE

99 Větrných hůrek. V těchto obcích v Česku se větrníky opravdu vyplatí

SOFIE KRÝŽOVÁ 19.7. 2023

V loňském roce se v Česku nepostavila žádná větrná elektrárna.

Devětadevadesát českých obcí z celkových více než 6000 má potenciál získávat energii z vlastní větrné elektrárny. Některé obce však od budování větrných zdrojů odrazují vysoké investice nebo zdlouhavé povolovací řízení.

Dostatečný rozpočet, odpovídající povětrnostní podmínky a vhodný prostor, to jsou některé z hlavních předpokladů pro stavbu větrné elektrárny. „Optimální potenciál pro instalaci větrných elektráren má přibližně sedm procent území České republiky. Vyhodnotili jsme jej na základě podobného postupu, o jaký se dříve opírala studie Akademie věd ČR.

Největší potenciál se ukázal zejména u obcí v Karlovarském, Ústeckém, Moravskoslezském kraji a kraji Vysočina. Příkladem může být například Moravský Beroun, Rýmařov, Libčeves nebo Toužim.

Parametry 3MW větrné elektrárny, Pchery :

Technická data větrné elektrárny WinWinD 3

Jmenovitý výkon	3 MW (3000 kW)
Rotor	3 křídla, návětrný
Průměr rotoru	100 m
Regulace výkonu	natáčení křídel podle osy variabilní otáčky rotoru
Startovací rychlost větru	4 m/s
Rychlost větru pro nominální výkon	12,5 – 13 m/s
Otáčky rotoru	5 – 16 ot/min
Zastavení elektrárny při rychlosti větru	22 – 25 m/s
Generátor	synchronní, s permanentními magnety

Stavba nejvýkonnější větrné elektrárny v ČR

Pchery (u Kladna), fa. ČKD Praha

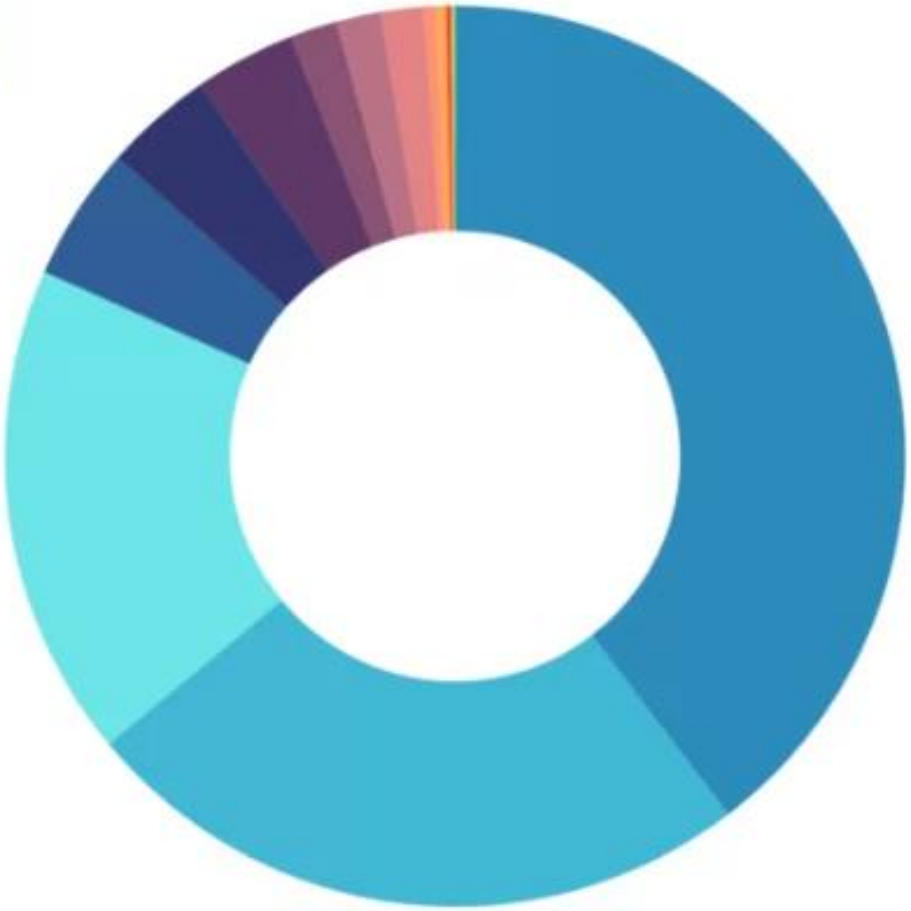


Spouštění tělesa ložiska CARB s hmotností 8 000 kg na dutý hřídel


O reálné velikosti zařízení svědčí porovnání velikosti postav s nábojem rotoru s uchycenými listy před jejich zvedáním a připojením ke gondole ve výšce 88 metrů.

Instalace větrných elektráren podle výrobců v MW





- Vestas 140 MW
- Enercon 86 MW
- Repower-Senvion 62,7 MW
- DeWind 17 MW
- Siemens 13,8 MW
- Nordex 12,8 MW
- WinWind 6 MW
- Tacke 5,6 MW
- Wikov 5,5 MW
- GE 1,5 MW
- Fuhrlander 1,3 MW
- Bonus 0,6 MW
- Vítkovice 0,3 MW
- WinWorld 0,2 MW

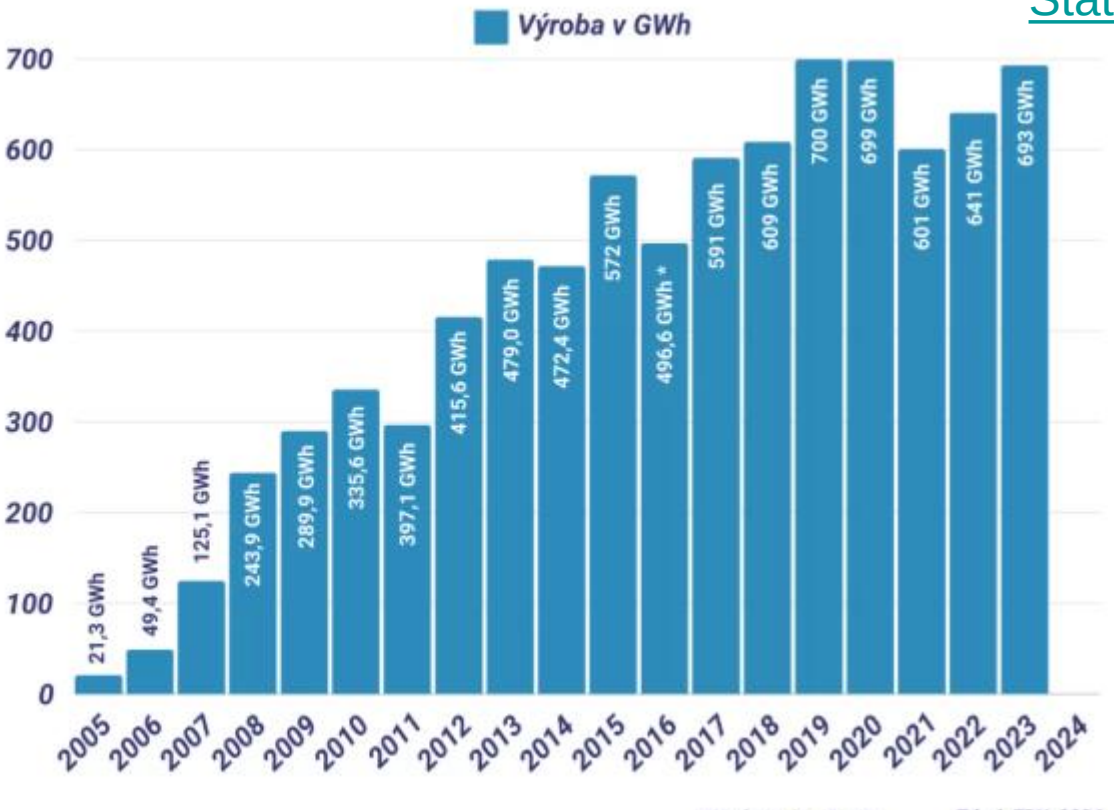
Výkon větrných elektráren v České republice





Vývoj výroby elektrické energie z větru





Statistiky - ČSVE

Ekonomické hodnocení energ. zdrojů:

Koeficient ročního využití:

$$k_{cr} = P_{celoroční}/P_{instal.}$$

$$P_{celoroční} = E_{celoroční}/8760 \text{ hodin [W]}$$

Př: Větrné elektrárny v ČR v r. 2023 měly

$P_{instal} = 342$ MW.

Vyrobily 702 GWh elektřiny.

Koeficient jejich ročního využití byl:

k_{cr} = (702000 MWh / 8760h) / 342 MW = 23,4 %

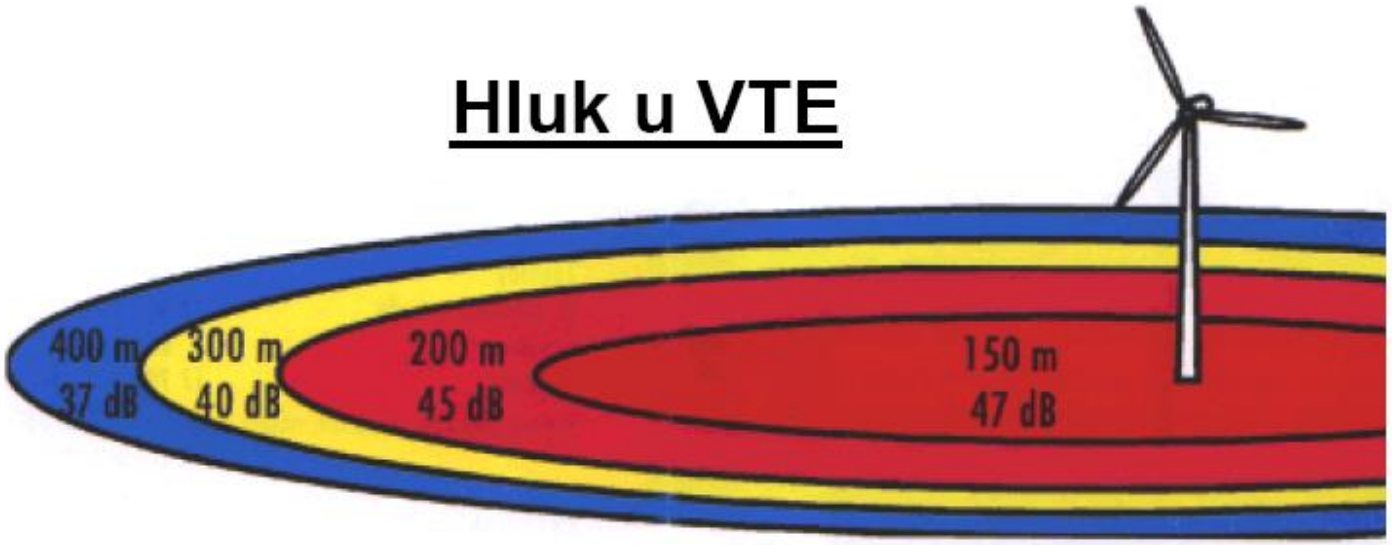
Výhody větrných elektráren:

- „Zelená“ energie vyráběná z obnovitelného a prakticky nevyčerpatelného zdroje.
- Nevznikají žádné škodlivé emise, nehrozí zhoršení skleníkového efektu.
- Výhodnost a ziskovost pro majitele pozemků a obce.
- Nové prvky v krajině, vyjadřující „ekologický“ přístup jejich obyvatel k přírodě.
- Nová pracovní místa a příležitost pro český průmysl.

Nevýhody větrných elektráren:

- Hluk. (Hluková studie bývá součástí dokumentace nutné ke stavebnímu povolení.)
- Stroboskopický efekt.
- Rušení zvěře a nebezpečí pro ptactvo.
- Narušení krajinného rázu.
- Konstrukční vady, bezpečnost provozu, v zimě odletující kusy namrzlého ledu.
- Rušení televizního a radiového signálu.
- Málo vhodných míst, pro jejich umístění (!?!)
- Co s ní na konci životnosti?

Hluk u VTE



Příčiny problémů VTE s hlukem:

- výstavbou VTE v blízkosti obytného území
- doporučená nejbližší vzdálenost zástavby od VTE 400 - 500 m
- stavebního povolení na stavbu v blízkosti VTE po rozhodnutí o výstavbě VTE
- špatná komunikací investora s místními obyvateli či zástupci obce
- psychologická nepřipravenost obyvatel snášet ekologické monstrum

---

kvůli hygienickým předpisům je nutno snížit zatížení obyvatel hlukem pod 45 dB



Odstup elektráren od zástavby je někdy překvapivě malý (Rakousko). Foto: EkoWATT

Havárie VtE v ČR:

- V neděli 17. srpna 2025 odpoledne došlo v obci Karle na Svitavsku k technické závadě jedné z větrných turbín, při níž se utrhla část lopatky rotoru.
- Událost se obešla bez zranění a bez škod na majetku.

Recyklovatelnost VtE:

- **Recyklační průmysl v Německu volá po změně přístupu v konstrukci větrných turbín**

Recyklační průmysl v Německu volá po změně přístupu v konstrukci větrných turbín (oenergetice.cz)

Německý recyklační průmysl vyzval ke změně přístupu v konstrukci větrných turbín, aby byla umožněno opětovné využití použitých materiálů po konci životnosti těchto turbín. V opačném případě hrozí zemi ekologický problém. Informaci přinesl zahraniční server Clean Energy Wire s odvoláním na deník Handelsblatt.

- **"Německo po desítky let umisťuje na pole větrné turbíny, které nemohou být rozumně recyklovány,"** uvedl ředitel BDE Peter Kurth.
- Největší problém představují podle BDE rotory větrných turbín vyráběné z uhlíkových nebo skleněných vláken. Asociace proto vyzvala dodavatele větrných turbín, aby změnili přístup k jejich konstrukci a vyráběli je tak, že budou moci být jednoduše rozebrány na dílčí komponenty určené k opětovnému využití.

Obnovitelné zdroje, pojem tzv. oběhové hospodářství (circular economy):

Souvislosti s výrobou větrné energie… Recyklovatelnost VtE?



vs

LINEÁRNÍ EKONOMIKA



Dostupná odborná literatura, viz. Web of Science, např.:

ídka LCAvětrné-elektrárn... Vytvořit Přihlásit se
y nástroje Upravit Převést Podepsat Najít text nebo nástroje

Renewable and Sustainable Energy Reviews 164 (2022) 112538

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser



Check for updates

End-of-life policy considerations for wind turbine blades

Peter Majewski [a,*], Nick Florin [b], Joytishna Jit [c], Rodney A. Stewart [d]

[a] Future Industries Institute, University of South Australia, Adelaide, Australia
[b] Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney, Sydney, Australia
[c] Cooperative Research Centre for Contamination Assessment and Remediation of the Environment, Adelaide, Australia
[d] Griffith School of Engineering & Built Environment, Griffith University, Gold Coast, Australia

ARTICLE INFO

ABSTRACT

1,02 "

Co se s větrnou elektrárnou stane, až dosslouží? Lze ji recyklovat?



Životnost větrné elektrárny je 25 let a je z 88-90 procent recyklovatelná. Po ukončení provozu a likvidaci větrné elektrárny bude místo zcela v původním stavu, bez jakýchkoliv trvalých změn, které jsou naopak nedílnou součástí například důlní činnosti. Kromě úplného odstranění elektrárny a uvedení místa do původní podoby přichází také v úvahu takzvaný repowering, kdy je starší a vysloužilá větrná elektrárna nahrazena na původním místě elektrárnou novou a moderní, která vyrobí násobně více elektřiny.

Repowering umožňuje využít stávající infrastrukturu, což minimalizuje náklady a environmentální dopad. Navíc, moderní větrné turbíny jsou efektivnější a mohou fungovat při nižších rychlostech větru, čímž se zvýší celková výroba elektřiny na stejném místě. Tímto způsobem lze prodloužit životnost větrné farmy a zvýšit její přínos pro energetickou síť bez potřeby nových stavebních zásahů.

Recyklace větrné elektrárny zahrnuje různé části: stavební beton ze základů, ocel, měď nebo křemík se bez problémů recyklují a najdou své nové využití. Nejsložitější na recyklaci jsou lopatky rotoru, vyrobené ze sklolaminátu

Životnost větrné elektrárny je 25 let a je z 88-90 procent recyklovatelná.

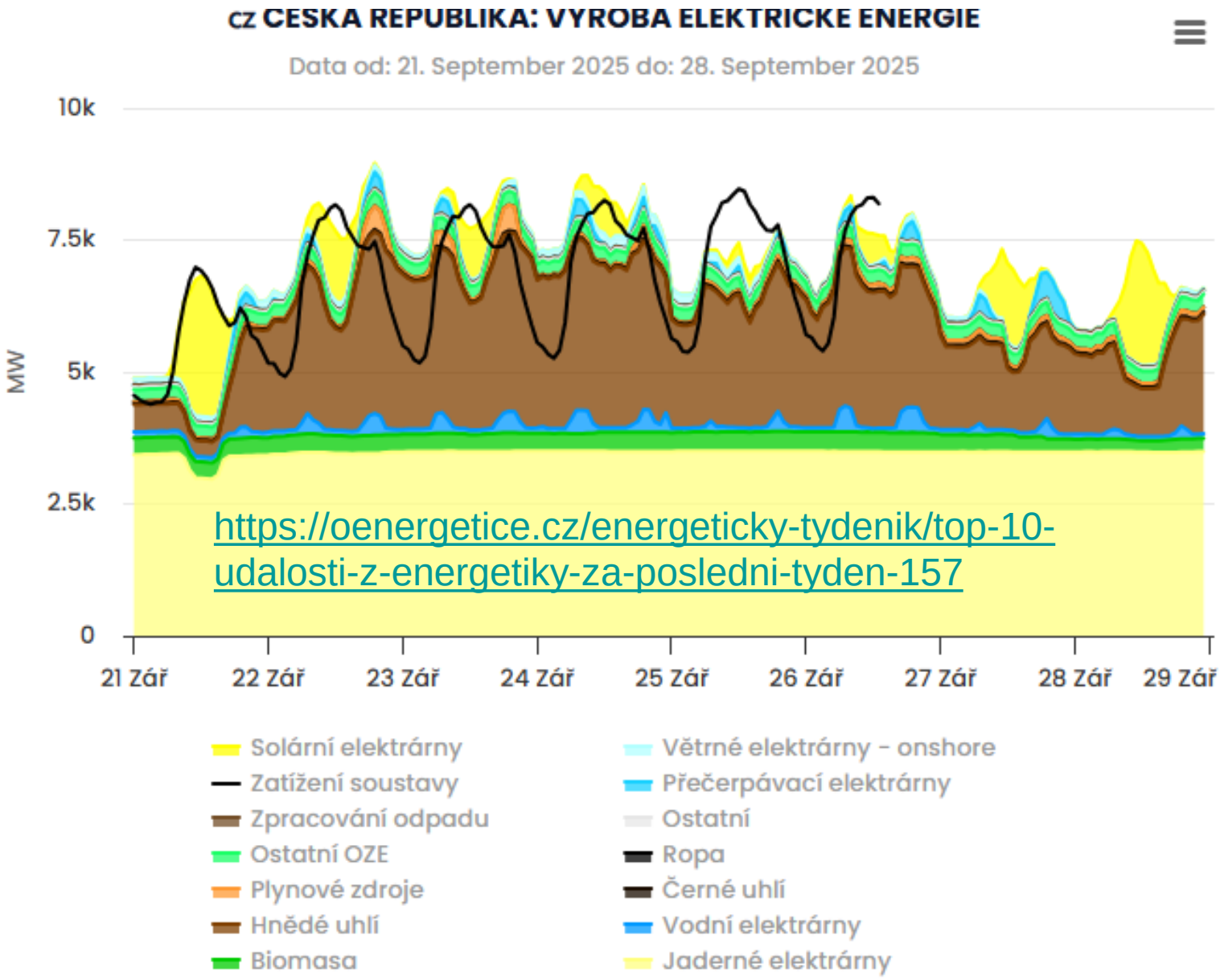
Nejsložitější na recyklaci jsou lopatky rotoru, vyrobené ze sklolaminátu a uhlíkových vláken, které jsou navrženy pro extrémní podmínky a dlouhou životnost. Tyto lopatky se po demontáži rozřezávají na menší kusy pro snadnější transport. Následně se recyklují ve specializovaných továrnách. **Mohou být znovu využity na dětských hřištích, nebo rozemlety a použity jako materiál při výrobě cementu, případně jako palivo v cementárnách, kde nahrazují fosilní zdroje.**

Mýty a fakta - ČSVE

Rozvoj VtE v EU a ve světě

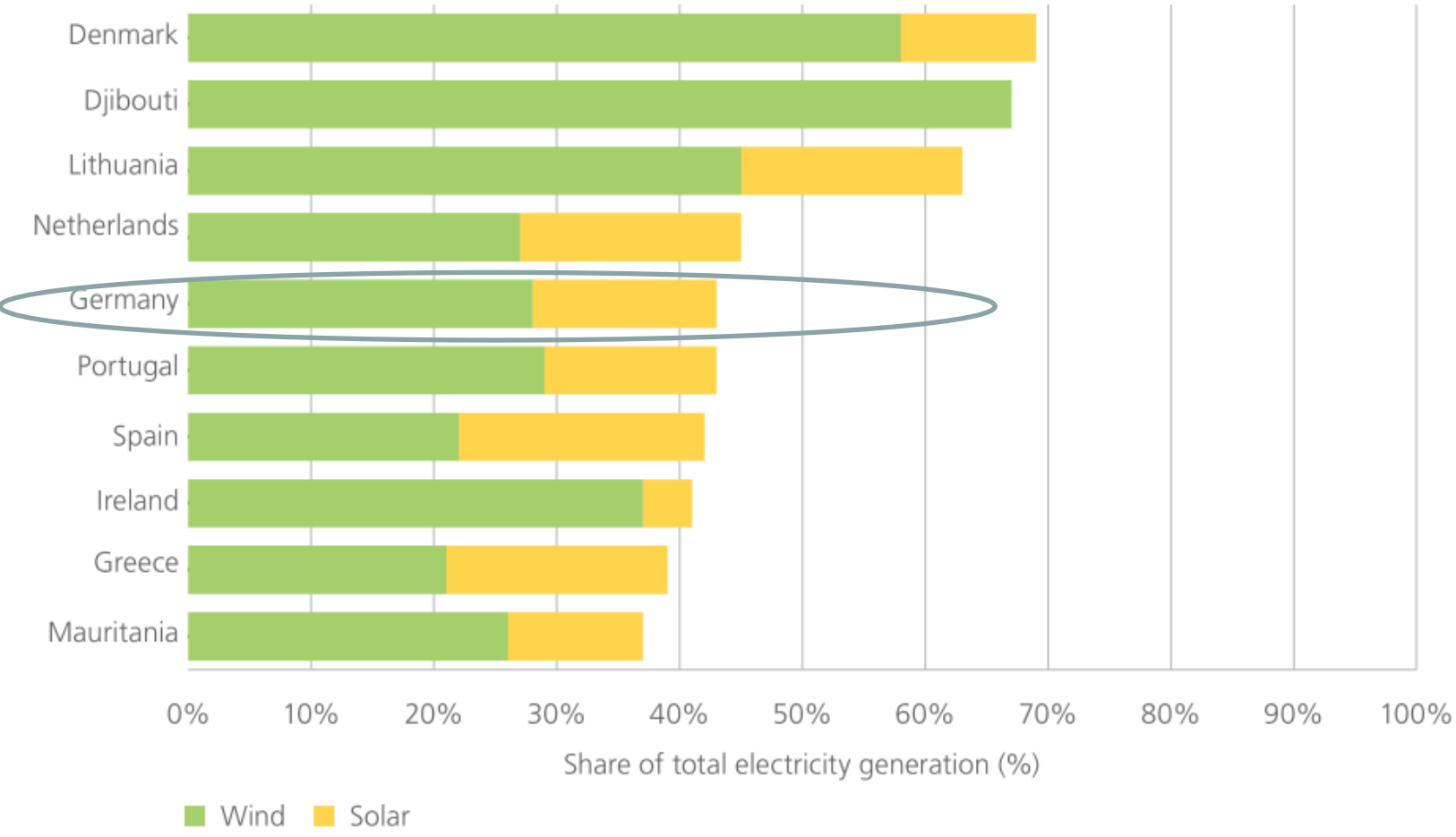
Trocha statistik z BP Statistical Review of World Energy 2025

Nejprve pro ilustraci ČR:

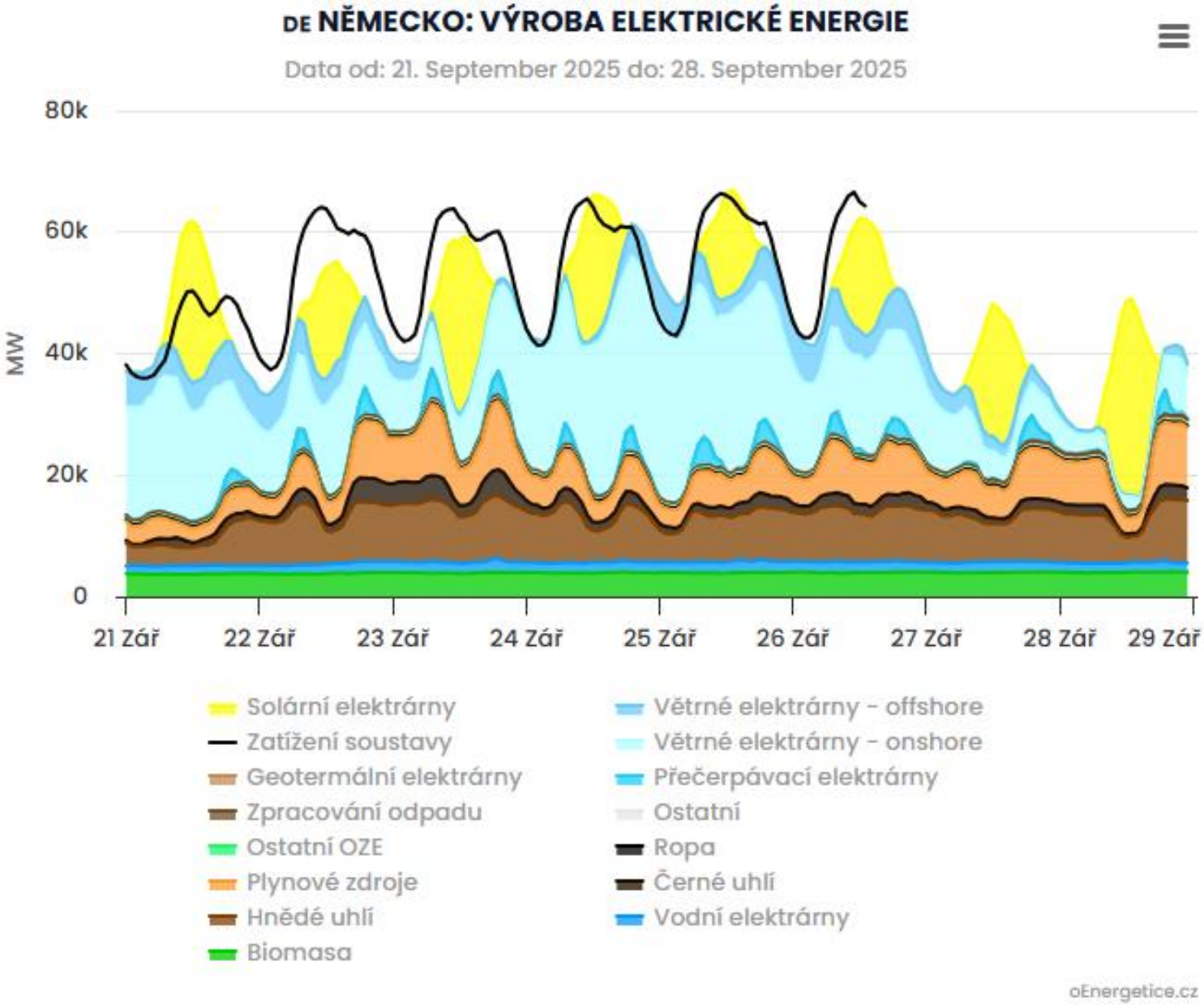


https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni-tyden-157

2024 top ten countries wind and solar penetration



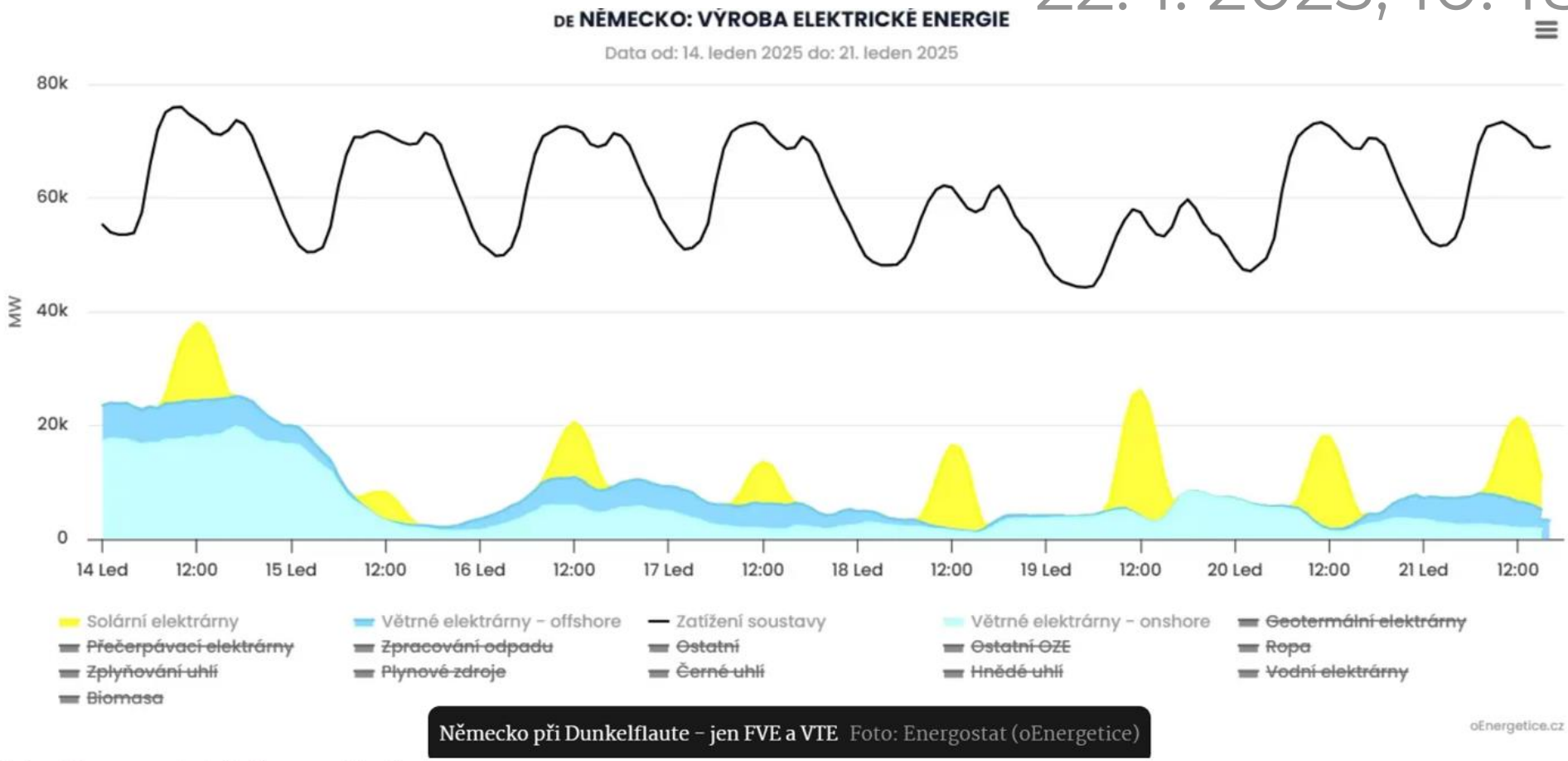
https://oenergetice.cz/energeticky-tydenik/top-10-udalosti-z-energetiky-za-posledni-tyden-157



V Evropě už týden nefouká. Elektřina stojí majlant a pálíme, co hoří. Zase! - Médium.cz

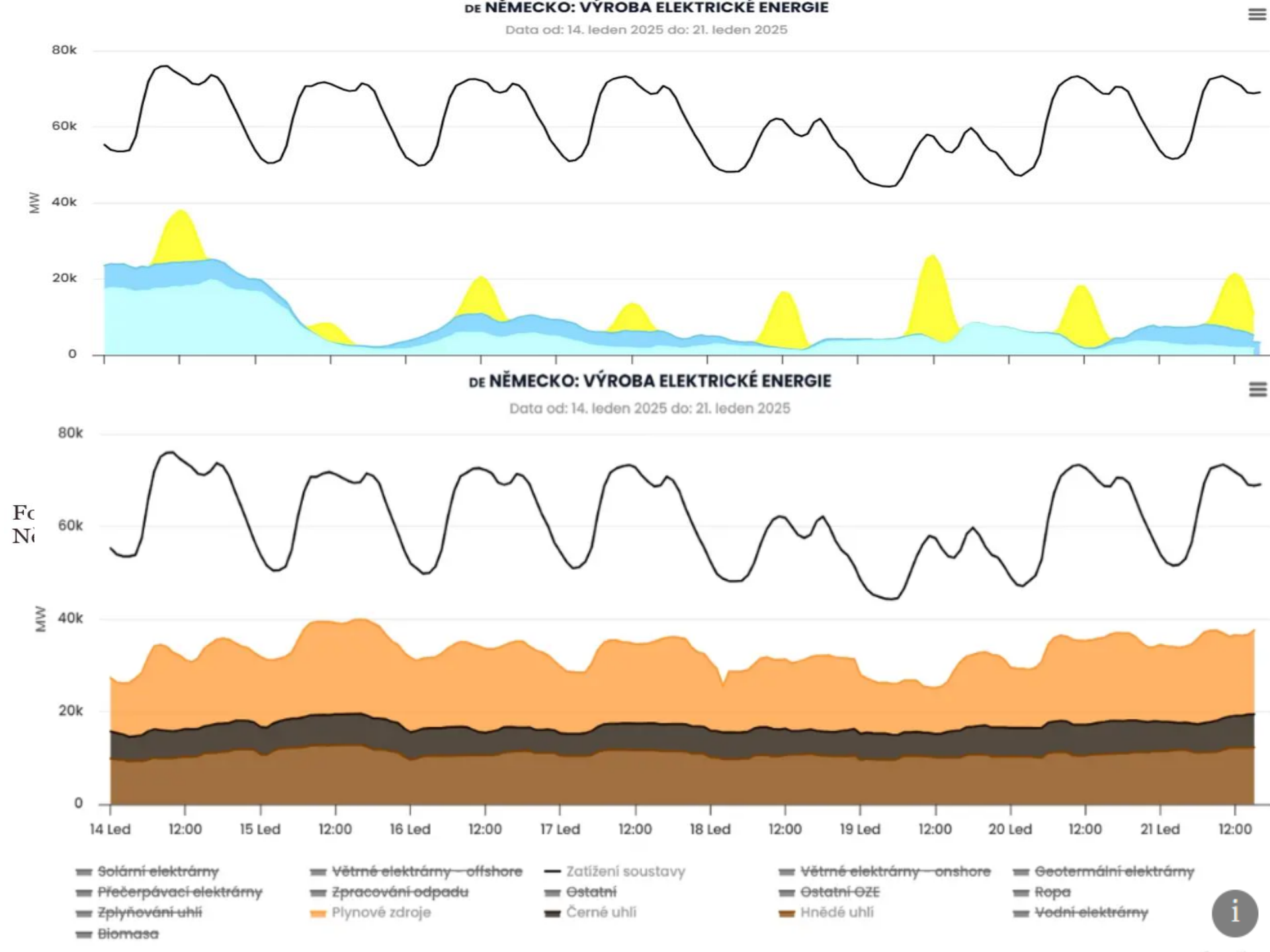
V Evropě už týden nefouká. Elektřina stojí majlant a pálíme, co hoří. Zase!

22. 1. 2025, 10:48



Německo při Dunkelflaute – jen FVE a VTE Foto: Energostat (oEnergetice)

Foto: Energostat (oEnergetice)
Německo při Dunkelflaute - jen FVE a VTE


DE NĚMECKO: VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE
Data od: 14. leden 2025 do: 21. leden 2025
80k
60k
40k
20k
0
MW
DE NĚMECKO: VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE
Data od: 14. leden 2025 do: 21. leden 2025
80k
60k
40k
20k
0
MW
14 Led
12:00
15 Led
12:00
16 Led
12:00
17 Led
12:00
18 Led
12:00
19 Led
12:00
20 Led
12:00
21 Led
12:00
Solární elektrárny
Přečerpávací elektrárny
Zplyňování uhlí
Biomasa
Větrné elektrárny – offshore
Zpracování odpadu
Plynové zdroje
Zatížení soustavy
Ostatní
Černé uhlí
Větrné elektrárny – onshore
Ostatní OZE
Hnědé uhlí
Geotermální elektrárny
Ropa
Vodní elektrárny

												Growth rate per annum		Share
Megawatts	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	**2024**	2024	2014–24	2024
Canada	9694	11214	11973	12250	12816	13220	13532	13722	15081	16989	**18376**	8.2%	6.6%	1.6%
Mexico	2569	3271	4051	4180	4180	6541	6995	7469	7634	7318	**7318**	–	11.0%	0.6%
US	64430	72767	81502	87831	94666	103836	118664	133019	141674	148020	**153152**	3.5%	9.0%	13.5%
Total North America	**76693**	**87252**	**97527**	**104261**	**111662**	**123597**	**139191**	**154210**	**164389**	**172327**	**178846**	**3.8%**	**8.8%**	**15.8%**
Argentina	188	188	188	228	751	1609	2624	3292	3310	3706	**4320**	16.6%	36.8%	0.4%
Brazil	5030	7682	10322	12451	14514	15457	17217	21002	24196	29113	**32959**	13.2%	20.7%	2.9%
Chile	736	910	1039	1312	1614	1705	2526	3203	3926	4623	**4807**	4.0%	20.6%	0.4%
Costa Rica	196	278	319	378	408	411	394	390	390	408	**402**	-1.3%	7.4%	†
Uruguay	481	857	1212	1518	1518	1524	1524	1524	1524	1524	**1524**	–	12.2%	0.1%
Other S. & Cent. America	969	1303	1526	1593	1821	2038	2105	2233	2496	3029	**3233**	6.7%	12.8%	0.3%
Total S. & Cent. America	**7601**	**11219**	**14606**	**17479**	**20627**	**22744**	**26389**	**31645**	**35842**	**42403**	**47246**	**11.4%**	**20.0%**	**4.2%**
Austria	2110	2489	2730	2887	3133	3224	3226	3422	3633	3896	**4035**	3.6%	6.7%	0.4%
Belgium	1933	2181	2334	2779	3305	3864	4673	4948	5303	5454	**5599**	2.7%	11.2%	0.5%
Bulgaria	699	699	699	698	699	703	703	704	704	704	**704**	–	0.1%	0.1%
Denmark	4886	5077	5245	5489	6123	6111	6259	7004	7084	7277	**7621**	4.7%	4.5%	0.7%
Finland	627	1005	1565	2044	2041	2284	2586	3257	5677	6946	**8360**	20.4%	29.6%	0.7%
France	9201	10298	11567	13499	14900	16427	17535	18551	20835	23132	**24592**	6.3%	10.3%	2.2%
Germany	38614	44580	49435	55580	58721	60742	62201	63711	66202	69486	**72823**	4.8%	6.5%	6.4%
Greece	1978	2091	2370	2624	2877	3589	4119	4649	4702	5232	**5357**	2.4%	10.5%	0.5%
Ireland	2283	2451	2802	3319	3674	4126	4307	4339	4536	4739	**4942**	4.3%	8.0%	0.4%
Italy	8683	9137	9384	9737	10230	10679	10871	11254	11821	12307	**12992**	5.6%	4.1%	1.1%
Netherlands	2865	3391	4257	4202	4393	4484	6648	7646	8700	10734	**11679**	8.8%	15.1%	1.0%
Norway	859	867	883	1207	1710	2914	4030	5049	5062	5064	**5152**	1.7%	19.6%	0.5%
Poland	3836	4886	5747	5759	5766	5838	6298	6967	8150	9343	**10059**	7.7%	10.1%	0.9%
Portugal	4857	4937	5124	5124	5172	5223	5122	5427	5538	5538	**5583**	0.8%	1.4%	0.5%
Romania	3244	3130	3025	3030	3032	3038	3013	3015	3015	3027	**3096**	2.3%	-0.5%	0.3%
Spain	22925	22943	22990	23124	23405	25590	26819	27908	30114	30868	**31811**	3.1%	3.3%	2.8%
Sweden	5088	5819	6435	6611	7300	8681	9976	12116	14279	16224	**17239**	6.3%	13.0%	1.5%
Türkiye	3630	4503	5751	6516	7005	7591	8832	10607	11396	11806	**12973**	9.9%	13.6%	1.1%
Ukraine	514	514	526	553	621	1258	1402	1761	1761	1901	**1921**	1.1%	14.1%	0.2%
United Kingdom	13074	14305	16126	19585	21606	23887	24458	25748	28761	30163	**30902**	2.5%	9.0%	2.7%
Other Europe	1912	2193	2442	2700	3007	3358	3560	3938	4355	5242	**6244**	19.1%	12.6%	0.6%
Total Europe	**133819**	**147495**	**161436**	**177068**	**188721**	**203610**	**216638**	**232022**	**251629**	**269085**	**283685**	**5.4%**	**7.8%**	**25.0%**
Russian Federation	99	103	106	141	196	197	1041	2050	2280	2532	**2567**	1.4%	38.5%	0.2%
Other CIS	14	33	81	103	162	182	182	181	188	192	**689**	258.8%	47.3%	†
Total CIS	**113**	**136**	**186**	**244**	**358**	**379**	**1222**	**2231**	**2468**	**2725**	**3256**	**19.5%**	**39.9%**	**0.3%**
Iran	149	153	191	259	282	305	308	310	342	365	**376**	3.1%	9.7%	†
Jordan	1	118	184	198	295	384	529	632	632	631	**631**	–	84.2%	0.1%
Other Middle East	14	14	34	37	47	97	97	97	608	914	**914**	–	51.5%	0.1%
Total Middle East	**165**	**286**	**409**	**494**	**623**	**785**	**934**	**1039**	**1582**	**1910**	**1921**	**0.6%**	**27.9%**	**0.2%**
Egypt	555	755	755	755	1130	1132	1380	1640	1643	1890	**2199**	16.3%	14.8%	0.2%
Morocco	797	797	902	1022	1225	1225	1435	1471	1558	1858	**2128**	14.5%	10.3%	0.2%
South Africa	569	1079	1473	2094	2094	2094	2516	2495	3163	3442	**3442**	–	19.7%	0.3%
Tunisia	233	240	240	240	245	245	245	245	245	245	**245**	–	0.5%	†
Other Africa	245	449	461	467	777	832	938	1058	1136	1219	**1219**	†	17.4%	0.1%
Total Africa	**2399**	**3320**	**3831**	**4578**	**5471**	**5528**	**6514**	**6909**	**7745**	**8654**	**9233**	**6.7%**	**14.4%**	**0.8%**
Australia	3797	4318	4683	5407	6409	7881	10207	10555	11966	12908	**15288**	18.4%	14.9%	1.3%
China	96819	131048	148517	164374	184665	209582	281993	328973	365964	441895	**521746**	18.1%	18.3%	46.0%
India	22465	25088	28700	32848	35288	37505	38559	40067	41930	44736	**48163**	7.7%	7.9%	4.2%
Japan	2753	2809	3205	3483	3498	3952	4120	4262	4483	5343	**5832**	9.2%	7.8%	0.5%

Renewable energy Wind – Installed capacity by type*

	2023			2024		
Megawatts	Onshore	Offshore	**Total**	Onshore	Offshore	**Total**
Canada	16989	–	**16989**	18376	–	**18376**
Mexico	7318	–	**7318**	7318	–	**7318**
US	147979	41	**148020**	152981	171	**153152**
Total North America	**172286**	**41**	**172327**	**178675**	**171**	**178846**
Argentina	3706	–	**3706**	4320	–	**4320**
Brazil	29113	–	**29113**	32959	–	**32959**
Chile	4623	–	**4623**	4807	–	**4807**
Costa Rica	408	–	**408**	402	–	**402**
Uruguay	1524	–	**1524**	1524	–	**1524**
Other S. & Cent. America	3029	–	**3029**	3233	–	**3233**
Total S. & Cent. America	**42403**	**–**	**42403**	**47246**	**–**	**47246**
Austria	3896	–	**3896**	4035	–	**4035**
Belgium	3192	2262	**5454**	3337	2262	**5599**
Bulgaria	704	–	**704**	704	–	**704**
Denmark	4808	2469	**7277**	4808	2813	**7621**
Finland	6914	32	**6946**	8328	32	**8360**
France	21645	1487	**23132**	23105	1487	**24592**
Germany	61013	8473	**69486**	63608	9215	**72823**
Greece	5232	–	**5232**	5357	–	**5357**
Ireland	4714	25	**4739**	4917	25	**4942**
Italy	12276	31	**12307**	12961	31	**12992**
Netherlands	6757	3978	**10734**	6932	4748	**11679**
Norway	5062	2	**5064**	5062	90	**5152**
Poland	9343	–	**9343**	10059	–	**10059**
Portugal	5513	25	**5538**	5558	25	**5583**
Romania	3027	–	**3027**	3096	–	**3096**
Spain	30863	5	**30868**	31806	5	**31811**
Sweden	16031	193	**16224**	17046	193	**17239**
Türkiye	11806	–	**11806**	12973	–	**12973**
Ukraine	1901	–	**1901**	1921	–	**1921**
United Kingdom	15418	14745	**30163**	16157	14745	**30902**
Other Europe	5242	–	**5242**	6244	–	**6244**
Total Europe	**235358**	**33726**	**269085**	**248015**	**35670**	**283685**
Russian Federation	2532	–	**2532**	2567	–	**2567**
Other CIS	192	–	**192**	689	–	**689**
Total CIS	**2725**	**–**	**2725**	**3256**	**–**	**3256**
Iran	365	–	**365**	376	–	**376**
Jordan	631	–	**631**	631	–	**631**
Other Middle East	914	–	**914**	914	–	**914**
Total Middle East	**1910**	**–**	**1910**	**1921**	**–**	**1921**
Egypt	1890	–	**1890**	2199	–	**2199**
Morocco	1858	–	**1858**	2128	–	**2128**
South Africa	3442	–	**3442**	3442	–	**3442**
Tunisia	245	–	**245**	245	–	**245**
Other Africa	1219	–	**1219**	1219	–	**1219**
Total Africa	**8654**	**–**	**8654**	**9233**	**–**	**9233**
Australia	12908	–	**12908**	15288	–	**15288**
China	404605	37290	**441895**	482646	39100	**521746**
India	44736	–	**44736**	48163	–	**48163**
Japan	5153	190	**5343**	5542	290	**5832**
New Zealand	1059	–	**1059**	1263	–	**1263**
Pakistan	1845	–	**1845**	1845	–	**1845**
Philippines	443	–	**443**	443	–	**443**

Renewable energy Generation by source*

Terawatt-hours	2023 Wind	Solar	Hydro	Other renewables‡	Total	2024 Wind	Solar	Hydro	Other renewables‡	Total	2024 Growth rate Wind	Solar	Hydro	Other renewables‡	Total
Canada	40.5	8.4	360.7	9.8	**419.4**	46.8	9.4	343.2	9.8	**409.3**	15.3%	11.8%	-5.1%	†	**-2.7%**
Mexico	20.7	23.3	20.6	6.6	**71.3**	19.8	25.7	23.5	6.0	**75.0**	-4.8%	9.9%	13.9%	-9.9%	**5.0%**
US	425.4	241.4	241.4	66.9	**975.1**	458.0	306.2	238.7	65.7	**1068.7**	7.4%	26.5%	-1.4%	-2.1%	**9.3%**
Total North America	**486.6**	**273.1**	**622.8**	**83.3**	**1465.8**	**524.6**	**341.4**	**605.5**	**81.5**	**1553.0**	**7.5%**	**24.7%**	**-3.0%**	**-2.5%**	**5.7%**
Argentina	14.5	3.3	31.5	2.4	**51.7**	16.2	4.0	29.7	2.6	**52.4**	11.4%	20.6%	-6.1%	9.3%	**1.2%**
Brazil	95.8	50.6	426.0	57.8	**630.2**	108.5	71.3	413.2	58.2	**651.3**	12.9%	40.5%	-3.3%	0.6%	**3.1%**
Chile	9.4	18.4	23.4	7.5	**58.7**	10.5	20.7	26.5	7.6	**65.3**	11.6%	11.7%	12.9%	1.0%	**10.8%**
Colombia	0.2	1.2	59.8	1.8	**63.0**	0.1	3.3	54.5	1.9	**59.8**	-27.1%	174.6%	-9.2%	5.3%	**-5.3%**
Ecuador	0.2	^	25.3	0.4	**26.0**	0.2	^	22.6	0.5	**23.4**	6.9%	-6.0%	-11.0%	39.0%	**-10.2%**
Peru	2.4	1.1	29.1	0.5	**33.0**	3.9	1.4	32.0	0.5	**37.9**	65.8%	31.6%	9.8%	-2.0%	**14.3%**
Trinidad & Tobago	^	^	–	–	**^**	^	^	–	–	**^**	–	12.6%	–	–	**12.6%**
Venezuela	^	^	72.6	–	**72.7**	^	^	72.8	–	**72.9**	†	41.5%	0.0%	–	**0.0%**
Central America	4.3	3.5	25.4	9.9	**43.2**	3.5	3.9	28.6	9.8	**45.8**	-17.7%	9.4%	12.5%	-1.9%	**5.9%**
Other Caribbean	2.1	3.0	1.6	1.2	**7.9**	2.0	3.7	1.9	1.0	**8.6**	-3.6%	22.7%	19.3%	-16.7%	**9.2%**
Other South America	5.2	1.0	60.3	3.8	**70.4**	5.2	1.0	53.8	5.1	**65.1**	-0.3%	2.0%	-11.1%	32.3%	**-7.7%**
Total S. & Cent. America	**134.1**	**82.2**	**755.2**	**85.3**	**1056.7**	**150.3**	**109.3**	**735.7**	**87.2**	**1082.5**	**11.8%**	**32.6%**	**-2.8%**	**2.0%**	**2.2%**
Austria	8.0	6.4	40.7	4.6	**59.7**	9.2	9.4	44.8	4.6	**68.1**	14.3%	47.0%	9.8%	1.7%	**13.8%**
Belgium	15.4	7.8	0.4	3.8	**27.5**	13.2	8.6	0.5	3.2	**25.5**	-15.0%	9.5%	29.7%	-15.0%	**-7.4%**
Bulgaria	1.6	3.5	3.1	1.9	**10.1**	1.4	5.4	2.9	1.7	**11.4**	-13.3%	53.6%	-6.8%	-8.4%	**13.0%**
Croatia	2.6	0.4	8.2	1.1	**12.2**	2.7	0.8	6.8	1.0	**11.3**	3.3%	97.4%	-17.3%	-5.4%	**-8.0%**
Cyprus	0.2	0.8	–	0.1	**1.1**	0.2	1.1	–	0.1	**1.3**	-3.1%	29.2%	–	1.4%	**21.7%**
Czech Republic	0.7	2.9	2.4	5.2	**11.1**	0.7	3.6	2.7	5.5	**12.5**	0.2%	23.8%	12.1%	5.7%	**11.4%**
Denmark	19.4	3.4	^	6.4	**29.2**	20.6	3.9	^	5.8	**30.3**	5.7%	15.5%	-0.9%	-10.2%	**3.3%**
Estonia	0.7	0.7	^	1.4	**2.8**	1.0	1.1	^	1.4	**3.6**	52.9%	55.8%	31.6%	-0.1%	**27.5%**
Finland	15.0	0.7	15.2	11.3	**42.3**	20.7	1.3	14.3	10.3	**46.5**	36.9%	78.3%	-6.1%	-9.8%	**9.7%**
France	51.4	21.3	55.7	9.5	**137.9**	47.1	23.2	70.9	9.6	**150.8**	-8.5%	8.5%	26.9%	0.8%	**9.1%**
Germany	141.8	63.9	19.9	49.6	**275.1**	138.9	74.1	22.2	48.8	**284.0**	-2.3%	15.7%	11.3%	-1.8%	**3.0%**
Greece	11.0	8.9	3.8	0.7	**24.4**	11.9	10.2	3.2	0.7	**26.1**	8.1%	14.0%	-15.9%	10.6%	**6.6%**
Hungary	0.6	6.9	0.2	1.6	**9.4**	0.7	9.0	0.2	1.7	**11.6**	1.6%	29.2%	3.9%	10.1%	**23.5%**
Iceland	^	^	14.2	6.0	**20.2**	^	^	13.6	6.0	**19.6**	70.2%	-11.4%	-4.8%	-0.9%	**-3.6%**
Ireland	11.9	0.6	0.9	0.8	**14.3**	11.6	1.1	0.8	0.8	**14.3**	-2.3%	73.1%	-18.7%	-3.5%	**-0.1%**
Italy	23.6	30.7	40.5	21.7	**116.6**	22.3	36.2	55.2	19.6	**133.3**	-5.8%	17.6%	35.9%	-10.2%	**14.0%**
Latvia	0.3	0.2	3.8	0.7	**5.0**	0.3	0.4	3.2	0.5	**4.4**	2.3%	68.1%	-15.8%	-18.9%	**-11.2%**
Lithuania	2.5	0.7	0.5	0.8	**4.4**	3.5	1.4	0.4	0.7	**6.1**	38.0%	100.6%	-3.7%	-2.5%	**36.5%**
Luxembourg	0.5	0.3	0.1	0.4	**1.2**	0.5	0.5	0.1	0.5	**1.6**	-4.7%	62.6%	22.0%	34.2%	**24.6%**
Netherlands	29.5	19.6	0.1	7.6	**56.8**	33.4	21.6	0.1	7.2	**62.3**	12.7%	10.3%	22.2%	-5.9%	**9.4%**
North Macedonia	0.2	0.4	1.6	0.1	**2.2**	0.2	0.3	1.4	0.1	**1.9**	5.0%	-12.5%	-16.0%	-3.8%	**-13.6%**
Norway	14.0	0.4	136.7	0.2	**151.3**	14.5	0.6	139.6	0.1	**154.8**	3.7%	54.4%	1.8%	-47.3%	**2.0%**
Poland	24.2	11.1	2.4	8.2	**45.9**	25.9	14.8	2.2	8.0	**50.9**	6.7%	33.3%	-9.8%	-2.4%	**10.6%**
Portugal	13.1	5.2	12.0	4.0	**34.4**	14.5	7.1	14.8	3.9	**40.2**	9.7%	37.2%	22.8%	-3.9%	**16.8%**
Romania	7.5	2.2	18.1	0.4	**28.4**	6.4	4.6	13.8	0.5	**25.2**	-16.0%	105.6%	-24.1%	11.6%	**-11.2%**
Slovakia	^	0.6	4.7	1.4	**6.7**	^	0.7	4.9	1.5	**7.1**	–	14.5%	5.0%	2.7%	**5.3%**
Slovenia	^	1.0	5.0	0.3	**6.3**	^	1.8	5.3	0.3	**7.4**	3.5%	85.8%	5.7%	-10.6%	**17.4%**
Spain	64.3	48.6	25.0	5.9	**143.7**	62.6	56.5	34.4	5.9	**159.4**	-2.9%	15.9%	37.4%	1.1%	**10.6%**
Sweden	34.1	3.1	66.1	11.7	**115.0**	40.5	4.1	64.6	10.4	**119.6**	18.6%	33.4%	-2.5%	-11.7%	**3.8%**
Switzerland	0.2	4.6	37.0	2.0	**43.8**	0.2	5.9	44.9	1.6	**52.6**	0.9%	27.3%	21.2%	-21.7%	**19.8%**
Türkiye	34.1	22.1	64.0	20.0	**140.2**	36.6	30.4	74.9	20.3	**162.2**	7.1%	37.1%	16.7%	1.6%	**15.4%**
Ukraine	0.9	5.7	12.7	1.0	**20.4**	0.3	6.1	12.8	0.8	**19.8**	-73.1%	5.8%	–	-28.0%	**-3.2%**
United Kingdom	82.3	13.9	5.5	34.1	**135.8**	84.1	14.8	5.8	40.1	**144.7**	1.8%	6.2%	3.8%	17.3%	**6.2%**
Other Europe	2.3	0.8	42.0	0.3	**45.5**	2.6	1.6	36.6	0.4	**41.3**	11.2%	90.3%	-13.0%	22.2%	**-9.6%**
Total Europe	**614.1**	**299.5**	**642.6**	**224.6**	**1780.8**	**628.0**	**362.2**	**698.0**	**223.5**	**1911.7**	**2.0%**	**20.6%**	**8.3%**	**-0.8%**	**7.1%**
China	885.9	584.2	1226.0	198.2	**2894.2**	997.0	839.0	1354.3	208.5	**3398.8**	12.2%	43.2%	10.2%	4.9%	**17.1%**
China Hong Kong SAR	^	0.3	–	0.2	**0.5**	^	0.3	–	0.2	**0.5**	–	–	–	11.1%	**3.7%**

https://www.carboeurope.org/largest-wind-farms-in-the-world/



Vast desert wind turbines generating over 7,000 MW in Gansu Province|YouTUbe Screenshot/Undecided with Matt Ferrell

Location	Gansu Province, China
Capacity	Over 7,000 MW (target 20,000 MW)
Type	Onshore
Status	Partially operational, ongoing expansion
Operator	Multiple state-owned companies

https://www.carboeurope.org/largest-wind-farms-in-the-world/



Massive onshore turbine cluster driving China's inland wind strategy|YouTUbe Screenshot/Undecided with Matt Ferrell

Location	Jiuquan, Gansu Province, China
Capacity	Over 6,000 MW (part of 20,000 MW plan)
Type	Onshore
Status	Operational, further phases in development
Operator	Multiple Chinese energy firms

https://www.carboeurope.org/largest-wind-farms-in-the-world/

3. Alta Wind Energy Center



Tehachapi's hills lined with turbines powering hundreds of thousands of homes|YouTube Screenshot/RexGmail

Location	Tehachapi, California, United States
Capacity	Around 1,550 MW
Type	Onshore
Status	Fully operational
Operator	Terra-Gen Power

Větrné elektrárny ve světě:

- Off-shore běžně VtE s max. výkony 7 MW = 183 m výška turbíny, 61,5 m dlouhá lopatka turbíny = 18 t sklolaminátu a uhlíkových vláken

Pro srovnání:

socha Svobody je vysoká „jen“ cca. 45 m

Největší VtE v EU: 7 MW (fa. Alstom)

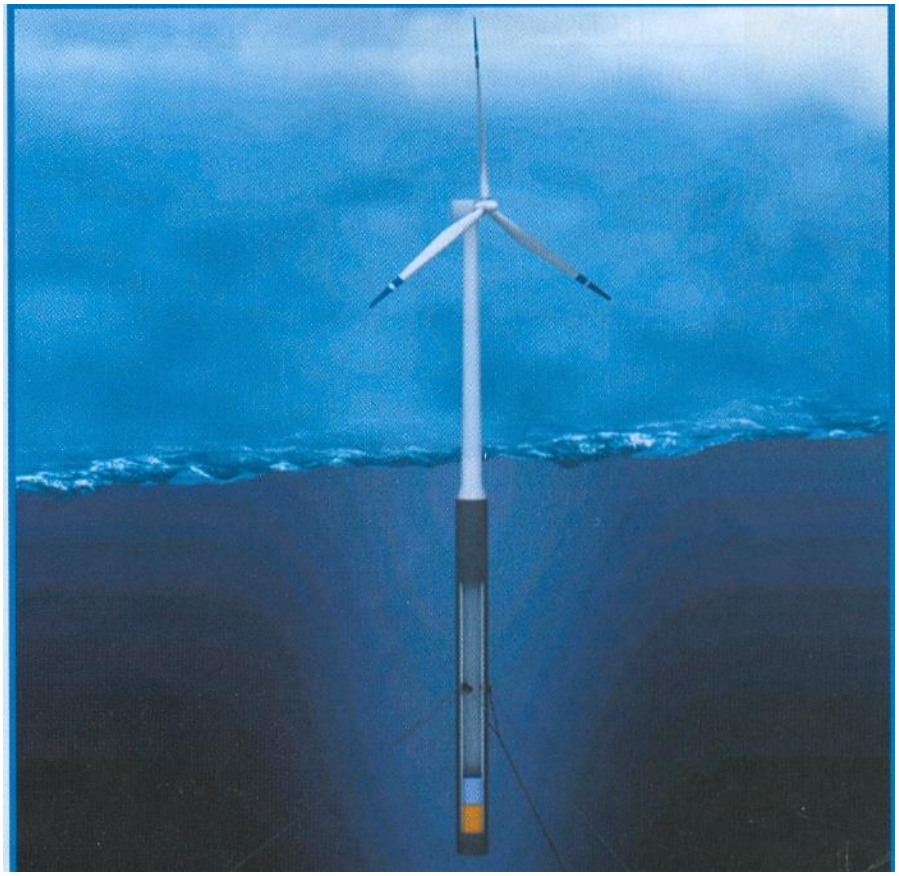
http://www.ceskatelevize.cz/porady/10900810681-obri-vetrna-turbina/

Produkce EU: největší rozvoj v přímořských státech (budování na moři u pobřeží)

Ověřený postup budování větrných parků na moři (offshore) umožňuje instalaci větrných turbín v mělkých mořích (hloubka do desítek metrů),

VÝHODA = nemusí se vykupovat pozemek

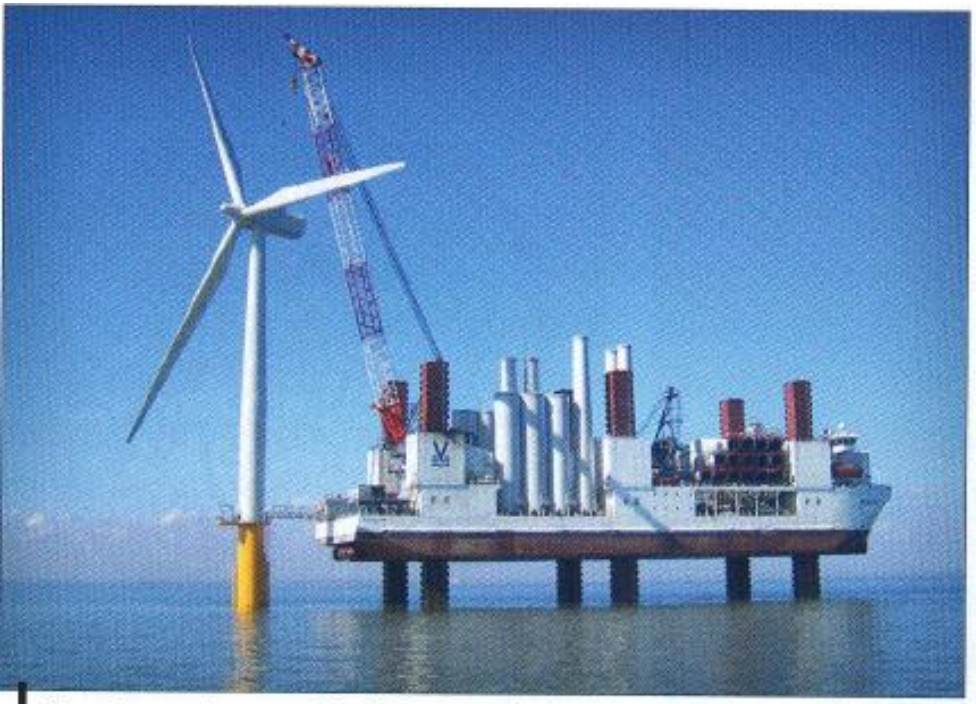
Nové projekty, např. Norsk Hydro: plouvoucí větrné turbíny (hloubky 30-200 m), 50-200 km vzdálené od pobřeží





Větrný park offshore u Prestatynu v severním Walesu postavený v dubnu 2006.

Off-shore instalace nevyžadují výkup pozemků:



Stavba plovoucí offshore elektrárny u pobřeží Norska s turbínami Siemens o výkonu 7 MW

Foto archiv/Siemens



Offshore farma Block Island u Rhode Island (USA) bude osazena turbínami GE o výkonu 6 MW

Foto archiv/GE

Plovoucí VtE, důvody pro jejich rozšíření:

- **kvůli neexistenci překážek je rychlost a proudění větru na moři dál od pevniny vyšší a stabilnější než na souši.** Minimální rychlost větru nutná k tomu, aby větrná turbína začala vyrábět elektřinu se běžně pohybuje v rozpětí od 2,5-4,5 m/s dle velikosti turbíny. Na rozdíl od pozemních lokalit tento limit s přehledem splňuje velká část pobřežních lokací. Například průměrná rychlost větru ve vodách na severu Atlantského oceánu se pohybuje mezi 7,4 až 9,3 m/s.
- **Umístění dále od pevniny také minimalizuje vizuální dopad.** Ten bývá častým důvodem odporu místních obyvatel.
- **současné době je technicky proveditelné instalovat plovoucí plošiny na moři s hloubkou mezi 60 a 300 metry.** Podle Globální rady pro větrnou energii (GWEC) nicméně asi 80 % světového potenciálu větrné energie na moři se nachází ve vodách hlubších než 60 metrů.
- **Problém = vysoká pohyblivost na vodní hladině.** Vzhledem k proměnlivému počasí a proudům **se může větrná elektrárna kývat a vzdalovat od svého kotviště**. Dle údajů provozovatelů **se dokonce může vzdálit 20 až 50 metrů od podvodního kotviště**. K tomu navíc dochází i k neustálému pohybu po vertikále – nadzvedávání z důvodu existence vln. Takový pohyb vytváří problém především při řízení turbíny.
- Plovoucí větrné elektrárny: Jak je to s konstrukcí a provozem technologie budoucnosti (oenergetice.cz)

Problém se zvětšováním velikosti větrných turbín:

- První modely v 90. letech minulého století měly výkon jeden megawatt (MW), nyní se ale vyvíjejí turbíny o výkonu 18 MW a více, s lopatkami delšími než fotbalové hřiště a stožáry tyčícími se ve výšce více než 100 metrů nad vodní hladinou.
- Za inženýrský úspěch se dá považovat 169 větrných turbín, které u pobřeží Yorkshiru vztyčila dánská firma Orsted. Každá z nich má výkon osm megawattů a dokáže dodávat energii jedné domácnosti po dobu 24 hodin pouhým jedním otočením lopatek dlouhých 81 metrů.
- O desítky kilometrů severněji si konkurenční firma SSE přisadila, její novější turbíny s lopatkami dlouhými 107 metrů mohou napájet domácnost jedním otočením až dva dny.
- Pojišťovna GCube zaměřená na odvětví obnovitelné energie ve své květnové zprávě upozornila, že zařízení s výkonem vyšším než osm MW hlásí problémy rychleji, než menší zařízení.
- FT: Větrná energetika má problém s růstem velikosti lopatek turbín | ČeskéNoviny.cz (ceskenoviny.cz)

Větrné elektrárny, svět a EU:

- V Evropě mají největší potenciál větrné elektrárny v Německu, kde bylo k 30. červnu 2006 instalováno 18 054 větrných elektráren s celkovým výkonem 19 299 MW, do r.2020 odhadem 45tis.MW ve vnitrozemí a 10tis.MW na moři.

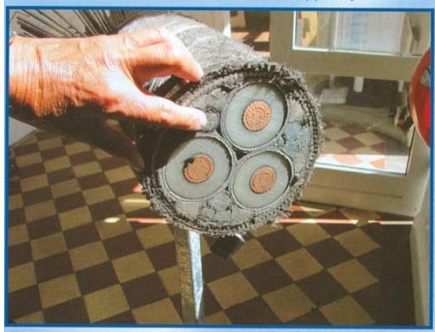
- Na základě úspěšných projektů, zejména v Dánsku, Nizozemsku, Německu a Velké Británii, rozhodla Evropská unie v roce 2030 dosáhnout 100 000 MW_e instalovaných ve větrných elektrárnách (20 % celkové západoevropské spotřeby elektrické energie).

- **Hlavní podíl na nich budou mít země s mořským pobřežím, tedy s nejpříhodnějšími podmínkami.**

Větrné turbíny umístěné na plošinách v šelfových mořích offshore projekty:



V Evropě výrazně přibylo „offshore“ instalací větrných elektráren. Na snímku větrný park u pobřeží Dánska.

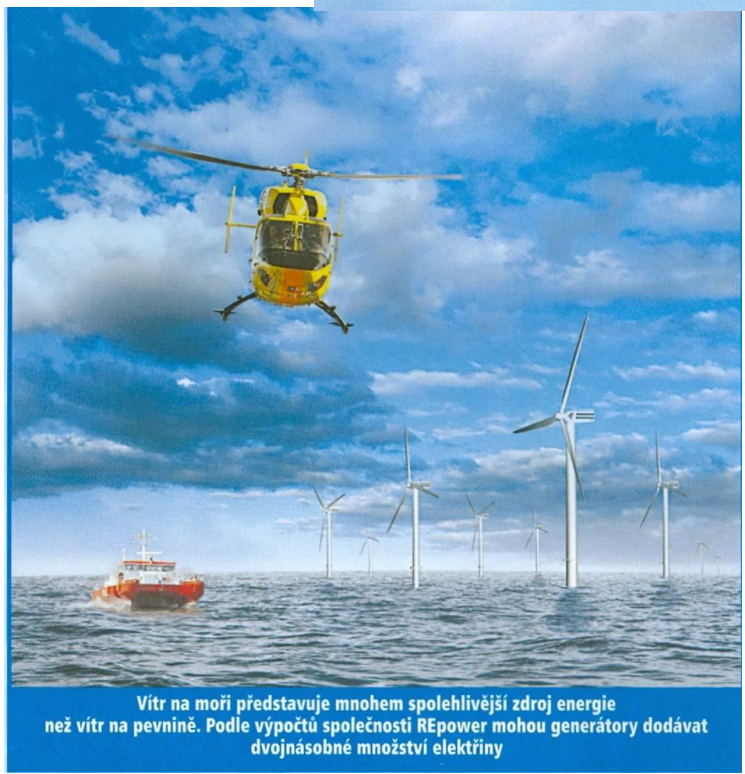


Průřez silnoproudým podmořským kabelem, jímž jsou mořské větrné elektrárny připojeny k síti na pevnině

Množství větrných elektráren poměrně uspokojivě stoupá.

Za posledních 10 let bylo vybudováno více než 20 000 větrných elektráren.

Stupeň využití těchto elektráren je poměrně nízký **(účinnost vlastního zařízení přes 50 %, využití elektrárny 12 – 16 %),** což vede k nepříznivému poměru pořizovacích a provozních nákladů na straně jedné a vyrobených kilowathodinách na straně druhé.



Vítr na moři představuje mnohem spolehlivější zdroj energie než vítr na pevnině. Podle výpočtů společnosti REpower mohou generátory dodávat dvojnásobné množství elektřiny

Od největších po VtE v roli lokálních decentralizovaných zdrojů

Pojem grid-off

Systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off):

- **autonomní systémy**, slouží objektům, které nemají možnost se připojit k rozvodné síti.
- Zde se **obvykle používají mikroelektrárny s výkonem od 0,1 do 5 kW.** Součástí autonomního systému jsou i akumulátory a řídící elektronika.
- V objektu pak může být buď rozvod stejnosměrného proudu s nízkým napětím (12 nebo 24 V), nebo je v systému zapojen ještě střídač pro dodávku střídavého proudu 230 V. Podle toho je nutno objekt vybavit energeticky úspornými spotřebiči. **Autonomní systémy bývají často doplněny fotovoltaickými panely pro letní období, kdy je méně větru, ale více sluníčka.**



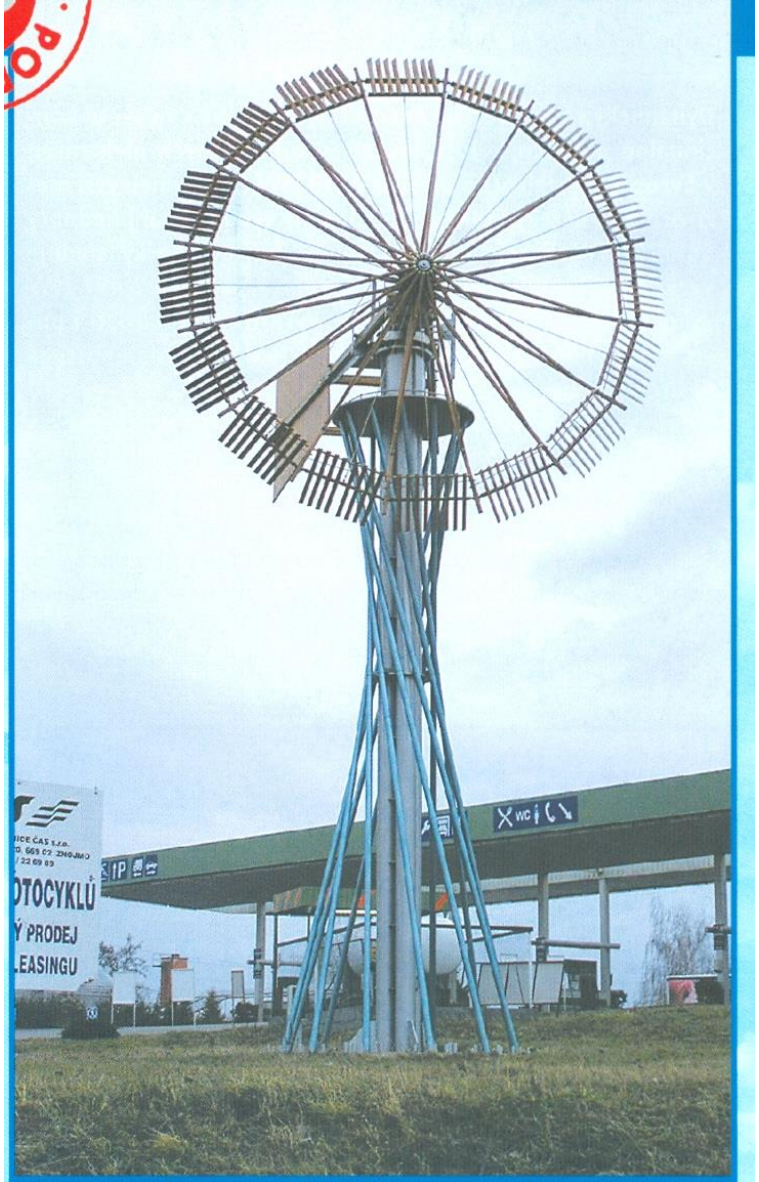
Elektrárny zásobující českou polární stanici v Antarktidě.

Foto: Kamil Láska



Malá elektrárna pro osvětlení reklamy (jižní Morava). Foto: EkoWATT





Malé větrné elektrárny využívají širší palety konstrukcí větrných motorů, než klasické stroje s výkony ve stovkách až tisících kW. Na snímku větrná elektrárna, využívající Halladayovy turbíny (v tomto případě mírně zmenšená kopie Halladayovy turbíny větrného mlýna v Ruprechtově) k výrobě elektrické energie s výkonem do 10 kW. Konstrukce stožáru je spíš výtvarným dílem, elektrárna slouží současně jako poutač u čerpací stanice u silnice směrem na Brno. Elektrická energie je využívána k odporovému ohřevu vody pro potřebu zázemí benzinové stanice.

Fa. Agrostar Bohemia, SinusWind:

Výkony:

1,5-3-5 kW

Výška stožáru max. 9 m

Max. průměr rotoru 520 cm

Optimální rychlost větru: 7 m/s

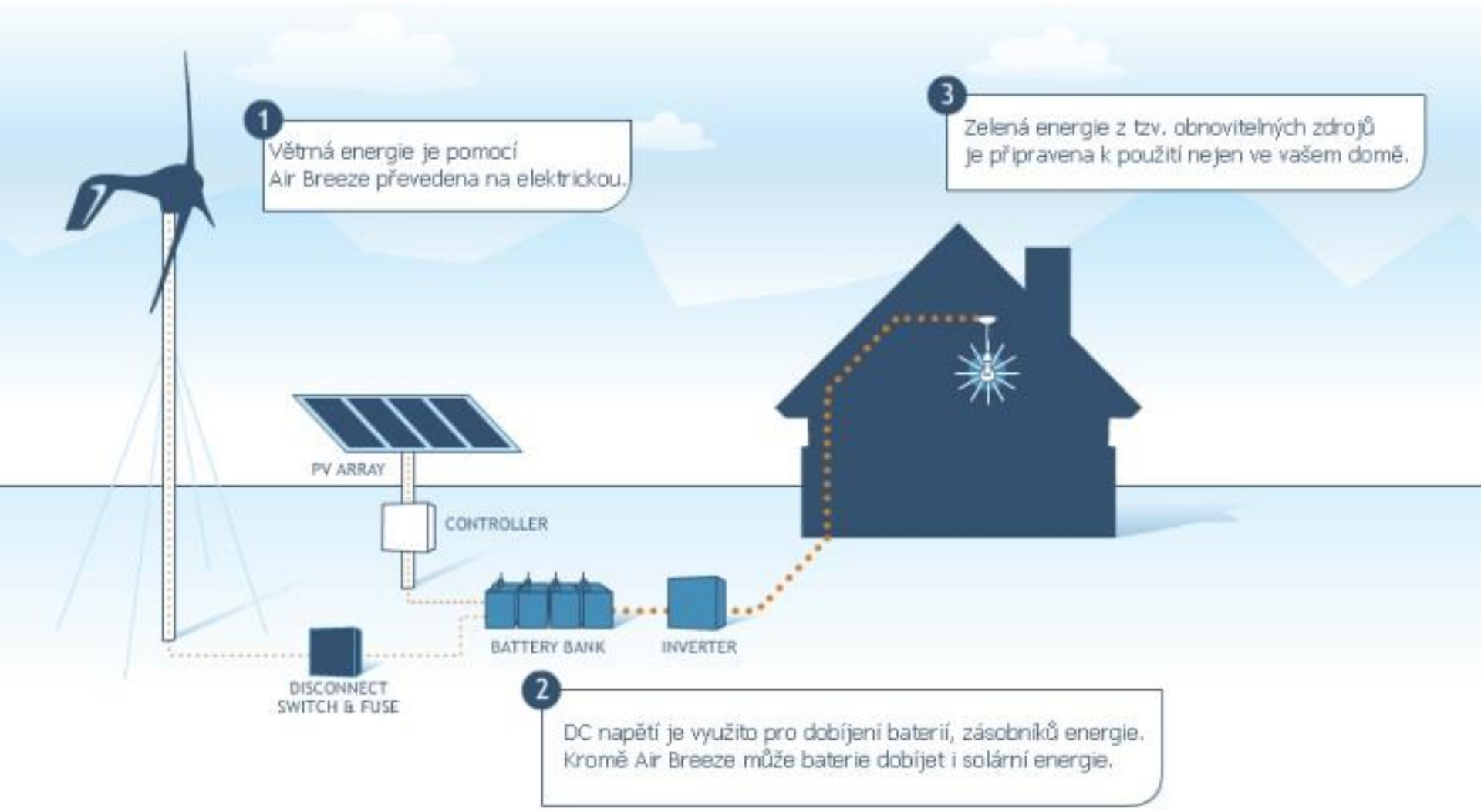
Životnost 20 let



Malá větrná elektrárna SinusWind a výsuvný mechanismus jejího stožáru.



Pokud máte chatu, chalupu, zahradu či rodinný domek na kopci
a k tomu dobré povětrnostní podmínky – chybí Vám již jen nenáročný zdroj elektrické energie - Air Breeze.



Princip získávání a dodávek "zelené" energie v ostrovním systému

Co obsahuje Air Breeze a co Vám to přináší?

- Mikroprocesorem řízený interní regulátor s monitorováním nejvyššího výkonu znamená zvýšenou efektivnost, optimalizovaný energetický výkon, zlepšené nabíjení akumulátorů
- 3 kompozitní lopatky přinášejí zvýšenou spolehlivost a životnost, současně sníženou hlučnost
- Neodymiový alternátor znamená vyšší využití dodávek energie bez potřebné obsluhy
- Pouze dvě pohyblivé části jsou zárukou spolehlivosti a nenáročnosti na údržbu

Technické parametry:
Průměr vrtule: 1,17 m
Hmotnost: 5,9 kg
Průměr stojanu: 48 mm
Inicializační rychlost větru: 2,68 m/s
Napětí: 12 nebo 24 VDC(v závislosti na typu)
Jmenovitý výkon: 200 W při 12,5 m/s
Kilowathodiny/měsíc: 38 kWh/měsíc při 5,4m/s
Max. rychlost větru: 49,2 m/s



Air Breeze je navržena k jednoduchému umístění a instalaci i běžným uživatelem. **Pokud vám fouká vítr rychlostí vyšší než 4m/s a ve vašem okolí nejsou větší překážky, pak je pro Vás tato malá větrná elektrárna ideálním řešením. Air Breeze nabíjí baterie a vyprodukuje až 38kWh měsíčně při průměrné rychlosti větru 6m/s.** Ideální kombinací je však použití větrné turbíny společně se solárními panely k zabezpečení pravidelné dodávky energie za každého počasí.



Výhody malé větrné elektrárny:

- Využití na chatě, zahradě, rodinném domku, karavanu
- Relativně velký výkon v poměru k rozměrům (oproti solárním článkům)
- Při zálohování energie je potřebná jen omezená doba větru
- Jedná se o čistou energii, která nezatěžuje životní prostředí
- Soběstačnost, pohodlí a komfort i bez přípojky el. energie
- Jednoduchá instalace
- Žádné měsíční účty za elektřinu!

Ke spuštění malé větrné elektrárny je zapotřebí:

- Optimální povětrnostní podmínky
- Okolí bez přímých překážek (budovy, stromy..)
- Montáž a samotná instalace elektrárny
- Akumulátor 12V/400Ah, 24V/200Ah
- Kabely v závislosti na vzdálenosti větrné elektrárny
- od akumulátoru

https://www.kaufland.cz/product/507089372/?msclkid=f651a433866c1e314708ccd1fb7e3f52&utm_source=bing&utm_medium=cpc&...

Kaufland Online marketplace

Online marketplace | Nabídka prodejny | Card | Přihlásit se | Nákupní košík

Všechny kategorie | Vyhledávat



Skladem už jen 5 kusů



Vertikální větrná turbína, 3000W, vysoká účinnost, odolná konstrukce, 12V

★★★★★ (1)

~~16 170,99 Kč~~

15 083,99 Kč -1087Kč

Doprava zdarma
Vrácení zboží zdarma do 14 dnů

so 11. – čt 16. října

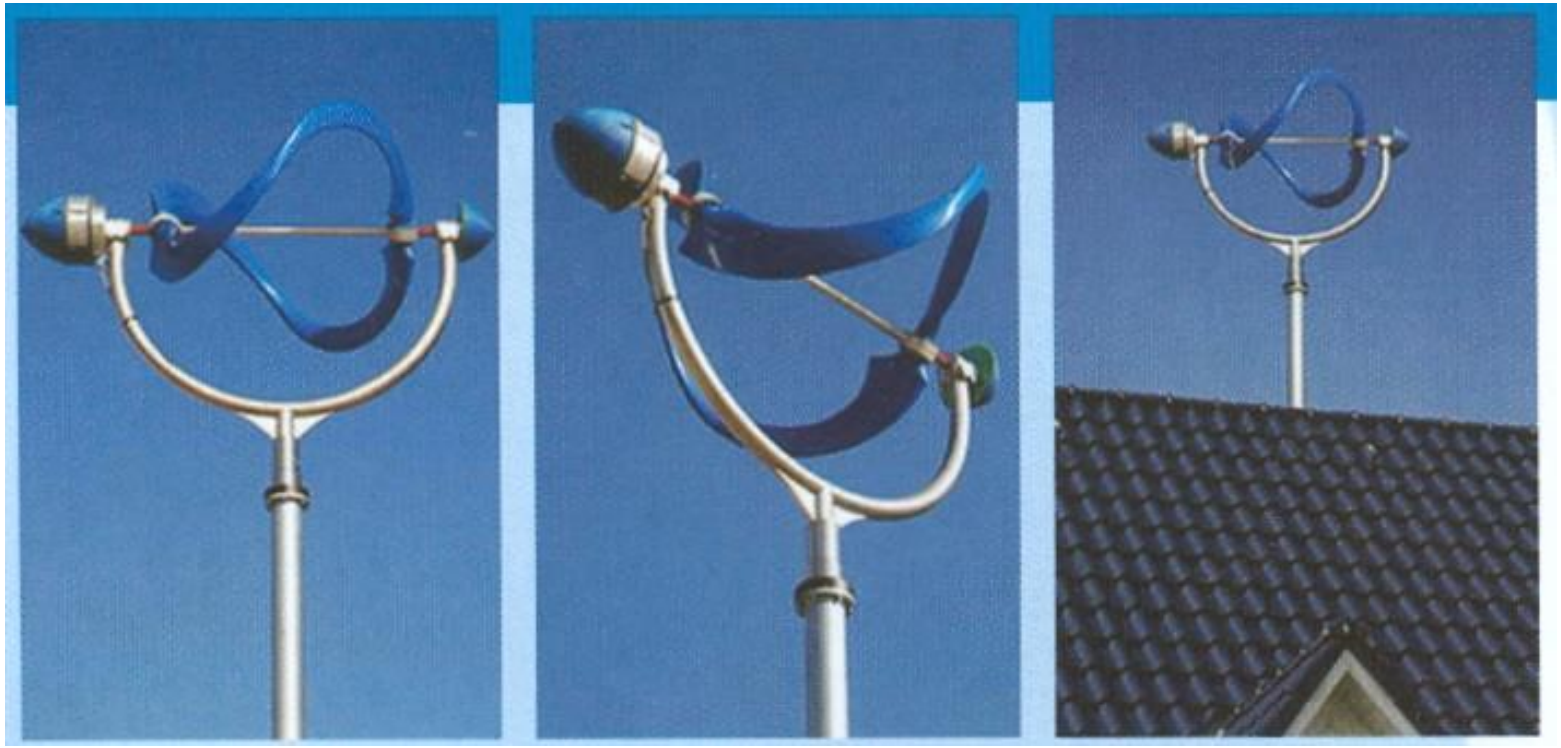
Prodává BlissShopping
Komerční prodejce VOP / Informace o prodejci / Odstoupení od smlouvy / Ochrana osobních údajů

- **Výkon:** 3000W
- **Počet lopatek:** 3 lopatky
- **Materiál pouzdra:** Hliníková slitina
- **Materiál lopatek:** Nylon
- **Startovací rychlost větru:** 2 m/s
- **Materiál hřídele:** Železo

Výrobce **OEM**

Kalkula | větrnéhůrky | CES | 16:14 05.10.2025

Systém LEONARDO:



The best home wind turbines in 2024, according to experts | PopSci

Solární energetika v ČR a ve světě

Aneb: dokáže slunce naší civilizaci dodávat dostatek energie?

Instalovaný výkon energ.zdrojů v ČR (Statistická ročenka ČR z 2024)

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů

16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 877**	**21 378**	**20 877**	**21 160**	**22 093**	***MW***	***Installed capacity, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	MW	12 786	12 385	11 875	11 792	11 901	*MW*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	MW	4 290	4 290	4 290	4 290	4 290	*MW*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	MW	175	.	.	.	.	*MW*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	MW	2 266	2 285	2 286	2 290	2 288	*MW*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	MW	282	339	339	339	342	*MW*	*Wind power plants*
solární elektrárny	MW	2 078	2 079	2 087	2 449	3 272	*MW*	*Solar power plants*

FVE v ČR disponovaly v r. 2023 tvoří cca. 1/7 inst.výkonu (tj. 14 %)

Úloha energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

FVE v ČR v r.2023 vyrobily 3,75 % el.energie

Nej FVE v EU aktuálně…:

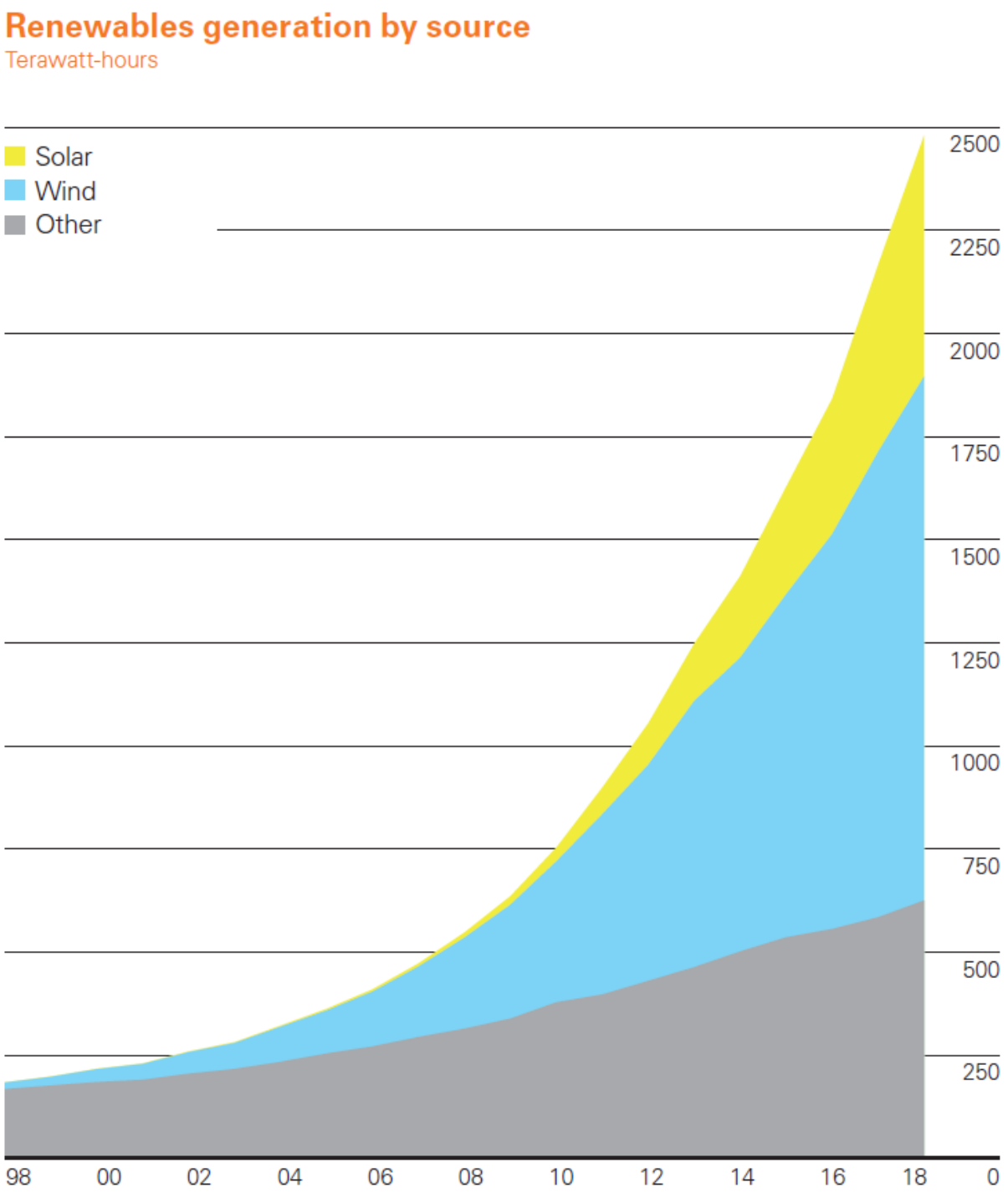
Největší solární elektrárna v Evropě má výkon:
590 MW (22. 8. 2022)
Ve španělské oblasti Extremadura spustila Iberdrola SA největší solární elektrárnu Evropy,
fotovoltaický park Francisco Pizarro o výkonu 590 MW v Extremaduře na západě Španělska.

Nová **solární elektrárna španělské energetické společnosti Iberdrola SA** se skládá se z 1,5 milionu solárních panelů a díky výkonu 590 MWp dokáže vyrábět elektřinu až pro 334 000 domácností.
Největší solární elektrárna v Evropě má výkon 590 MW (hybrid.cz)
Až dosud **byla největší evropskou solární elektrárnou Núñez de Balboa (500 MW) taktéž ve Španělsku**.

Kromě vodních elektráren:
Solární elektrárny celosvětově produkují cca, 24% elektřiny z OZE

BP Statistical Review of World Energy

2019 | 68th edition

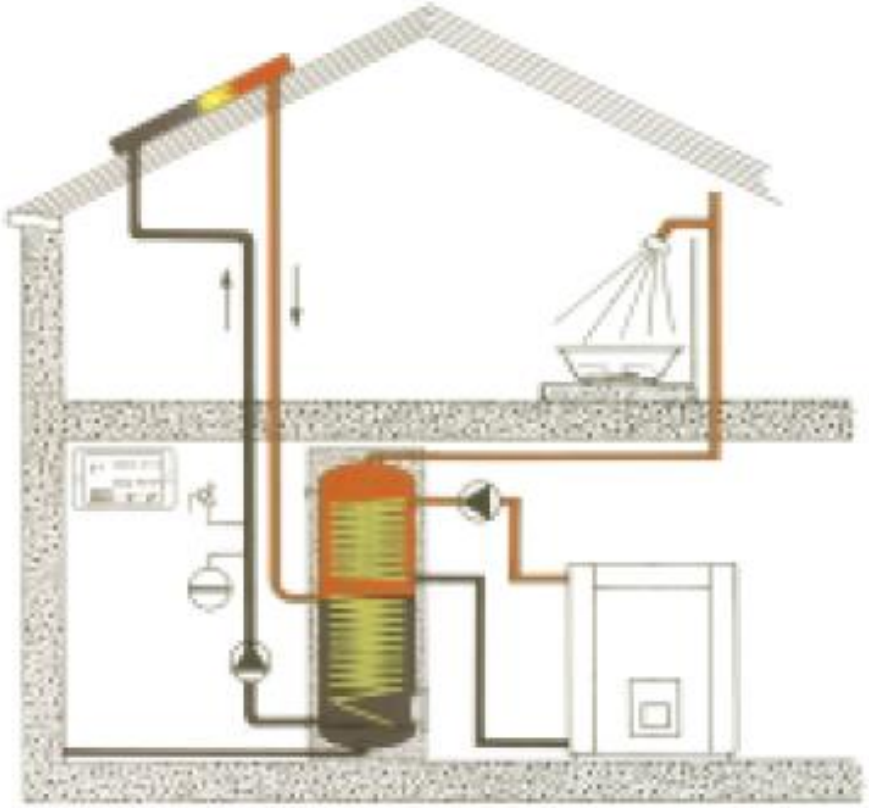


Základní otázky investora do solární energetiky:

Teplo nebo elektřina?!

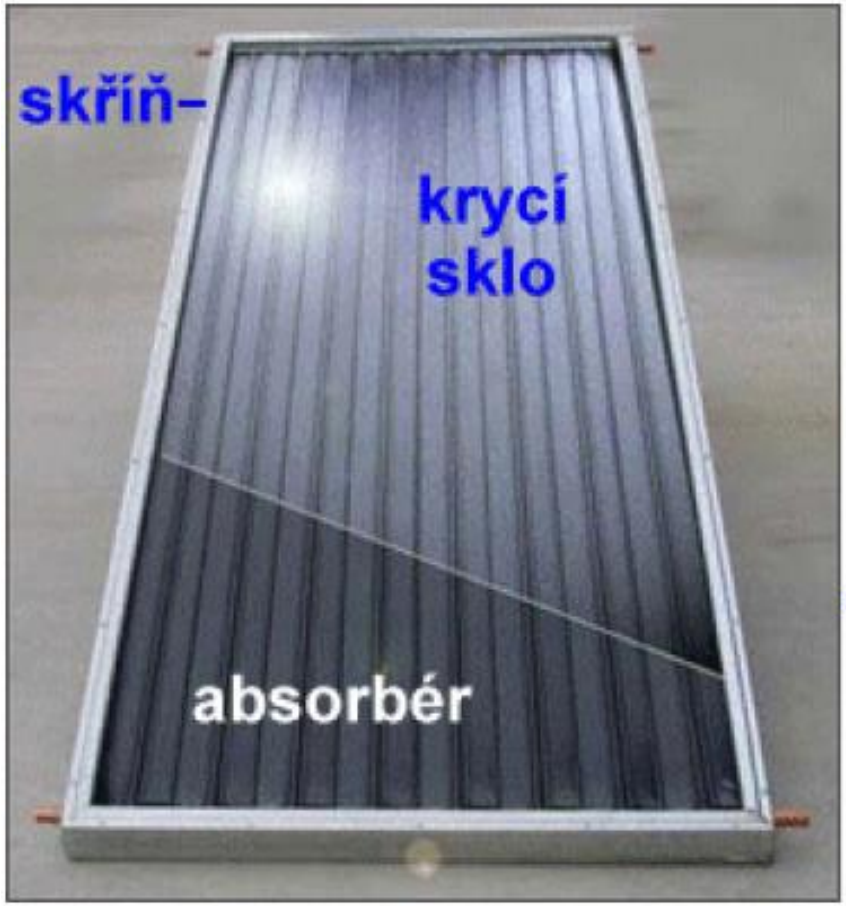
(nebo obojí?)

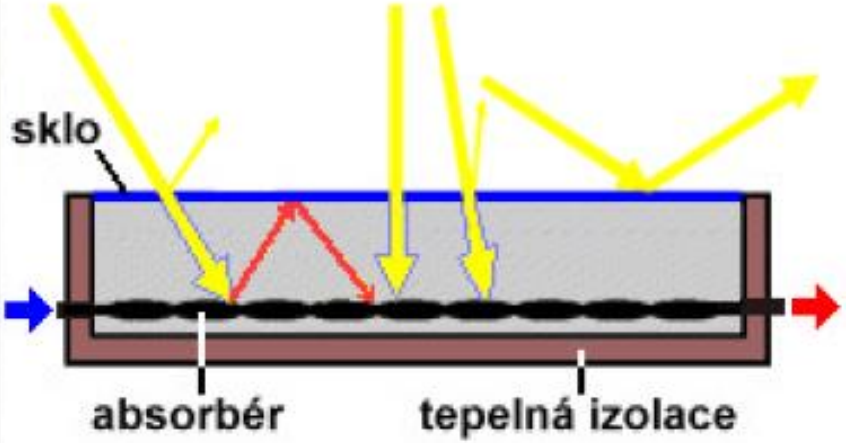
Využití solární energie (energie slunce) pro ohřev



Solární kolektory pro produkci tepla

Schéma plochého kapalinového slunečního kolektoru:



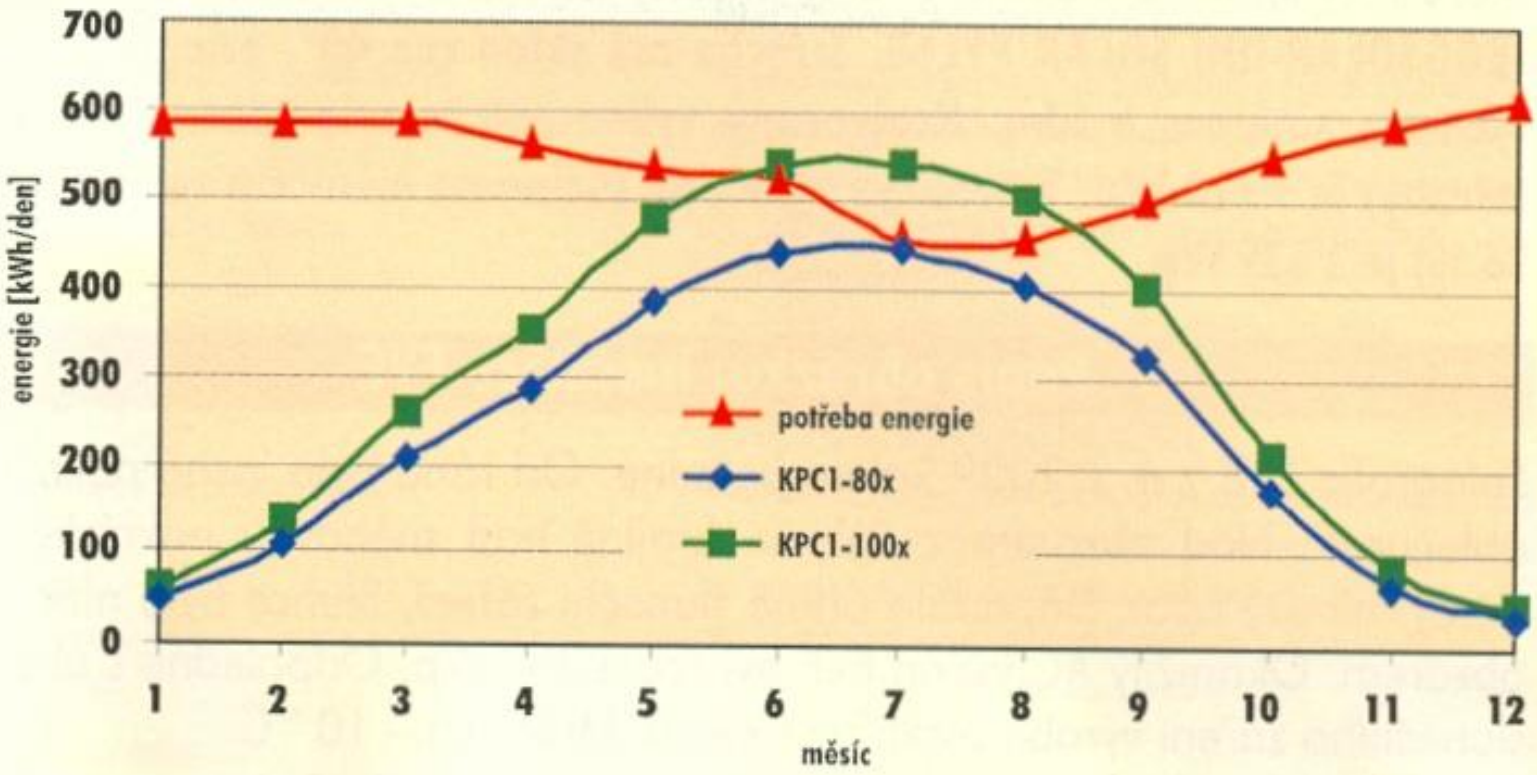


Základní otázky investora do fototermiky:

- Požadované množství tepla
- Požadovaná teplota teplonosného média
- Max. plocha, která je k dispozici pro instalace kolektorů + infrastruktury
- Max. cena, kterou je investor ochoten akceptovat
- …a od toho se odvíjející problémy, tj. typ kolektoru, instalace kolektoru,…

Př. Bilance spotřeby teplé vody ve školní jídelně vs. výkonnost solárních kolektorů:

Graf 1. → Bilance potřeby energie pro přípravu TV a solárních zisků varianty A (80 kolektorů) a varianty B (100 kolektorů)



Uspořádání lamel v slun.kolektoru:

- **Lyrovité** = pro průtok většího objemu prac.kapaliny ohřívané na nížší teplotu
- **Meandrovité** = pro menší průtoky kapaliny ohřívané na větší teplotu

Lyrovité uspořádání:



Meandrovité uspořádání:



Množství energie získané při provozu sl.kolektoru kWh/m^2 (optimální sklon kolektoru 30^o):

Tab. 1

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	%
Global horizont	25,8	45,8	81,3	113,9	155,9	170,3	183,1	137,6	102	60	28,8	19	1123,5	
Sklon 30° jih														
Dopad. záření	35,7	62,5	99,9	126,8	161,8	170,8	187,3	149,4	124,2	80	41,2	26,2	1265,8	100
30 °C	7,8	22,7	45,8	68,4	96,1	107,3	122	94	74,9	40,5	14,5	4,2	698,2	55,2
40 °C	5,5	17,7	37,5	58	83,4	93,6	107,1	81,4	64,2	33,2	11,1	2,8	595,5	47
50 °C	3,8	13,6	30,4	48,8	71,7	81,2	93,5	69,9	54,5	27,1	8,3	1,8	504,6	39,9
100 °C	0,1	1,5	6,8	15,8	26,6	31,4	37,3	25,7	18	6	0,6	0	169,8	13,4
Sklon 45° jih														
Dopad. záření	38,6	66,7	102,1	124,2	153,1	159,1	176	144,5	125,8	84,2	44,5	28,3	1247,1	100
30 °C	10,3	26,6	48,4	66,9	89,1	97,3	112	90	76,8	44,6	17,7	5,9	685,6	55
40 °C	7,7	21,5	40,3	56,8	76,8	84,2	97,6	77,8	66,2	37,5	14,2	4,2	584,8	46,9
50 °C	5,7	17,1	33,2	47,9	65,7	72,3	84,4	66,7	56,8	31,3	11,1	3	495,2	39,7
100 °C	0,5	3	8,7	16	23,5	26,3	32,3	24,4	20,1	8,7	1,7	0,1	165,3	13,3
Sklon 60° jih														
Dopad. záření	39,7	67,7	99,4	115,6	137,2	140,2	156,2	132,4	120,9	84	45,6	29	1167,9	100
30 °C	11,6	27,9	46,9	60,1	75,5	80,7	94,4	79,8	73	45,1	19,2	6,8	621	53,2
40 °C	9	22,8	39,1	50,7	63,9	68,2	80,5	68	62,8	38,2	15,6	5	523,8	44,8
50 °C	6,9	18,4	32,3	42,4	53,9	57,4	68,5	57,7	53,7	32,1	12,5	3,7	439,5	37,6
100 °C	0,9	3,7	8,4	12,9	16	16,6	21,7	18,7	18,4	9,5	2,4	0,3	129,5	11,1
Sklon 90° jih														
Dopad. záření	36,5	60	80	83	89,8	88,3	99,4	91,4	93,1	70,9	41	26,7	860,1	100
30 °C	10,5	22,9	32,3	33,7	35	35,8	44,4	44	49,2	35,8	16,9	6,3	366,8	42,6
40 °C	8,1	18,3	25,6	25,9	25,5	25,1	32,3	33,9	40,2	29,3	13,6	4,7	282,5	32,9
50 °C	6,1	14,3	19,9	19,6	18,2	17	22,9	25,5	32,4	23,9	10,8	3,4	214	24,9
100 °C	0,6	1,9	2,5	1,5	0,1	0	0,1	1,5	5,2	4,5	1,6	0,2	19,7	2,3

Velké objekty využívající tepla ze solárních zdrojů

- V ČR vyhodnocovány největší projekty využívající solární energii:

- Pro využití tepla pro ohřev
- Pro získávání elektrické energie

10 největších termických systémů v solární lize

1.	Rusava	540 m²	360 kolektorů na koupališti
2.	Praha	520 m²	vakuové kolektory hotel DUO na Proseku (více v AE 4/2007)
3.	Ostrava	403 m²	ÚSČ pro mentálně postižené v Muglínově
4.	Ostrava	400 m²	38 kolektorů Domov důchodců „Korýtko" v Zábřehu
5.	Ostrava	308 m²	Domov důchodců Sluníčko ve Vítkovicích
6.	Jindřichův Hradec	256 m²	128 plochých kolektorů aqua-park
7.	Ústupky	242 m²	121 kolektorů hotel Jezerka u Sečské přehrady
8.	Praha	218 m²	36 ks kolektorů SOU na Zeleném pruhu v Praze 4
9.	Tachov	165 m²	zrekonstruovaný systém k ohřevu vody v bazénu
10.	Ostrava	163 m²	Dům s pečovatelskou službou v Mariánských horách

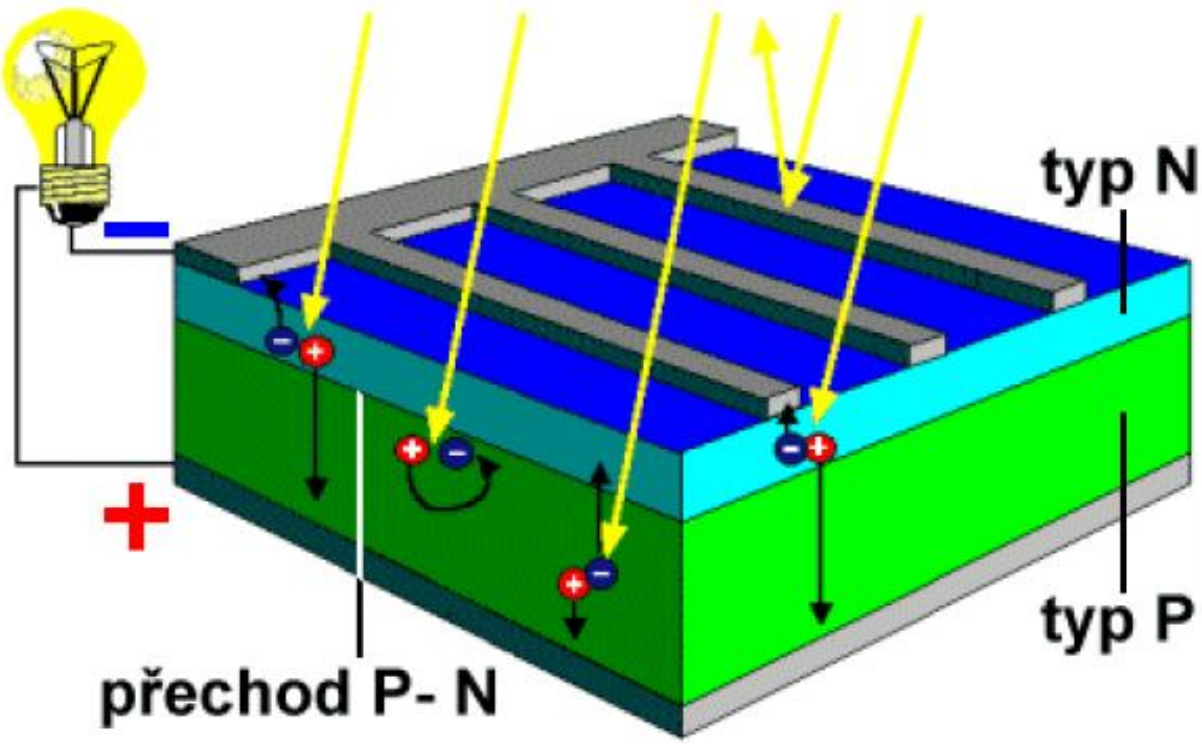
Ústupky, hotel Jezerka (Sečská přehrada):



FVE:

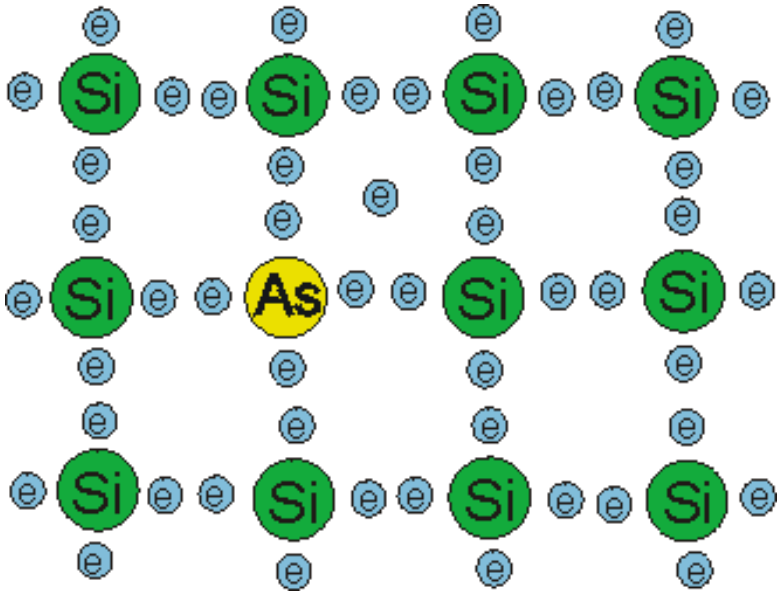


Fotografie a schéma činnosti křemíkového fotovoltaického článku:

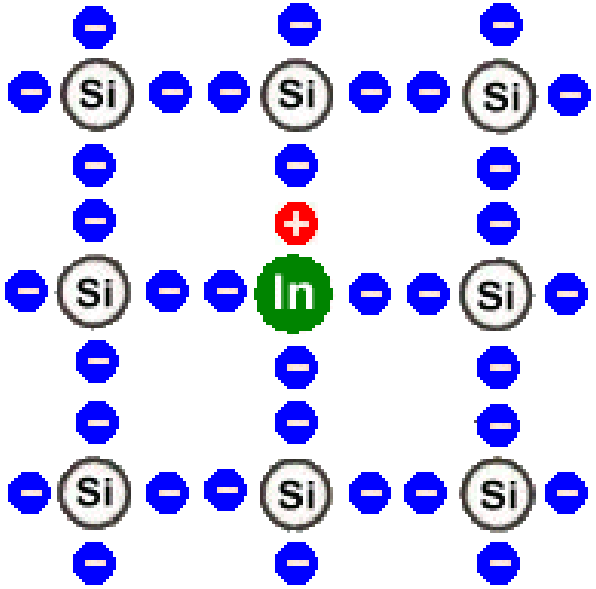




Polovodič typu *n*:



Polovodič typu *p*:



	1																	18
1	H 1	2											13	14	15	16	17	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Uub 112	Uut 113	Uuq 114	Uup 115	Uuh 116	Uus 117	Uuo 118

6	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
7	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103

Dnes rozlišujeme celkem čtyři generace fotovoltaických článků:

- **První generace** - z destiček **z monokrystalického křemíku**, v současnosti jde stále o nejpoužívanější typ.
- **Druhá generace** - **z polykrystalického, mikrokrystalického nebo amorfního křemíku**. Oproti první generaci jsou levnější, protože spotřebují méně křemíku. Lze je použít i na ohebných podkladech (na oblečení, fóliové střešní krytině apod.).
- **Třetí generace - nevyužívají křemík, ale třeba organické polymery.**
- **Čtvrtá generace** - kompozitní články z různých vrstev, schopné lépe využívat sluneční spektrum - každá vrstva využívá světlo jiné vlnové délky.

	běžná účinnost	**max. laboratorní účinnost**
Monokrystalický	14-17 %	25 %
Polykrystalický	13-16 %	20 %
Amorfní	5-7 %	12 %

Výroba fotovoltaických článků 1. a 2. generace:

Klasický fotovoltaický článek je tvořen velkoplošnou polovodičovou *p-n* diodou.

Tyto články se vyrábějí z křemíkových plátků, ať už z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku. V současné době se touto technologií vyrábí více než 85% solárních článků na trhu.

Výroba surového křemíku:

- Křemík je vyráběn redukcí křemene koksem:

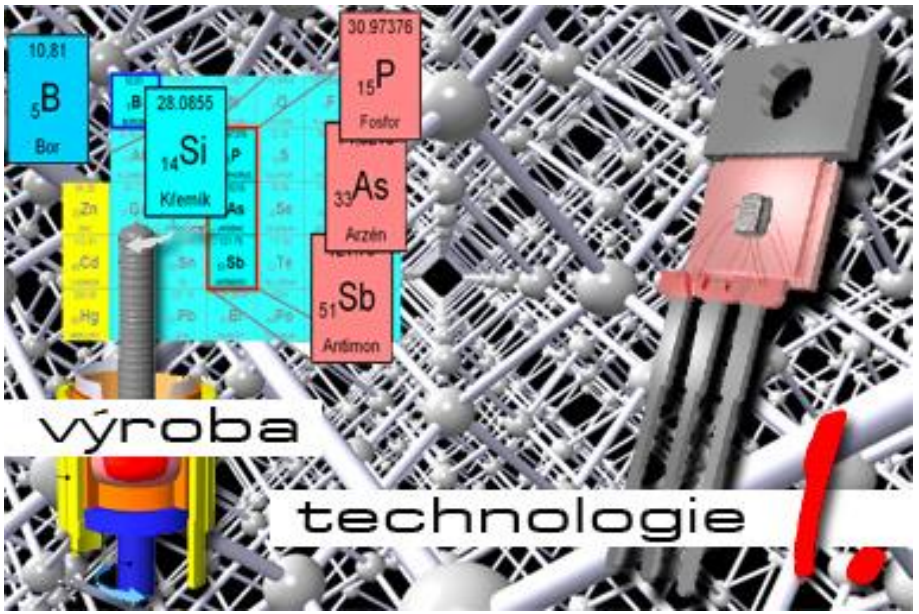
$$SiO_2 + C \rightarrow Si + CO$$

Surový Si obsahuje cca. 2% nečistot

Surový práškový křemík se dále čistí macerací kyselinou chlorovodíkovou pro odstranění kovových nečistot.

Cesta od surového Si k fotovoltaice:

- Příprava Si polovodičové čistoty



- Dopování Si prvky,

které ovlivňují

vodivost Si

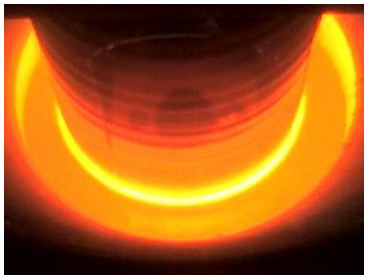
Prvky 13 skupiny, tj. B, Al, Ga, In,… zvyšují *p*-vodivost

Prvky 15 skupiny, tj. P, As,… zvyšují *n*-vodivost

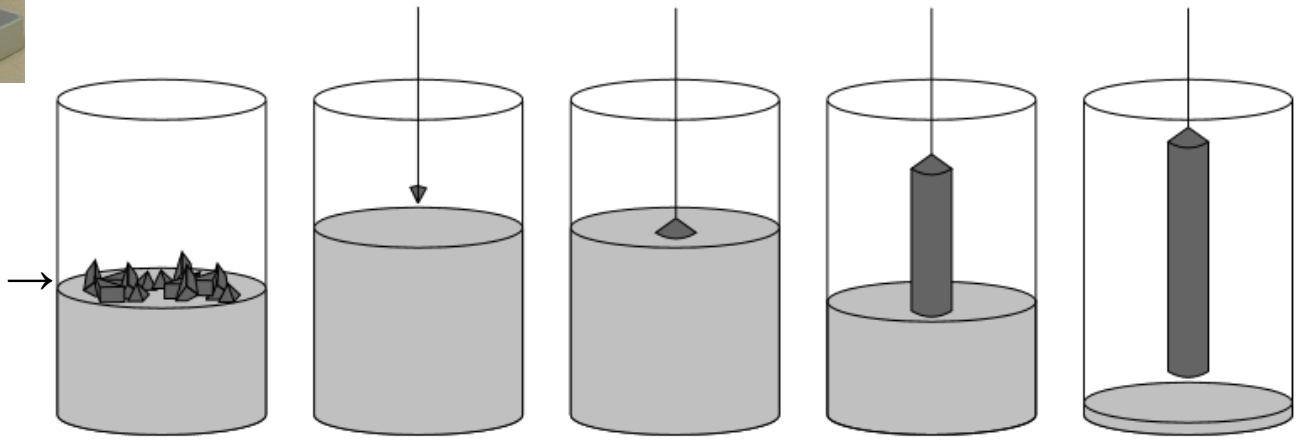


Výroba monokrystalického Si (b.t.:1420°C) krystalizací z taveniny surového Si:

Tažení monokrystalu Czochralského metodou uvnitř spodní komory:



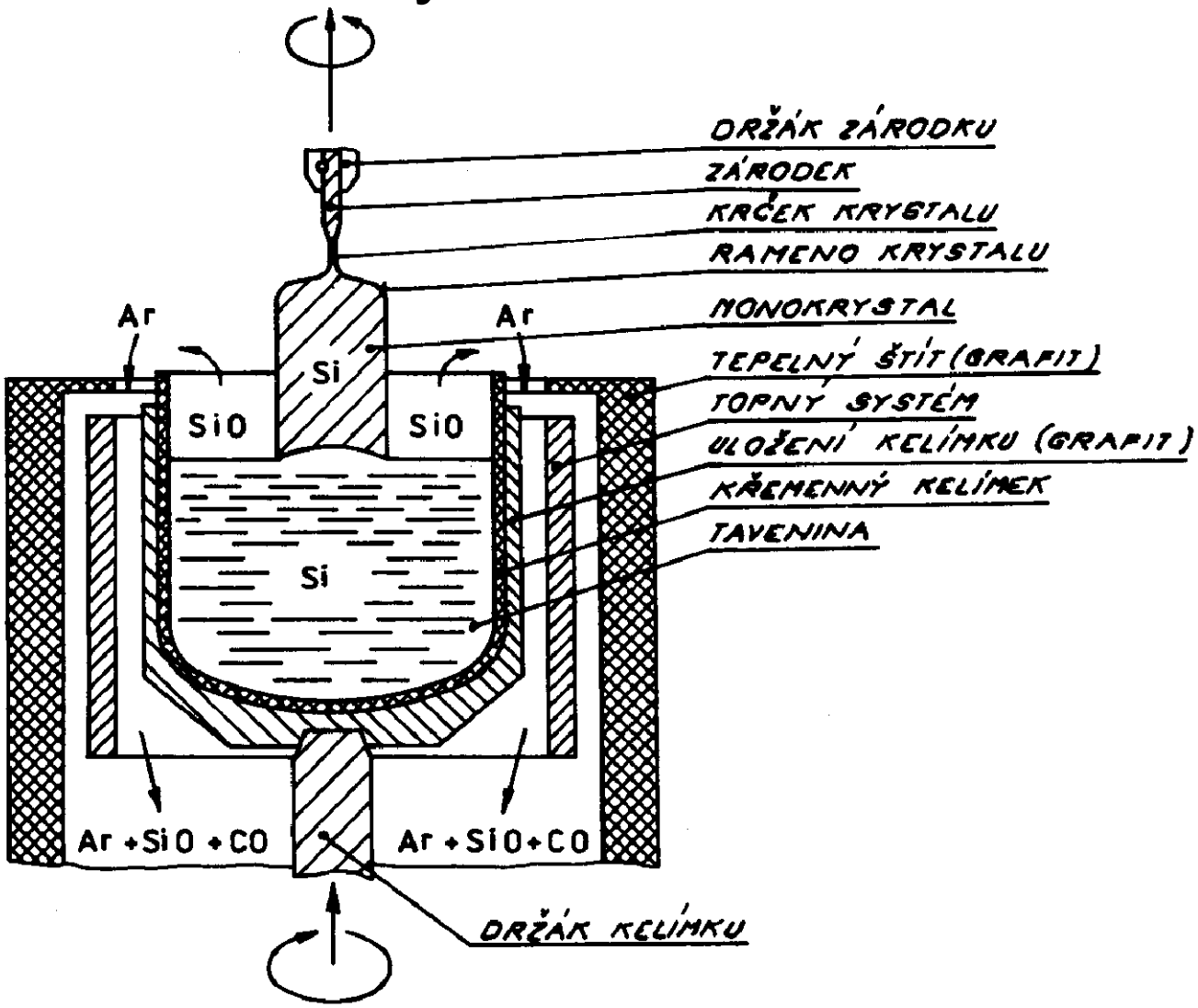






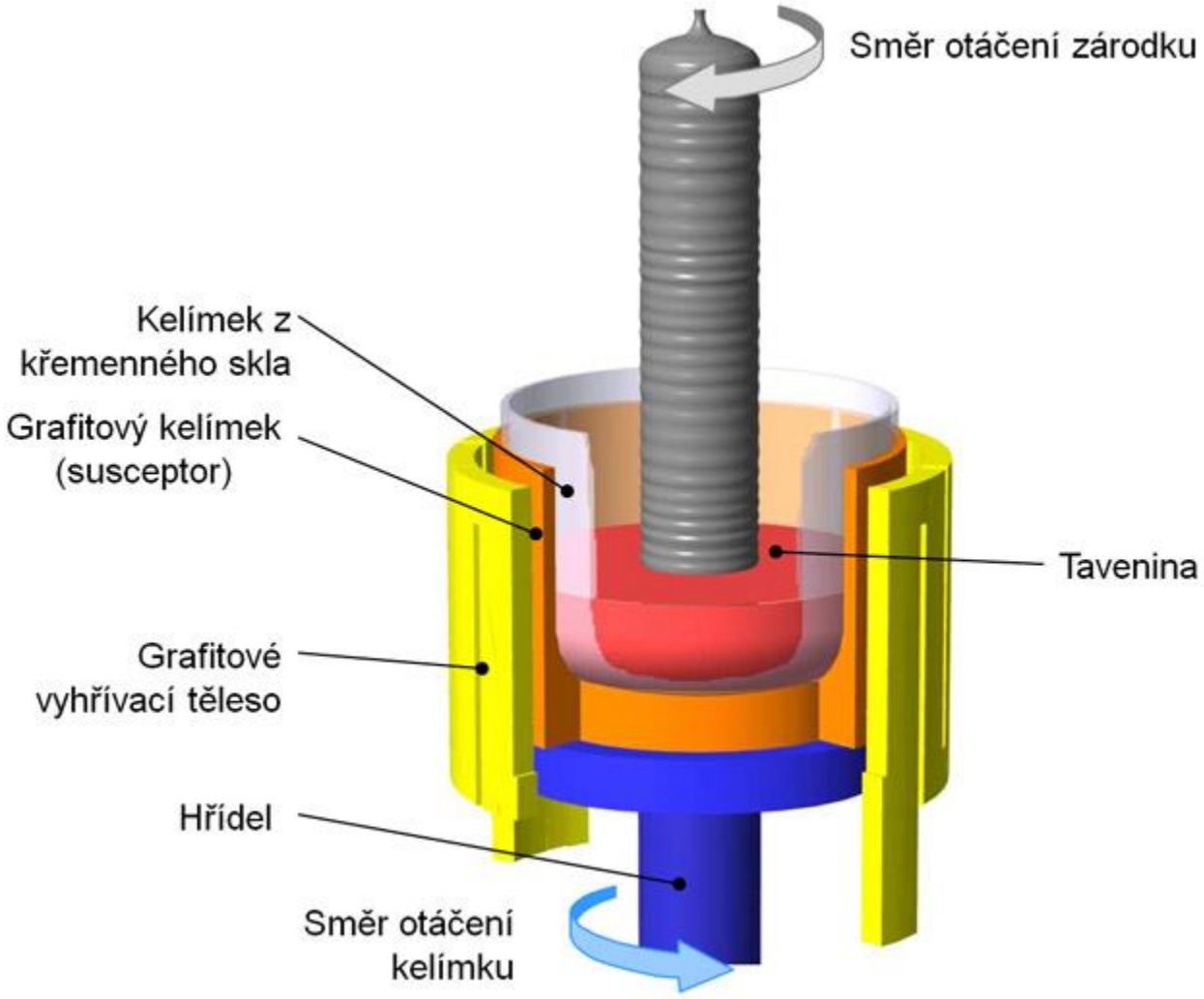
Výroba monokrystalického Si (b.t.:1420°C) krystalizací z taveniny surového Si:

Dopující prvky (B, Al, Ga) přidávány v tuhém stavu do vsázky před roztavením Si, těkavé (As, Sb, P) dávkovány přímo do taveniny Si



Obr. 3.50 Schéma zařízení pro přípravu monokrystalů Si Czochralského metodou

Tažení těla monokrystalu Si:





Monokrystalický zárodek Si

http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/24350-od-pisku-k-procesoru-vyroba-kremikoveho-waferu?start=5

počítači či automobilu, i ve většině dalších přístrojů, bez kterých si moderní život neumíme představit. Elektronické součástky a integrované obvody se vyrábějí na křemíkových deskách. Křemíková deska je plátek krystalicky téměř dokonalého a vlastnostmi detailně definovaného křemíku tloušťky menší než 1 mm o průměru 15 až 30 cm, který se vyrábí z monokrystalu křemíku. Křemíkové krystaly jsou vyrobeny nejčastěji Czochralského metodou.

1. Vstupní materiál – polykrystalický křemík (vsádka) –je naskládán do křemenného kelímku a uložen do zařízení pro růst krystalů (tažičky). Po uzavření tažičky je vyčerpána vnitřní atmosféra.

2. Topidlo je žhaveno průchodem elektrického proudu a zářením ohřívá okolní části. Teplo je vedeno přes grafitový a křemenný kelímek až dojde k roztavení křemíku. Obrázek zachycuje pohled na téměř roztavenou vsádku. Do roztavené vsádky je zaveden příměsový prvek (dopant) pro zajištění elektrických vlastností krystalu.

3. Do křemíkové taveniny je ponořen monokrystalický křemíkový zárodek definované krystalografické orientace. Tepelný šok spojený s ponořením do taveniny vede ke vzniku defektů – dislokací.

4. Zárodek je tažen směrem nahoru a na rozhraní zárodku s taveninou dochází ke krystalizaci taveniny – krystal roste. Pro eliminaci dislokací je použito tzv. Dashovo zúžení – při rychlém růstu krystalu malého průměru (cca 5 mm) dojde k zamrzání dislokací uvnitř krystalu a současnému vybíhání na povrch. Dále rostoucí krystal je bezdislokační.

5. Průměr krystalu je řízen rychlostí tažení. Snížením rychlosti dojde k rozšiřování krystalu – roste „hlava" krystalu.

6. Zvyšováním rychlosti tažení se zpomaluje rozšiřování krystalu až je dosaženo cíleného průměru. V této části růstu dochází také k významné změně tvaru fázového rozhraní.

7. Průměr krystalu je snímán kamerou a udržován na požadované hodnotě regulací rychlosti tažení. Krystal i kelímek rotují pro homogenizaci parametrů krystalu a kontrolu procesu růstu. Kelímek se během růstu krystalu posunuje nahoru, aby byl kompenzován úbytek taveniny do krystalu. Hladina je udržována v konstantní poloze pro snadné snímání průměru krystalu.

8. Po spotřebování téměř veškeré taveniny je krystal postupně zužován, aby byl minimalizován tepelný šok spojený s oddělením krystalu od taveniny – roste „špice" krystalu. Krystal oddělený od zbytku taveniny pomalu vyjíždí do horní komory a definovaně chladne. Po vytažení z tažičky je rozřezán na menší díly, ze kterých jsou vyráběny křemíkové desky.

Zařízení pro růst monokrystalů křemíku

(1) horní komora
(2) oddělovací klapka
(3) dolní komora
(4) rostoucí monokrystal křemíku
(5) křemenný kelímek
(6) grafitový kelímek
(7) topidlo
(8) grafitová izolace
(9) vakuové potrubí
(10) pyrometr
(11) průhledy pro operátora a kameru



POLYKRYSTALICKÝ KŘEMÍK

Vstupním materiálem výroby křemíkových desek je polykrystalický křemík. Přípravu křemíku je redukce vhkem na metalurgický křemík čistoty 97-98%. Tento je reakcí s chlorovodíkem přepaven na trichlorsilan, který je efektivně čistí destilací. Následnou depozicí z plynné fáze se ušlechtilý vsádku roste na zárodečných tyčích polykrystalický křemík čistoty až 12N, tj. materiál obsahuje 99,9999999999% křemíku. Rozdrcením na menší kusy vzniká vstupní surovina procesu růstu monokrystalů křemíku.

NOKRYSTAL KŘEMÍKU

ním účelem procesu růstu krystalu je transformovat talický křemík na bezdislokační monokrystal. Krystalická je orientována stejně v celém objemu krystalu a ějším podílem a různé poruchy může (dislokace), objemové defekty jsou udržovány na kontrolované ose růstu krystalu je optimalizován pro dosažení omogenity rozložení dopantu a minimální úrovně

HLAVA KRYSTALU

Z praktických a technologických hledisek je nutné, aby růst krystalu začínal při malém průměru krystalu a rychlosti růstu až 6 mm/min. Přechod na požadovaný průměr válcové části krystalu je realizován snížením rychlosti růstu až na 0,2 mm/min. Průměr krystalu je při

TĚLO KRYSTALU

Válcová část krystalu – tělo – je cílovým produktem celého procesu růstu krystalu. Čáry či plochy na obvodu krystalu jsou projevem jeho bezdislokačnístruktury. Krystaly orientace (100) jsou charakteristické tzv. růstovými švy s čtyřčetnou symetrií, krystaly

ŠPICE KRYSTALU

Oddělení krystalu od taveniny během růstu válcové k silnému tepelnému šoku a vzniku dislokací, schopnosti šířit se do již vyrostlé části krystalu znehodnotily. Zmenšením průměru krystalu růst

Výroba polykrystalického křemíku polovodičové kvality:

- Reakcí surového Si (cca. 2% nečistot) s HCl při 280-380^{o}C vznikají chloridy (dle použitých podmínek):

$$\mathbf{Si + 3\ HCl \rightarrow SiHCl_3 + H_2}$$
$$\mathbf{Si + 4\ HCl \rightarrow SiCl_4 + 2\ H_2}$$

Nečistoty se oddělují rektifikací (špatně se dělí BCl_3, CH_2Cl_2 a $(CH_3)_mSiCl_n$)

Polykrystalický křemík se získává redukcí rektifikovaného $SiHCl_3$ vodíkem při 1050^{o}C:

$$\mathbf{SiHCl_3 + H_2 \rightarrow Si + 3\ HCl}$$

Narůstá až 10 cm vrstva polykrystalického Si

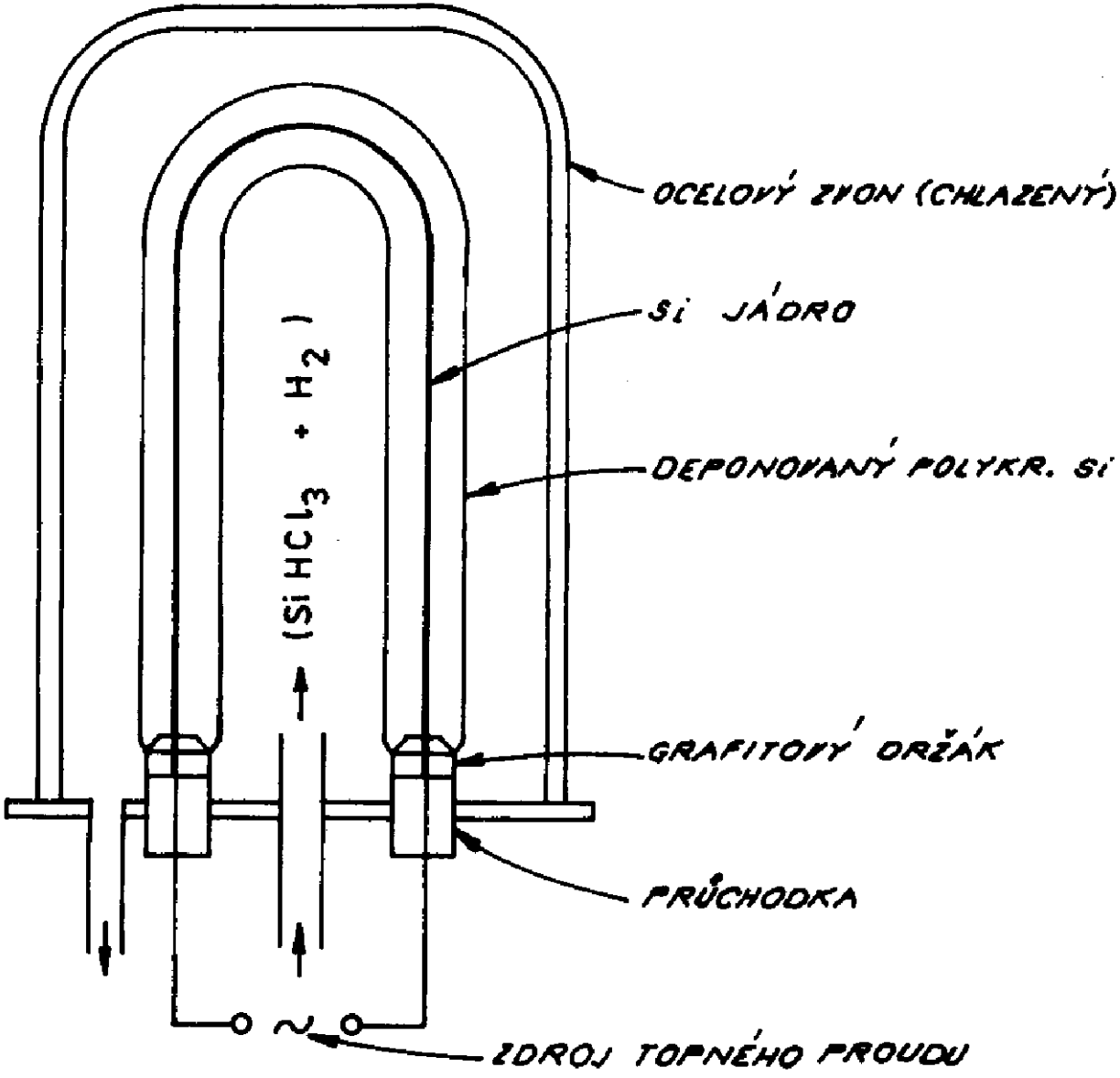
Energ. náročnost procesu:

250 kWh/kg

+ spotřeba vodíku

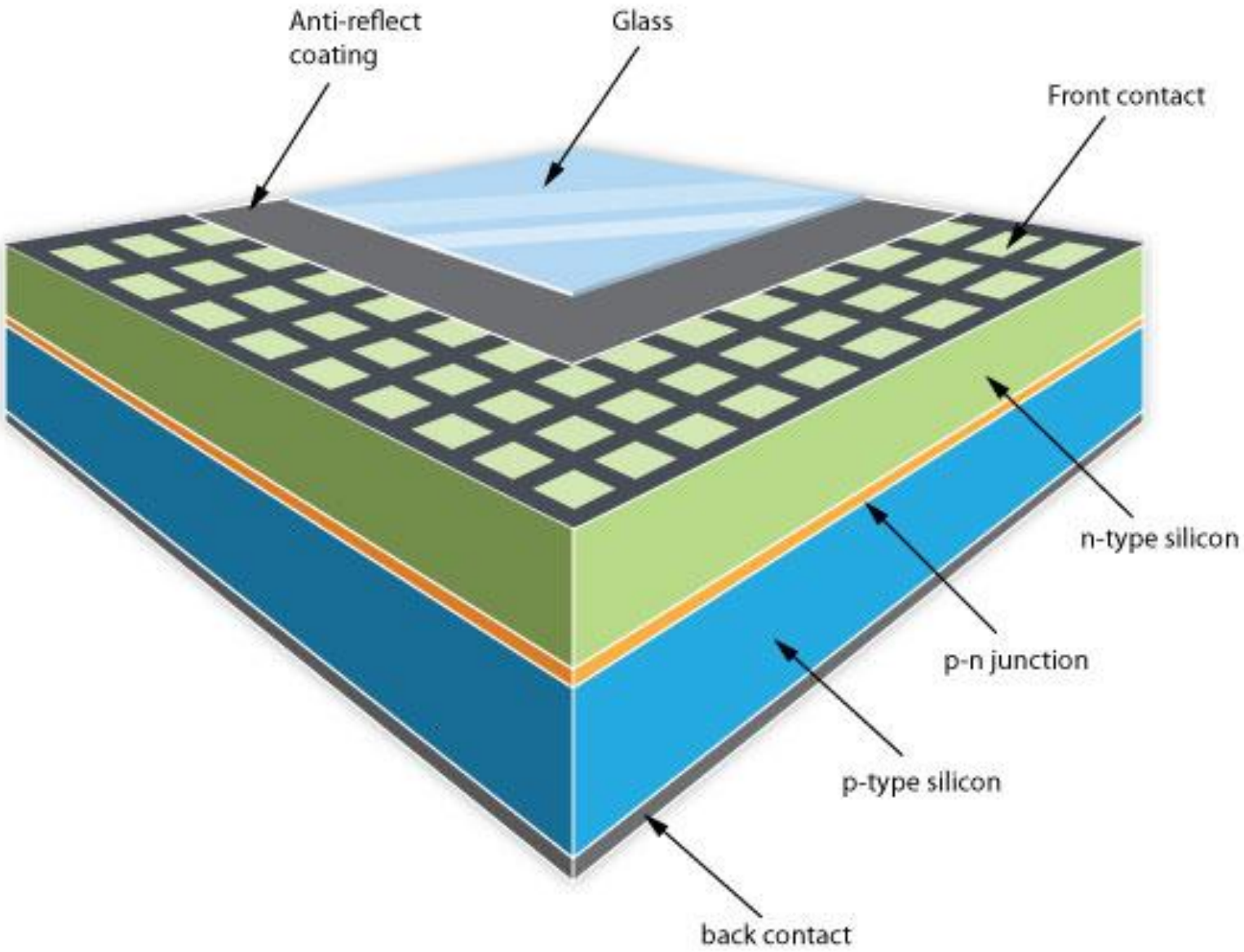
Proces umožňuje pohodlné dopování s P (polovodiče typu N):

PCl_3 se red. na P za stejných reakčních podmínek jako $SiHCl_3$



Obr. 3.60 Reaktor pro depozici polykrystalického Si z plynné fáze

Řez křemíkovým článkem:



Fotovoltaické články, materiálové složení:

1. Tvrzené sklo

2. a 4. Zapouzdřovací materiál EVA

3. Solární články

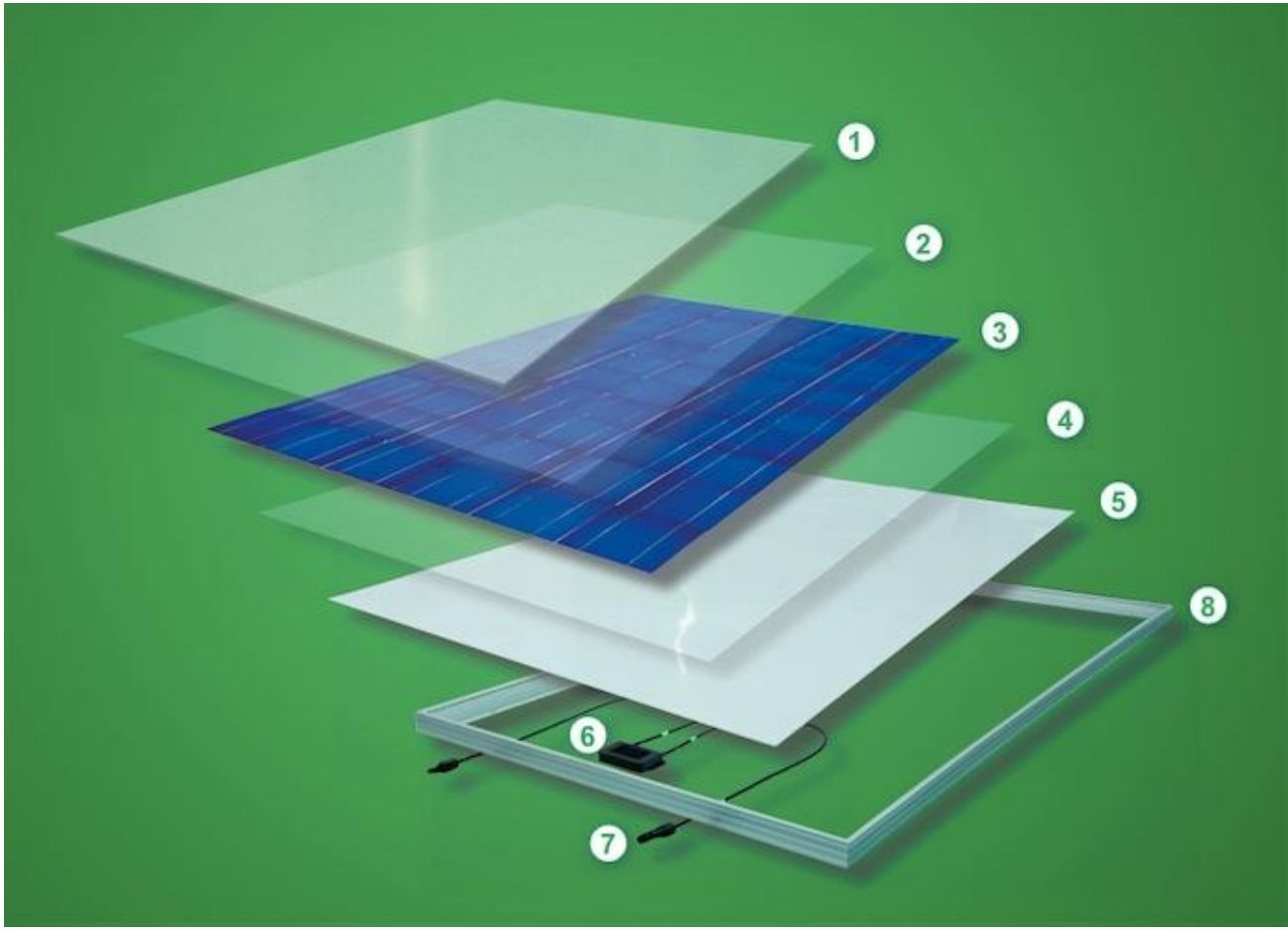
5. Ochranná polyvinyl fluoridová (PVF) fólie

6. Propojovací krabice

7. Mechanická spojka vodičů

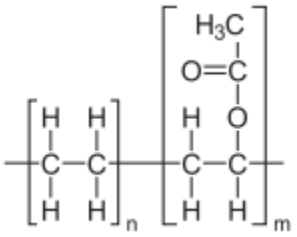
8. Duralová konstrukce

9. Silikonový těsnící tmel

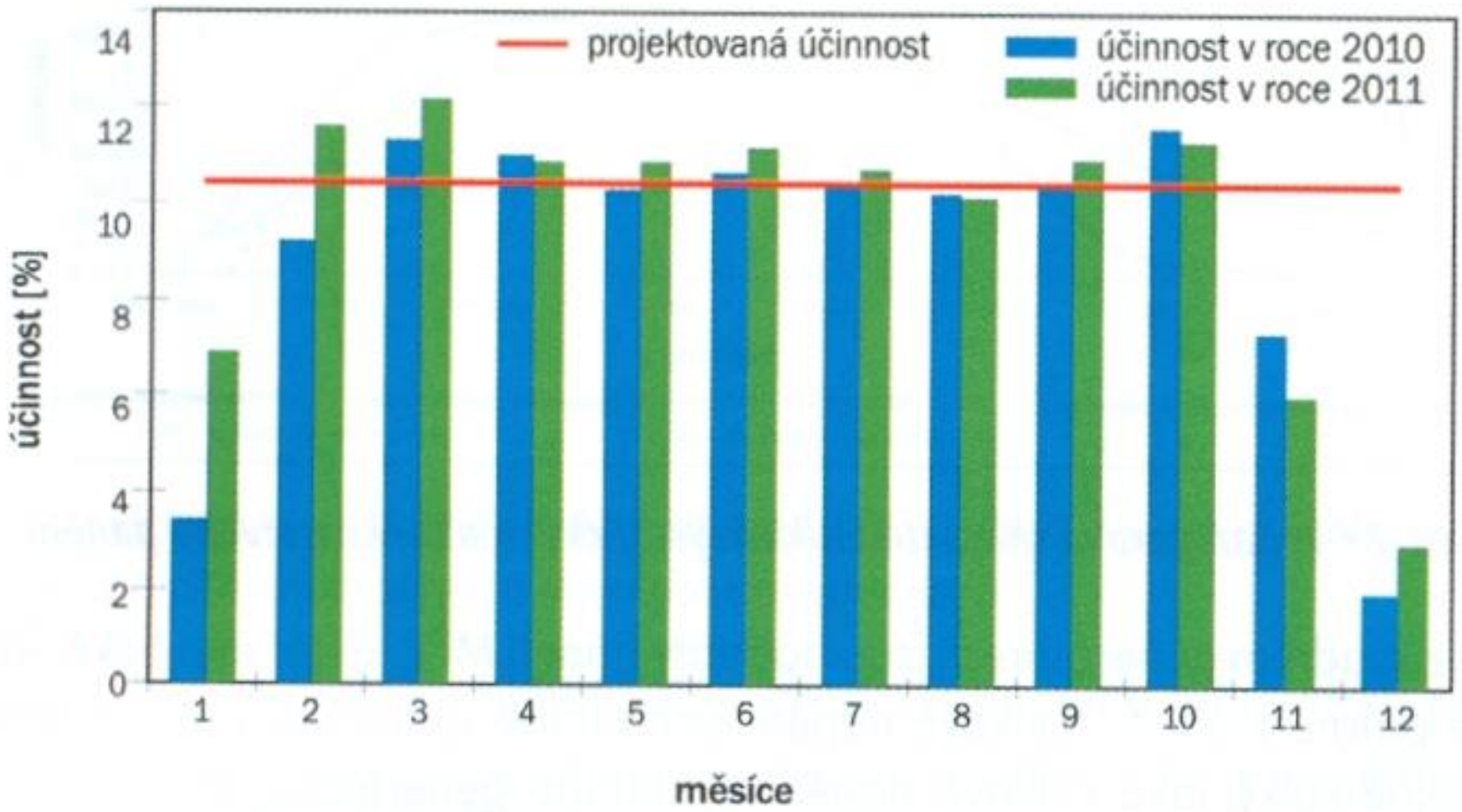


http://www.phonosolar.cz/solarni-energie/solarni-panely-phono-solar/

Materiál EVA:



Skutečná provozní účinnost FVE



Technologie tenkých vrstev amorfního Si vyráběných epitaxí, 3. generace FV článků:

- Fotovoltaický článek je tvořen nosnou plochou (například sklem, textilií a podobně), na které jsou napařené velmi tenké vrstvy amorfního nebo mikrokrystalického křemíku (tzv. epitaxí).

- Množství materiálu, použitého pro výrobu tenkovrstvého fotovoltaického článku, je nižší, než u tlustých vrstev, takže články jsou lacinější.

- Nevýhodou současných tenkovrstvých fotovoltaických článků je nižší účinnost a nižší životnost.

Výroba článků z amorfního křemíku epitaxí (napařováním):

- moduly z amorfního křemíku jsou vyráběny tak, že je ve vakuové komoře při teplotách kolem 200°C napařováním nanášena vrstva amorfního křemíku na skleněnou tabuli.

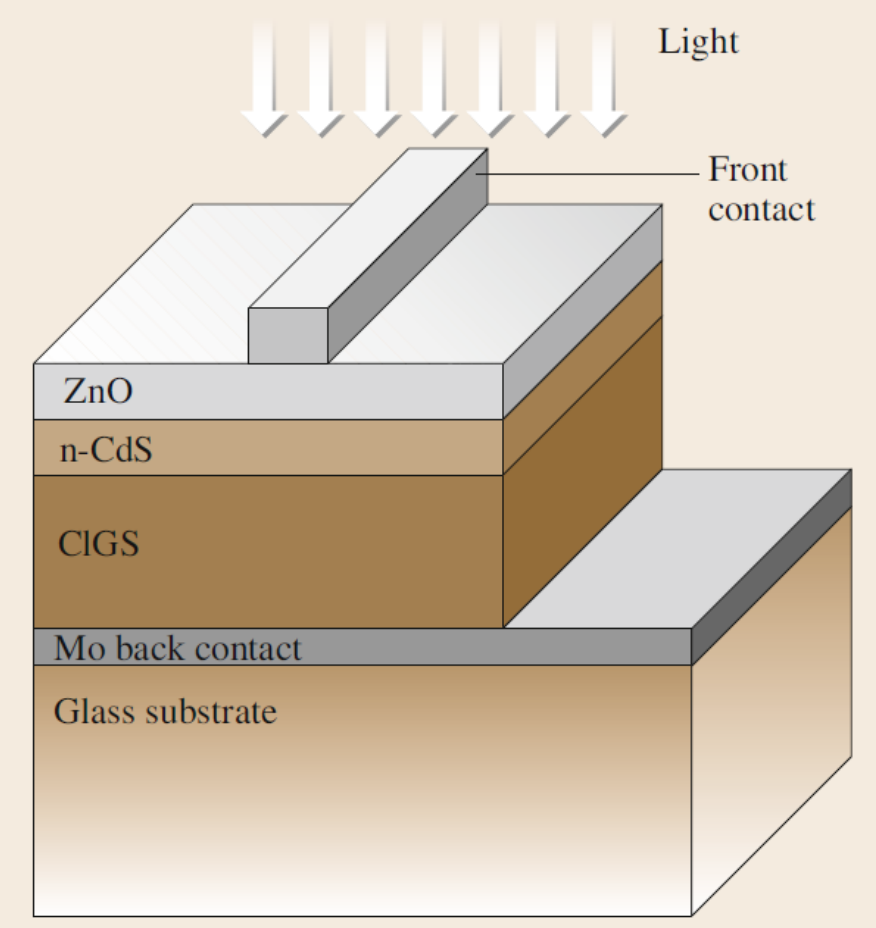
$$\mathbf{SiH_{4-x}X_x\,(g) + (x-2)H_2 \rightarrow Si\,(s) + x\,HX}$$

- Podkladovým materiálem nemusí být nutně pouze sklo, ale i plasty nebo kovové folie. Zatímco klasické krystalické články mají tloušťku cca 0,3 mm, amorfní křemík je nanášen do vrsteve nepřesahujících 0,001 mm, odtud označení "tenkovrstevná technologie".

- **Výroba amorfních modulů je levnější, méně materiálově i energeticky náročná** oproti krystalickým technologiím.
- **Amorfní moduly významně zaostávají za krystalickými v parametru účinnosti** - dosahují oproti monokrystalu přibližně poloviční účinnosti.

Aplikace tenkých vrstev při výrobě pokročilých generací FV článků využívající jiné polovodiče (fa. First Solar):

- CIGS = $Cu(In,Ga)Se_2$
- dosažené maximum η ~ 22,3%
- Depozice na levné substráty při relativně nízkých teplotách
- CIGS (p-typ), CdS (n-typ)
- Nečistoty Na^+ zlepšují vlastnosti článku, a proto se CIGS připravují na „Na-(K-Ca)“ skla.
- Příprava „ko-napařováním“ z prvků, *e*-beam napařováním z kovů a selenizací.
- **Nevýhoda: výskyt In (Se)** a zařazení vyřazených FV článků mezi nebezpečný odpad



TERMODYNAMICKÁ ÚČINNOST FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ:

	běžná účinnost	**max. laboratorní účinnost**
Monokrystalický	14-17 %	25 %
Polykrystalický	13-16 %	20 %
Amorfní	5-7 %	12 %

Množství energie získané při provozu sl.kolektoru kWh/m^2 (optimální sklon kolektoru 30^o):

Tab. 1

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	%
Global horizont	25,8	45,8	81,3	113,9	155,9	170,3	183,1	137,6	102	60	28,8	19	1123,5	
Sklon 30° jih														
Dopad. záření	35,7	62,5	99,9	126,8	161,8	170,8	187,3	149,4	124,2	80	41,2	26,2	1265,8	100
30 °C	7,8	22,7	45,8	68,4	96,1	107,3	122	94	74,9	40,5	14,5	4,2	698,2	55,2
40 °C	5,5	17,7	37,5	58	83,4	93,6	107,1	81,4	64,2	33,2	11,1	2,8	595,5	47
50 °C	3,8	13,6	30,4	48,8	71,7	81,2	93,5	69,9	54,5	27,1	8,3	1,8	504,6	39,9
100 °C	0,1	1,5	6,8	15,8	26,6	31,4	37,3	25,7	18	6	0,6	0	169,8	13,4
Sklon 45° jih														
Dopad. záření	38,6	66,7	102,1	124,2	153,1	159,1	176	144,5	125,8	84,2	44,5	28,3	1247,1	100
30 °C	10,3	26,6	48,4	66,9	89,1	97,3	112	90	76,8	44,6	17,7	5,9	685,6	55
40 °C	7,7	21,5	40,3	56,8	76,8	84,2	97,6	77,8	66,2	37,5	14,2	4,2	584,8	46,9
50 °C	5,7	17,1	33,2	47,9	65,7	72,3	84,4	66,7	56,8	31,3	11,1	3	495,2	39,7

Technická opatření ovlivňující množství získané energie:





Pevně umístěné panely - roční produkce cca 110 kWh/m^2 (100%).



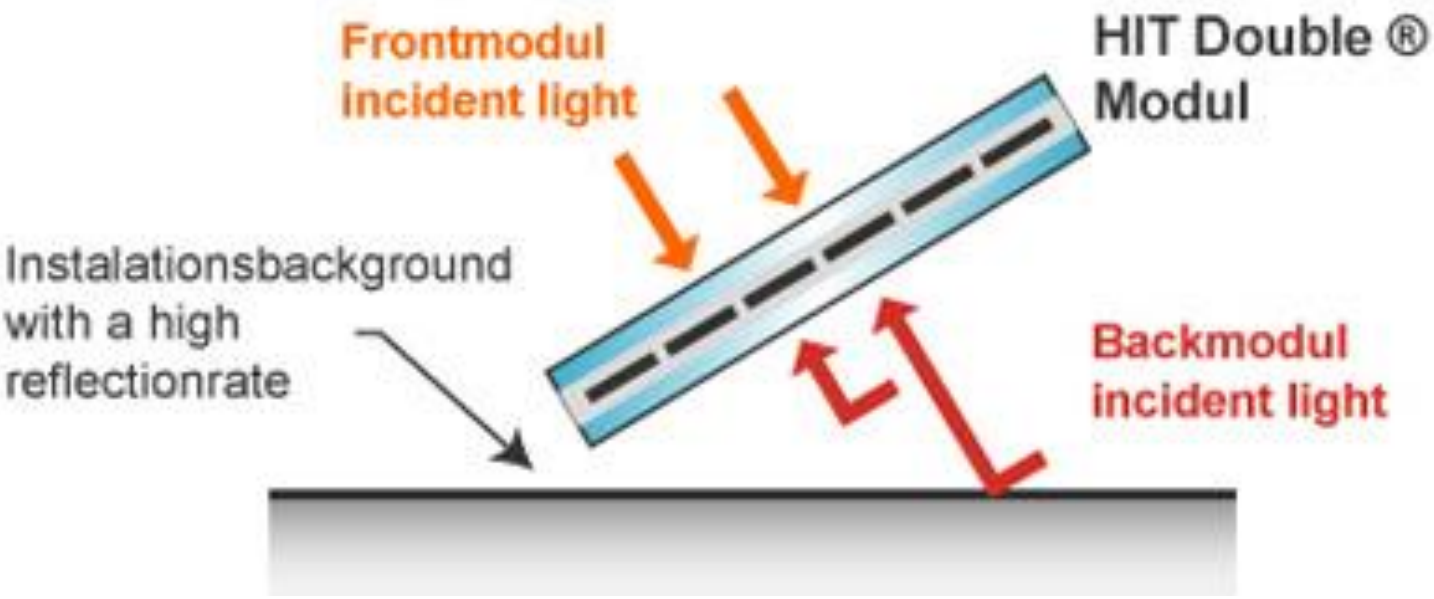


Panely s natáčením ve dvou osách - roční produkce cca 150 kWh/m^2 (136%).

Zvýšení energetických zisků:

- **Oboustranné moduly** - při instalaci článku na průhlednou podložku na něj dopadá světlo z obou stran. I když na spodní stranu dopadá jen odražené a difuzní záření, uvádí se zvýšení produkce až o 30 %.
- **Natáčení za sluncem** - pokud na článek dopadají paprsky kolmo, zvýší se výtěžnost asi o 35 %. To zajistí dvouosý polohovací systém, který však zvýší také investiční náklady a vyžaduje i údržbu a reinvestice.
- **Koncentrátory** - pro koncentraci záření lze použít čočky nebo různá korýtková zrcadla, nejlevnější jsou ovšem plochá zrcadla. Díky nim se sluneční záření "sbírá" z větší plochy a koncentruje na článek. Zrcadlo je vždy levnější než fotovoltaický článek. Koncentrátory obvykle vyžadují alespoň jednoosý polohovací systém, který udrží článek v ohnisku. Kvůli koncentraci záření je nutno také použít články, které snesou vyšší teploty. Zvýšení výnosu závisí na velikosti koncentrátoru - běžně je to několik desítek procent.
- **PVT panely** = kombinace FV panelu a solárního ohřevu využívajícího tepelné čerpadlo

Oboustranné (bifaciální) moduly - při instalaci článku na průhlednou podložku na něj dopadá světlo z obou stran. I když na spodní stranu dopadá jen odražené a difuzní záření, uvádí se zvýšení produkce až o 30 %:

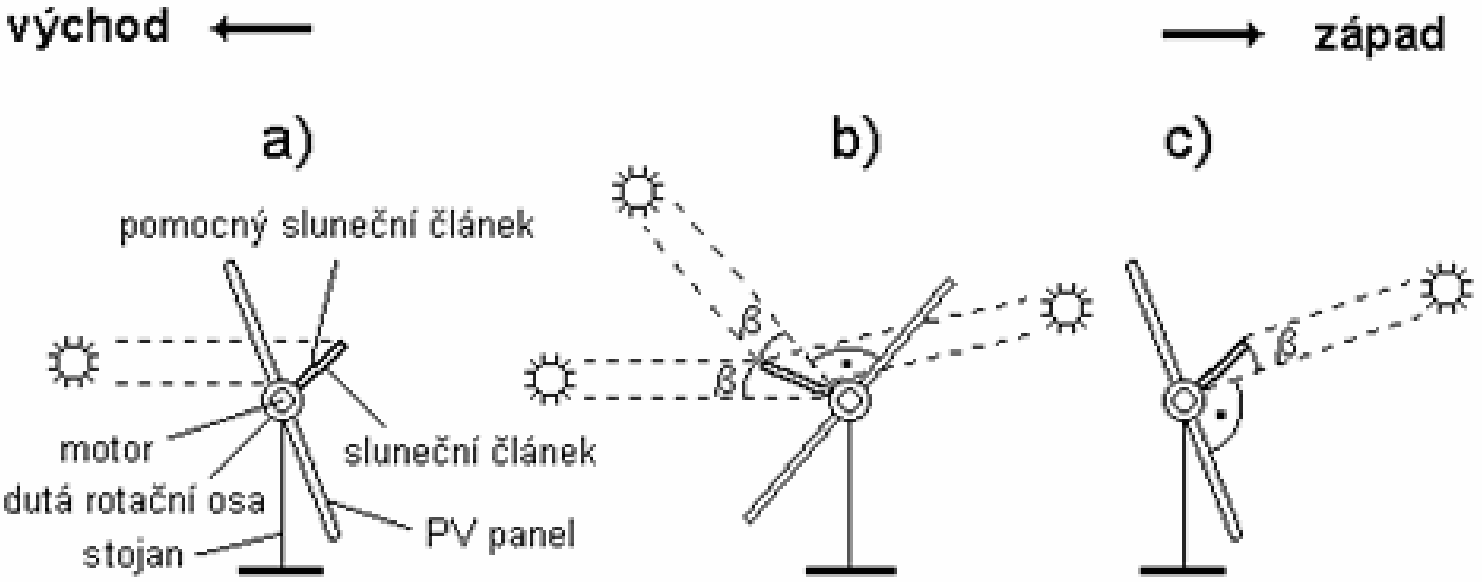




Na začátku roku 2011 byl uveden na trh nový typ panelu série HIT®2 N - HIT N230/235/240SE10. Panel Panasonic HIT – N240SE10 s účinností článku 21,6% překonal dosavadní světový rekord v sériové výrobě.

Natáčení za sluncem - pokud na článek dopadají paprsky kolmo, zvýší se výtěžnost asi o 35 %. To zajistí dvouosý polohovací systém, který však zvýší také investiční náklady a vyžaduje i údržbu a reinvestice.





Obr. 1a Obr. 1b Obr. 1c

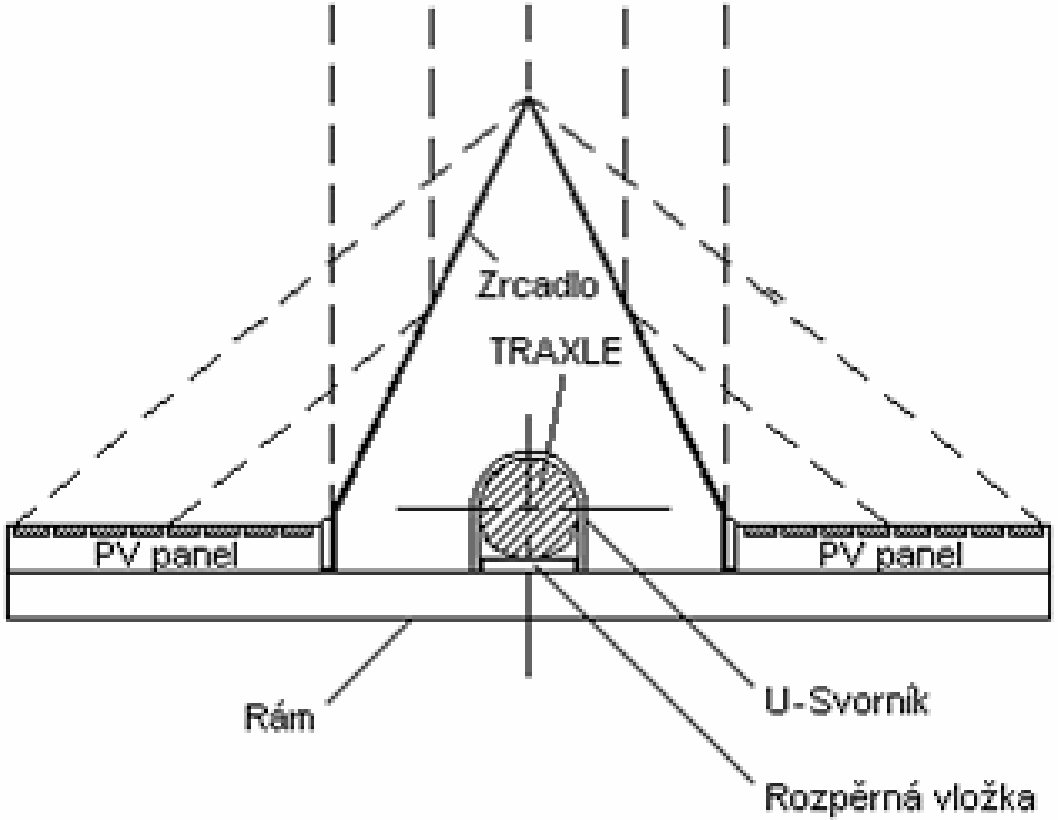
•**Koncentrátory** - pro koncentraci záření lze použít čočky nebo různá korýtková zrcadla, nejlevnější jsou ovšem plochá zrcadla.

•Zrcadlo je vždy levnější než fotovoltaický článek.

•Koncentrátory obvykle vyžadují alespoň jednoosý polohovací systém, který udrží článek v ohnisku. Kvůli koncentraci záření je nutno také použít články, které snesou vyšší teploty. Zvýšení výnosu závisí na velikosti koncentrátoru - běžně je to několik desítek procent.

	Severočeský kraj	**Jihomoravský kraj**	**Jižní Španělsko (Sevilla)**	**Tibet, Lhasa, Čína**
pevný PV systém	850	1000	2000	3000
sledovač Slunce	1000	1200	2600	4000
hřeben. koncentrátor	1200	1500	3600	4700



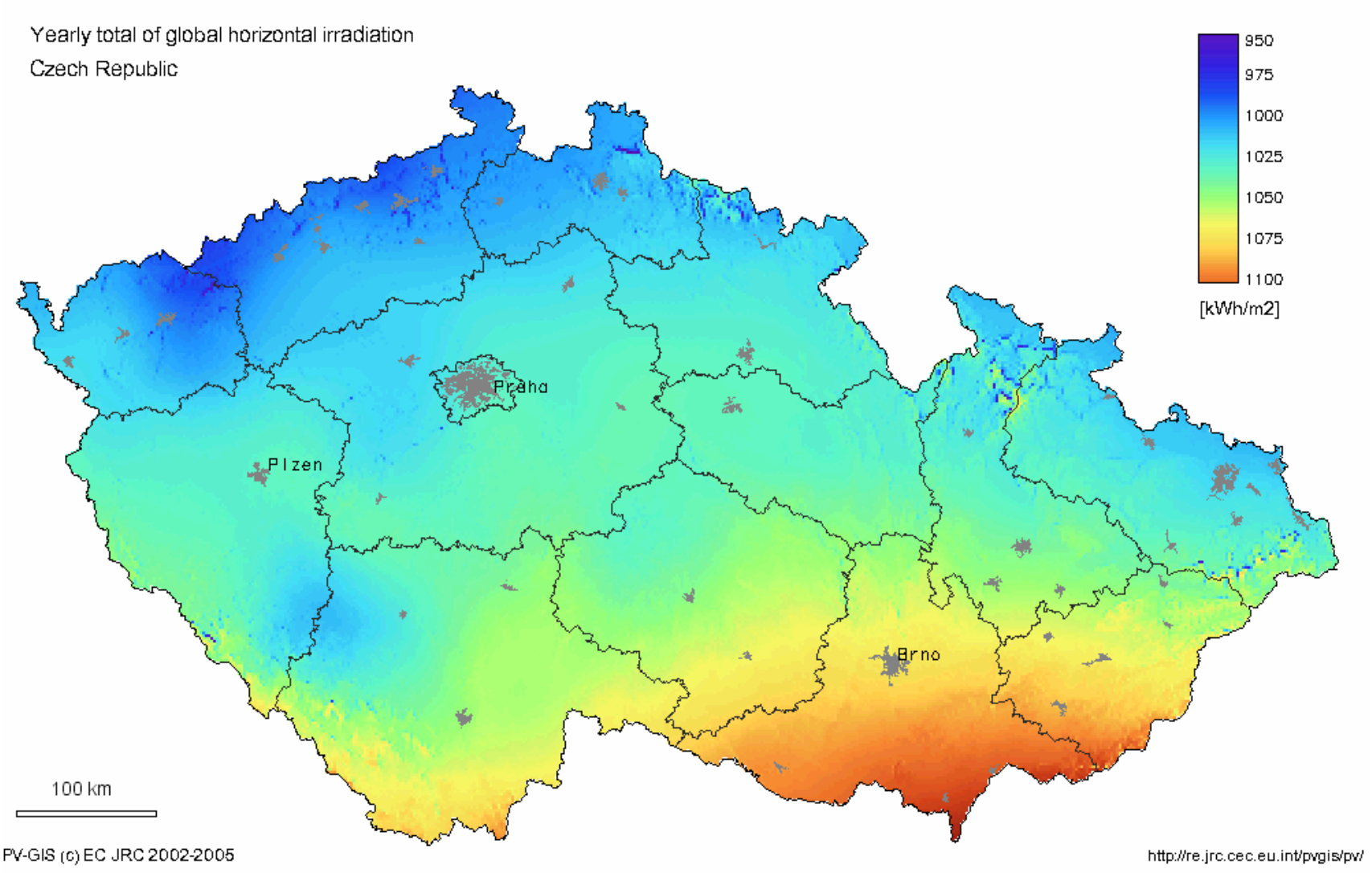


- **Solární panel ve tvaru květiny: 6500 kWh zdarma na vaší zahradě**
- **SmartFlower vyniká nejen svým estetickým vzhledem, ale i pozoruhodnou účinností.**
- **SmartFlower je vybaven důmyslným dvouosým sledovacím systémem**, který mu umožňuje sledovat slunce od východu do západu. **Tato funkce zajišťuje, že solární panely jsou vždy umístěny v optimálním úhlu pro maximální absorpci energie** a napodobuje tak přirozené chování slunečnic. Tato inteligentní schopnost sledování umožňuje zařízení SmartFlower vyrábět **až o 40 % více energie než tradiční stacionární solární panely**. V závislosti na zeměpisné poloze a slunečním záření **může systém ročně vyrobit 4000 až 6500 kWh.**

- https://www.techzpravy.cz/solarni-panel-ve-tvaru-kvetiny-6500-kwh-zdarma-na-vasi-zahrade/?utm_source=msn&utm_medium=newsfeed&utm_campaign=video

Solární panel ve tvaru květiny: 6500 kWh zdarma na vaší zahradě

Celkové roční sluneční záření na území České republiky [kWh/m^2]



Pohled na 30 MW fotovoltaickou elektrárnu v Ráječku okr.Blansko.




Ó, Pane náš , pomoz této zemi a sešli
na nás hrozné strašné ničivé krupobití !

Nová fotovoltaická elektrárna na Příbramsku ideálně využívá brownfield

http://www.phonosolar.cz/2010/08/nova-fotovoltaicka-elektrarna-na-pribramsku-idealne-vyuziva-brownfield/

V několika následujících měsících vyroste u obce Dubno na Příbramsku nová fotovoltaická elektrárna.

Pro výstavbu komplexu byl vybrán areál bývalé skládky.

Půdu v tomto prostoru by v dlouhodobém horizontu nebylo možné využít k zemědělským nebo jiným stavebním účelům.

Celá fotovoltaická elektrárna zaujme po dokončení plochu o rozloze 1,5 ha, kterou si investor k tomuto účelu dlouhodobě pronajal.

Plánovaná fotovoltaická elektrárna bude dosahovat výkonu 0,75 MW.

Škoda Auto a ČEZ postaví největší střešní solární elektrárnu v Česku — ČT24 — Česká televize (ceskatelevize.cz)

- Elektrárna bude mít téměř šest tisíc solárních modulů, jejichž celkový výkon bude činit 2,3 MW a výroba elektřiny přesáhne 2200 MWh ročně.
- Vybudováním a provozem elektrárny pověří Škoda Auto energetickou firmu ČEZ ESCO ze skupiny ČEZ, za koordinaci projektu ponese odpovědnost společnost Ško-Energo.

Zaplavené těžební jámy na v hnědouhelných lomech a navrhovaná plovoucí FVE (Sokolovská uhelná, .a.s.):



Čechům se daří budovat solární zdroje po celé Evropě, 25. 10. 2022

- **Skupina Solar Global získala minulý týden stavební povolení pro svůj první projekt fotovoltaické elektrárny ve Španělsku. Solární panely o celkovém výkonu 1 megawatt-peak (MWp) firma postaví v obci Novelda v provincii Alicante**.
- Podmínky na Iberijském poloostrově fotovoltaice nadmíru přejí. Věříme, že na první solární parky navážeme výstavbou dalších v očekávaném objemu minimálně desítek megawattů," komentuje první španělský solární projekt Vítězslav Skopal, předseda představenstva a zakladatel skupiny Solar Global.
- Zajímavosti o fotovoltaice ve Španělsku:

V roce 2022 byl celkový výkon solárních elektráren 16 tisíc megawattů, což je zhruba 4× více než v roce 2010

Do roku 2030 může výkon fotovoltaiky narůst až na 72 tisíc MW

BP-stats-review-2025-full-report.pdf

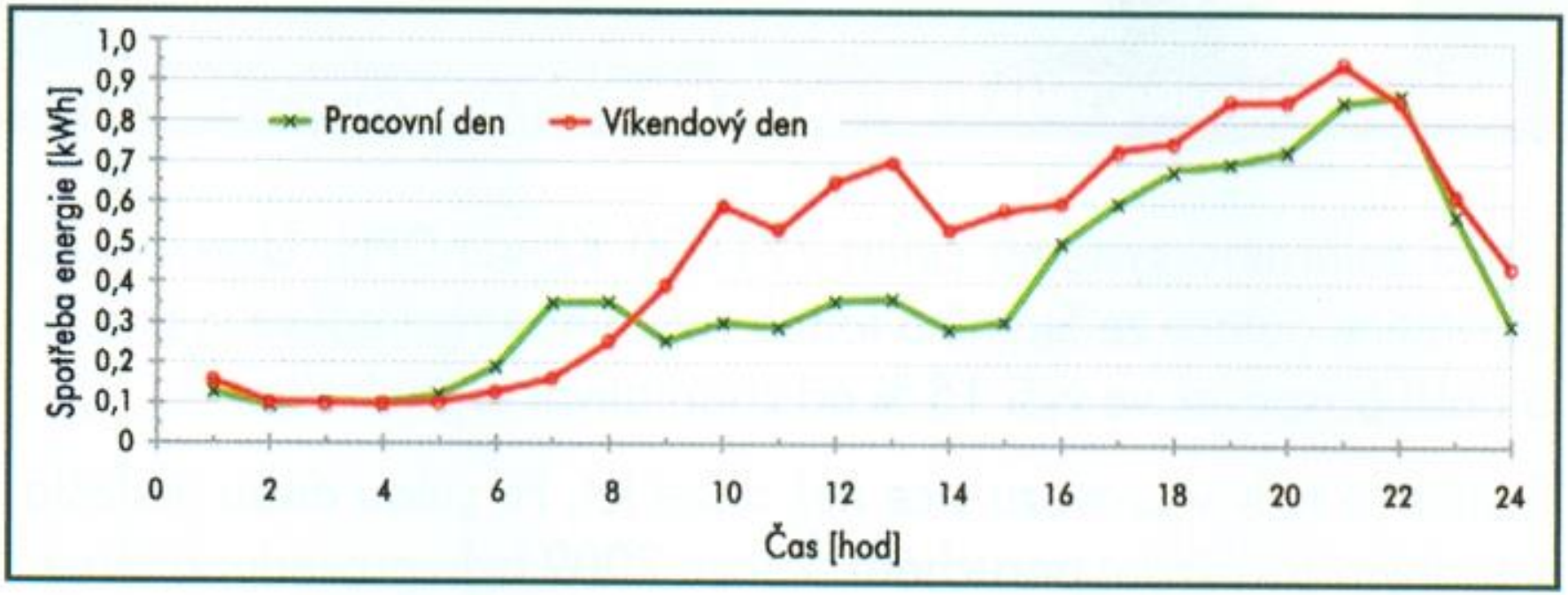
Renewable energy

Solar – Installed photovoltaic (PV) power and concentrated solar power (CSP)*

Megawatts	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Growth rate per annum 2024	Growth rate per annum 2014–24
Canada	2108	2877	3058	3419	3719	4007	4379	5261	5439	5884	**6105**	3.8%	11.2%
Mexico	174	295	606	1072	2770	6247	7158	8927	9356	10910	**11992**	9.9%	52.7%
US	18112	24237	35434	43770	51987	61587	76441	95391	114361	139205	**177470**	27.5%	25.6%
Total North America	**20394**	**27409**	**39098**	**48261**	**58476**	**71841**	**87978**	**109579**	**129155**	**155999**	**195568**	**25.4%**	**25.4%**
Argentina	14	14	14	14	196	446	768	1077	1113	1405	**1741**	23.9%	62.3%
Brazil	24	49	136	1210	2465	4706	8482	14511	25399	37940	**53113**	40.0%	116.0%
Chile	221	576	1125	1724	2298	2720	3288	4712	6902	8885	**11054**	24.4%	47.9%
Honduras	5	396	412	455	515	518	525	529	529	529	**554**	4.7%	59.6%
The Dominican Republic	15	24	71	95	191	335	386	584	735	1077	**1423**	32.1%	57.9%
Other S. & Cent. America	479	863	1044	1661	1986	2460	2800	3473	4049	4973	**5946**	19.6%	28.6%
Total S. & Cent. America	**758**	**1922**	**2802**	**5158**	**7651**	**11184**	**16248**	**24885**	**38726**	**54810**	**73830**	**34.7%**	**58.1%**
Austria	790	940	1100	1272	1457	1703	2037	2771	3757	6331	**8481**	34.0%	26.8%
Belgium	2977	3108	3291	3600	3963	4523	5453	5934	6781	8352	**9752**	16.8%	12.6%
Bulgaria	1029	1028	1030	1031	1033	1044	1100	1275	1737	2908	**3908**	34.4%	14.3%
Czech Republic	2067	2075	2068	2062	2068	2085	2124	2177	2404	3251	**4159**	27.9%	7.2%
Denmark	607	782	851	906	998	1080	1304	1704	3070	3529	**3945**	11.8%	20.6%
France	5861	6820	7319	8100	9032	10013	11133	13446	14722	17399	**21528**	23.7%	13.9%
Germany	37398	38601	39908	41404	44035	47487	51785	57463	61188	74882	**89943**	20.1%	9.2%
Greece	2596	2604	2604	2552	2591	2754	3174	4073	5104	6689	**9269**	38.6%	13.6%
Hungary	89	172	235	344	728	1400	2131	2968	4235	5910	**7699**	30.3%	56.2%
Italy	18441	18742	19116	19504	19916	20625	21359	22286	24560	29356	**36013**	22.7%	6.9%
Lithuania	67	67	68	75	89	130	244	422	738	1324	**2567**	93.9%	44.1%
Netherlands	1007	1526	2135	2911	4608	7228	11110	14823	17356	21275	**24048**	13.0%	37.3%
Poland	26	103	178	277	536	1495	3795	7091	11063	16428	**20199**	23.0%	94.4%
Portugal	417	452	533	619	717	970	1191	1817	2817	4040	**5808**	43.8%	30.1%
Romania	1293	1326	1372	1374	1386	1398	1383	1394	1809	2988	**4688**	56.9%	13.7%
Slovakia	533	533	533	528	471	590	535	537	549	593	**867**	46.2%	5.0%
Slovenia	224	239	232	247	247	278	370	461	626	1031	**1309**	27.0%	19.3%
Spain	7032	7041	7044	7053	7101	11146	12475	16056	26238	31920	**38587**	20.9%	18.6%
Sweden	60	104	153	244	428	714	1107	1606	2388	3993	**4963**	24.3%	55.5%
Switzerland	1043	1360	1617	1860	2117	2425	2875	3515	4528	6094	**7794**	27.9%	22.3%
Türkiye	41	250	834	3422	5064	5996	6668	7817	9426	11293	**19883**	76.1%	85.6%
Ukraine	819	841	955	1200	2003	5936	7331	8062	8062	8062	**5500**	-31.8%	21.0%
United Kingdom	5528	9601	11914	12751	13060	13345	13870	14261	14981	16275	**17603**	8.2%	12.3%
Other Europe	330	403	497	641	826	1207	1719	2428	3748	6763	**9613**	42.1%	40.1%
Total Europe	**90275**	**98717**	**105585**	**113977**	**124472**	**145572**	**166274**	**194387**	**231889**	**290686**	**358128**	**23.2%**	**14.8%**
Other Africa	555	456	503	766	1169	1345	1771	2270	3062	3935	**5346**	35.9%	26.0%
Total Africa	**1618**	**2114**	**3301**	**5023**	**7922**	**9279**	**10644**	**11570**	**12614**	**13516**	**15378**	**13.8%**	**25.3%**
Australia	4137	5035	5880	7242	11128	15453	19772	24396	28887	33282	**38472**	15.6%	25.0%
China	28399	43549	77819	130832	175262	204971	253864	306973	393032	609921	**887930**	45.6%	41.1%
India	3776	5697	9982	18257	27485	35250	39705	49950	63390	72859	**97384**	33.7%	38.4%
Japan	23230	34150	42040	49500	56162	63192	71868	78413	85066	89077	**91610**	2.8%	14.7%

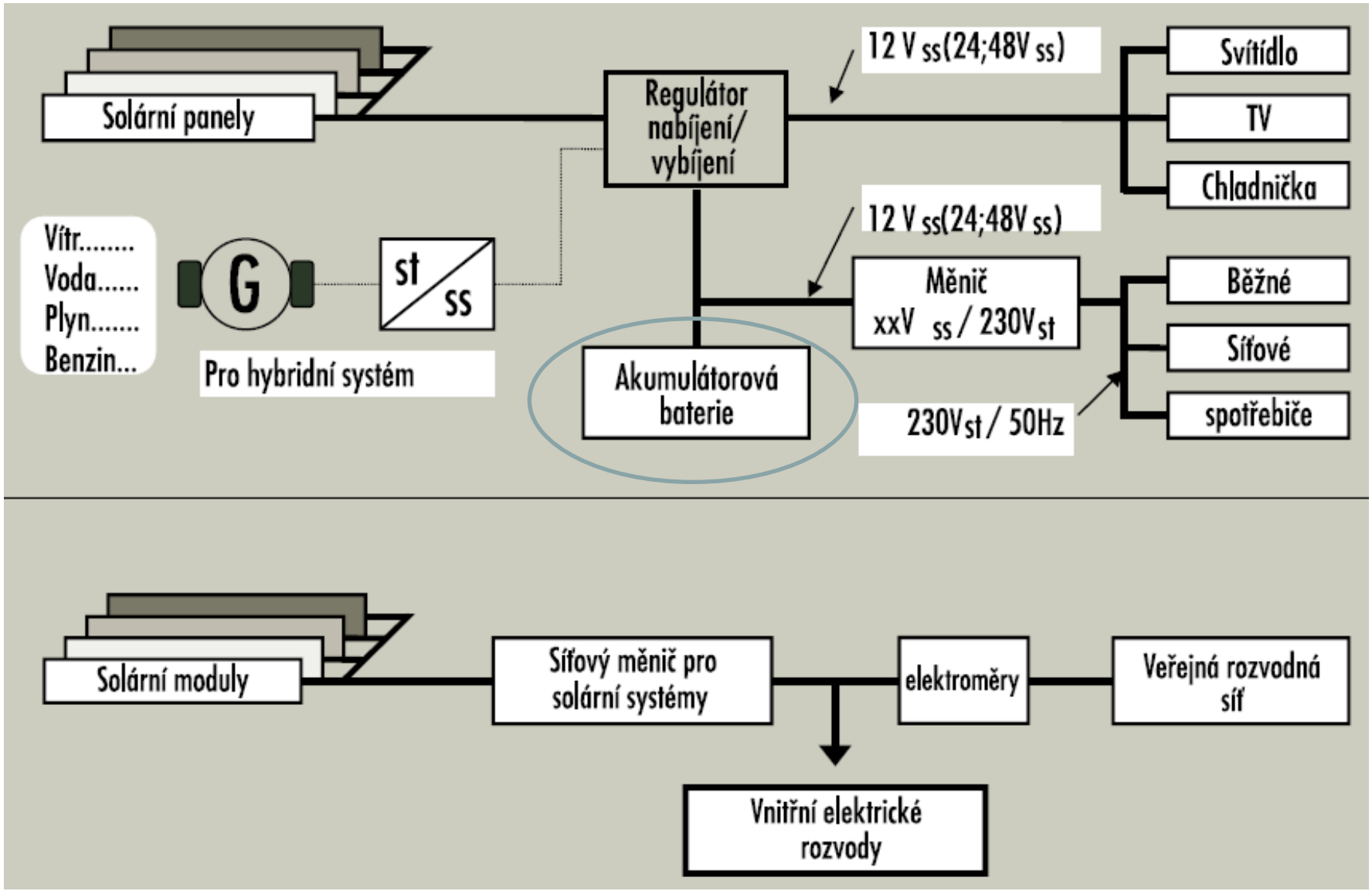
Malé solární elektrárny

Rozlišení podle toho, jestli jsou připojeny do rozvodné sítě elektrické energie nebo jestli tvoří samostatnou jednotku (tzv. ostrovní systémy)



Obr. 2 ▪ Spotřeba elektrické energie průměrné domácnosti během dne (rodinný dům) [4]

Využití elektrická energie získané ze slunce, grid-off a grid-on systémy:



Systémy připojené k síti (grid-on):

- Vzhledem k výhodným výkupním cenám se takto provozují větší systémy. Pokud je systém součástí budovy, je veškerá produkce obvykle prodávána do sítě a budova odebírá elektřinu podle vlastní potřeby, nezávisle na okamžitém výkonu fotovoltaiky.

- **Součástí systému je vždy střídač**, který přemění stejnosměrný proud z fotovoltaického článku na střídavý. Jeho životnost je obvykle kratší než u zbytku systému a je tedy nutno počítat s reinvesticí. Systémy připojené k síti fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení.

- **Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u distributora elektřiny** (ČEZ, E.ON, PRE) a je nutné dodržet dané technické parametry.

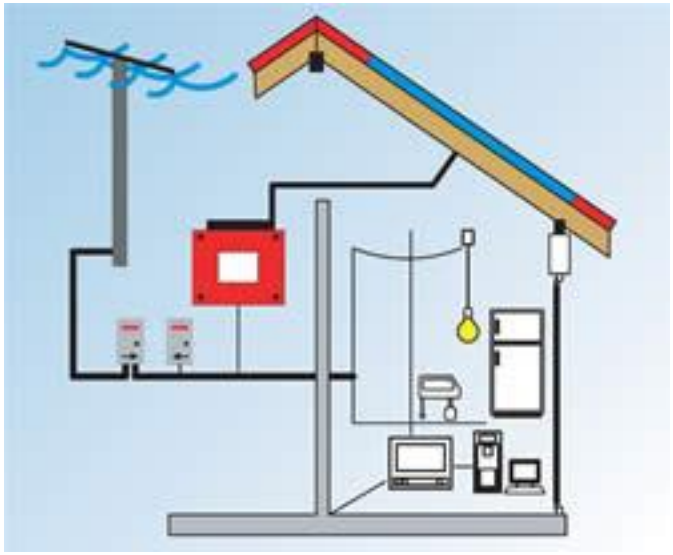


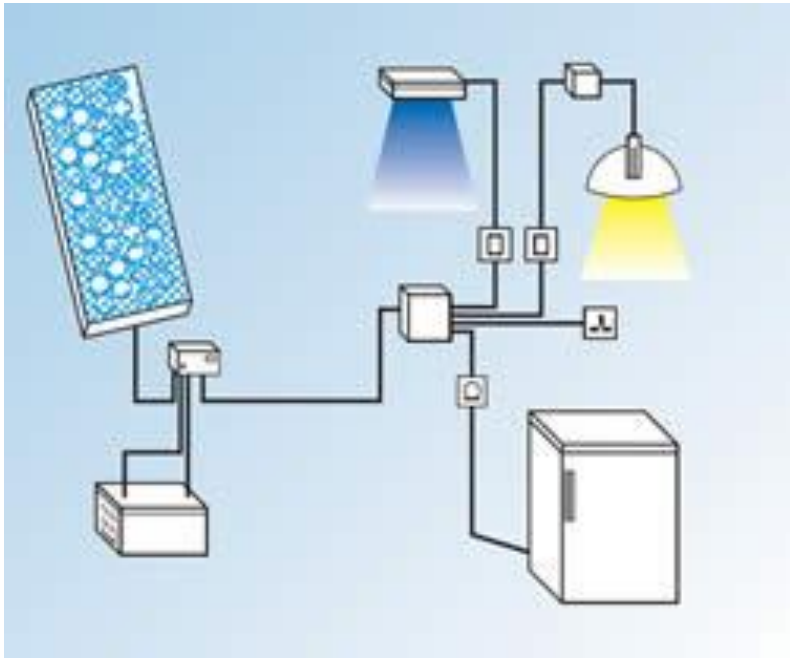
Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě.

Samostatné (ostrovní) systémy - grid off

- Fotovoltaiku lze využít i tam, **kde jsou náklady na vybudování a provoz elektrické přípojky vysoké nebo zřízení přípojky není možné**. Takové zařízení lze kdykoli snadno přemístit, bez nutnosti rozkopávat chodník pro napojení k síti.

- **U připojených spotřebičů se pak klade důraz na nízkou spotřebu energie - čím menší spotřeba, tím menší a levnější je i fotovoltaický systém.** Trh nabízí nejrůznější spotřebiče konstruované na stejnosměrný proud, od zářivek přes chladničky, televize až třeba po vodní čerpadla.

Schéma zapojení ostrovního systému:



Ekonomika fotovoltaiky instalované na pozemku rodinného domu:

- 1 m^2 fotovoltaické plochy vyrobí ročně přibližně 135 kWh elektrické energie.
- Prům. spotřeba elektrické energie v ČR dosahuje v současnosti 1218 kWh/obyv.
- V případě, že v domě bydlí čtyřčlenná rodina, kapacita zdroje na ploše 36 m^2 pokrývá veškerou potřebu elektrické energie této domácnosti.
- Výkon systému: 4,9 kWp (kilowattpeak, jednotka špičkového výkonu fotovoltaického panelu při optimálních podmínkách).
- Roční produkce: 4900 kWh
- Úspora CO_2: 4,5 tun/rok

viz. **www.eru.cz**; **www.arsolar.cz**

Osud demontovaných fotovoltaických článků?

Demontáž panelů v drtivé většině případů souvisí s pojmem „repowering“

Snahou provozovatele FVE nahradit málo výkonné zastaralé panely za modernější

=> Další využití ??? KDEPAK!

Možnosti recyklace FV panelů

Otázka ekonomického
zhodnocení frakcí, které lze získat
demontáží FV panelů

Fotovoltaické články, recyklovatelnost?

1. Tvrzené sklo

2. a 4. Zapouzdřovací materiál EVA

3. Solární články

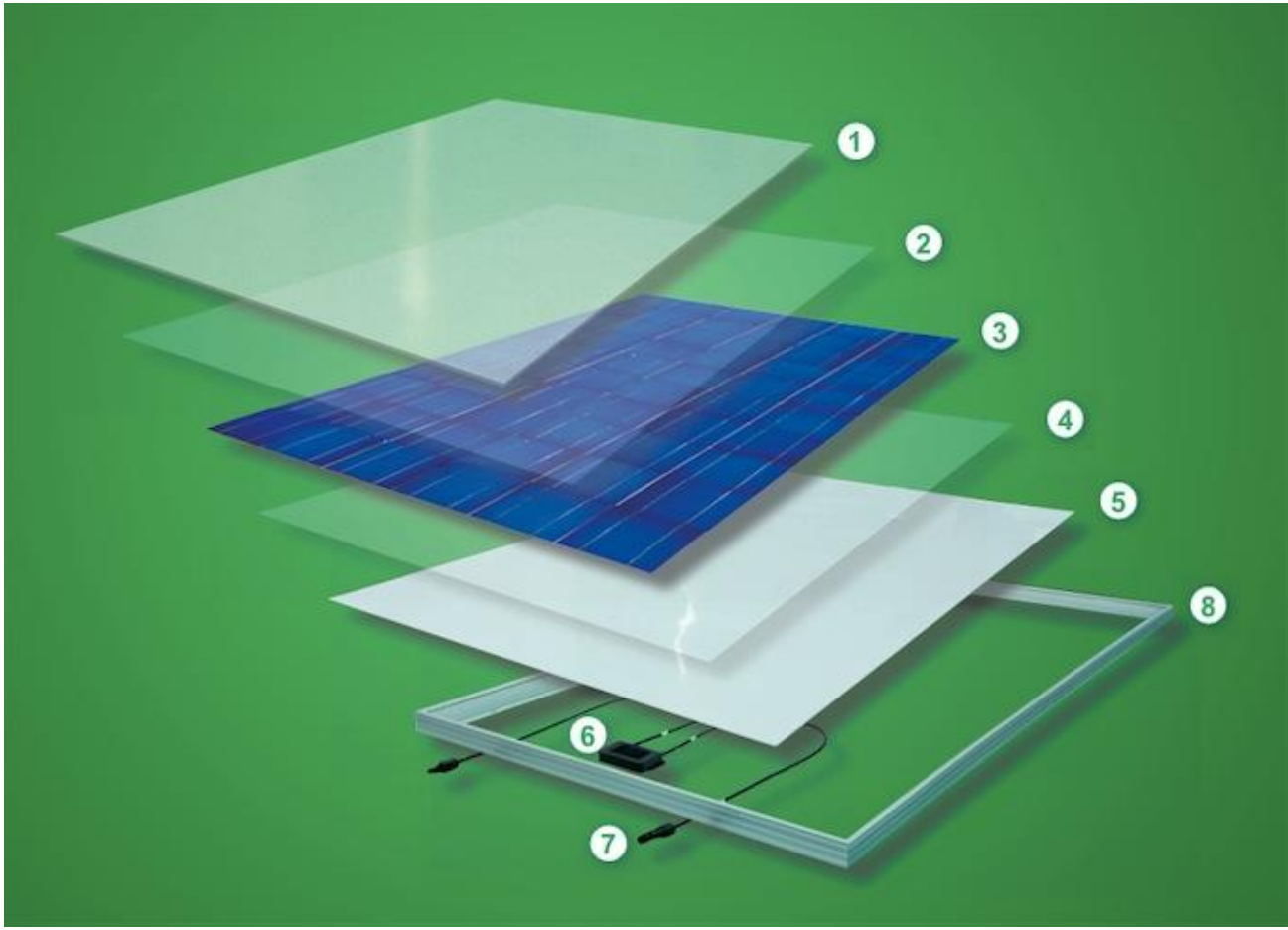
5. Ochranná polyvinyl fluoridová (PVF) fólie

6. Propojovací krabice

7. Mechanická spojka vodičů

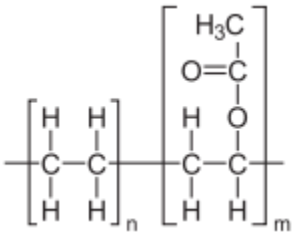
8. Duralová konstrukce

9. Silikonový těsnící tmel



http://www.phonosolar.cz/solarni-energie/solarni-panely-phono-solar/

Materiál EVA:



Tržně využitelné materiály z FV panelů:

- Hliníkový (duralový) rám
- Vodiče (Cu)
- Kabeláž, kontakty (Al ~10 hm. %, **Ag nejcennější**)
- Si (3 hm. %)
- Sklo 75 hm.% (kontaminované s Sb ☹)
- Plastový odpad má zápornou hodnotu

Zhruba platí vztah: 1 MW_p = 100 t odpadu

Možnosti recyklace FV panelů v ČR:

Systém sběru a recyklace fotovoltaických panelů
v návrhu
ZÁKONA
o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů energie a druhotných energetických zdrojů a z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a o změně některých zákonů
(zákon o podporovaných zdrojích energie)

- zavedení systému sběru vysloužilých solárních panelů
- solární recyklační společnost - § 37q „právnická osoba, která je držitelem oprávnění k provozování systému solárních panelů vydávaného ministerstvem“
- Provozovateli sluneční elektrárny se ukládá povinnost „zajistit oddělený sběr a zpracování všech solárních panelů s ukončenou životností, … a to na základě smlouvy uzavřené s jím zvolenou solární recyklační společností.“
- a povinnost „hradit solární recyklační společnosti příspěvek na zajištění plnění povinností pro oddělený sběr a zpracování solárních panelů během prvních tří let od uzavření smlouvy o společném plnění“.

Program PV cycle:

- Cíl - zavést dobrovolný program zpětného odběru a recyklace vysloužilých fotovoltaických panelů a splnit tak slib trvalé udržitelnosti.
- V době založení organizace bylo jejím členem kolem 80 % evropských producentů (43 podniky), dnes se podíl zvýšil na téměř 90 % (107 členů + 16 přidružených).
- Systém předpokládá, že zákazníci z celé Evropy budou odevzdávat vysloužilé panely u firem, které se zabývají údržbou jejich zařízení. Ty je pak budou odesílat do recyklačních závodů. Cílem je zachytit kolem 60 % panelů a ty poté zrecyklovat z 80 %.

- První pilotní zařízení na světě na recyklaci všech běžných typů fotovoltaických panelů provozuje od roku 2004 společnost Sunicon AG v saském Freibergu. Zařízení zpracuje 1200 tun materiálu ročně.
- Po roce 2015 se očekává první velká vlna vysloužilých panelů, od roku 2020 by to mohlo být již 35 000 tun ročně.

www.solarniliga.cz

Sběrná místa programu PV cycle:

REGISTERED CPs		CERTIFIED CPs
DE	59	26
IT	51	15
FR	36	22
ES	10	5
BE	9	5
UK	5	2
PT	5	1
CZ,NE	2	0
CH, AU, SL	1	0
GR	1	1
Total	**183**	**77**



V ČR:

R.S.P. Group s.r.o.
Jungmannova 724/22
110 00 Praha 1

R.S.P. Group
recyclation of solar panels

http://www.recyklace-solarnich-panelu.cz/o-spolecnosti/

Snaha o zásobení EU z FVE = projekt Desertec: 12 evropských firem chtělo v Africe vybudovat solární elektrárny za 400 miliard eur:

- **Plán** na výstavbu solární elektrárny na Sahaře**,** který by měl **v roce 2050 uhasit 15 procent evropské spotřeby elektřiny bude stát přes 10,4 bilionu korun.**
- plánovaná je **100 GW solární elektrárna v severní Africe a na Blízkém východě**
- projekt by mohl jen v Německu vytvořit na 240 tisíc pracovních míst a v polovině tohoto století by mohl vyrobit elektrickou energii v hodnotě dvou bilionů EURO.


DESERTEC-EUMENA
Koncentrovaná solární energie
Vodní elektrárna
Fotovoltaika
Bioamasa
Větrná elektrárna
Geotermální elektrárna
DESERTEC FOUNDATION
CSP collector areas for electricity
World 2005
EU-25 2005
MENA 2005
TRANS-CSP Mix EUMENA 2050

Projekt Desertec:

- Desertec měl podle původních plánů do roku 2050 vyrábět 125 GW elektrické energie. To vše za 400 miliard eur (asi 10,2 biliónu korun).

- Takové množství energie má být dostatečné pro místní potřeby a navíc zajistit vývoz „přebytků“ do Evropy, a to přes vysokonapěťové stejnosměrné kabely vedené po dně Středozemního moře.

Problémy Desertecu:

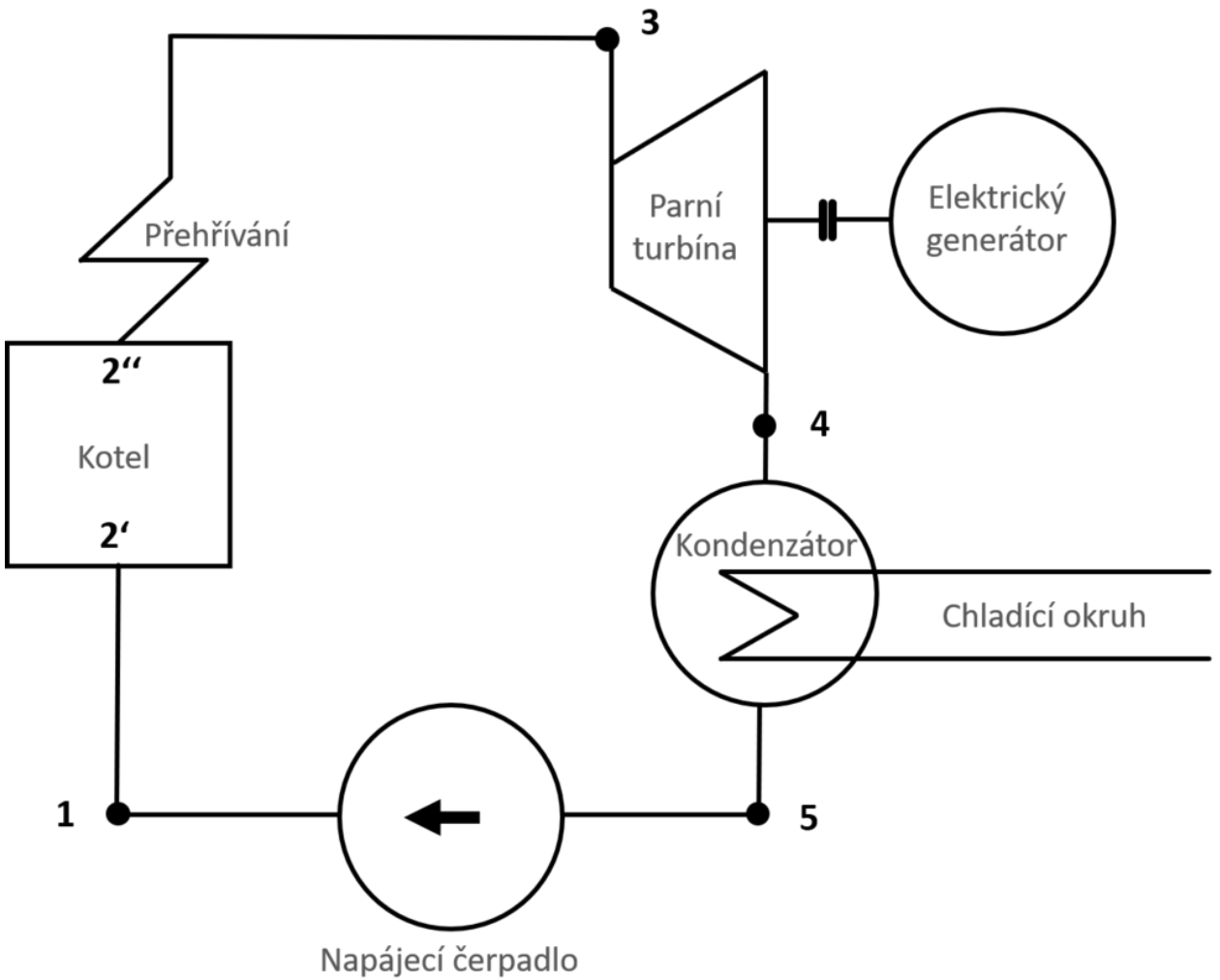
- Projekt opustil druhý významný hráč; po Siemensu záměr opustila společnost Bosch

- Desertec potřebuje velkou podporu z peněz daňových poplatníků. Veřejné rozpočty se snižují, i z toho důvodu nejsou peníze z daní snadno dostupné

- Desertec však ještě může zachránit Čína, která by mohla poskytnout důležité finance oplátkou za přístup k technologiím.

Přeměna sluneční energie na elektřinu

Rankinův cyklus (využití parní turbíny) vs. fotovoltaické články

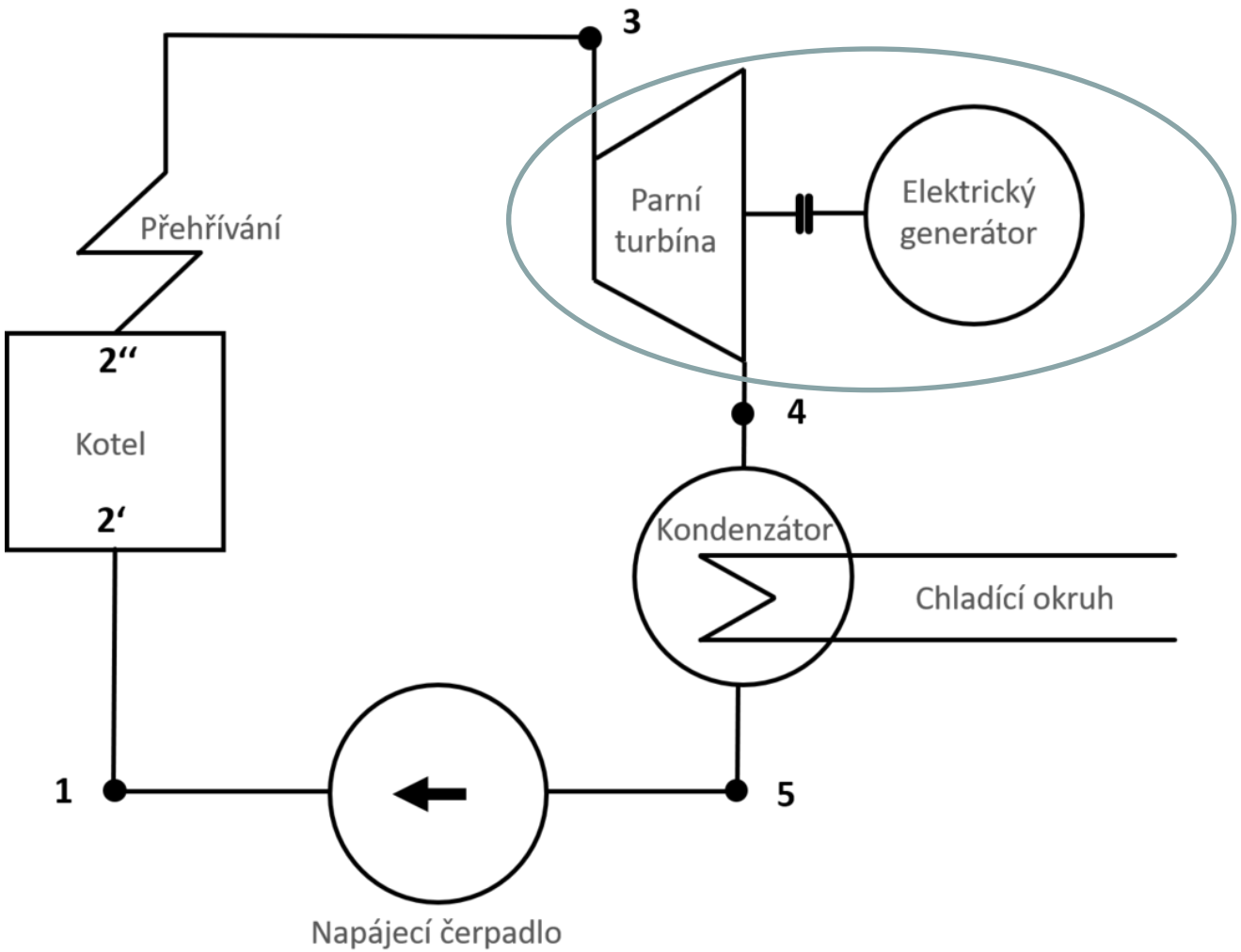


1 – napájecí voda vedena do kotle, kde se izobaricky ohřeje na stav 2‘ a následně vypaří do stavu syté páry 2“, v kotli je pak izobaricky přehřáta do stavu 3, poté proudí do parní turbíny,

Carnotova účinnost tepelného stroje:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Kde T_1 je termodynamická teplota ohřívače (zadávaná v Kelvinech),
a T_2 je termodynamická teplota chladiče (zadávaná v Kelvinech).
Účinnost vratného Carnotova cyklu závisí pouze na poměru termodynamických teplot, mezi nimiž tepelný stroj pracuje.
Účinnost není závislá na druhu použitého



1 – napájecí voda vedena do kotle, kde se izobaricky ohřeje na stav 2‘ a následně vypaří do stavu syté páry 2“, v kotli je pak izobaricky přehřáta do stavu 3, poté proudí do parní turbíny,

Parní turbína

- Točivý tepelný stroj využívající vodní páru jako pracovní médium
- Parní turbína má vnější spalování. To znamená, že se palivo spaluje mimo motor.



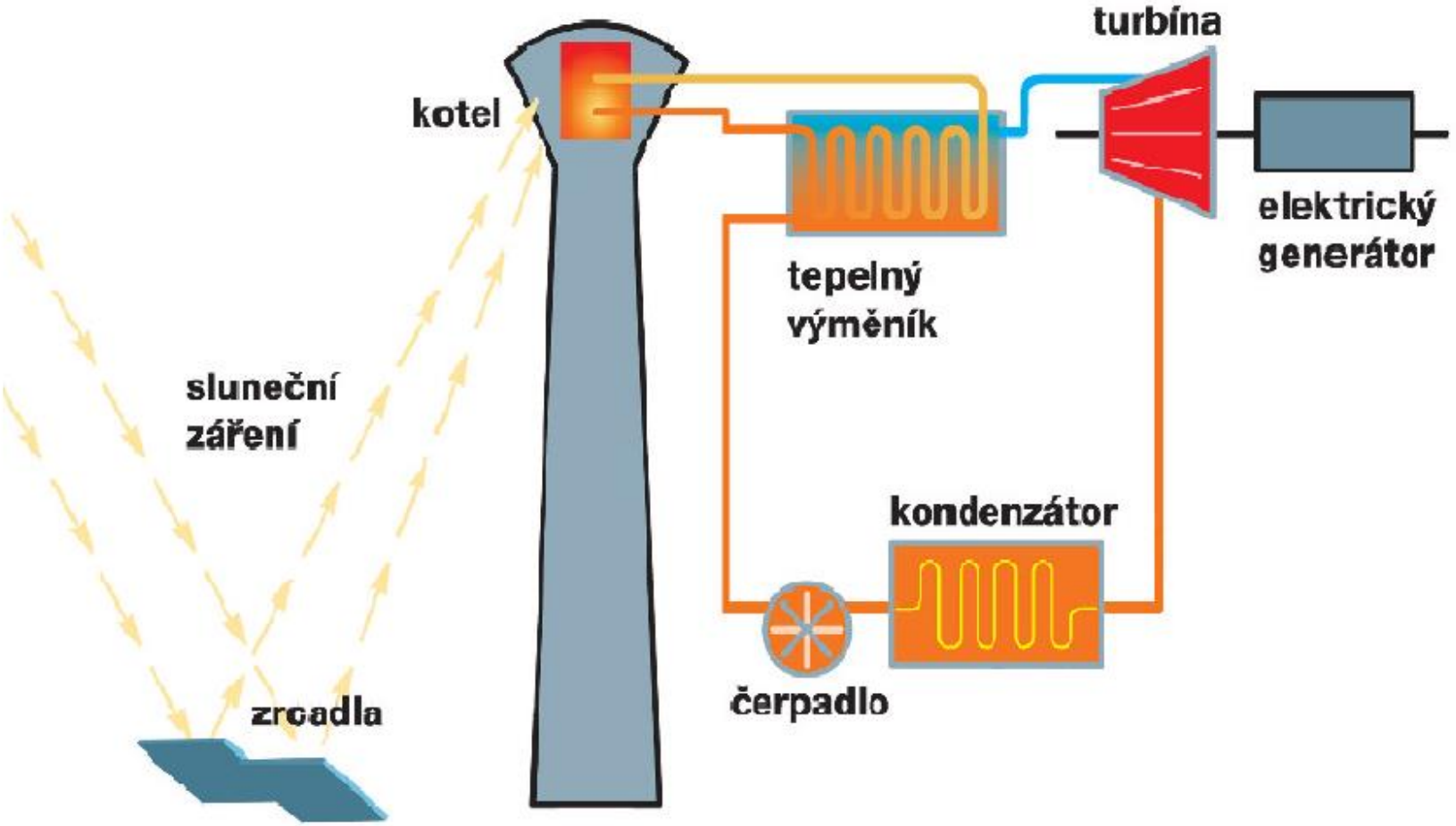
Tzv. Rankinův-Clausiův cyklus

- **Rankinův–Clausiův (parní) cyklus** je teoretický uzavřený termodynamický cyklus realizovaný především v elektrárnách, které využívají tepelných přeměn a které mají jako pracovní látku vodní páru.

Typ elektrárny	Účinnost
Uhelné elektrárny – staré	**25–25 %**
Uhelné elektrárny – moderní	**45 %**
Lehkovodní jaderné elektrárny (PWR, BWR)	30–35 %

KOBYLKA, Dušan. *Technická termodynamika s řešenými příklady*. Praha: České vysoké učení technické v Praze,

Solární elektrárna na principu Rankinova cyklu (věžová):

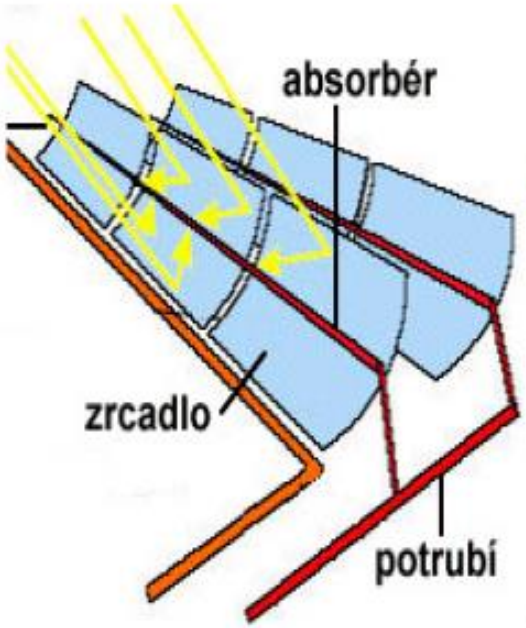


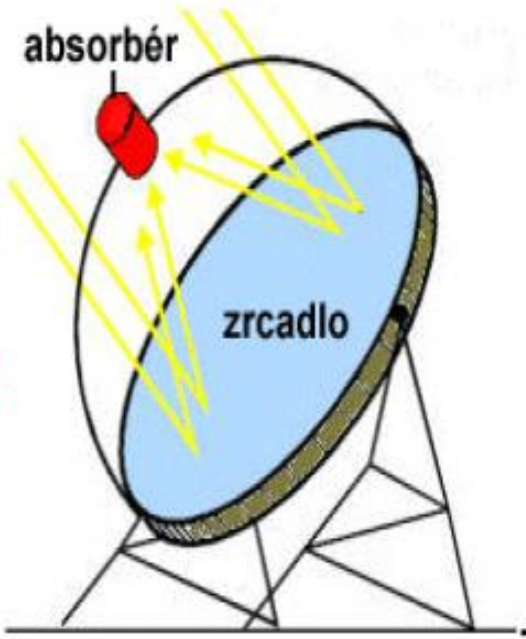


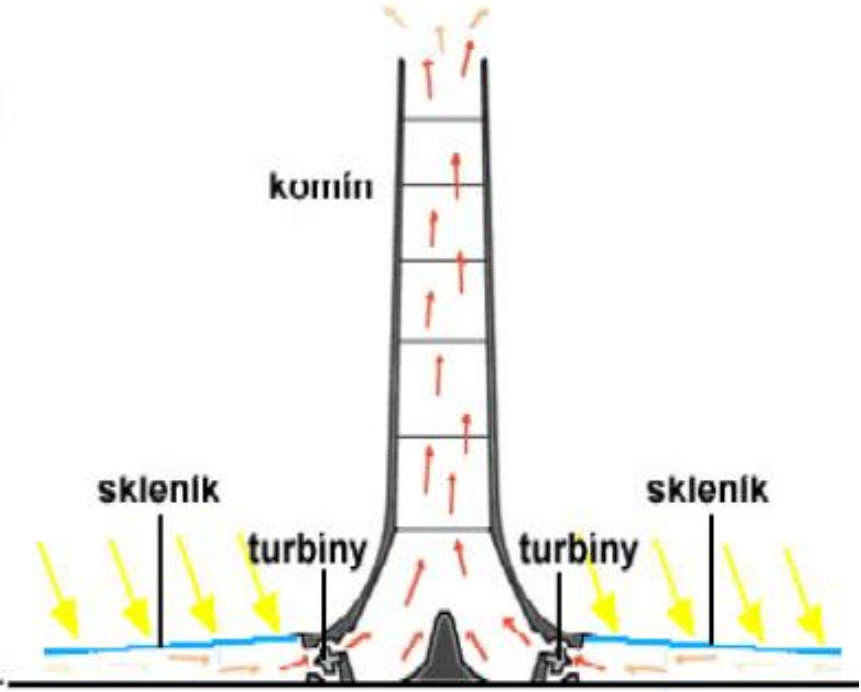


PS10, Sevilla
Configuration: 11 MW
Operation: 2007
The PS10 solar tower project in Sanlúcar la Mayor is designed to generate around 24.3 GWh/year. The solar field has 624, two-axis tracking heliostats that concentrate solar radiation on a receiver placed on top of a 120m tower.

There, solar energy is transferred to the working fluid, generating steam that is sent to a steam turbine.







Žlabový sběrač

diskový sběrač

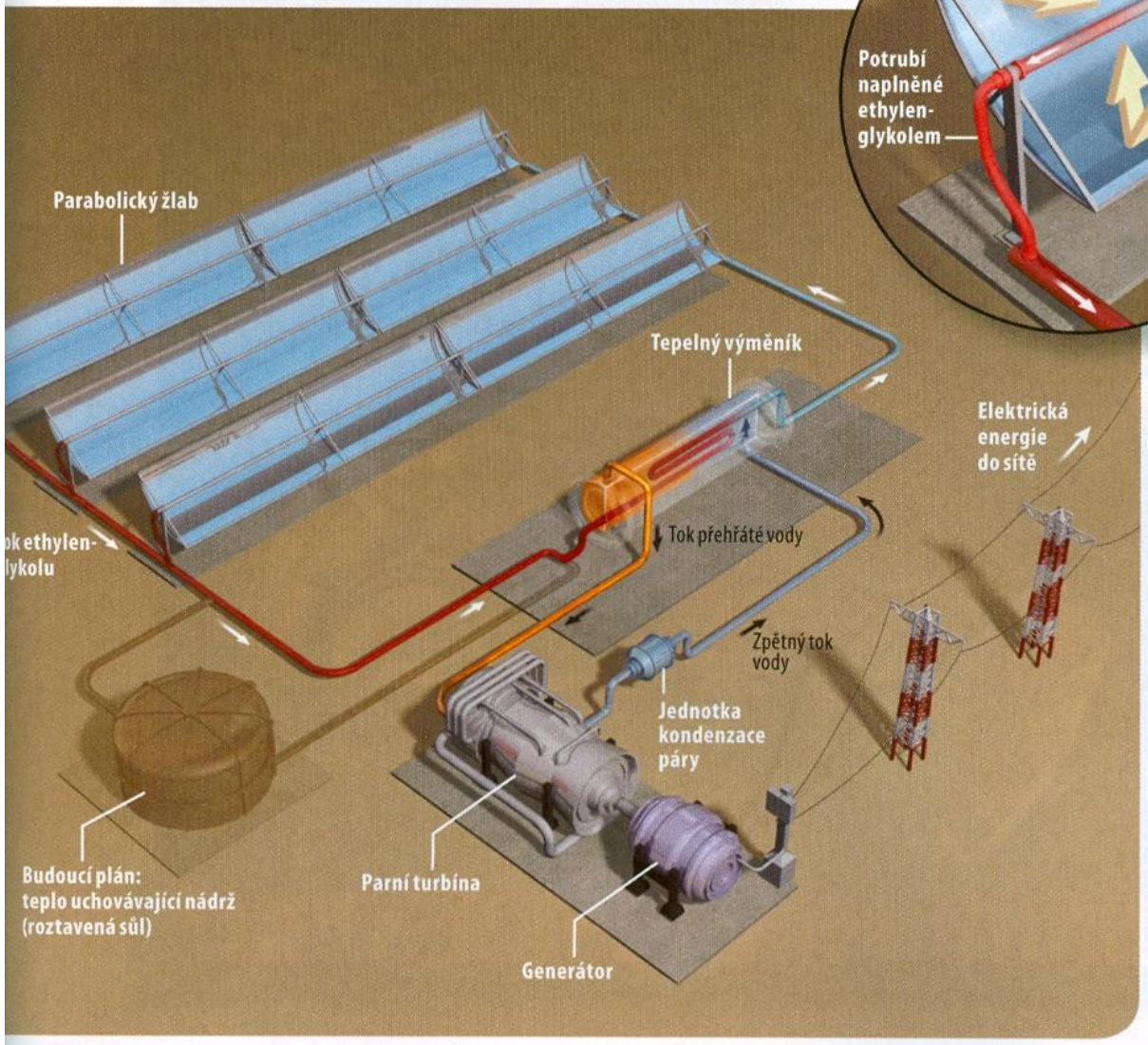
princip komínové elektrárny

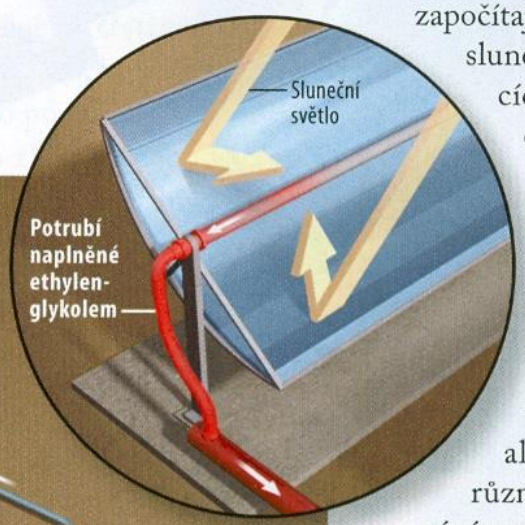
S následným zapojením do

Jedná se v podstatě o

zajistil celostátní energetickou budoucnost, nezbytnou pro dlouhodobý rozkvět země. Dotace by byly rozdělovány postupně v letech 2011 až 2020.

DON FOLEY





započítají ú
sluneč
cích
do
p
z
t
bé
ale
různé
vání a recy
lů, které jsou p
ho hlediska je
míře recyklov
ky energie ze s
telné materiály
Největší pře
vitelné energie
níze. Je to ned
neční energie j
konce takovo
prostředky. M
se měli pokusi
tické a vědecké
sluneční energ
tenciál uvědo
soběstačnosti
ho je přimějí k
jali.

Elektrárna Kramer Junction v Mohavské poušti (technologie fy. Solel)



Možnost využití solárního tepla v tzv. Stirlingově motoru

- **tepelný stroj (pístový motor) s vnějším spalováním** využívající pro svou činnost rozdílných teplot pracovního plynu
- s výhodou použitelný pro výrobu elektřiny z tepla produkovaného při spalování pevné biomasy
- je tišší a spolehlivější s nižšími nároky na údržbu než spalovací motor
- Tepelná účinnost v rozsahu od 15 % do 30 % je srovnatelná se spalovacími motory (platí pro malé motory)

Využití větrné a solární energie

Shrnutí

Výhody:

- Nulové náklady na palivo
- Solární a větrné zdroje energie se mohou vzájemně doplňovat
- Jejich přeměna na elektrickou energii obvykle není doprovázena produkcí emisí
- Jsou decentralizovaným zdrojem energie
- Zvládnutí technologií výroby solárních či větrných elektráren přináší nová pracovní místa a ekonomické výhody

LCA, zde tzv. lifecycle carbon assessment:

- velké solární parky pak během celého životního cyklu vyprodukují zhruba 48 g CO_2/kWh.
- Hodnoty pro offshore větrné elektrárny jsou zhruba 12 g CO_2/kWh,

- Pro srovnání u uhelných a plynových elektráren se tento parametr pohybuje mezi 490 až 820 g CO_2/kWh.

Nevýhody

- Zhruba poloviční životnost větrných a solárních elektráren oproti tepelným či jaderným
- Vyšší investiční náklady na jejich výstavbu
- **Kolísání výkonu těchto zdrojů energie**

Problematika akumulace energie

Možné způsoby řešení:



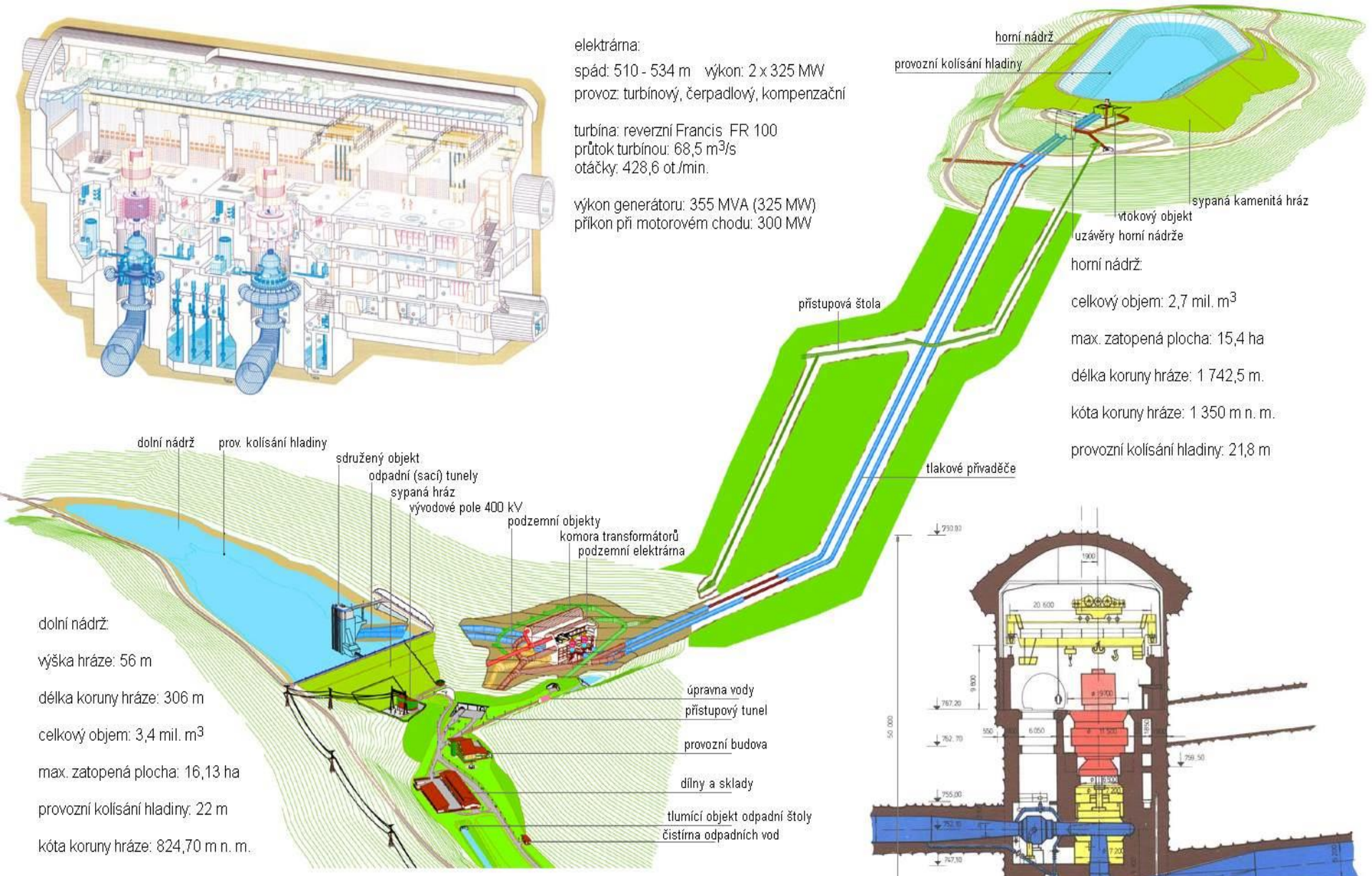
elektrárna:

spád: 510 - 534 m výkon: 2 x 325 MW

provoz: turbínový, čerpadlový, kompenzační

turbína: reverzní Francis FR 100
průtok turbínou: 68,5 m^3/s
otáčky: 428,6 ot./min.

výkon generátoru: 355 MVA (325 MW)
příkon při motorovém chodu: 300 MW



horní nádrž:

celkový objem: 2,7 mil. m^3

max. zatopená plocha: 15,4 ha

délka koruny hráze: 1 742,5 m.

kóta koruny hráze: 1 350 m n. m.

provozní kolísání hladiny: 21,8 m

dolní nádrž:

výška hráze: 56 m

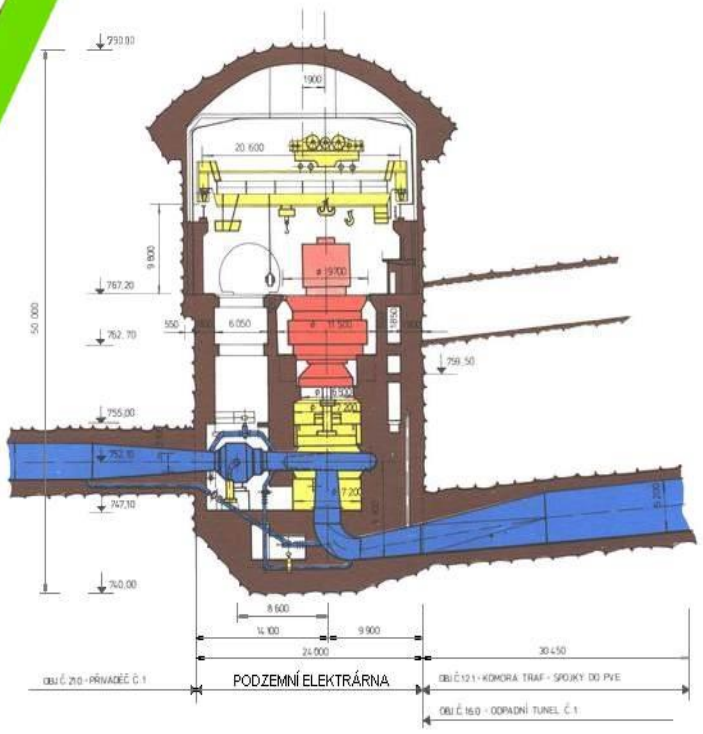
délka koruny hráze: 306 m

celkový objem: 3,4 mil. m^3

max. zatopená plocha: 16,13 ha

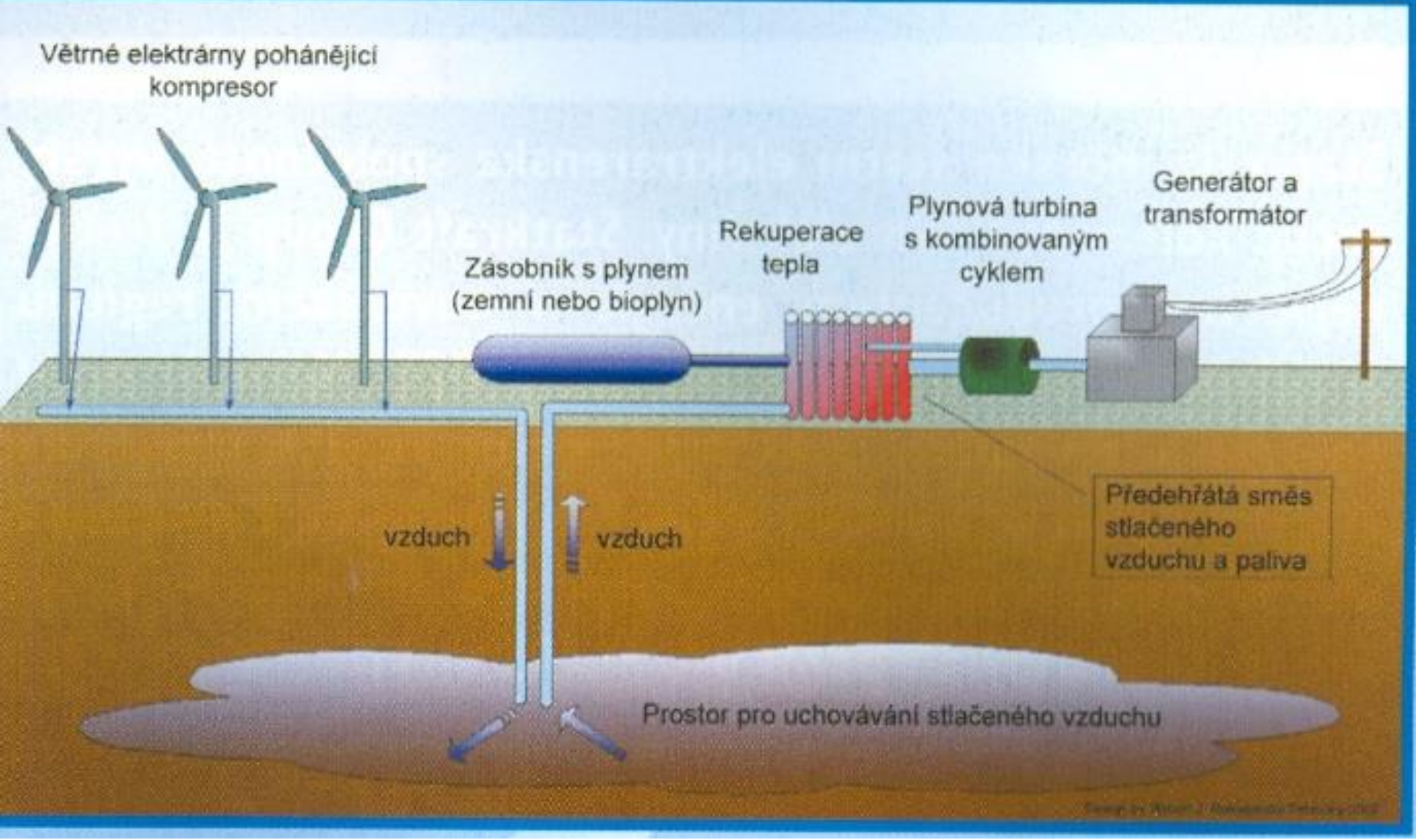
provozní kolísání hladiny: 22 m

kóta koruny hráze: 824,70 m n. m.

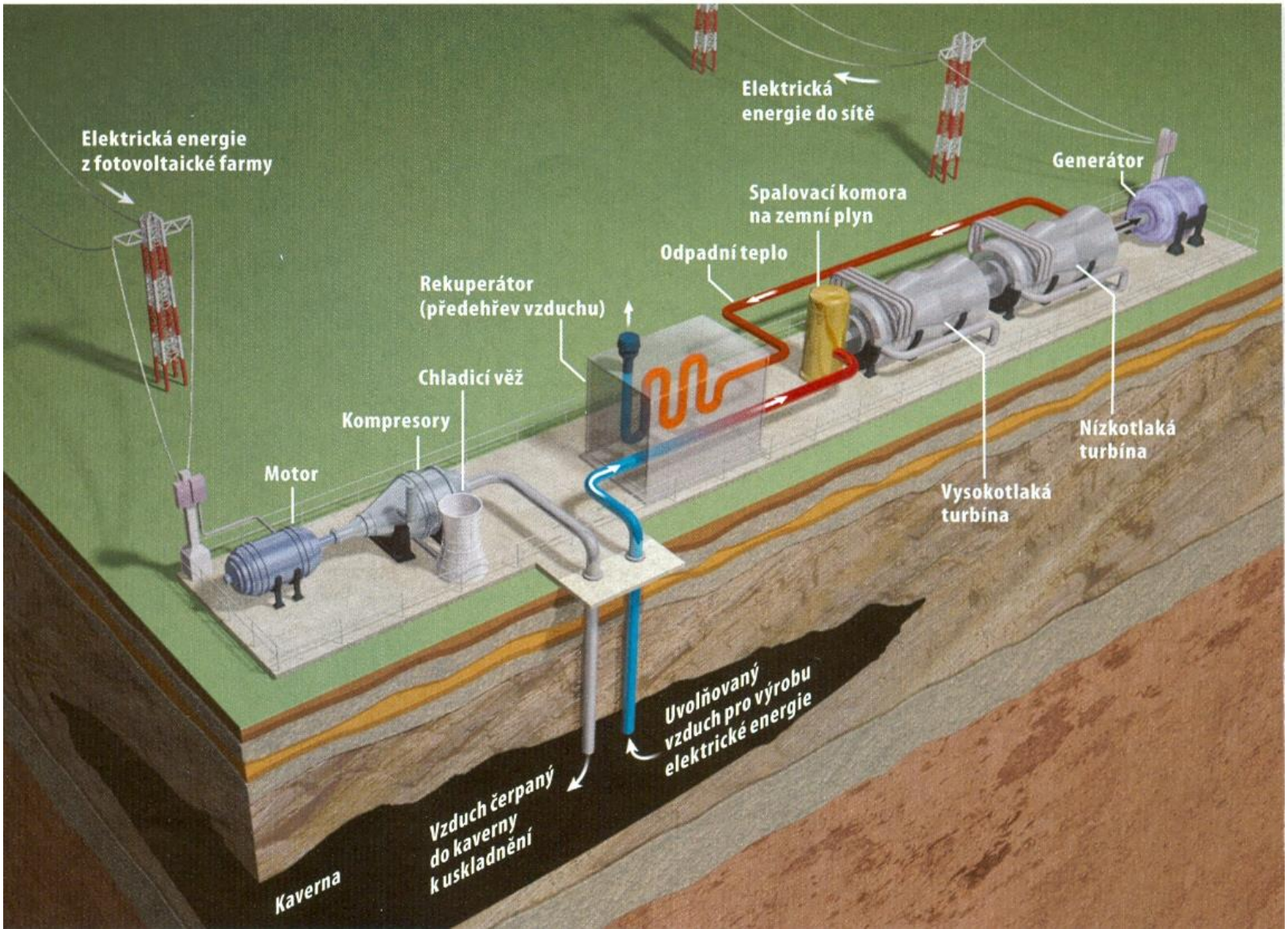


PVE Dlouhé stráně *zdr.: Pöyry Environment a.s. rev. © Jzed*

Obr. 2 • Technologie CAES umožňuje zálohovat přímo větrnou nebo nadbytečnou elektrickou energii v podobě stlačeného vzduchu



Akumulace přebytků energie formou ukládání zásob stlačeného vzduchu:



Technologie ověřována v Alabamě od r. 1991:



Bateriová úložiště el.energie:

- 23. 11. 2017: Americká společnost Tesla dokončila v Austrálii instalaci největší litihiové baterie světa. Stomegawattový akumulátor má zajistit ochranu před blackouty, neboli masivními výpadky elektřiny, a ukládat přebytečnou energii z větrných elektráren. Bude ji pak dodávat až 30 000 domácností.
- **Lithium-iontový akumulátor má výkon 100 MW**.

Bateriová úložiště el.energie v ČR:

- **Svá první bateriová úložiště elektrické energie postavily v Česku společnosti E.ON a Solar Global**. Jenže mají smůlu – do lukrativního byznysu s podpůrnými službami na stabilizaci sítě pustí stát pouze baterie umístěné v areálu uhelných elektráren či tepláren. Připomínky oborové asociace Aku-bat CZ smetl Energetický regulační úřad ze stolu. Těžit z toho budou velcí hráči jako ČEZ či EPH.
- https://www.euro.cz/byznys/baterie-jen-pro-vyvolene-na-stabilizaci-site-vydelaji-majitele-uhelnych-elektraren-1393805?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu

Ostrov Utsira (vítr 2x600 kW + výroba vodíku = akumulace přebytečné energie)



Umístění jednotlivých součástí systému: u paty větrné elektrárny je kontejner s elektrolyzérem, v popředí tlaková válcová nádrž na vodík, vpravo u plotu kontejner s generátorem, poháněným spalovacím motorem na vodík, v objektu s kónickou střiškou a odvětrávacím komínkem jsou umístěny vodíkové palivové články. V šedých buňkách v pozadí jsou umístěny přístroje řízení systému, monitoringu a regulace sítě.

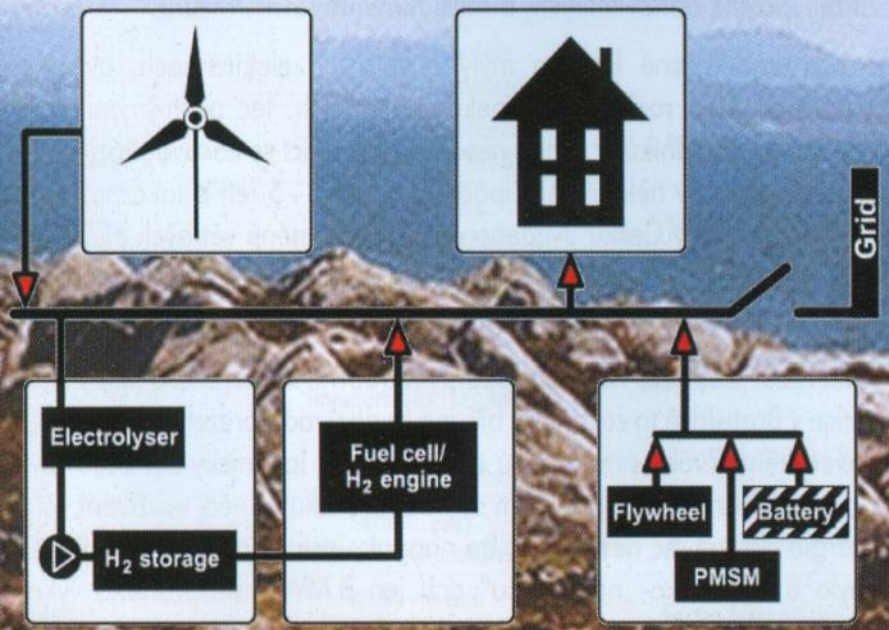
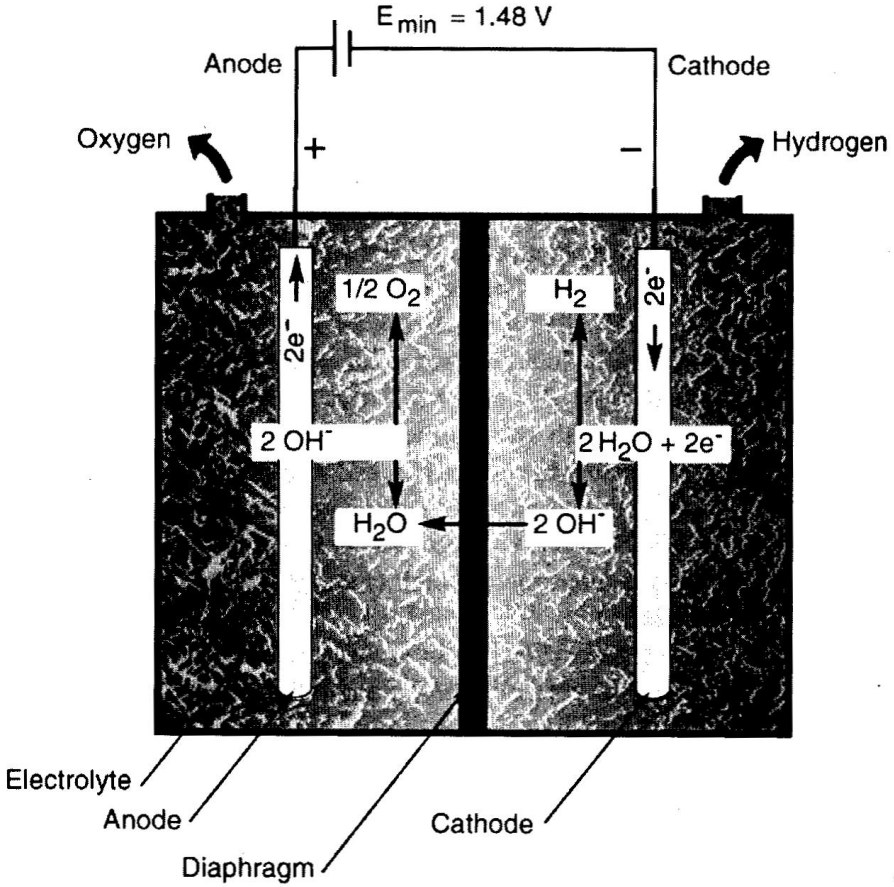


Schéma a funkce jednotlivých součástí systému vítr – vodík na ostrůvku Utsira (zdroj: prezentace Statoil Hydro)

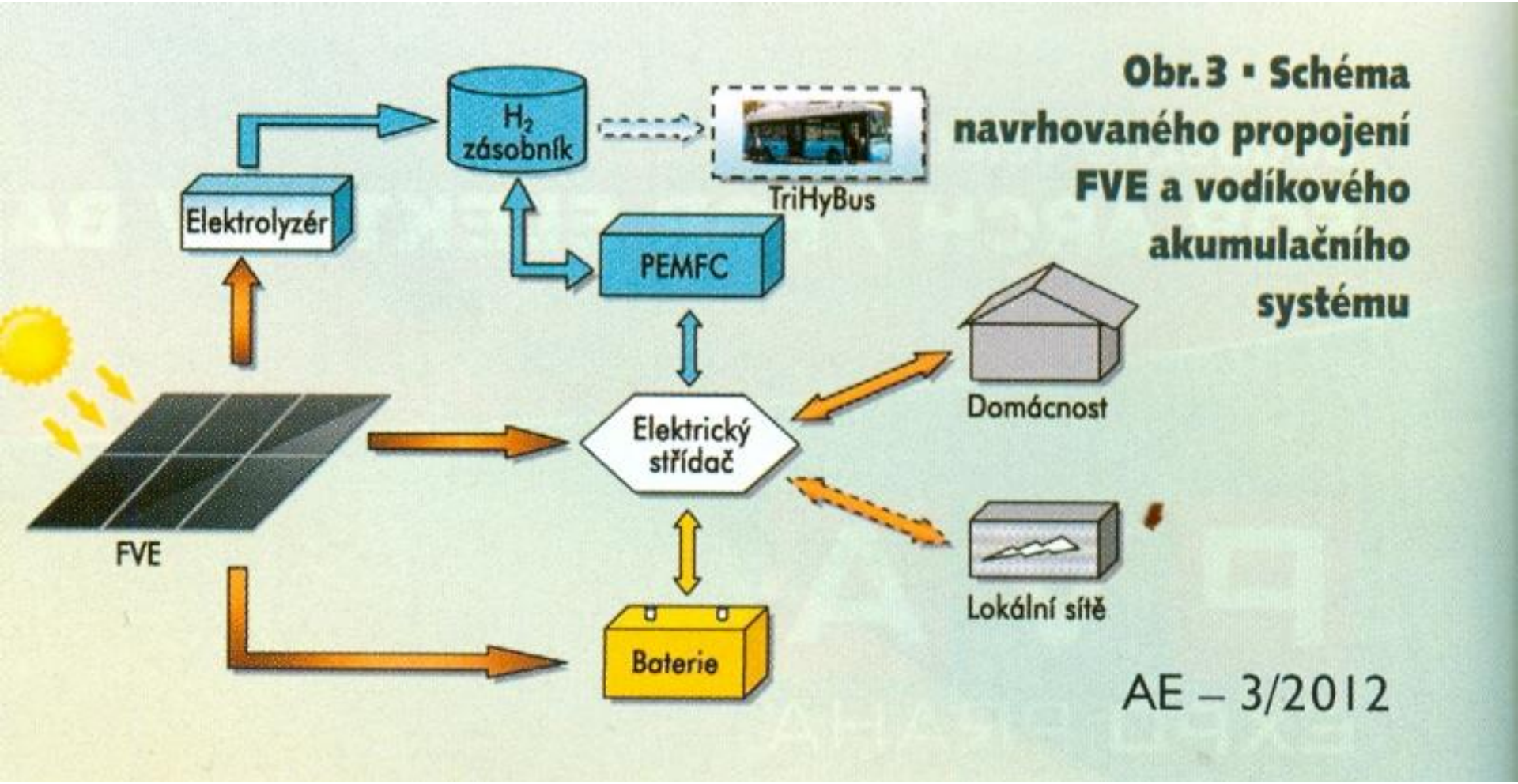
Dvojice elektráren Enercon na pobřeží ostrůvku Utsira

Zařízení pro elektrolýzu vody, skladování H_2 využití spalovacím motorem:





Možný způsob akumulace přebytků elektřiny:



Obr. 3 ▪ Schéma navrhovaného propojení FVE a vodíkového akumulačního systému

Zařízení	Parametr	Hodnota
Fotovoltaické panely	Výkon polykrystalických panelů	12 kWp (230 W/panel)
Li-Ion baterie	Kapacita baterií	45 Ah (2,2 kWh)
Elektrolyzér s protonvýměnnou membránou	Příkon elektrolyzéru	6,3 kW
Palivový článek s protonvýměnnou membránou	Výkon palivového článku	4 kW
Vodíková zásobní nádrž	Skladované množství	10 kg (při 5–15 bar)

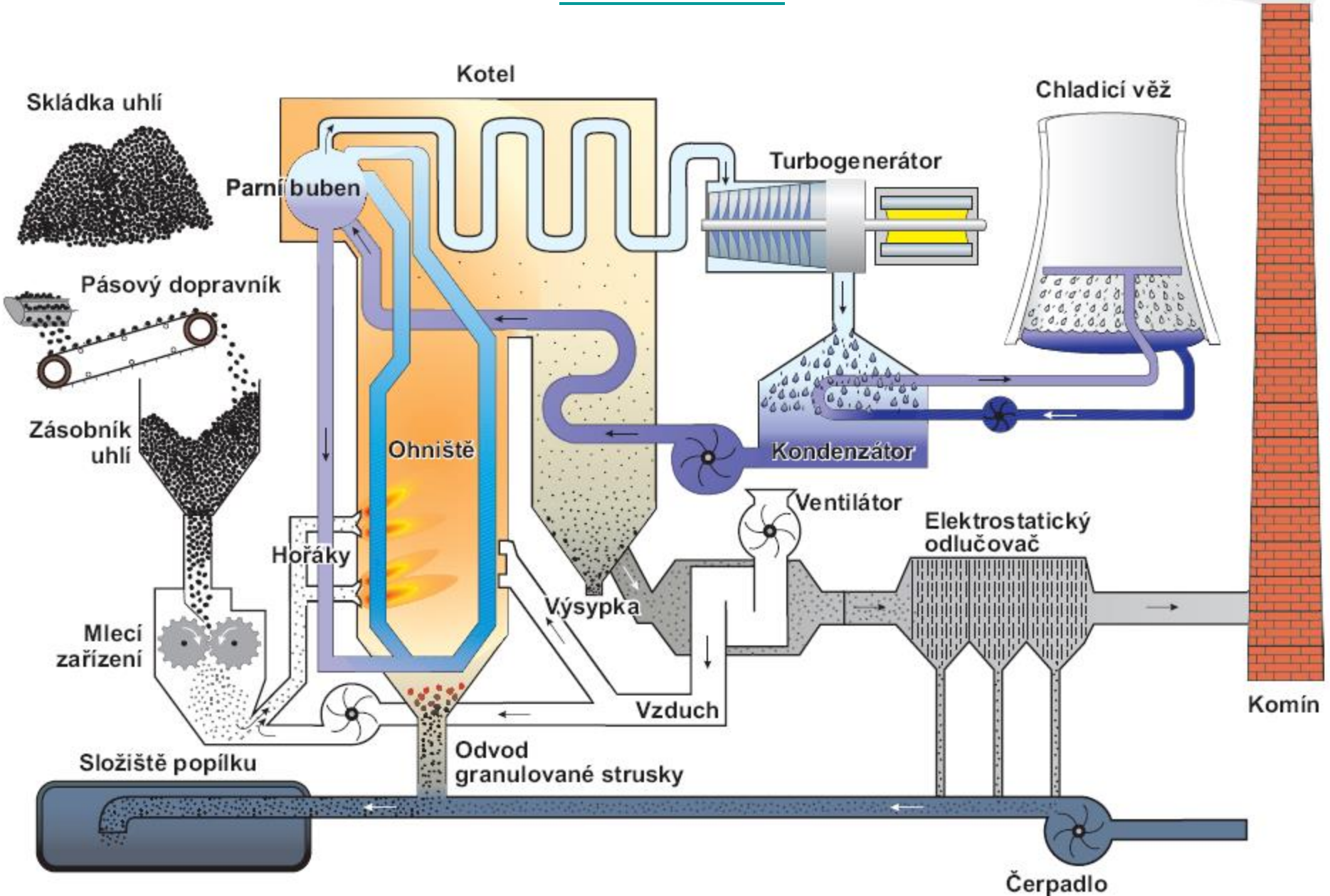
Tabulka ▪ Parametry jednotlivých částí navrženého systému

Získávání tepla a elektrické energie s využitím energie paliv

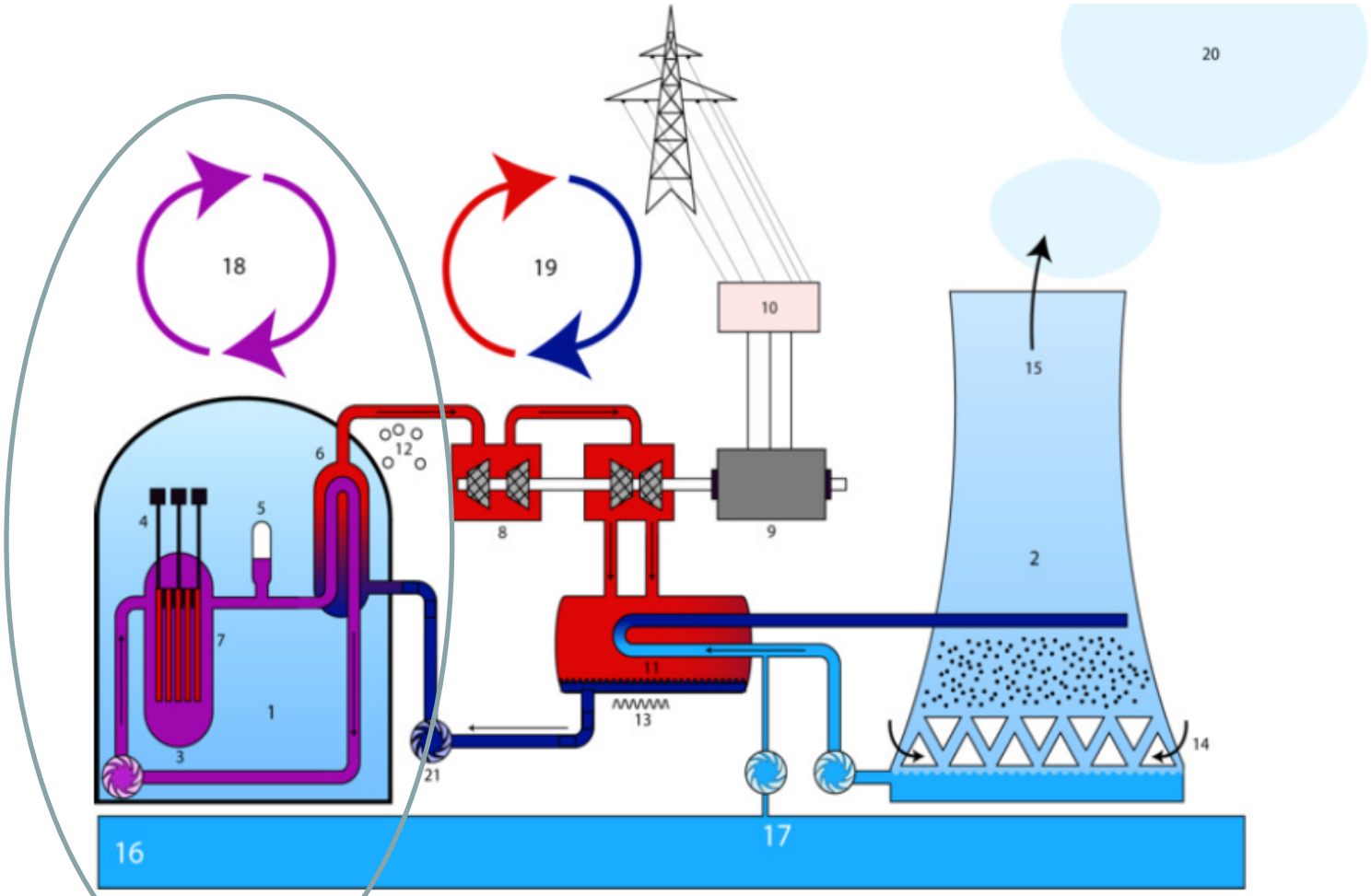
Zapojení Rankinova cyklu do produkce elektrické energie

Jednoduché schéma tepelné (parní) elektrárny:

http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna.html

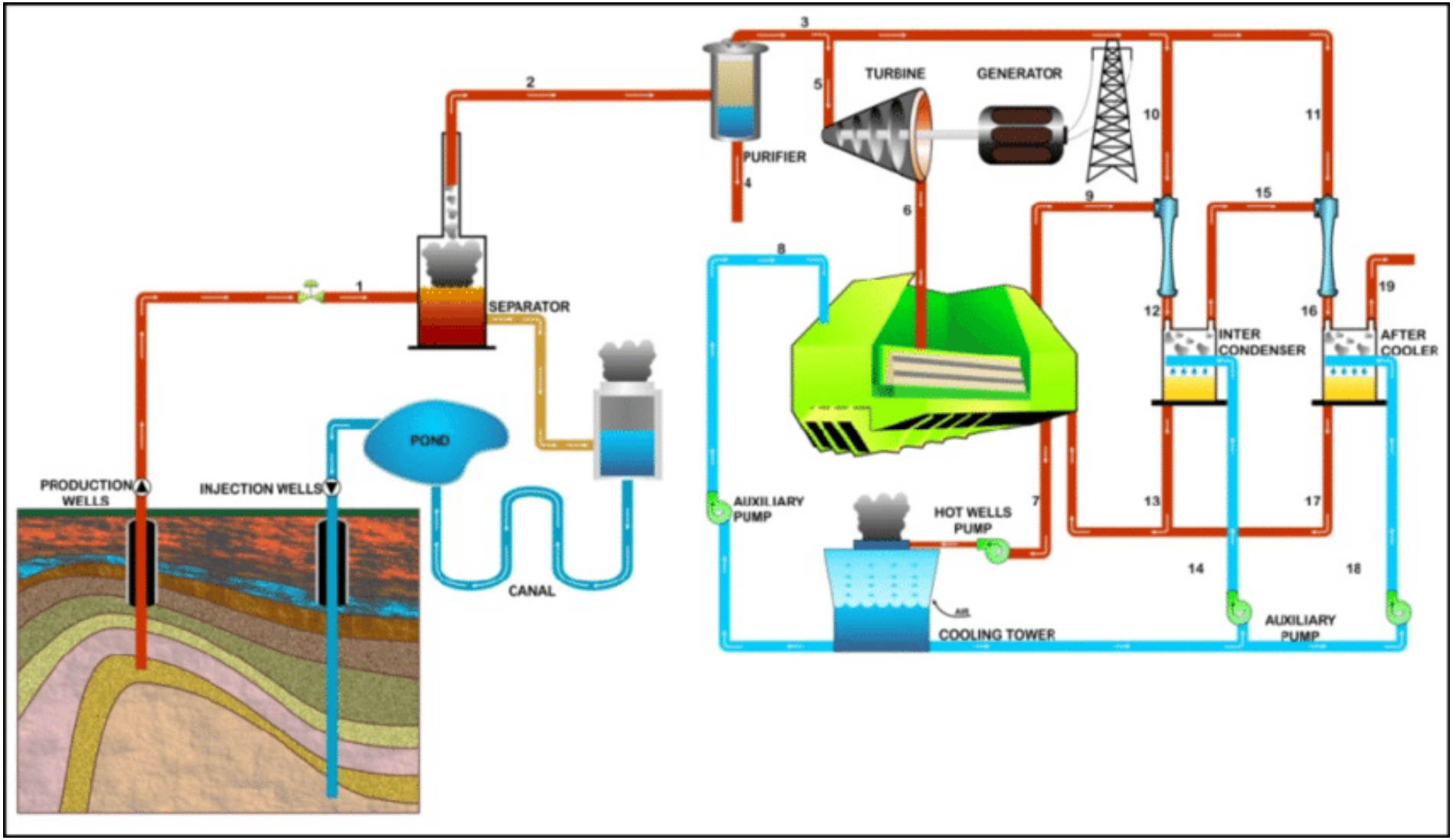


Zapojení jader.reaktoru do procesu výroby páry a elektrické energie, výroba páry v primárním a sekundárním okruhu:



1. reaktorová hala, uzavřená v nepropustném kontejnmentu; 2. chladící věž; 3. tlakovodní reaktor; 4. řídící tyče; 5. kompenzátor objemu; 6. parogenerátor; 7. palivový zásobník; 8. turbína; 9. elektrický generátor; 10. transformační stanice; 11. kondenzátor sekundárního okruhu; 14. přívod vzduchu do chladící věže; 15. odvod teplého vzduchu a páry; 16. oběhové čerpadlo primárního okruhu; 17. napájecí čerpadlo chladícího okruhu; 18. primární okruh (voda pod vysokým tlakem); 19. sekundární okruh (červeně pára, modře voda); 20. oblaka vzniklá kondenzací vypařené chladící vody; 21. oběhové čerpadlo sekundárního okruhu

Geotermální elektrárny získávají vodní páru z horkých geotermálních vrtů:

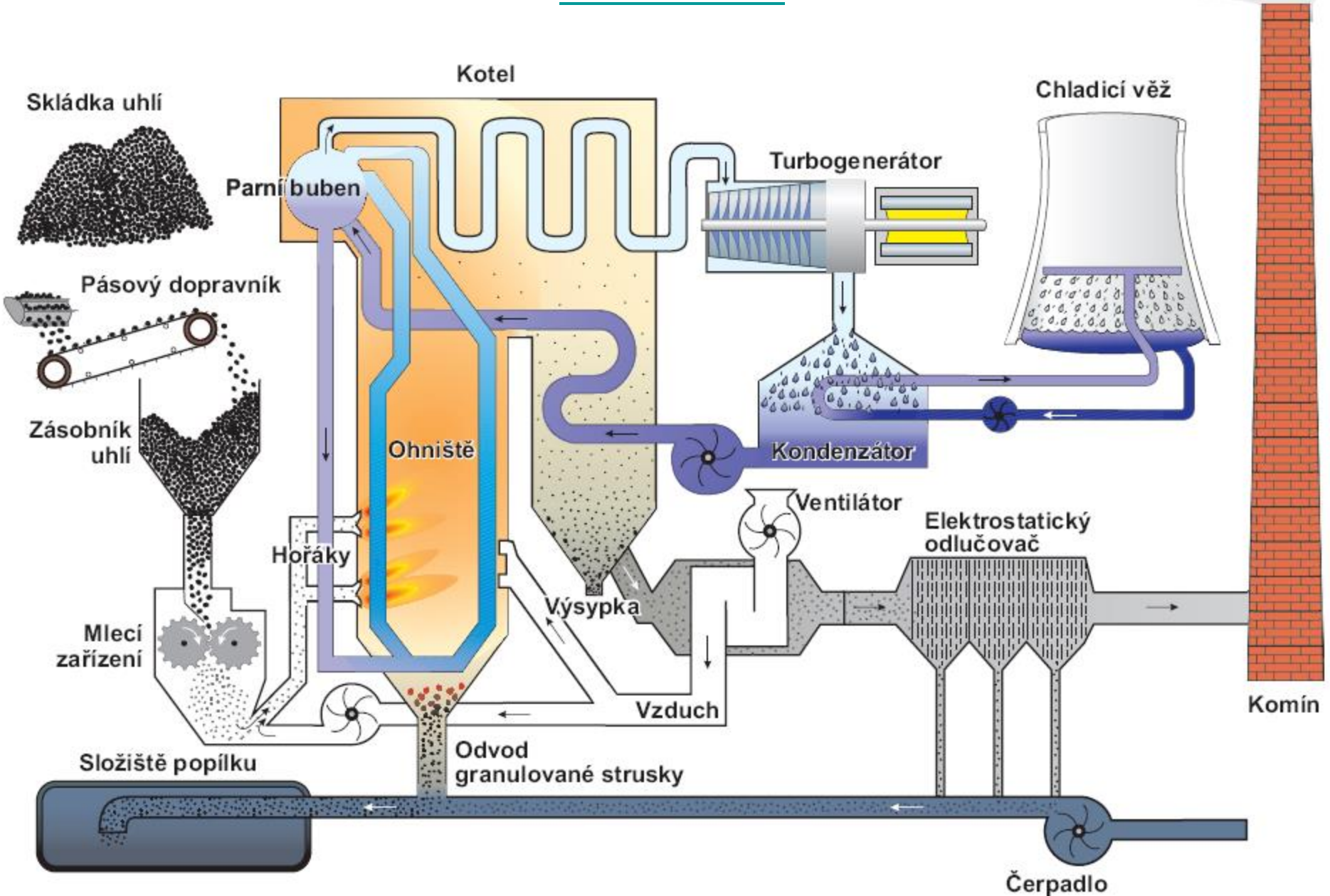


Simone Tramonte (Itálie): Soubor snímků mapuje výrobu elektrické energie na Islandu, kterému se podařilo produkovat ji jen ze stoprocentně obnovitelných zdrojů.

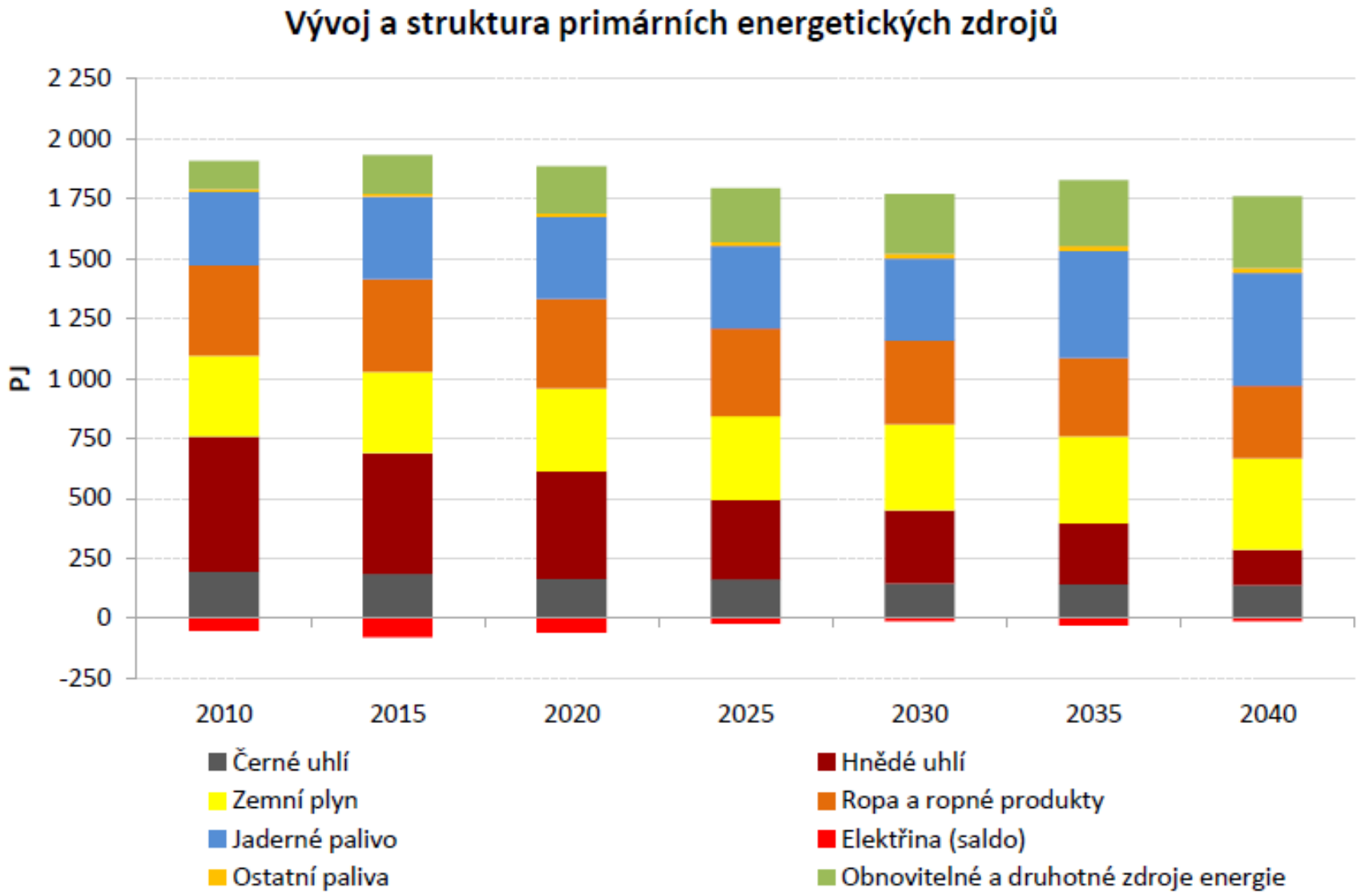


Jednoduché schéma tepelné (parní) elektrárny:

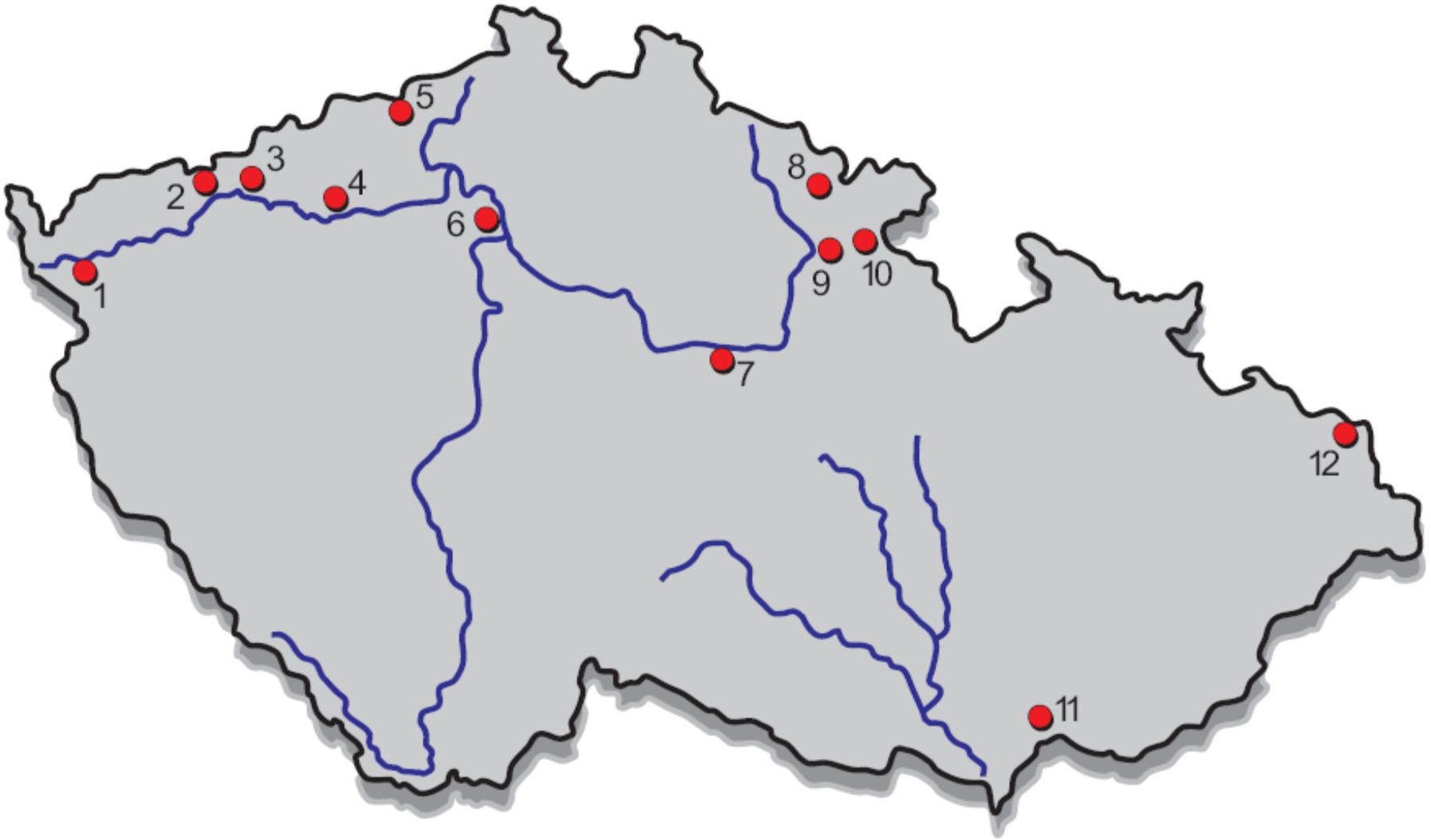
http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna.html



Aktualizace statní energ.koncepce z r.2015 (ASEK):



Rozmístění tepelných elektráren v ČR, celk.inst.výkon **12 880 MW**



1 Tisová I, II
2 Prunéřov I, II
3 Tušimice I, II
4 Počerady
5 Ledvice I, II
6 Mělník II, III
7 Chvaletice
8 Poříčí
9 Dvůr Králové *
10 Náchod *
11 Hodonín
12 Dětmarovice

* Teplárny (patří do organizační jednotky Elektrárny Poříčí)

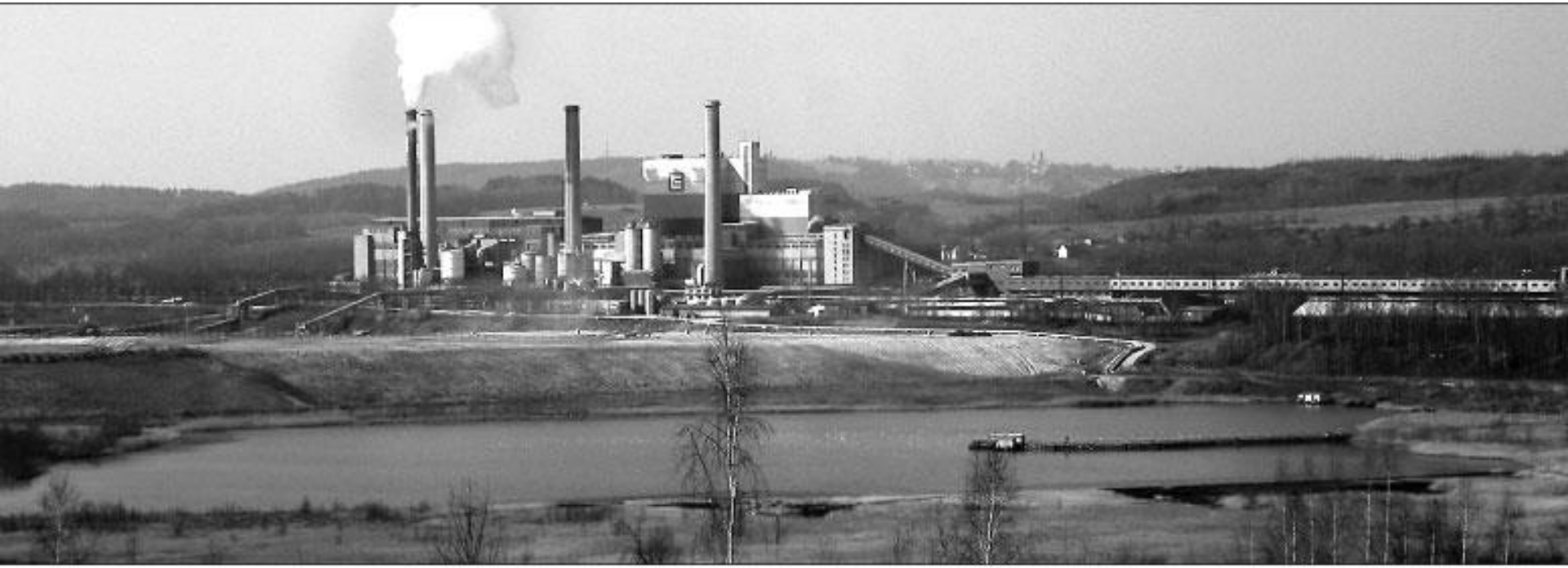
Tepelné elektrárny ČEZ v ČR:

Tabulka 3.2 Výkon největších tepelných elektráren v ČR

Název	Instalovaný výkon	Uvedení do provozu	Odsířeno od roku
Dětmarovice	4 x 200 MW	1975 - 1976	1998
Mělník	4 x 100 MW + 1 x 500 MW	1971	1998
Chvaletice	4 x 200 MW	1977 - 1978	1997
Ledvice	2 x 110 MW + 1 x 100 MW + 1 x 200 MW	1966 - 1968	1998
Počerady	5 x 200 MW	1970 - 1977	1995
Prunéřov	4 x 100 MW + 5 x 210 MW	1967 (1982)	1995
Tisová	172 MW + 100 MW	1958 - 1962	1997
Tušimice	4 x 200 MW	1974 - 1975	1997

V nejbližších třech letech (do roku 2012) se nepředpokládá uvedení žádného nového velkého zdroje s instalovaným výkonem nad 50 MW spalujícího fosilní paliva či využívajícího jadernou energii do provozu (zdroj ERU), pouze rekonstrukce.

Tepelná elektrárna Tisová, 300 MW_e (Sokolovsko)



V elektrárně Tisová by se mělo zanedlouho vyzkoušet spalování alternativního paliva, vyrobeného z odpadů. Elektrárna nyní nahrazuje až z 20 % uhlí biomasou (dřevní štěpky).

Soubor | D:/Data/towe0372/Dokumenty/OBNOVZDROJE/statisticka-rocenka2022.pdf
Kreslit | Zeptat se umělé inteligence Bing | 477 z 878

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů

16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2018	2019	2020	2021[1)]	*Unit*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**88 032**	**87 031**	**81 517**	**84 907**	***GWh***
v tom:							
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	52 464	50 598	45 051	47 801	*GWh*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	29 921	30 246	30 043	30 731	*GWh*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*
vodní elektrárny	GWh	3 071	2 679	3 175	3 437	3 620	*GWh*
větrné elektrárny	GWh	572	609	700	699	602	*GWh*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 359	2 312	2 287	2 153	*GWh*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 868**	**22 283**	**21 994**	**21 350**	**20 872**	***MW***
v tom:							

Vyhledat | F:\OBNOV... | D:\Data\to... | statistická-... | PowerPoint | 28°C

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2018	2019	2020	2021[1)]	*Unit*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**88 032**	**87 031**	**81 517**	**84 907**	***GWh***
v tom:							
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	52 464	50 598	45 051	47 801	*GWh*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	29 921	30 246	30 043	30 731	*GWh*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*
vodní elektrárny	GWh	3 071	2 679	3 175	3 437	3 620	*GWh*
větrné elektrárny	GWh	572	609	700	699	602	*GWh*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 359	2 312	2 287	2 153	*GWh*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 868**	**22 283**	**21 994**	**21 350**	**20 872**	***MW***
v tom:							
parní a paroplynové elektrárny	MW	12 786	13 350	13 032	12 385	11 875	*MW*
jaderné elektrárny	MW	4 290	4 290	4 290	4 290	4 290	*MW*
spalovací elektrárny	MW	175	.	.	.		*MW*
vodní elektrárny	MW	2 257	2 265	2 265	2 265	2 285	*MW*
větrné elektrárny	MW	282	317	339	339	339	*MW*
solární elektrárny	MW	2 078	2 061	2 068	2 071	2 083	*MW*

Elektrárna Hodonín spaluje biomasu místo dřívějšího lignitu (Elektrárna Hodonín je největším producentem zelené elektřiny tohoto druhu v rámci Skupiny ČEZ):



Teplárny a elektrárny

Energetická účinnost zařízení
www.ippc.cz
Viz. Dokumenty BREF: Velká spalovací zařízení
Referenční dokument
o nejlepších dostupných technikách v oblasti
energetická účinnost
červen 2008

Zpráva Nezávislé energetické komise:
http://www.vlada.cz/cz/pracovni-a-poradni-organy-vlady/nezavisla-energeticka-komise/dulezite-dokumenty/

http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/

http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=64&idkapitola=108

www.cez.cz

Jednoduché schéma tepelné elektrárny: http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna.html

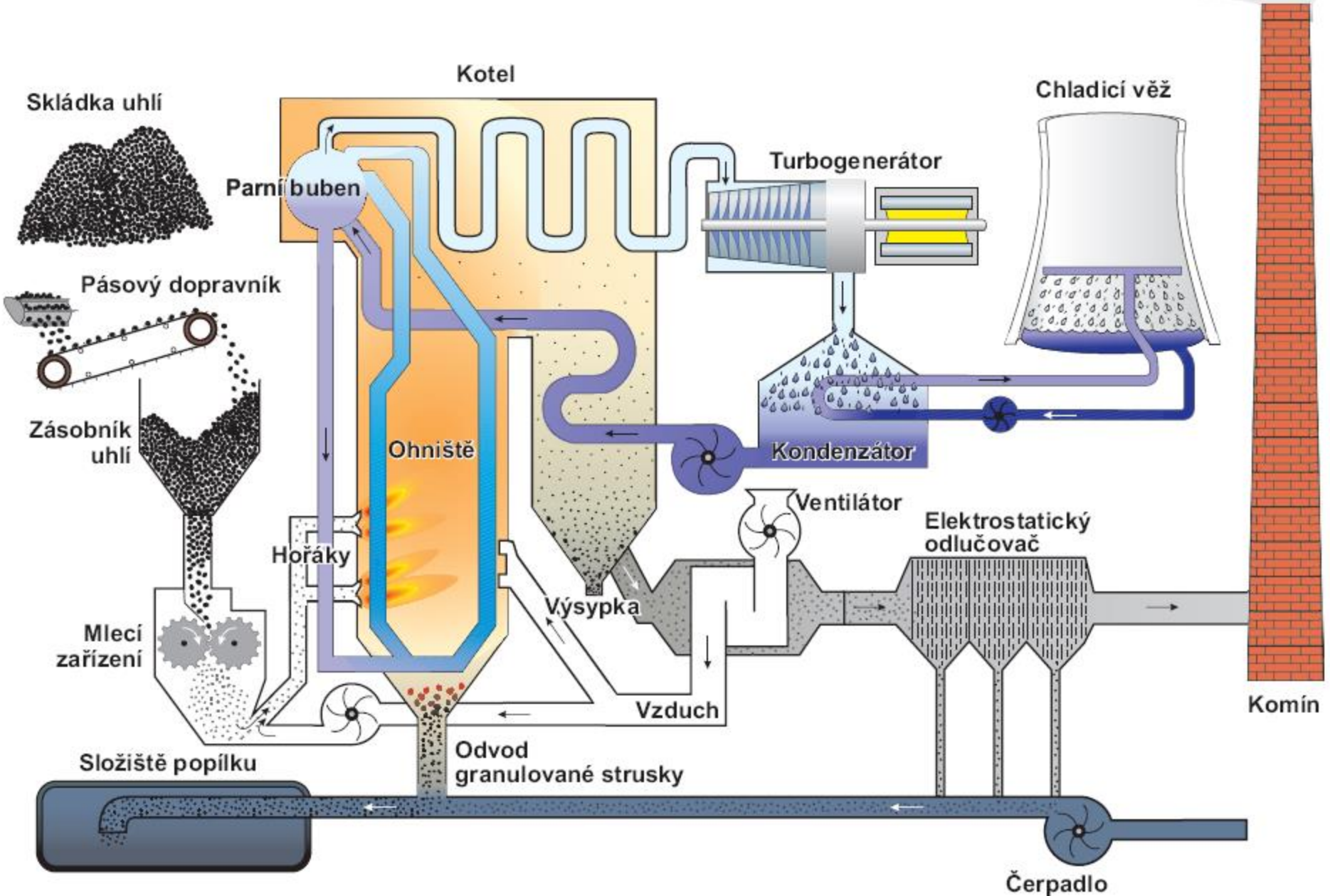


SCHÉMA PARNÍ TURBÍNY

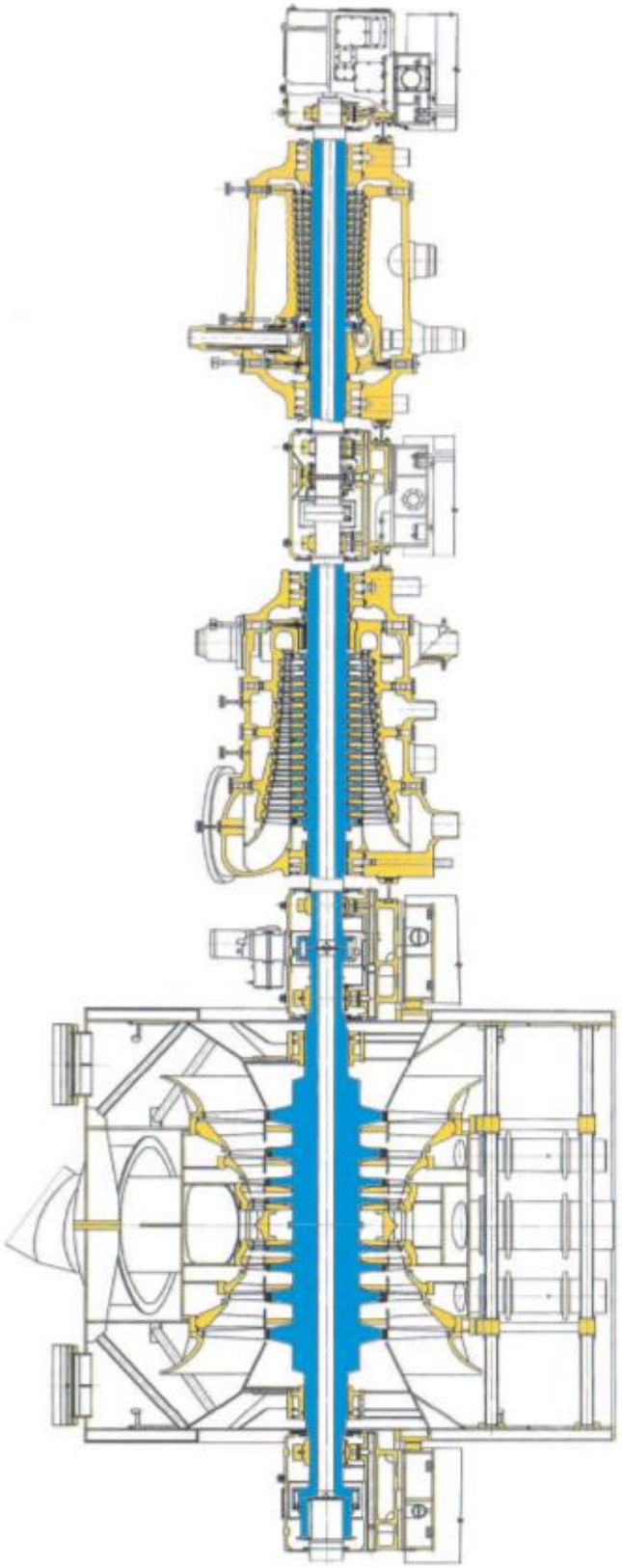
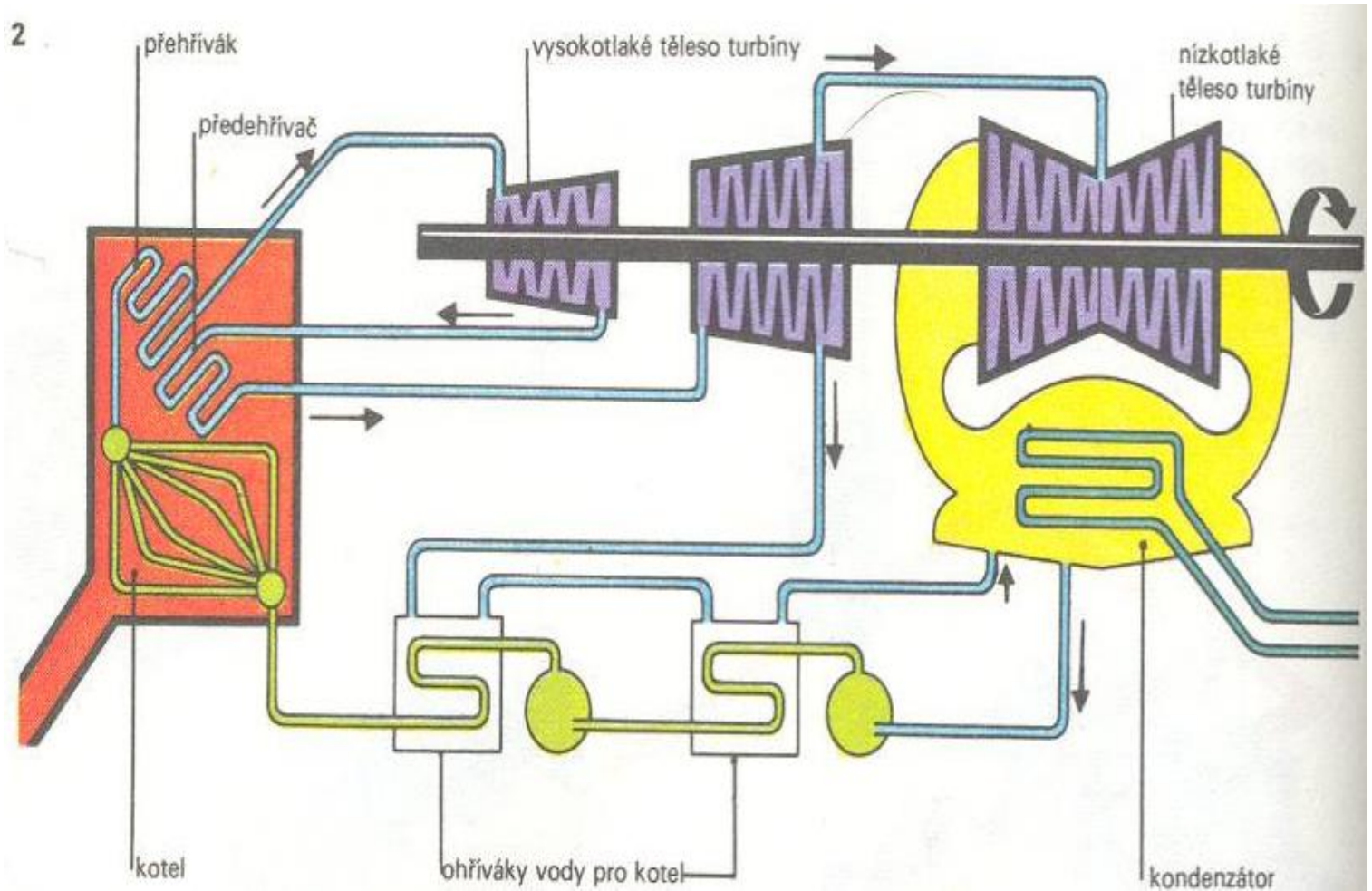




Schéma výroby elektřiny s využitím parní turbíny:

Pára svou vnitřní energii předává nejdříve ve vysokotlaké části parní turbíny, kterou roztáčí. Pro vyšší účinnost se pára po průchodu částí turbíny vede zpět do kotle k tzv. mezipřihřátí, při kterém se opět zvýší teplota, a pak se znovu zavede do střednětlaké a nízkotlaké části turbíny. Když pára odevzdá využitelnou energii, kondenzuje v kondenzátoru a vrací se zpět do kotle. Odebrané teplo se ve vnějším okruhu odvádí z elektrárny do řeky či prostřednictvím chladicích věží do ovzduší.



Parní turbína (z Wikipedie)

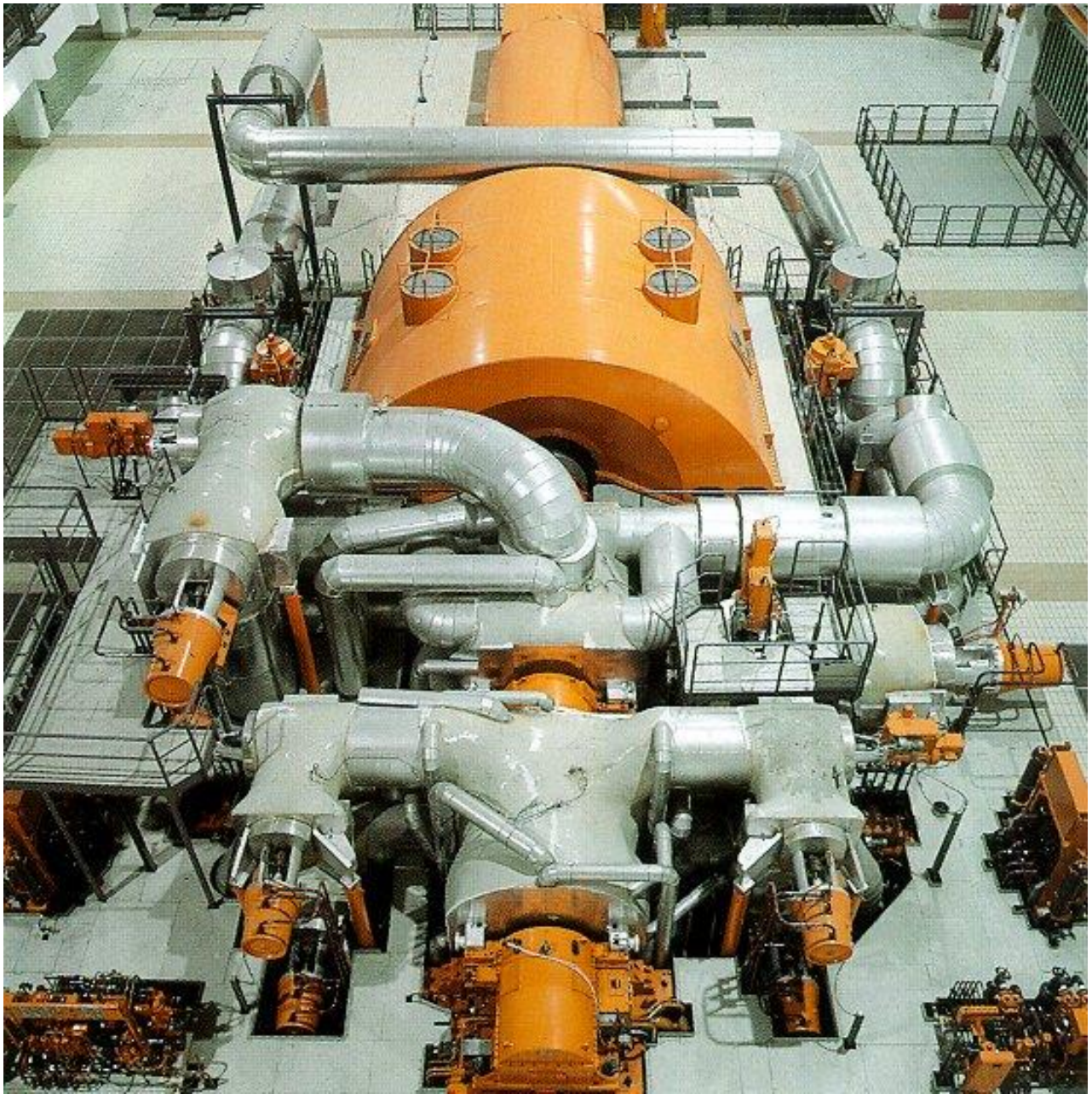
- Parní turbínu vynalezl **Sir Charles Parsons v roce 1884**. Postupně byla zdokonalována a spolu se spalovacím motorem ve dvacátém století postupně nahradila parní stroj, který předčí účinností.

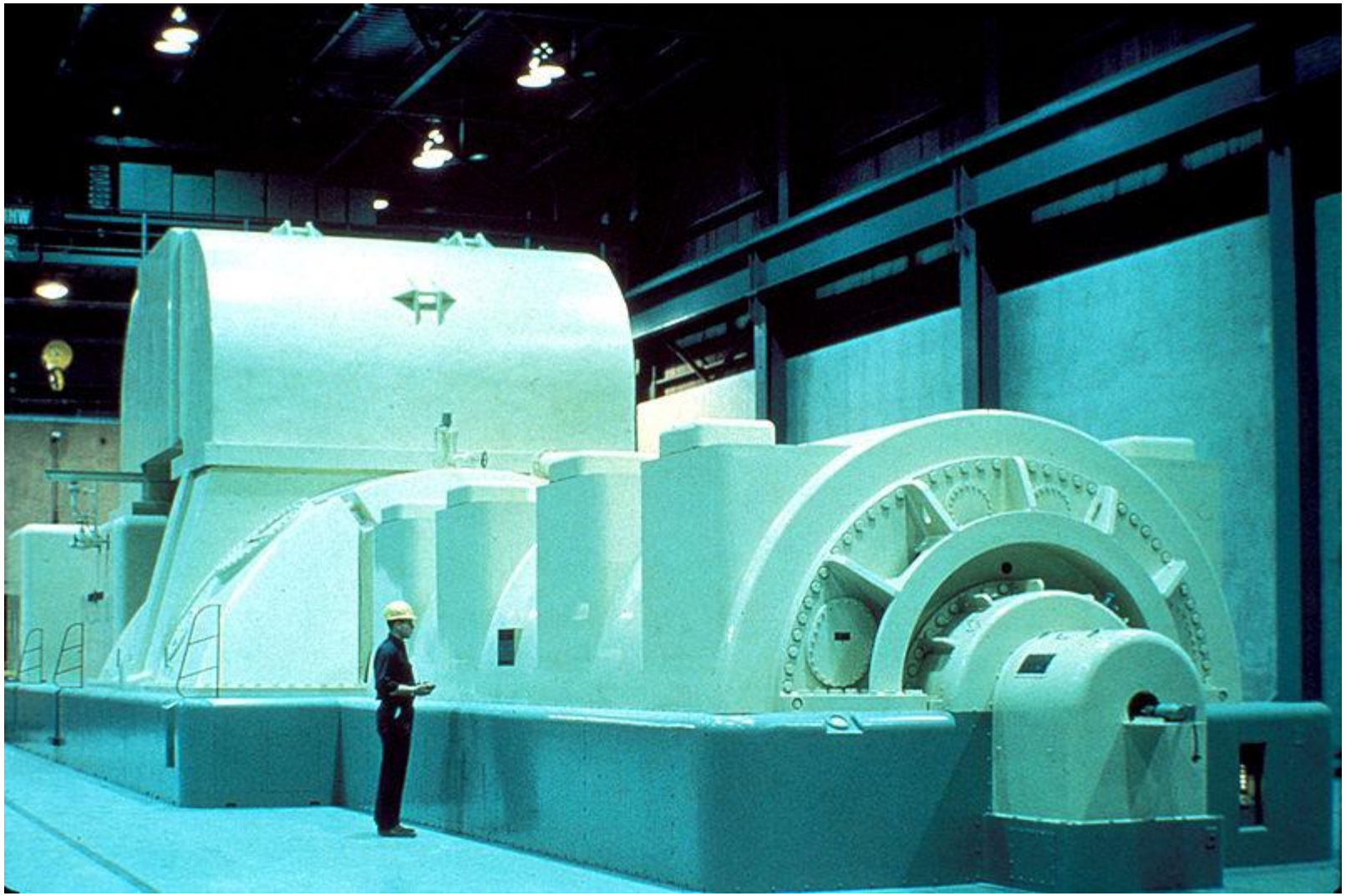
- **Jedná se o točivý tepelný stroj, přeměňující kinetickou energii a tepelnou energii proudící páry na mechanický rotační pohyb přenášený na osu resp. hřídel stroje.**

- **Pro zvýšení účinnosti bývají obvykle velké parní turbíny rozděleny na několik dílů - vysokotlaký a nízkotlaký, případně i středotlaké stupně.** Mezi nimi může být i regenerátor páry, který znovu ohřeje expanzí zchladlou páru, čímž zvětší (za cenu dodání relativně malé energie) její objem.

- **Parní turbína je využívána především v energetice pro pohon alternátorů** (tepelná elektrárna, jaderná elektrárna), se kterým bývá mechanicky spojena společným hřídelem. Parní turbína se ale užívá **i jako lodní pohon.**

Srdce elektrárny, moderní parní turbína:





Elektrický generátor poháněný parní turbínou

Toky hmoty v tepelné elektrárně:

- **Spotřeba přibližně 1 tunu hnědého uhlí na každou vyrobenou MWh** (závisí na druhu uhlí a jeho výhřevnosti, prům. 12 MJ/kg, vypočteno na účinnost elektrárny 30%).

- Zhruba platí: **pro získání 200 MW_e nutno spálit 200 tun hnědého uhlí za hodinu**.

- Běžná elektrárna spotřebuje denně kolem deseti vlaků uhlí po třiceti vagonech.

- **Z 1 kg paliva vznikne asi 7 m^3 plynů**.

- Uhlí, které se spaluje v elektrárnách, má nespalitelný podíl 25 až 30 %.

- Parní kotel 200 MW_e bloku je schopen vyrábět až 600 tun páry za hodinu při tlaku 18 MPa a teplotě ca. 530 °C – 550 °C.

Spotřeba hnědého uhlí u moderní velké tepelné elektrárny (př. SRN):

- **El.výkon elektrárny: 1840 MW**
- **Hodinová spotřeba: 730 t hnědouhelného prachu**
- Na odsiření: 25 t vápence
- Produkuje páru o teplotě 554^{o}C a tlaku 26,7 MPa
- Vzniká: 250 t popílku + 70 t sádry

$\Rightarrow$Denní spotřeba: 17 520 t hnědého uhlí

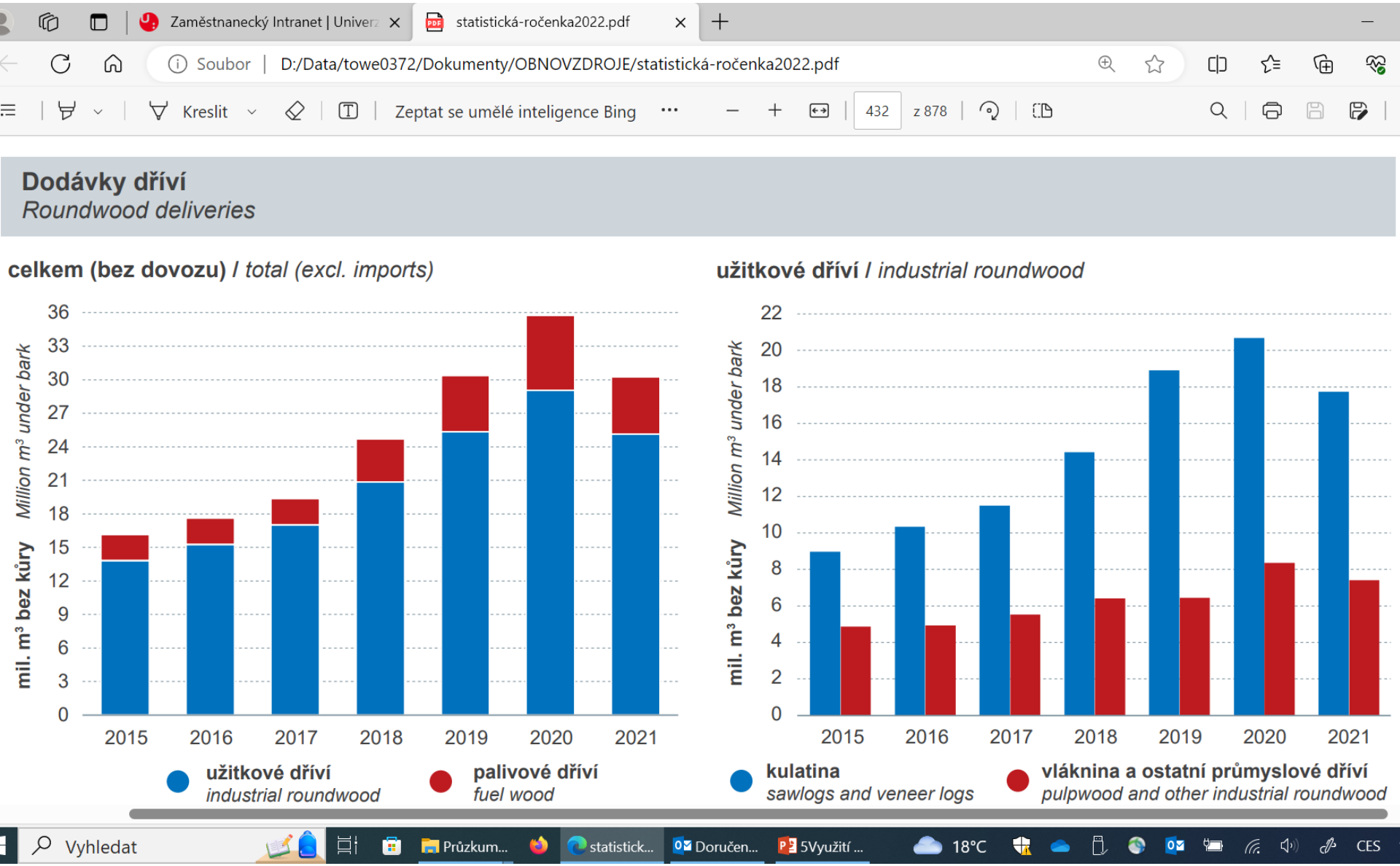
$\Rightarrow$**Roční spotřeba: 6 394 800 t hnědého uhlí !!!**

Pozn.: **v ČR celk. výkon tep.elektráren 12 tis. MW** (tj. 7 výše uvedených tep.elektráren = **44 763 600 t uhlí**

SITUACE V ČR, srovnání dostupnosti tuhých paliv z fosilních a obnovitelných zdrojů:

- Rozloha ČR 78 860 km^2
- Zemědělská půda 54% (4,3 mil. ha)
- Výnos obilovin 5 t/ha
- **Celkový běžný přírůst dřeva 10 mil.t/r.**
- **Odhad produkce slámy 10-15 mil. t/r.**
  - (sláma : zrno cca 2-4 mil.t/r)
- **Těžba uhlí (hnědé/černé) 38/8,7 mil. tun/r. v r.2014**
- Pozn.: **v ČR celk. výkon tep.elektráren 12 tis. MW** (tj. 7 výše uvedených tep.elektráren = **44 763 600 t uhlí**

Těžba dřeva (stat.ročenka 2022):



Při prům.hustotě dřeva: 455-500 kg/m^3

Povrchová těžba uhlí:



Moderní tepelné elektrárny:

- Zásadním problémem je **účinnost transformačního procesu, tj. poměru mezi získanou energií a energetickým obsahem paliva.**

  Pouze 28 až 35 % energie obsažené v uhlí se v klasické tepelné elektrárně přemění na elektřinu.

- Výsledkem vývoje je očekávání čisté účinnosti energetického obsahu uhlí nad hranicí 50 %.

- Cílem vývoje je také snížit měrnou spotřebu paliva na nejmenší dosažitelnou hodnotu.

- Současný trend vývoje tepelných elektráren spalujících fosilní paliva se zaměřuje především na hledání lepších a účinnějších metod spalování.

Přenos energie v tepelné elektrárně:



Carnotova účinnost:

- $$\eta_c = 1 - \frac{T_o}{T}$$
- T_o je teplota okolí (kelviny, K)
- T je teplota pracovního média (páry, plynu) (kelviny, K)

Př.: při teplotě kondenzátu 27^0C, tj. 300K a teplotě ostré páry 557^0C, tj. 830K:

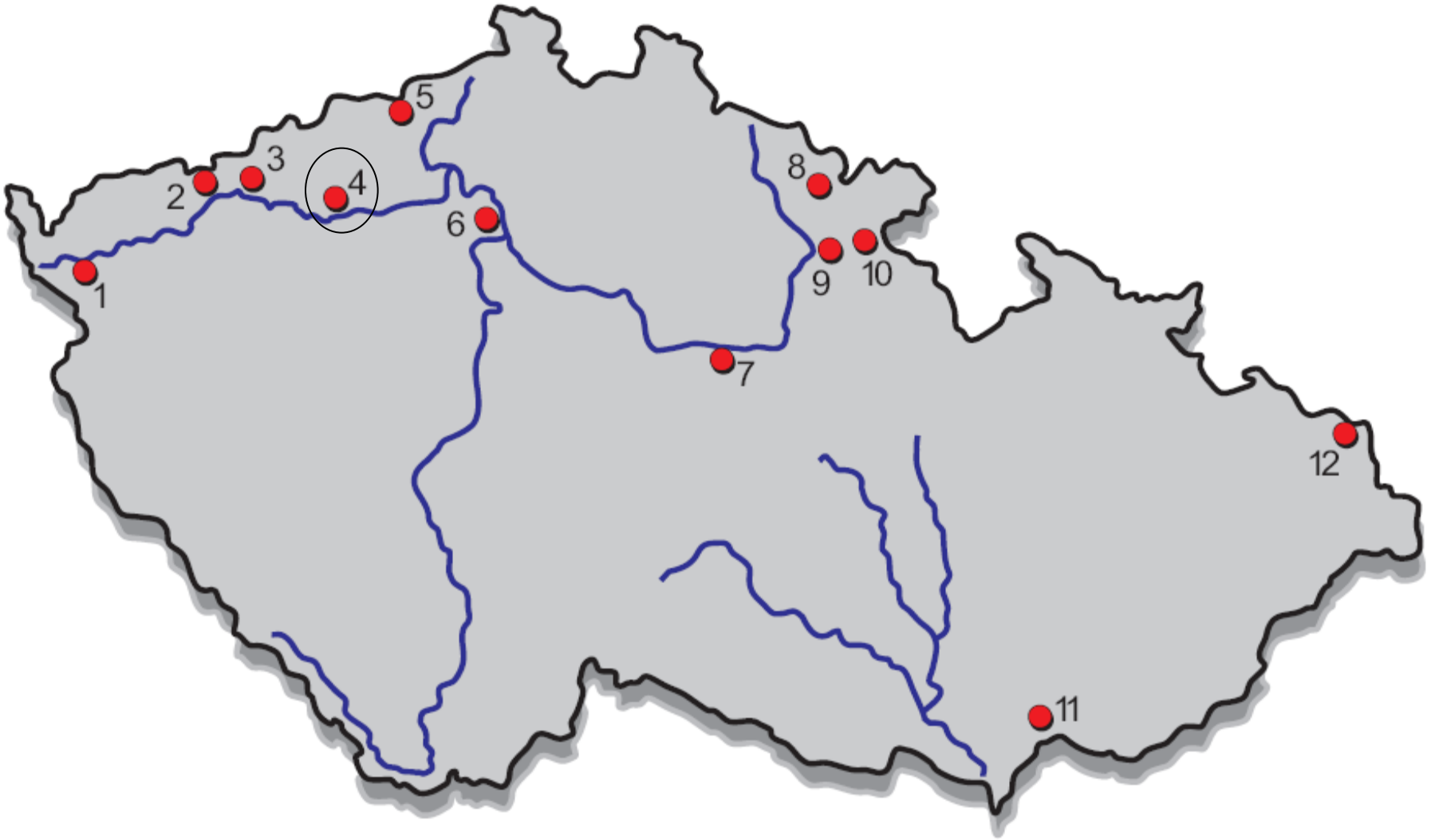
Teoretická: $\eta_c = 1 - (300/830) = 0{,}638$

Tj. 63,8% teoretická účinnost, v praxi však cca. 33%

Př.: Elektrárna Počerady v současnosti 5x200 MW



Rozmístění tepelných elektráren v ČR, elektrárna Počerady:



1 Tisová I, II
2 Prunéřov I, II
3 Tušimice I, II
4 Počerady
5 Ledvice I, II
6 Mělník II, III
7 Chvaletice
8 Poříčí
9 Dvůr Králové *
10 Náchod *
11 Hodonín
12 Dětmarovice

* Teplárny (patří do organizační jednotky Elektrárny Poříčí)

Elektrárna Počerady:

- Kromě spolehlivé výroby elektřiny produkuje dnes desetkrát více sádry (během procesu odsiřování spalin), než je schopna prodat.

- Přímo u elektrárny je výrobna sádrokartonových desek.
- http://aktualne.centrum.cz/domaci/fotogalerie/2011/03/30/uhelna-elektrarna-pocerady-chce-prejit-na-paroplyn/
- Autor: Ludvík Hradilek

- Pracuje spolehlivě a mohla by i dál, přesto jsou její roky sečteny. Čtyřicet let pálí sirnaté uhlí uprostřed Evropy. Její účinnost je malá, produkce skleníkových plynů velká.

Je seřízena na severočeské uhlí.
Spálí denně dvacet tisíc tun uhlí z dolu Vršany.
Na skládce u elektrárny je jen nouzová zásoba na tři dny, jinak palivo dováží vlaky přímo z deset kilometrů vzdáleného lomu.



Parní kotel je hned za tenkým plechem:



Turbínová hala druhého bloku:



Tělo turbíny ve venkovním skladu:



…samotná turbína:



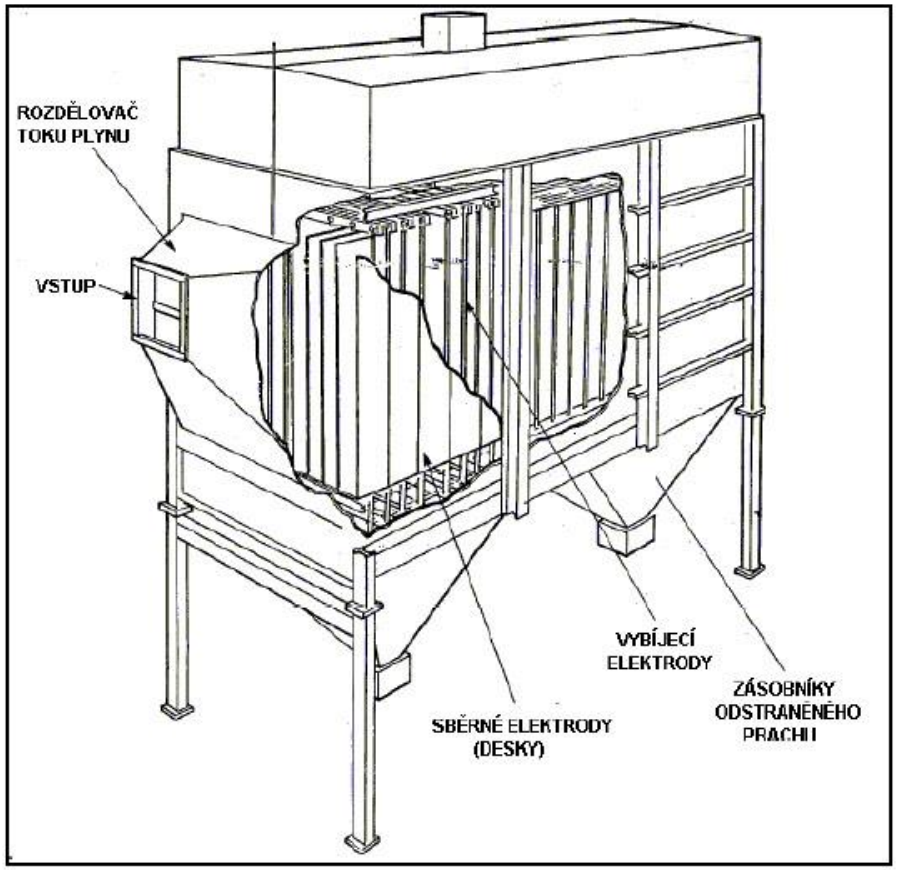
Třetí turbína běží. Vyfocena je škvírou v pootevřených dveřích:

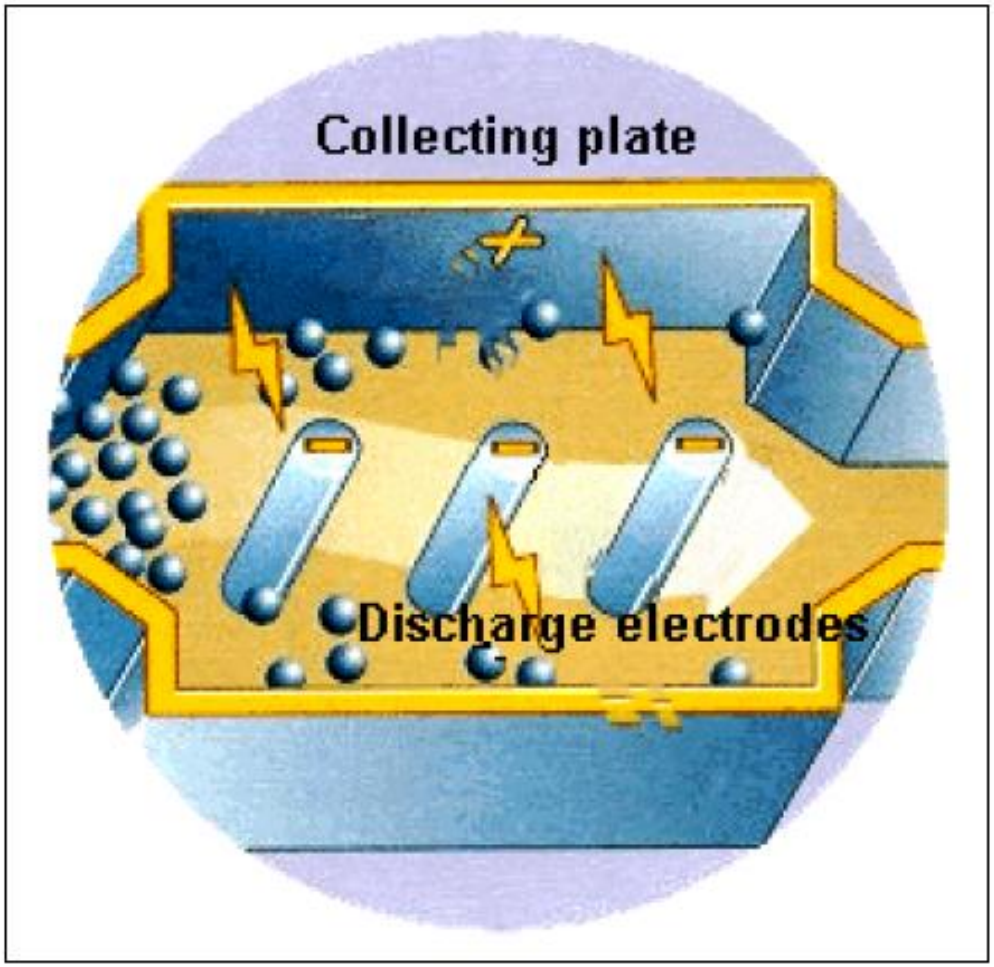


Prach lapají elektrostatické filtry. Elektrárna na svůj vlastní provoz spotřebuje 8,5 % z vyrobené elektřiny.



Princip fungování elektrostatického odlučovače:





Operating principle of an electrostatic precipitator

Odsiřování, Mokrá vápno-vápencová metoda:
Chemismus mokrého odsiřovacího procesu:

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3 \qquad (1)$$

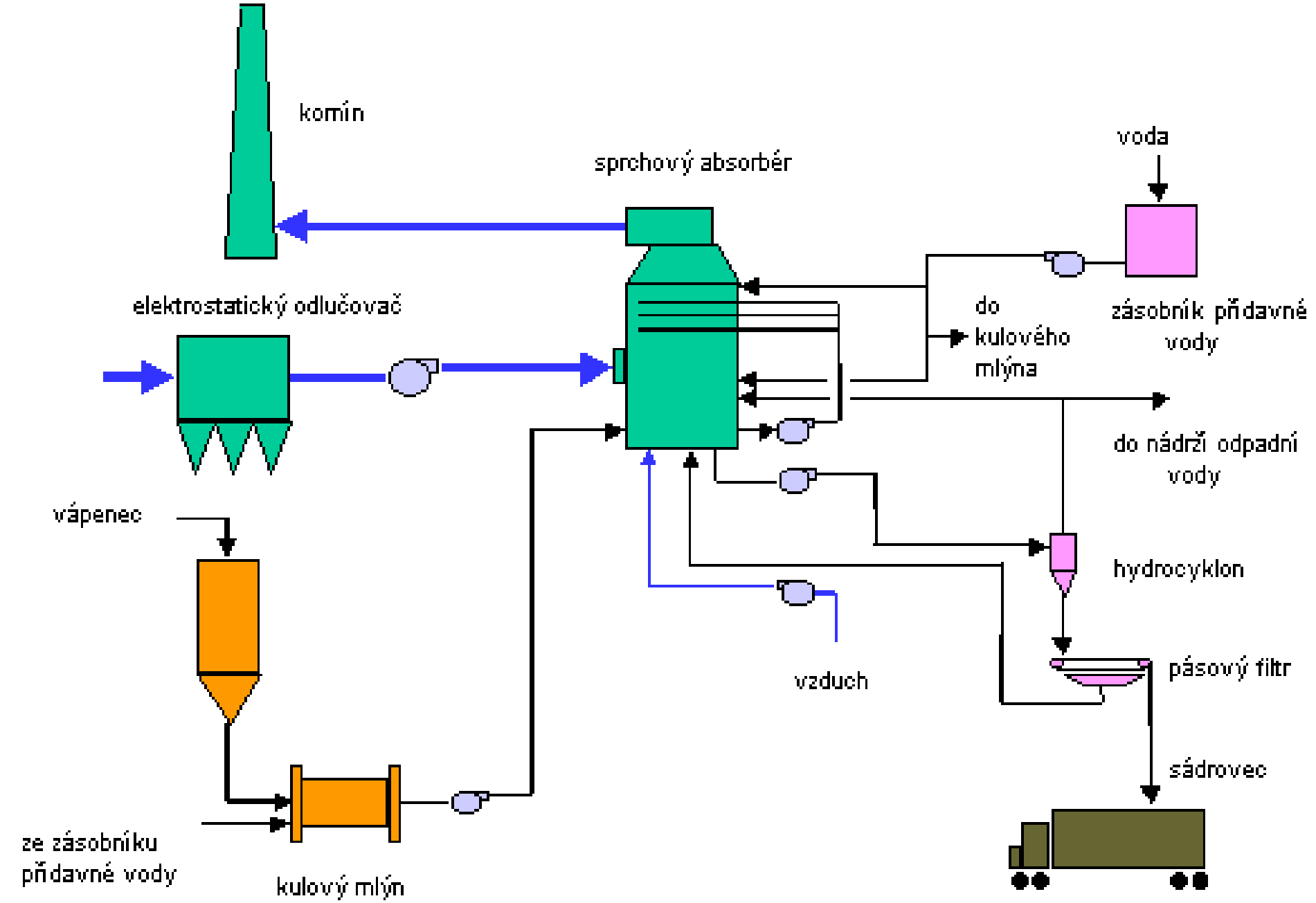
$$CaCO_3 + H_2SO_3 \rightarrow CaSO_3 + CO_2 + H_2O \qquad (2)$$

$$CaSO_3 + 1/2\ O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2\ H_2O \qquad (3)$$

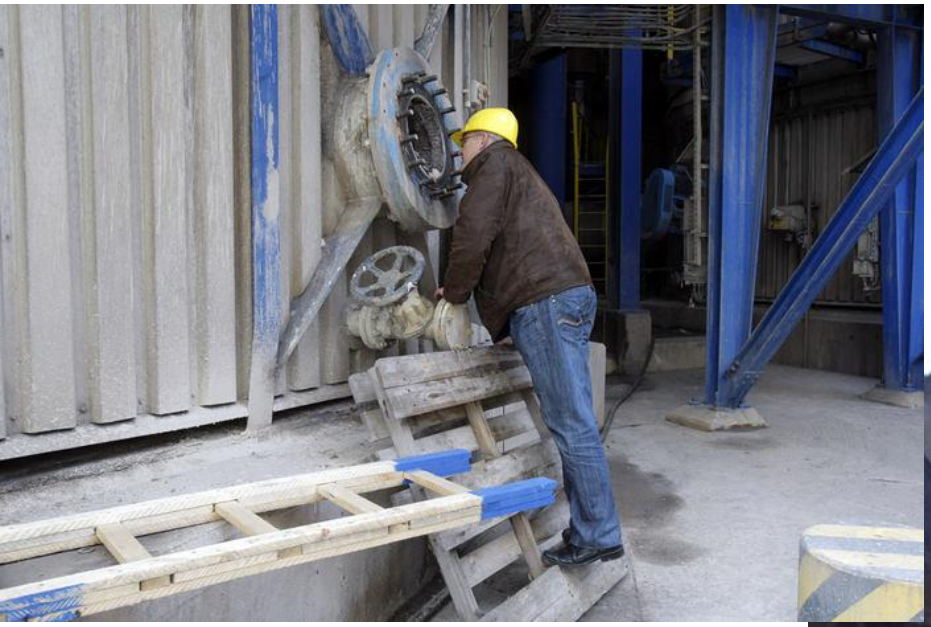
Souhrnná rovnice procesu vázání SO_2 za vzniku sádrovce:

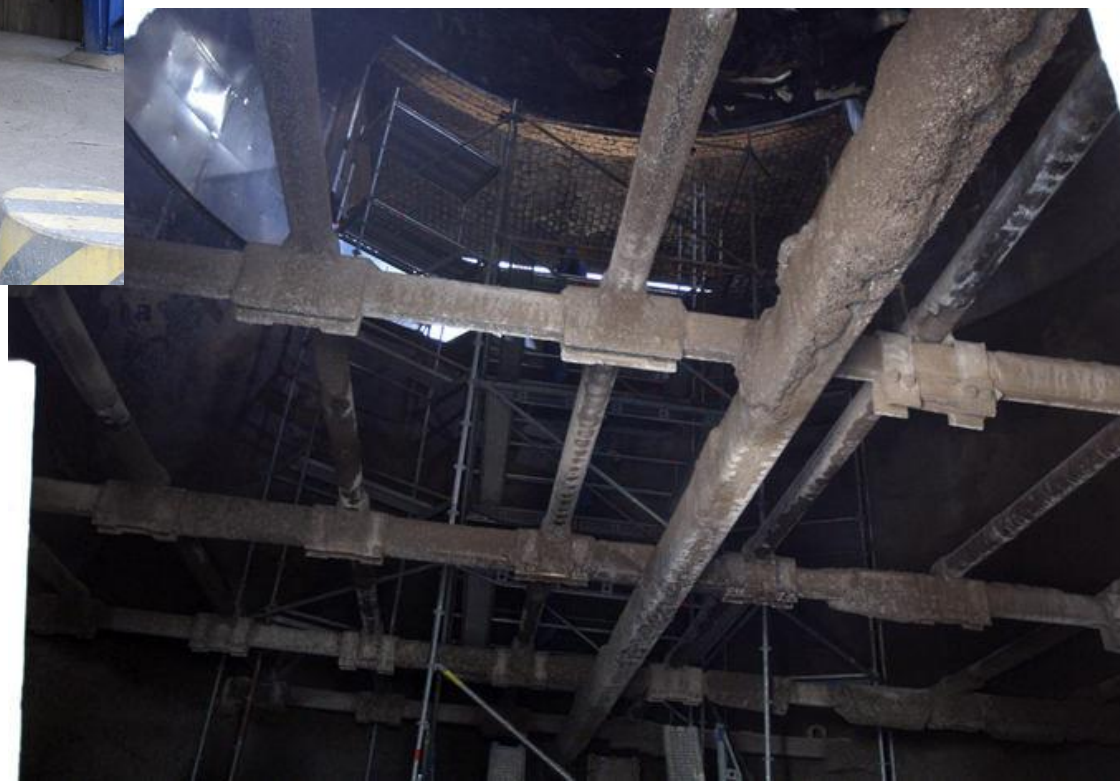
$$CaCO_3 + SO_2 + 1/2\ O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2\ H_2O + CO_2$$

Ad. 3) Odsiřování, Mokrá vápno-vápencová metoda:



První blok byl začátkem devadesátých let odstaven.
Zbylých pět bloků bylo odsířeno s účinností 99%.





Vnitřek odsiřovací jednotky:

Vzorky energosádrovce pro rozbor:



Oxidu uhličitého vyrobí stále stejně. Pomáhá sopkám, a stádům krav vytvářet skleníkovou vrstvu v naší jediné atmosféře.

Pracuje spolehlivě a mohla by i dál, přesto jsou její roky sečteny. Čtyřicet let pálí sirnaté uhlí uprostřed Evropy. Její účinnost je malá, produkce skleníkových plynů velká…





Pracuje spolehlivě a mohla by i dál, přesto jsou její roky sečteny. Čtyřicet let pálí sirnaté uhlí uprostřed Evropy. Její účinnost je malá, produkce skleníkových plynů velká.

V současnosti již existuje: PPC Počerady

Paroplynová elektrárna v Počeradech:



Výstavba dalších tepelných elektráren, příklad Estonska:



Estonsko podepsalo kontrakt s francouzskou energetickou společností Alstom na výstavbu elektrárny v celkové hodnotě 950 miliónů eur (asi 23,2 miliardy korun).

Estonsko, získávání energie v blízké budoucnosti:

Estonsko podepsalo **kontrakt** s francouzskou energetickou společností Alstom **na výstavbu elektrárny v celkové hodnotě 950 miliónů eur** (asi 23,2 miliardy Kč).

Francouzi se ve smlouvě zavazují, že postaví **dva bloky o výkonu 300 megawattů** poblíž města Narva, nacházejícího se v blízkosti hranic s Ruskem. S dokončením první fáze výstavby se počítá v roce 2015.

Jako palivo se budou používat ropné břidlice, které představují hlavní domácí zdroj energie.

Její rezervy vystačí na minimálně dalších 50 let a představují hlavní domácí zdroj energie.

Kogenerace

Možnosti zvyšování využití spalného tepla paliv při kombinované produkci elektřiny a tepla

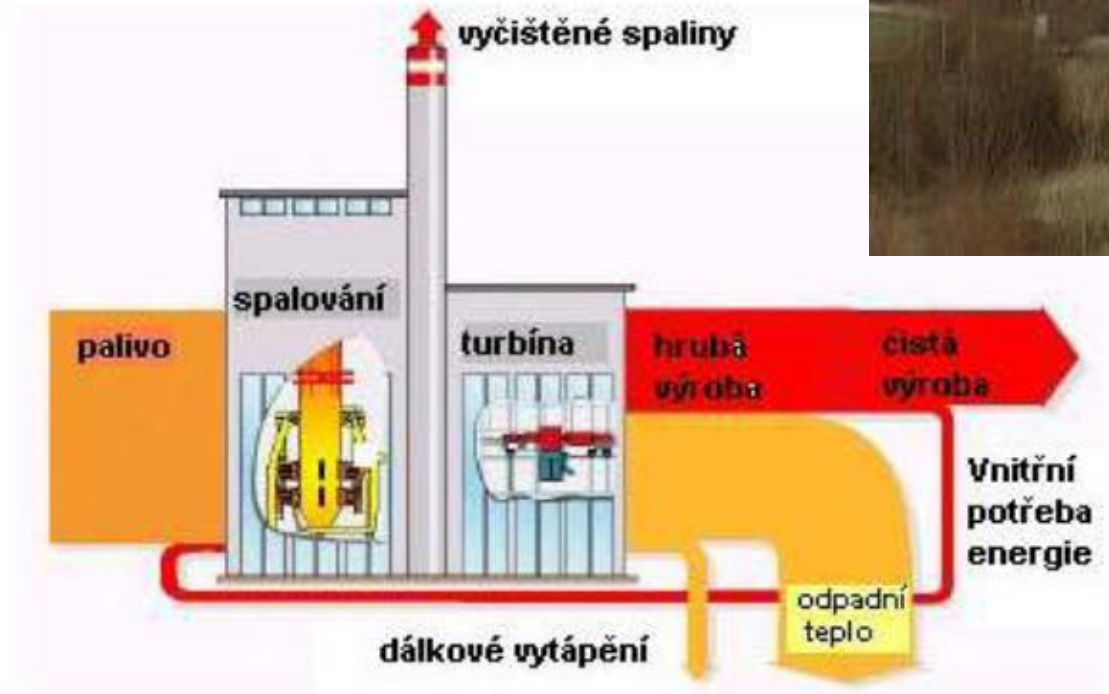
Zdroje energie – rozdělení dle místa produkce

- Centralizované = snadné řízení, velké tepelné elektrárny obvykle stavěné v místě těžby uhlí
- **Decentralizované** = menší ztráty při přenosu energie, **kogenerační jednotky**
- **Kogenerace** = současná produkce elektřiny a tepla pro otop a ohřev

Centralizované zdroje=elektrárny

Př. Tepelná elektrárna Opatovice:

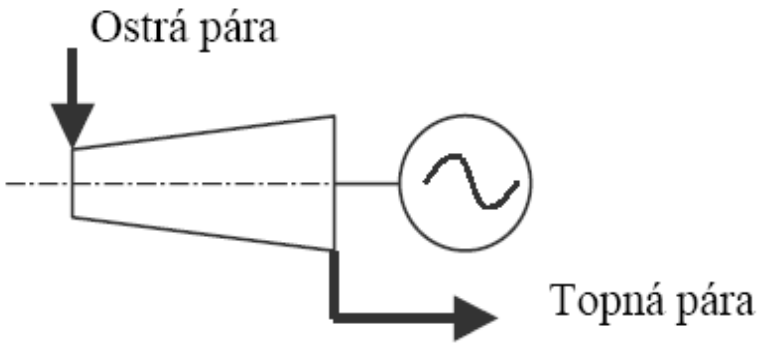




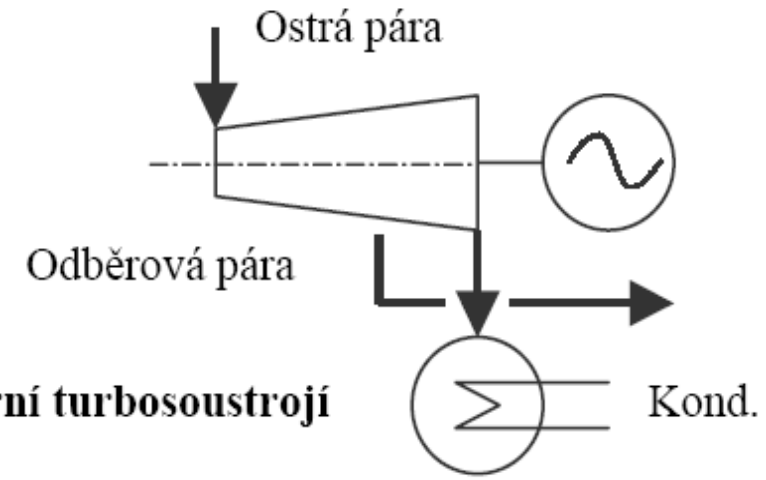
Decentralizované zdroje:

- **Ohniště, kamna, kotle, krby** = zdroje tepla
- **Benzínové a naftové elektrocentrály, fotovoltaické panely, větrné elektrárny** = zdroje elektrické energie
- **Teplárny jako zdroje tepla** pro činžovní domy, městské čtvrti, továrny (**a někdy i elektrické energie = využití tzv. kogenerace**)

Kombinovaná výroba tepla a elektřiny, princip a srovnání účinnosti s elektrárenskou výrobou:



Protitlaké parní turbosoustrojí

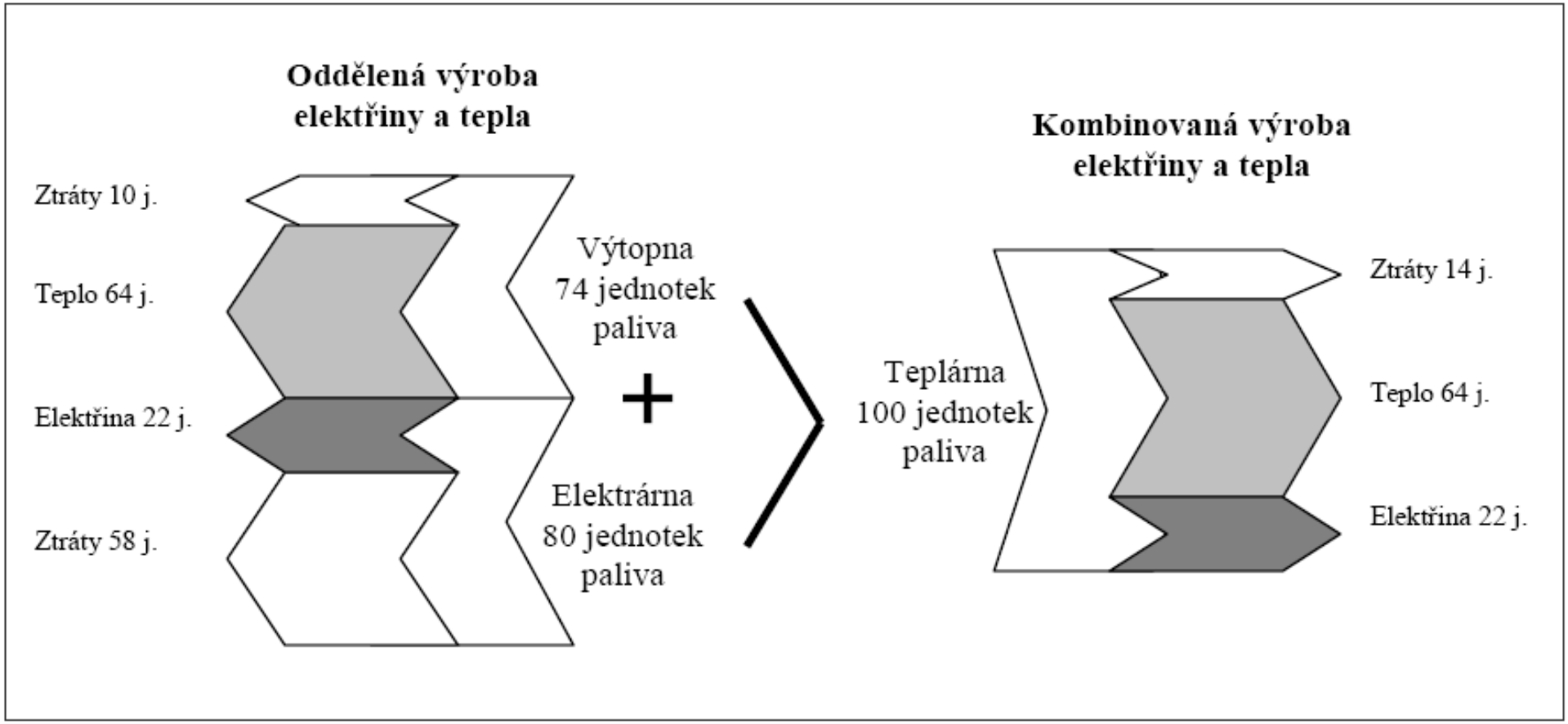


Odběrové parní turbosoustrojí

		Malé zdroje do 0,2 MW	Střední zdroje do 5 MW	Velké zdroje do 300 MW
Výtopna	teplo	57 %	71 %	86 %
s kotli na	elektřina	-	-	-
tuhá paliva	ztráty	43 %	29 %	14 %
Teplárna	teplo	-	64 %	65 %
s kotli na tuhá paliva	elektřina	-	6 %	20 %
a protitlakou turbínou	ztráty	-	30 %	15 %
Elektrárna	teplo	-	-	-
s kotli na tuhá paliva	elektřina	-	-	34 %
a kondenzační turbínou	ztráty	-	-	66 %

Kogenerace:

- Cestu k lepšímu využití paliva nabízí kombinovaná výroba elektřiny a tepla - kogenerace. Srovnání účinnosti:



Obrázek č. 8 Porovnání energetické náročnosti oddělené a kombinované výroby elektrické energie a tepla

1 vápenec
2 uhlí
3 ložový popel
4 cyklon
5 fluidní kotel
6 spalovací komora
7 systém oddělování popele
8 ventilátor primárního vduchu
9 ohřívák vzduchu
10 ventilátor čerstvého vzduchu
11 přehřívák páry
12 prachový filtr
13 kouřový ventilátor
14 komín
15 parní turbína
16 generátor
17 chladicí věž
18 výměník
19 plynový kotel
20 zemní plyn



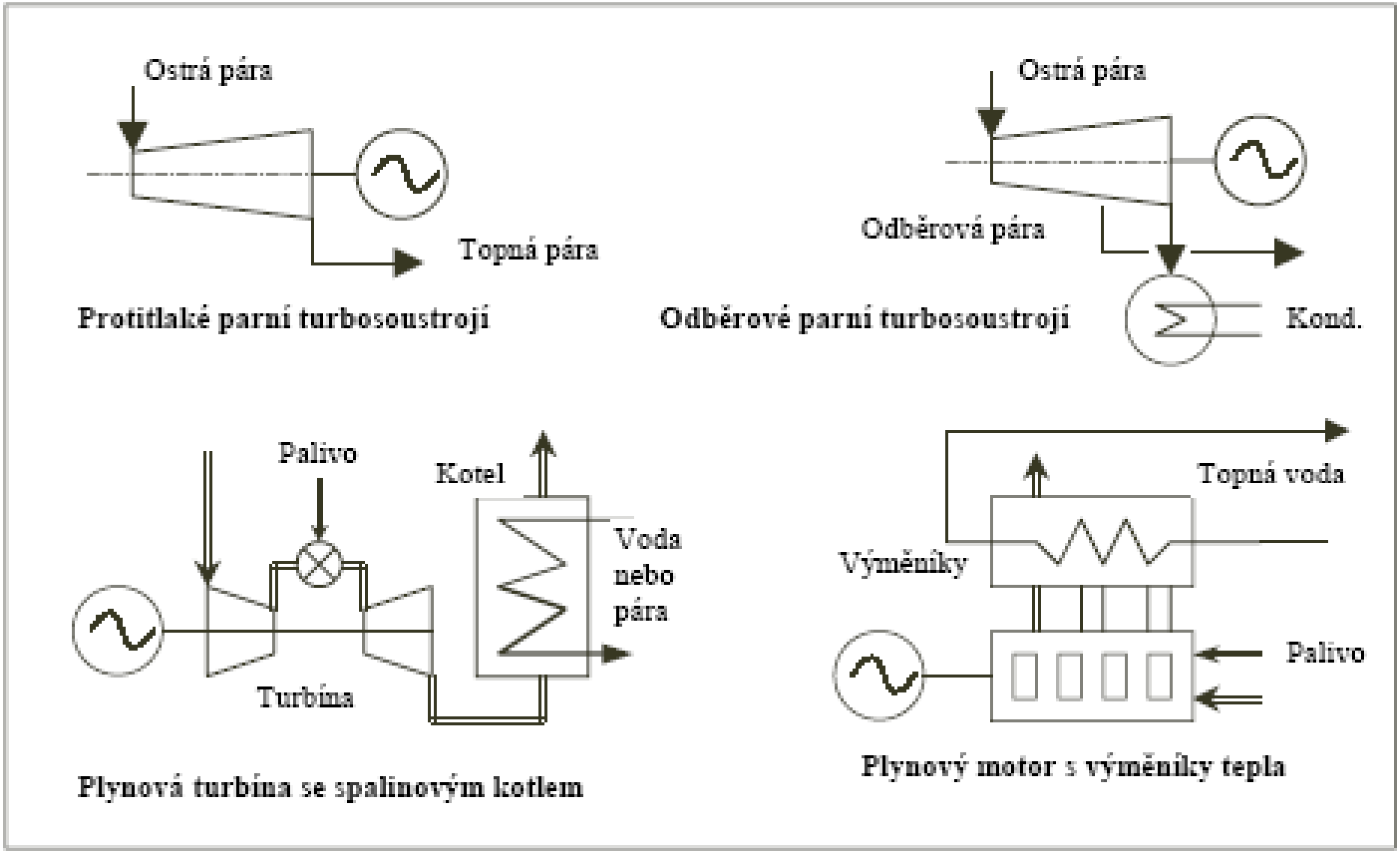






Teplárna firmy Synthesia, a.s.:





Obrázek č. 12 Schématické znázornění základních typů zdrojů kombinované výroby elektrické energie a tepla

Kogenerace

…nabízí cestu k lepšímu využití paliva kombinovanou výrobou elektřiny a tepla

Typ teplárny	**Podíl výroby elektřiny a tepla Q_{EL}/Q_{TEP}**	**Účinnost elektrická**	**Účinnost tepelná**	**Účinnost celková**	**El. výkon teplárny**
Jednotky:		(%)	(%)	(%)	(MW)
S parním strojem	0,16-0,25	8-12	60-67	68-87	0,1-2
S parními turbínami	**0,24-0,34**	**12-15**	**60-65**	**72-80**	**0,15-100**
Se spalovacími motory	0,7-1	32-41	44-53	82-90	0,1-10
Se spalovacími turbínami	0,5-0,8	23-38	36-50	68-85	2-100
Paro-plynové	0,5-1,5	35-44	32-50	78-87	5-200 a více

Zdroj: EkoWATT

Co s sebou přináší využití fosilních paliv?

Klady a zápory

Klady: masivní energetický zdroj

Negativa: důsledky využití fosilních paliv při získávání energie

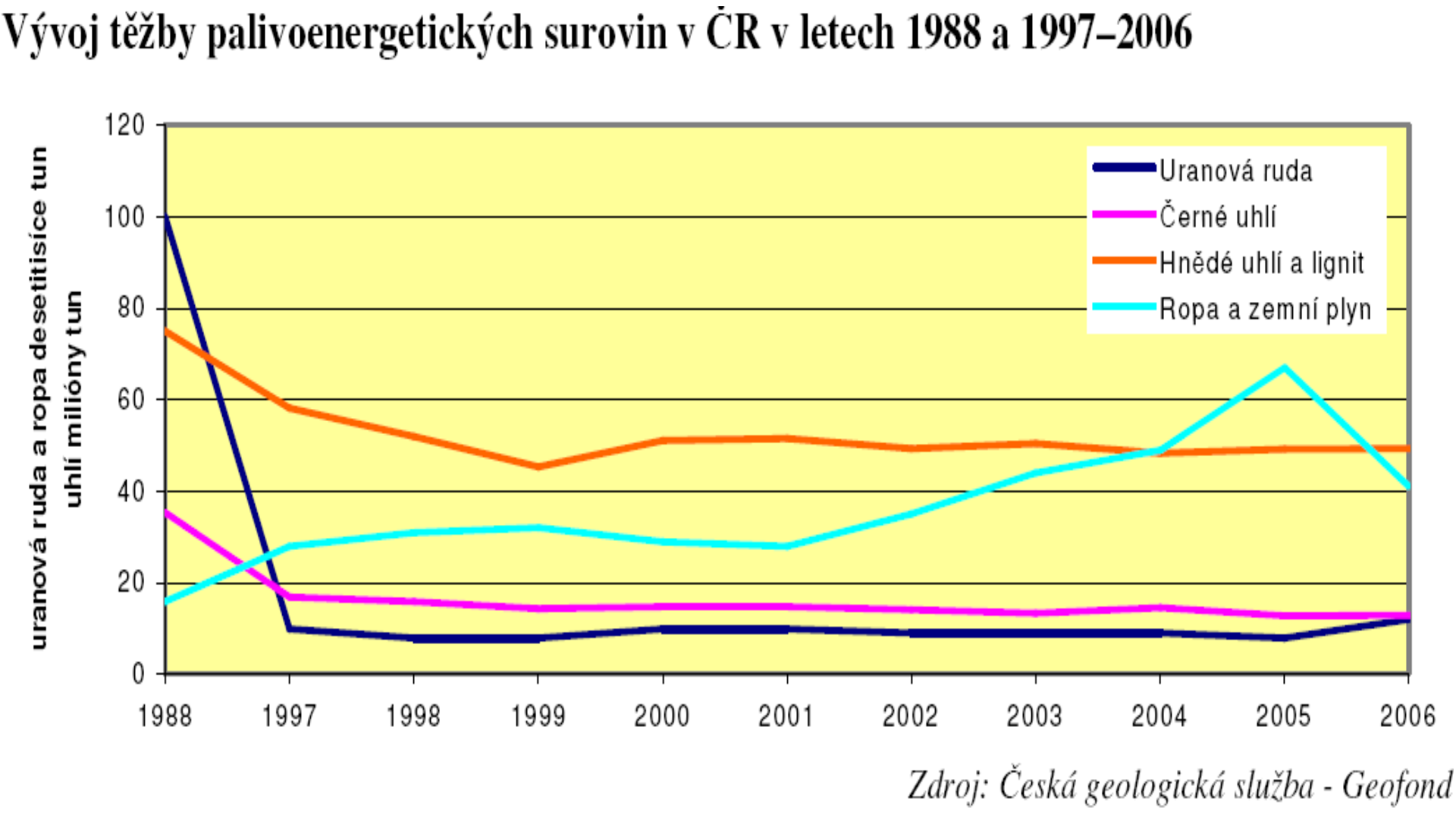
1) Krajina postižená těžbou fosilních paliv

2) Produkce nespálených (nespalitelných) zbytků a kapalných odpadů (pevných odpadů a vody s obsahem sloučenin těžkých kovů)

3) Produkce toxických plynů SO_2, NO_x => Nutnost odsiřování, omezování emisí NO_x

4) Emise CO_2

Ad.1) Narušení krajiny těžbou
















10/8/01

Vliv povrchové těžby na ŽP

- ✓ Zábor půdy (zemědělská, lesní), zábor sídelních útvarů
- ✓ Přeložky komunikací, inženýrských sítí
- ✓ Změna reliéfu terénu
- ✓ Ohrožení zásob pitné vody
- ✓ Vznik nových rozlehlých vodních ploch – změny v mikroklimatu
- ✓ Zvýšená hlučnost, prašnost, vznik mlh
- ✓ Rozvoj navazujícího průmyslu – energetika, chemický průmysl

Vliv hlubinné těžby na ŽP

- ✓ Haldy (prašnost, hoření, vymývání síry)
- ✓ Důlní prostory (výbuchy důlního plynu, vývody větracích zařízení,..)
- ✓ Koncentrace skládek průmyslových a komunálních odpadů
- ✓ Nevratné změny ve vodním režimu – vznik bezodtokových oblastí
- ✓ Poškození a destrukce půdního profilu

Těžba hnědého uhlí



- hlavní zdroj energie v ČR
- celková rozloha uhlonosné sedimentace 1900 km^2
- 3 pánve (podkrušnohorská oblast) + Žitavská pánev



1. Chebská – netěží se s ohledem na minerální vody Františkových Lázní
2. Sokolovská – 25 % těžby
3. Severočeská – 3 části (chomutovská, mostecká, teplická), 75 % těžby, povrchový způsob
4. Žitavská – netěží se z ekonomických a technických důvodů

Těžba černého uhlí

- **Koksovatelné uhlí - umožňuje výrobu koksu pro vysokopecní výrobu surového železa**





Pánve:

1. Hornoslezská - 1600 km^2 (většina v Polsku), jediná oblast současné těžby
2. Vnitrosudetská – vydobyté, již neekonomické
3. Podkrkonošská – nekvalitní uhlí, neperspektivní
4. Středočeské - vydobyté, již neekonomické
5. Mělnická – neekonomické, neperspektivní

•Energetické uhlí - převážně k výrobě elektrické energie

(40% elektrické energie ve světě - spalování uhlí)

Důsledky využití fosilních paliv při získávání energie

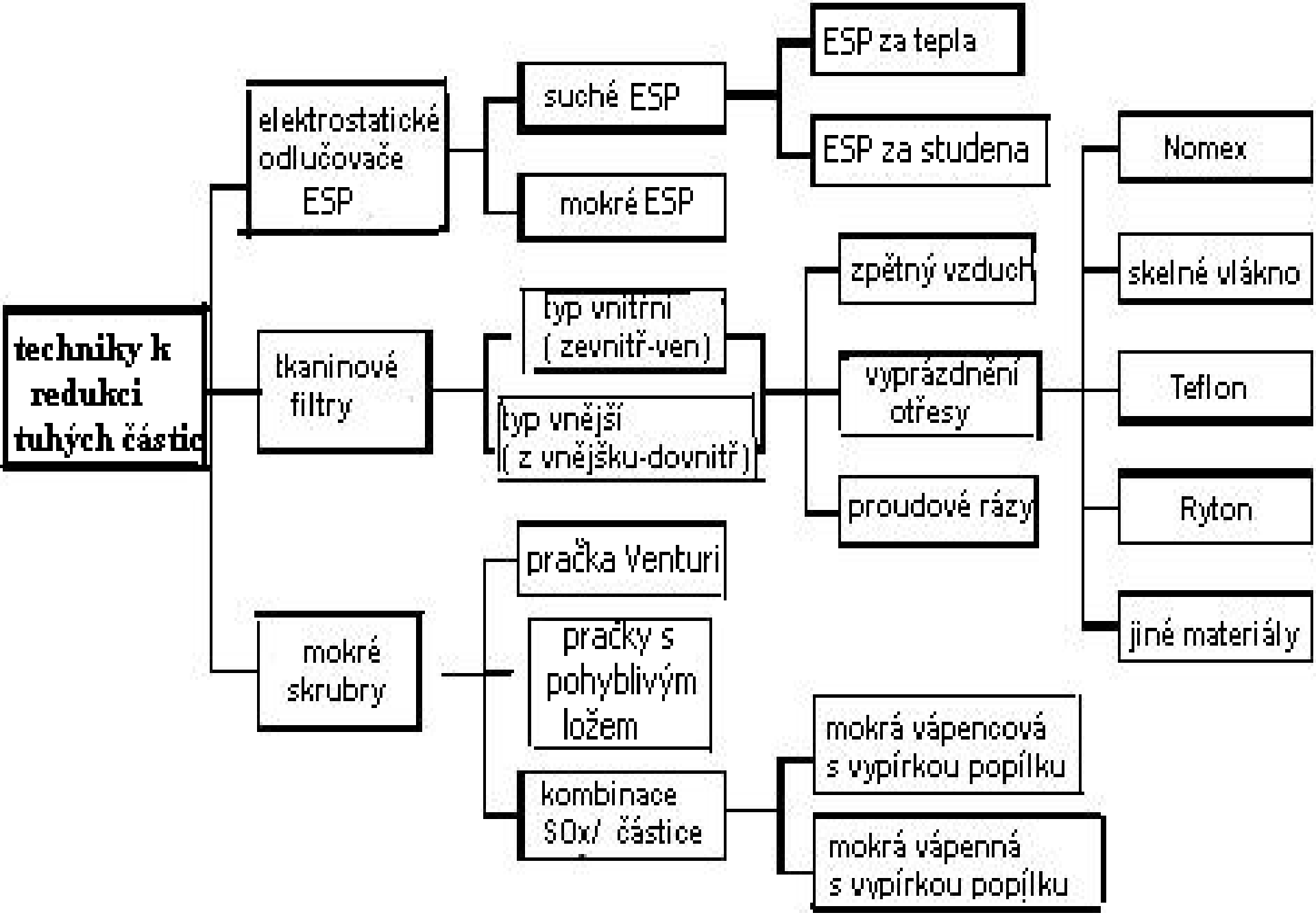
1) Krajina postižená těžbou fosilních paliv

2) **Produkce nespálených (nespalitelných) zbytků a kapalných odpadů (pevných odpadů a vody s obsahem sloučenin těžkých kovů) = KAM S NIMI?**

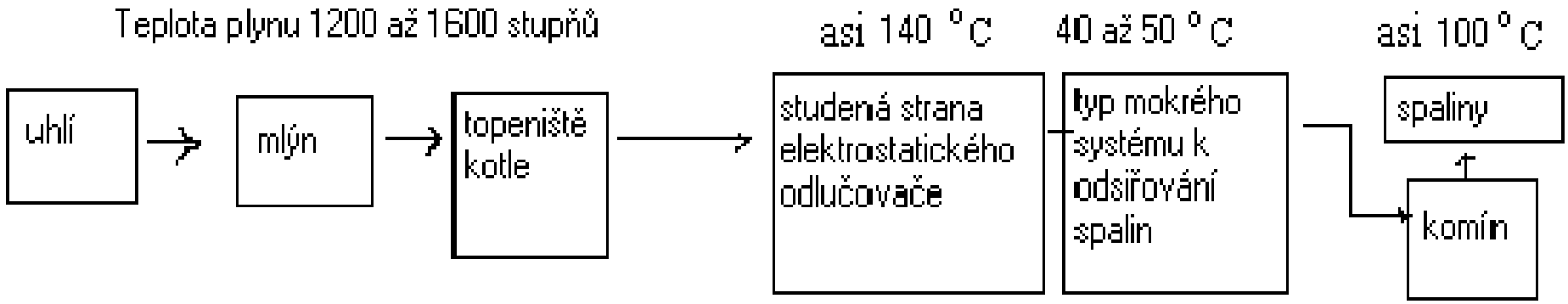
3) Produkce toxických plynů SO_2, NO_x => Nutnost odsiřování, omezování emisí NO_x

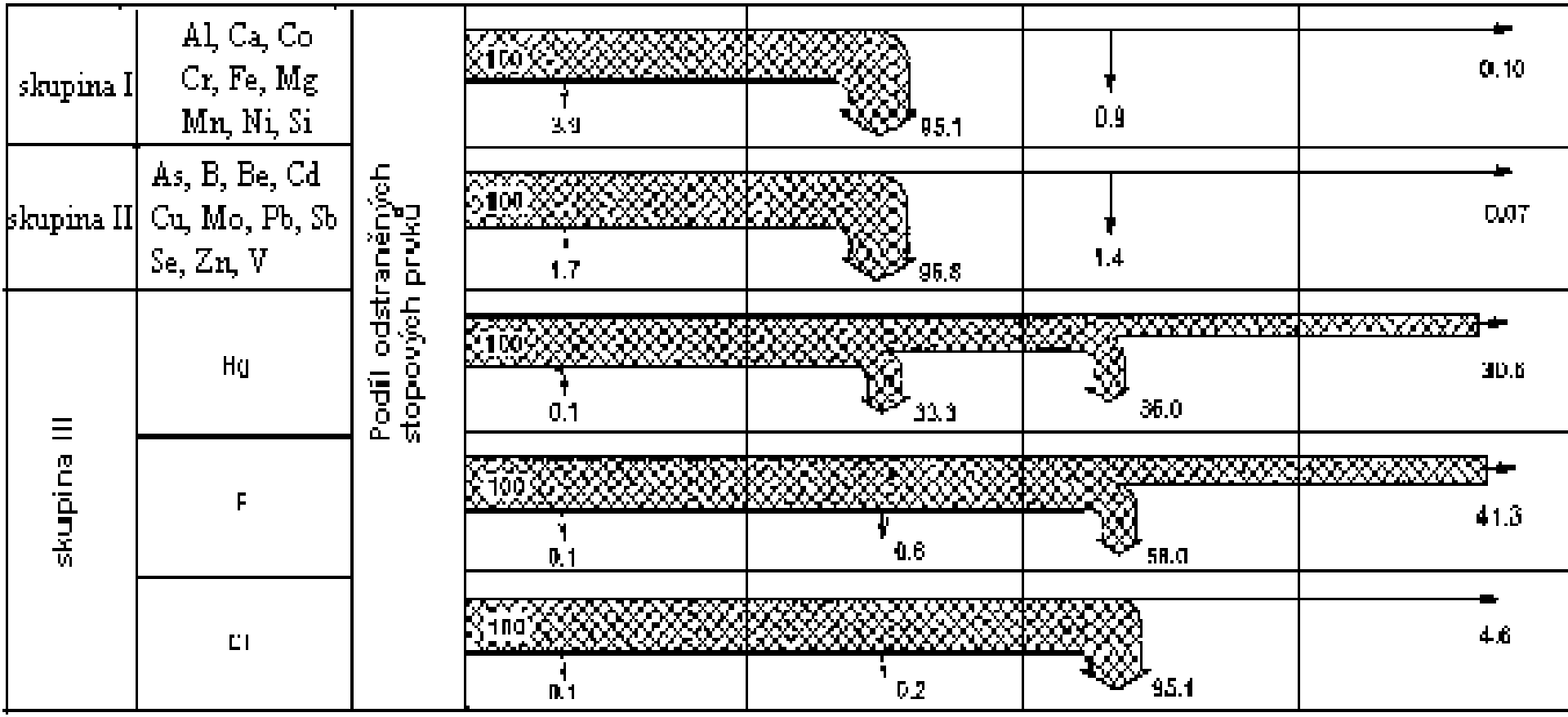
4) Emise CO_2

Ad 2) Techniky ke snižování tuhých emisí



Hmotnostní bilance těžkých kovů, fluoridů a chloridů ve spalovacích zařízeních na uhlí





Důsledky využití fosilních paliv při získávání energie

1) Krajina postižená těžbou fosilních paliv

2) Produkce nespálených (nespalitelných) zbytků a kapalných odpadů (pevných odpadů a vody s obsahem sloučenin těžkých kovů)

3) **Produkce toxických plynů SO_2, NO_x => Nutnost odsiřování, omezování emisí NO_x**

4) Emise CO_2

Ad 2-4) Dopady činnosti klasických tepelných elektráren v ČR

Emise vybraných škodlivin ze spalování paliv ve stacionárních zdrojích energetiky

	1990	1995	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Emise SO_2 (tis. t)	1 808,4	1 080,7	430,5	256,0	242,8	228,4	219,0	219,3	215,3	198,8
Emise NOx (tis. t)	386,7	217,4	162,0	160,0	161,1	161,6	153,1	158,4	154,5	141,7
Emise TZL (tis. t)	606,1	183,9	71,0	45,5	41,5	45,8	40,6	38,6	27,2	22,9
Emise CO_2 (mil. t)	137,9	108,2	104,3	104,3	104,3	99,0	101,0	99,1	97,2	98,1

** předběžné údaje*

Zdroj: ČHMÚ

Ad. 3) Odsiřování, Mokrá vápno-vápencová metoda:
Chemismus mokrého odsiřovacího procesu:

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3 \qquad (1)$$

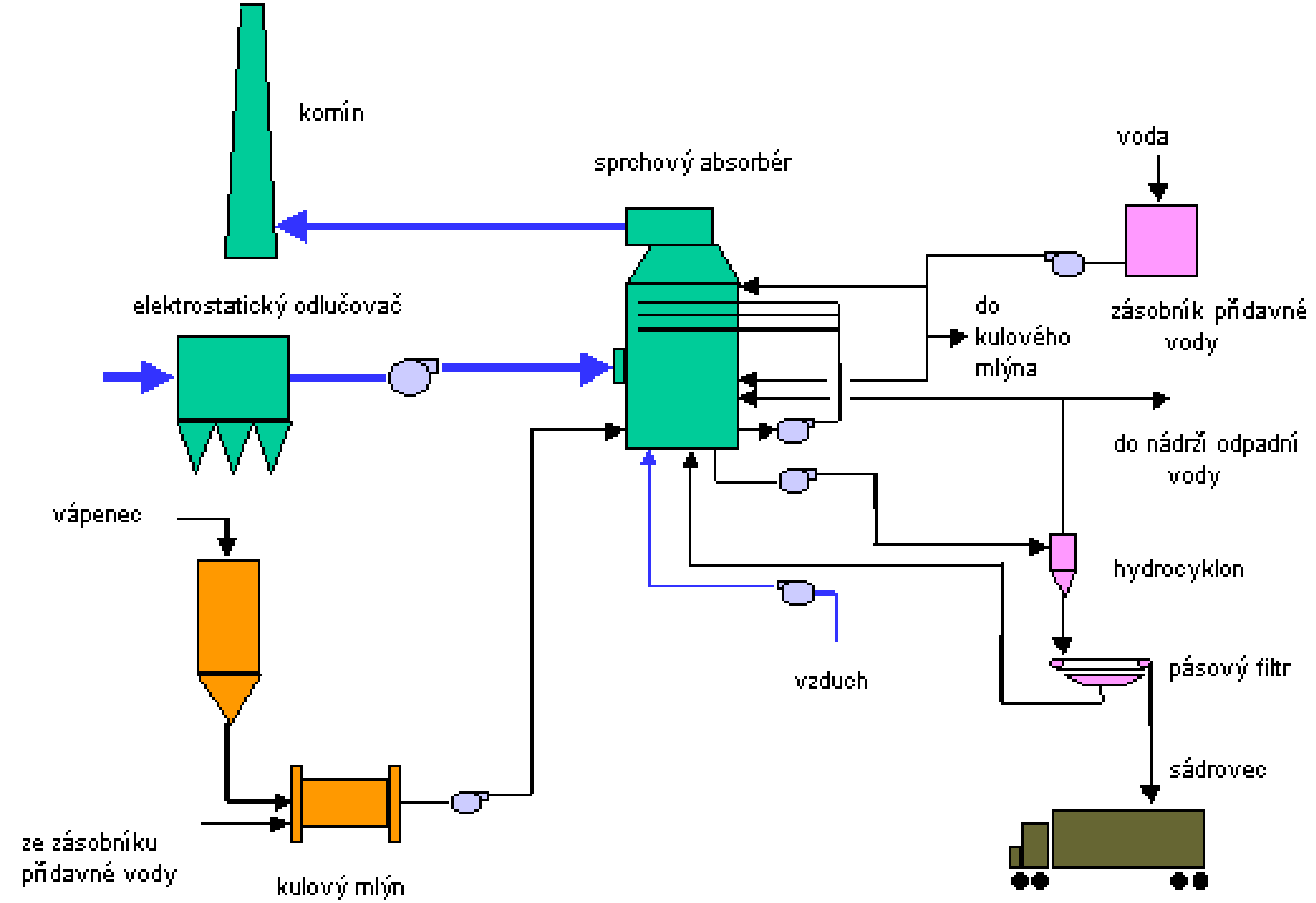
$$CaCO_3 + H_2SO_3 \rightarrow CaSO_3 + CO_2 + H_2O \qquad (2)$$

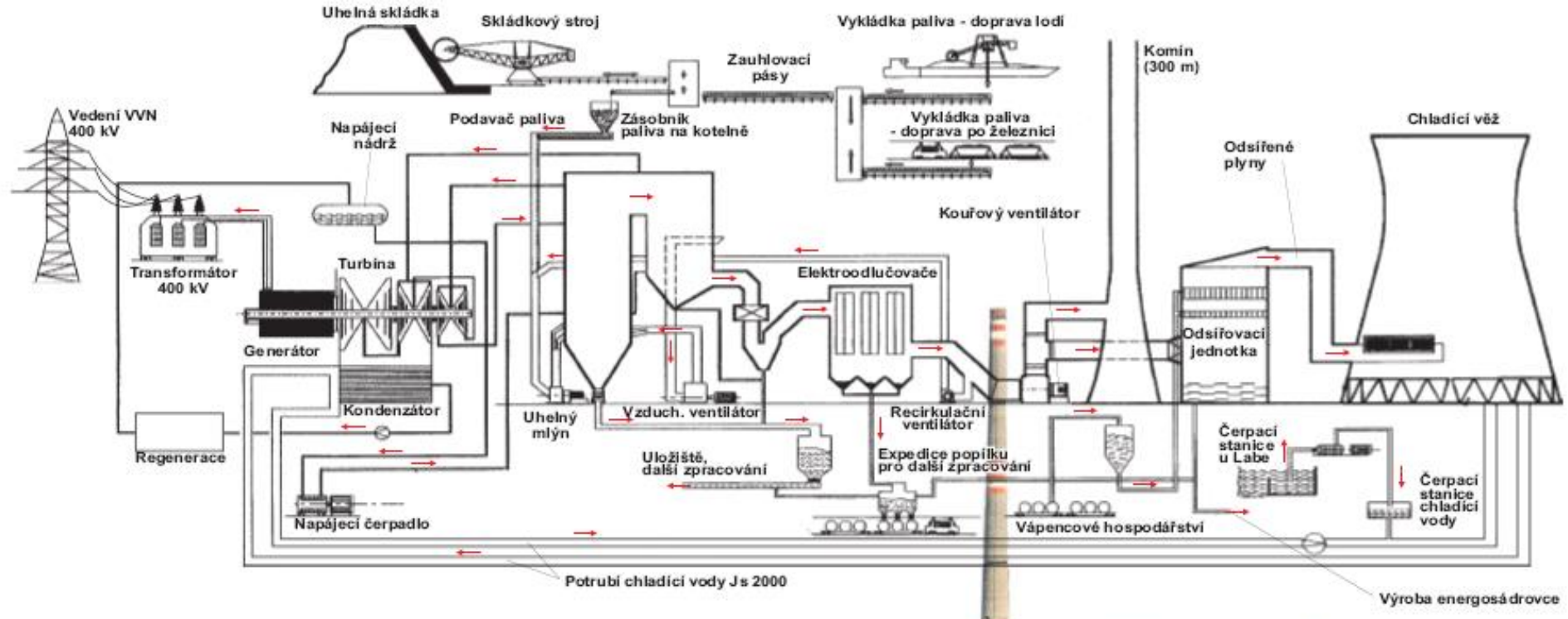
$$CaSO_3 + 1/2\ O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2\ H_2O \qquad (3)$$

Souhrnná rovnice procesu vázání SO_2 za vzniku sádrovce:

$$CaCO_3 + SO_2 + 1/2\ O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2\ H_2O + CO_2$$

Ad. 3) Odsiřování, Mokrá vápno-vápencová metoda:





Elektrárna Chvaletice:



Srovnání produkce emisí při spalování různých druhů paliv v různých spalovacích jednotkách:

Měrné emise škodlivin ze spalování paliv [kg/TJ]

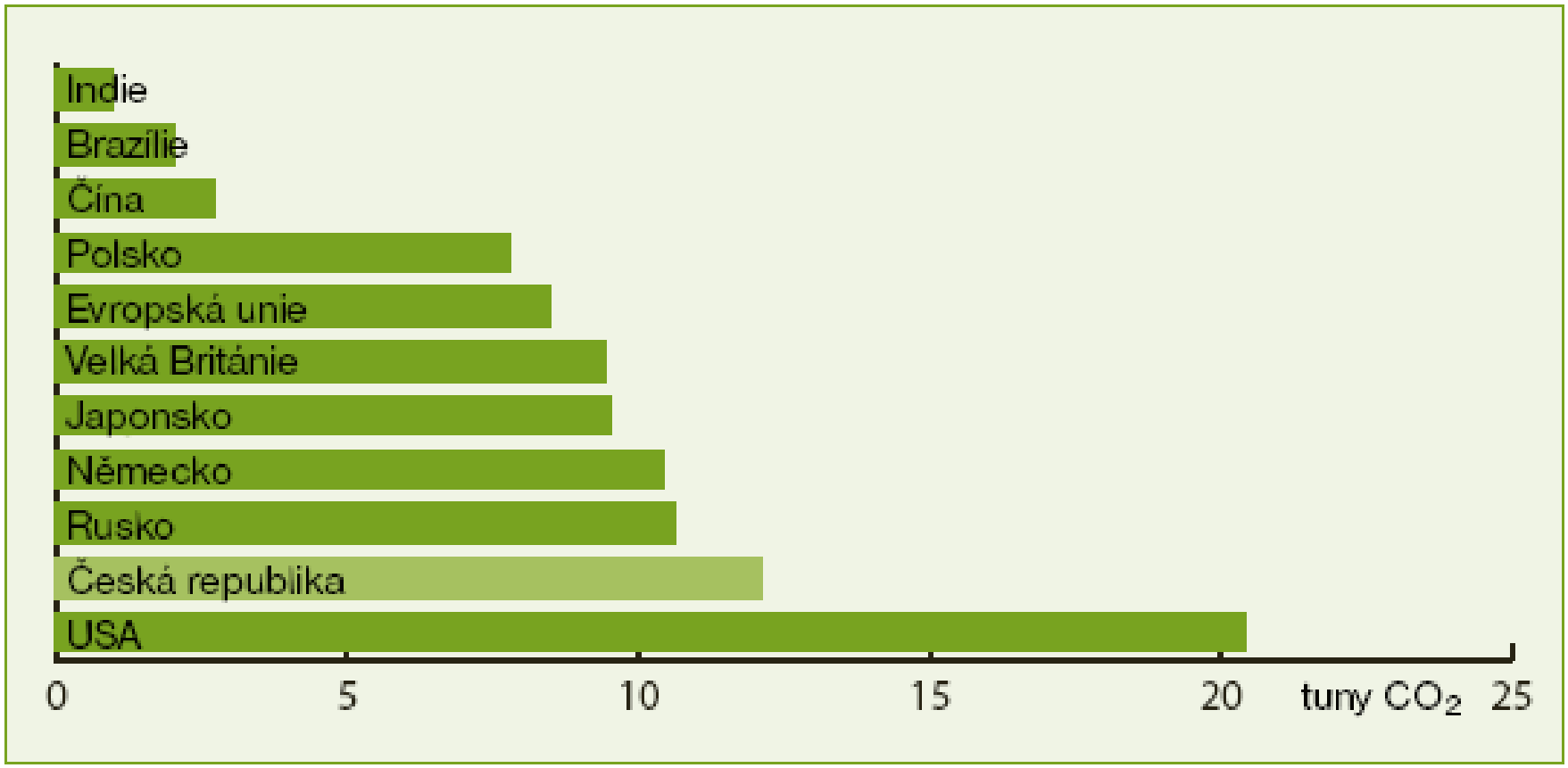
Palivo	prach	SO_2	NO_x	CO	C_xH_Y
Černé uhlí	250	500	100	6500	250
Hnědé uhlí	350	230	50	7000	150
Hnědé uhlí (lokální kotle)	2000	800	200	20000	4000
Topný olej	2	130	50	50	12
Zemní plyn	0,1	0,2	35	50	2
Odpad ve spalovně	0,003	2	80	4	0,007

[1] Buchtele J.,Roubíček V., Technologie plynných paliv, VŠB Ostrava, 1998
[2] Tekáč V. a kol., Emise POPs při spalování pevných paliv v domácích spotřebičích, konference Aprochem-Odpadové fórum, Milovy, 2007

Důsledky využití fosilních paliv při získávání energie

4) Emise CO_2

Graf 13: Emise oxidu uhličitého na obyvatele a rok ve vybraných státech



Zdroj: Český statistický úřad

Spotřeba hnědého uhlí u moderní velké tepelné elektrárny:

- El.výkon elektrárny: 1840 MW
- Hodinová spotřeba: 730 t hnědouhelného prachu
- Na odsiření: 25 t vápence
- Produkuje páru o teplotě 554^{o}C a tlaku 26,7 MPa
- Vzniká: 250 t popílku + 70 t sádry

$\Rightarrow$Denní spotřeba: 35 000 t hnědého uhlí

$\Rightarrow$Roční spotřeba:12 775 000 t hnědého uhlí !!!

$\Rightarrow$**JE MOŽNÉ SPOTŘEBU PALIVA VÝRAZNĚ SNÍŽIT?** Umožní snížit energ.náročnost dopravy a úpravy paliva i nespalitelných zbytků, …

V Hodoníně pálí fritovací oleje i odpady z kukuřice

Od ledna do září letošního roku vyrobila hodonínská elektrárna přes 125 GWh elektřiny z biomasy a odpadních olejů. Palivo do elektrárny dodává firma Trafin Oil, aktivní v oblasti obchodu s použitými potravinářskými a fritovacími odpadními oleji z kuchyní, restaurací, jídelen a jiných gastronomických zařízení (této služby využívá například Eurest, Tesco). Součástí recyklace jsou rostlinné oleje čištěny s cílem splnění podmínek pro zařazení mezi biopaliva.



Hodonínská elektrárna se zaměřuje na využívání biomasy

V první půlce listopadu přišla řada na testy spalování slunečnicového šrotu a drceného kukuřičného vřetena, tzv. kotaček. V obou případech se jedná o vedlejší produkty zpracování slunečnice a kukuřice, které trh nabídl za akceptovatelnou cenu poté, co poklesla poptávka po krmných směsích. Výhřevnost těchto druhů biomasy je o 30 % vyšší proti výhřevnosti dřevní štěpky a při stejném spáleném množství z nich lze vyrobit o 30 % více zelené elektřiny. ■

Hlavní nevýhoda spoluspalování ve velkých tepelných elektrárnách = stejná jako u spalování fosilních paliv = většina energie (~65%) uniká bez užitku do okolního prostředí

Fotografie pece užívané při spoluspalování, zanášení způsobené nízkou teplotou tavení popela z biomasy:







Možnosti snížení emisí CO_2 v souvislosti s výrobou energie v tepelných elektrárnách:

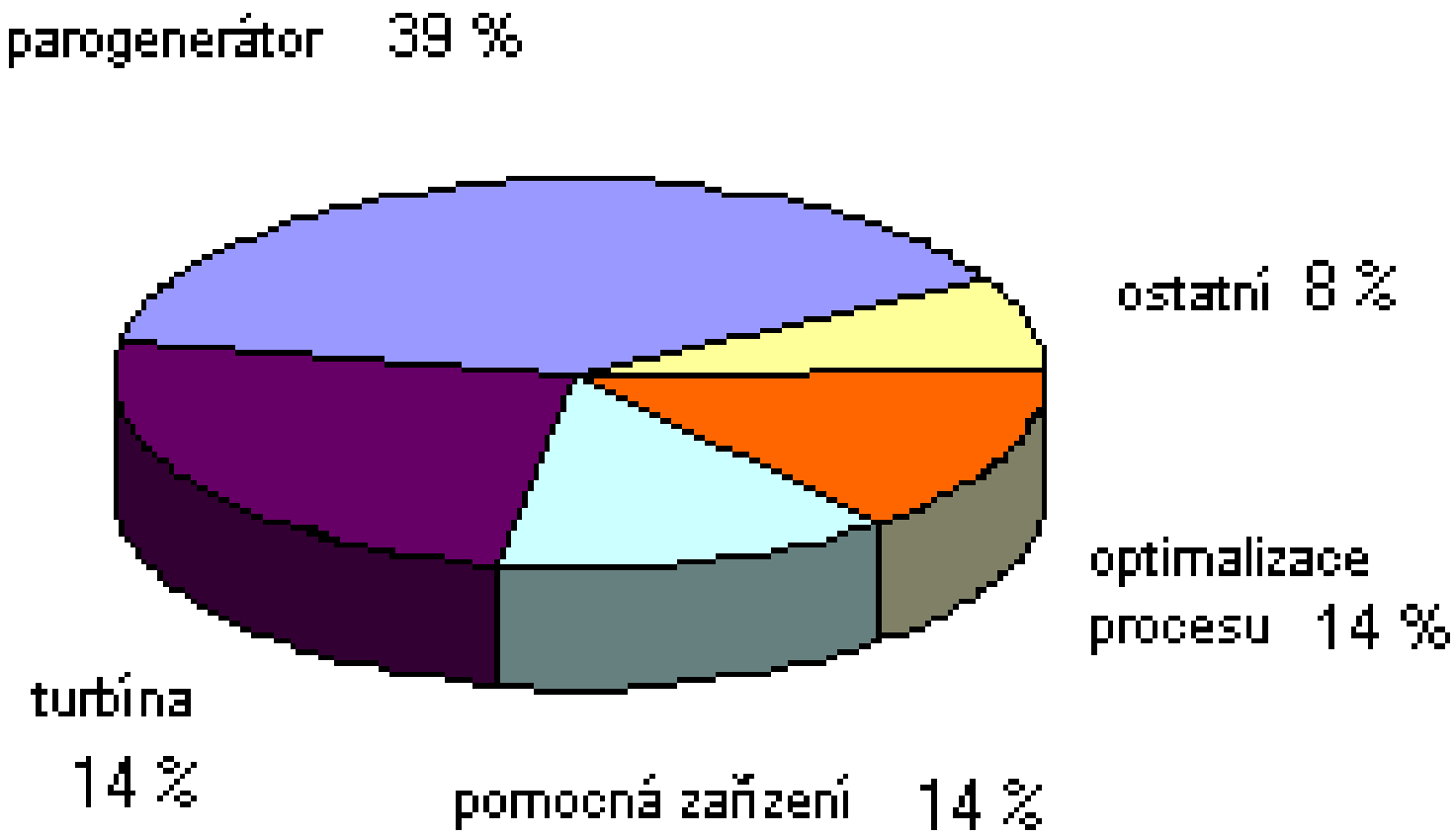
- **Přechod z uhlí na uhlovodíková paliva (CH_4)** nebo lépe na bezemisní paliva (vodík, amoniak, apod.)

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: **43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn**

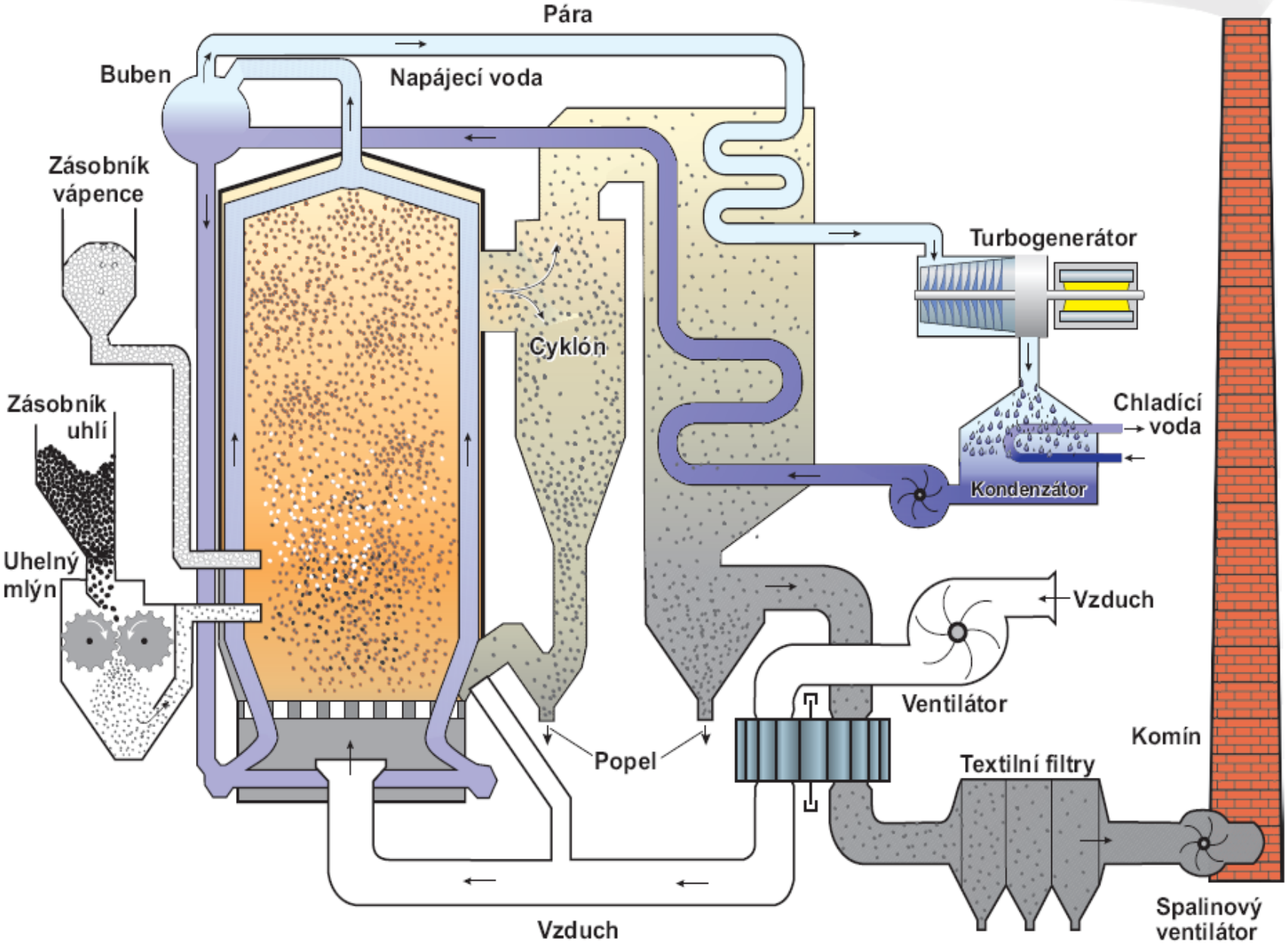
- **Zvýšení účinnosti** tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60% = **úspory paliva ve výrobě**
- Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev **za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy**
- Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva (**úloha biopaliv, ALE: Jak zajistit potřebné dodávky???**

=> Zvýšení účinnosti využití paliv = kogenerace, zvýšení teploty pracovní média (paroplyn, apod.)

Optimalizační opatření, která se přijala ke zlepšení účinnosti energetických zařízení v letech 1993 až 2000, což způsobilo snížení CO_2 o 11 mil. tun/rok

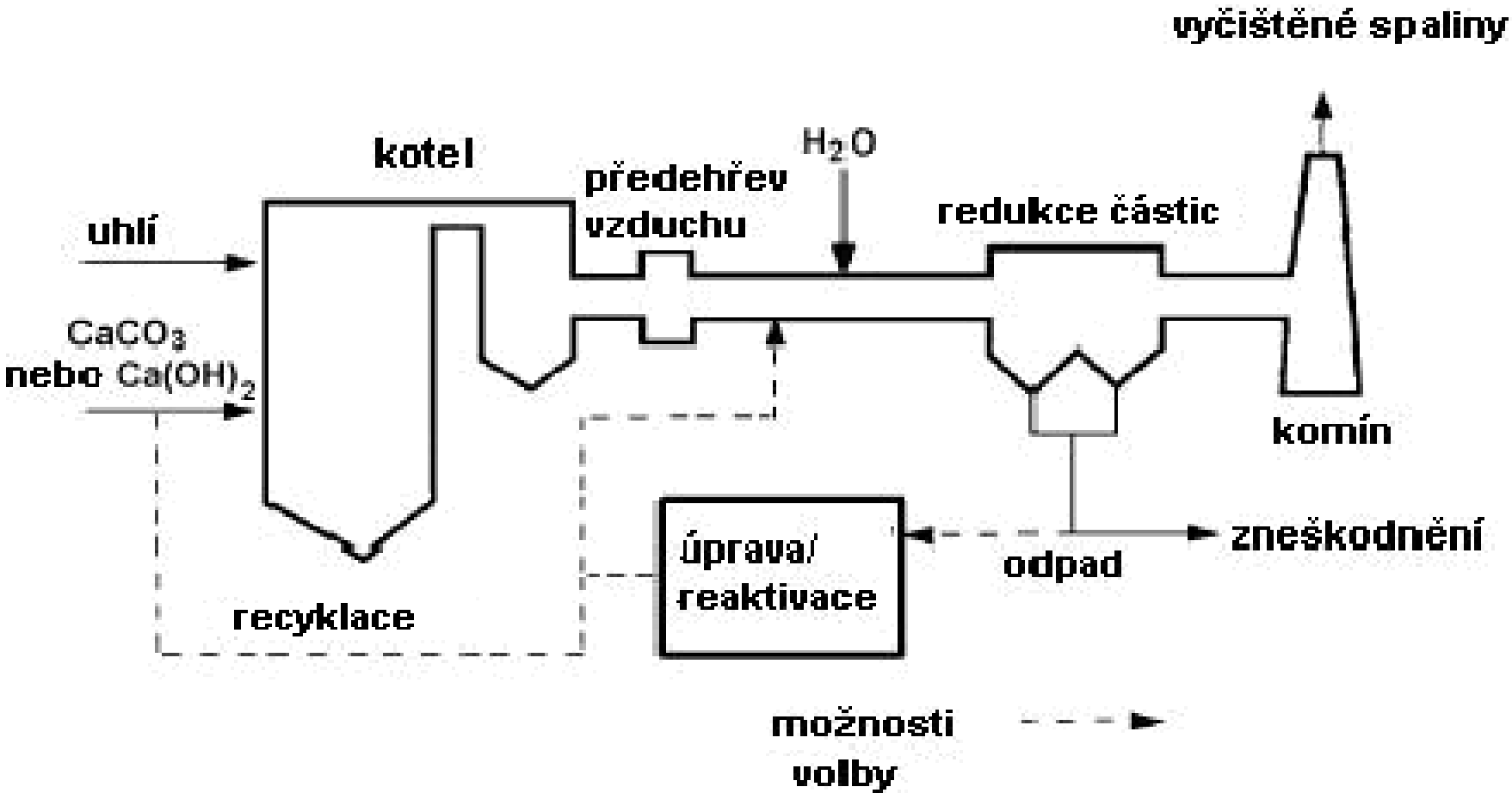


ÚSPORY ENERGIE PŘI OMEZOVÁNÍ EMISÍ, SUCHÉ ODSIŘOVÁNÍ:



Odpadní zbytky se zneškodňují například ukládáním na skládku za pečlivého dozoru, protože obsahují aktivní vápno a siřičitan vápenatý. Možné využití těchto odpadních produktů je předmětem výzkumu.
Proces je vhodný pro paliva s nízkým obsahem síry a pro využití v malých zařízeních.

Proces je sám o sobě poměrně jednoduchý a proto vyžaduje menší provozní náklady ai údržbu.



Ad. 1, nové materiály pro parní turbíny:

- **Možnosti zvyšování účinnosti přeměny tepla na užitečnou práci zvýšením teploty páry:**

Kritická teplota vody: 374 °C.

Kritický tlak, 22,14 MPa

Ad.Carnotova účinnost: $$\eta_c = 1 - \frac{T_o}{T}$$

T_o je teplota okolí (kelviny, K), $T_o \sim 300$ K

T je teplota, při které se získá teplo (kelviny, K)

- Parní generátory pro páru s 580°C (T = 853K) a 26 MPa byly v komerčním provozu několik let a v současnosti se tyto parametry zvýšily na 600 °C (T=873K) a 30 MPa.

$T \sim (273{,}15 + 580)$ K

Vývojové trendy:

1) Parní turbíny: zavedením nadkritických parametrů páry (tlak 22,1 MPa, teplota 600 °C) se zvýší účinnost nad 40 % a vyvíjené monokrystalické slitiny umožní jít až do oblasti ultrakritické páry s teplotou 700 °C, kdy by účinnost mohla špičkově dosáhnout až 50 %.

2) Fluidní spalování: přechod z atmosférických **na tlaková fluidní ohniště v kombinaci s paroplynovým cyklem** dává naději zvýšit účinnost cyklu také **až na 50 %.**

3) Plynové turbíny: při spalování zemního plynu lze očekávat do třiceti let zvýšení účinnosti až na 47 % (pokud materiál lopatek a chlazení umožní jít na vstupní teplotu 1300 °C), resp. na 50 % (pokud žáruvzdorné keramické slitiny odolají po dobu rozumné životnosti teplotě 1500 °C).

Tyto komponenty v integrovaném zplyňovacím cyklu zvýší účinnost na 50 %.

4) Vynikající účinnost by mohly mít elektrárny vybavené již čtyřicet let vyvíjenými **magnetohydrodynamickými generátory**. Intenzivně hořící uhelný prach nebo plyn doplněný ionizačními přísadami při průchodu magnetickým polem rozdělí svoje částice podle náboje. Z elektrod uložených kolmo na směr proudu a magnetického pole lze pak odebírat stejnosměrný elektrický proud. Využitím tepla spalin v nadkritickém parním cyklu **by bylo možné dosáhnout celkové účinnosti až 60 %.**

Možnosti zvyšování účinnosti zvyšováním teploty páry:

- ***Kritická teplota*** vody: 374 °C.
- ***Kritický*** tlak, 22,14 MPa

- Parní generátory pro páru s 580°C a 26 MPa jsou v komerčním provozu již několik let, v současnosti se parametry u nově instalovaných tepelných elektráren zvýšily na 600 °C a 30 MPa.

Vývojové trendy:

- **Parní turbíny**: **zavedením nadkritických parametrů páry (tlak 22,1 MPa, teplota 600 °C) se zvýší účinnost nad 40 %** a vyvíjené monokrystalické slitiny umožní jít až do oblasti ultrakritické páry s teplotou 700 °C, kdy by účinnost mohla špičkově dosáhnout až 50 %.

- **Plynové turbíny**: při spalování zemního plynu lze očekávat do třiceti let zvýšení účinnosti až na 47 % (pokud materiál lopatek a chlazení umožní jít na vstupní teplotu 1300 °C), resp. na 50 % (pokud žáruvzdorné keramické slitiny odolají po dobu rozumné životnosti teplotě 1500 °C).
- **Fluidní spalování v** tlakovém fluidním ohništi v kombinaci s paroplynovým cyklem

Tyto komponenty v integrovaném zplyňovacím cyklu zvýší účinnost na 50 %.

- Vynikající účinnost by mohly mít elektrárny vybavené již čtyřicet let vyvíjenými **magnetohydrodynamickými generátory**. Intenzivně hořící uhelný prach nebo plyn doplněný ionizačními přísadami při průchodu magnetickým polem rozdělí svoje částice podle náboje. Z elektrod uložených kolmo na směr proudu a magnetického pole lze pak odebírat stejnosměrný elektrický proud. Využitím tepla spalin v nadkritickém parním cyklu **by bylo možné dosáhnout celkové účinnosti až 60 %.**

Paroplynová elektrárna

http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/paroplynove-elektrarny/jak-funguje-paroplynova-elektrarna.html

Parametry paroplynového oběhu (příklad elektrárny o inst. výkonu 400 MWe):

Teplota spalin na vstupu do turbíny 1 400 °C

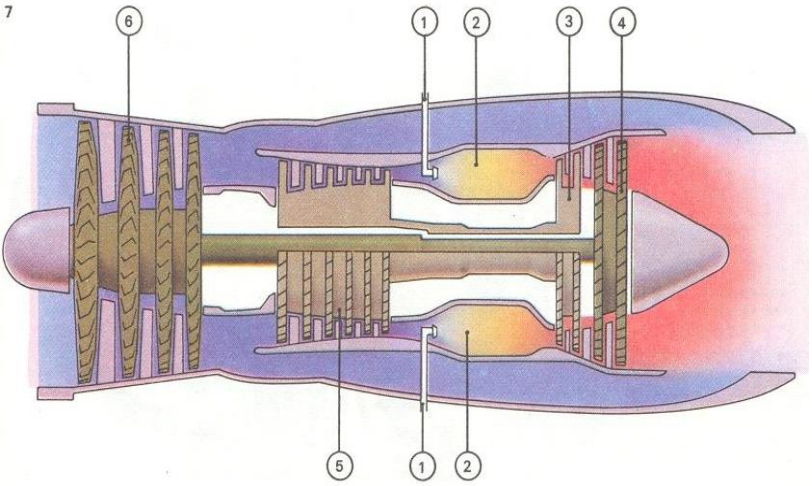
Teplota spalin na vstupu do spalinového kotle 600 °C

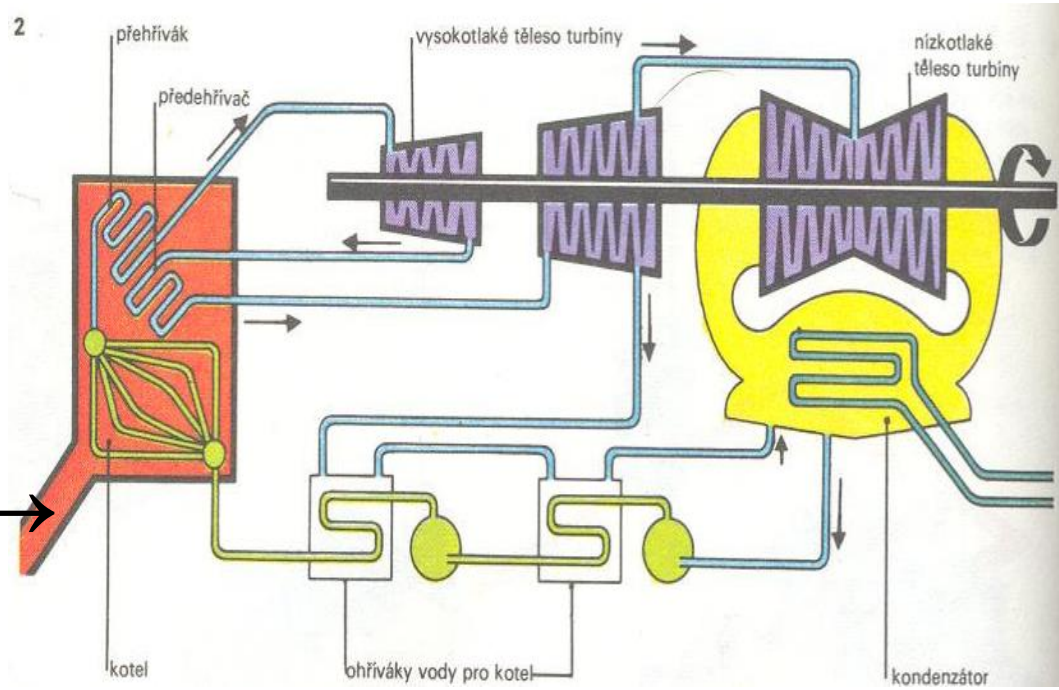
Tlak a teplota páry na vstupu do turbíny: 16 MPa / 560 °C

Teplota vody na výstupu z kondenzátoru: 29°C

Čistá tepelná účinnost kombinovaného oběhu: 58%

Paroplynová elektrárna, palivo CH_4
2x větší účinnost oproti klasické tepelné





$$\eta_c = 1 - \frac{T_o}{T}$$

T_o je teplota okolí (kelviny, K), $T_o \sim 300$ K
T je teplota, při které se získá teplo (kelviny, K), $T \sim 1300$ K

Paroplynová elektrárna = plynové turbíny v kombinaci s parní turbínou = paroplynová kogenerace:

- Díky vyšší teplotě umožňuje dosažení vyšší účinnosti přeměny s využitím spalovací (plynové) turbíny a parní turbíny

- V současnosti provozována především s použitím zemního plynu nebo odsířených ropných frakcí jako paliva

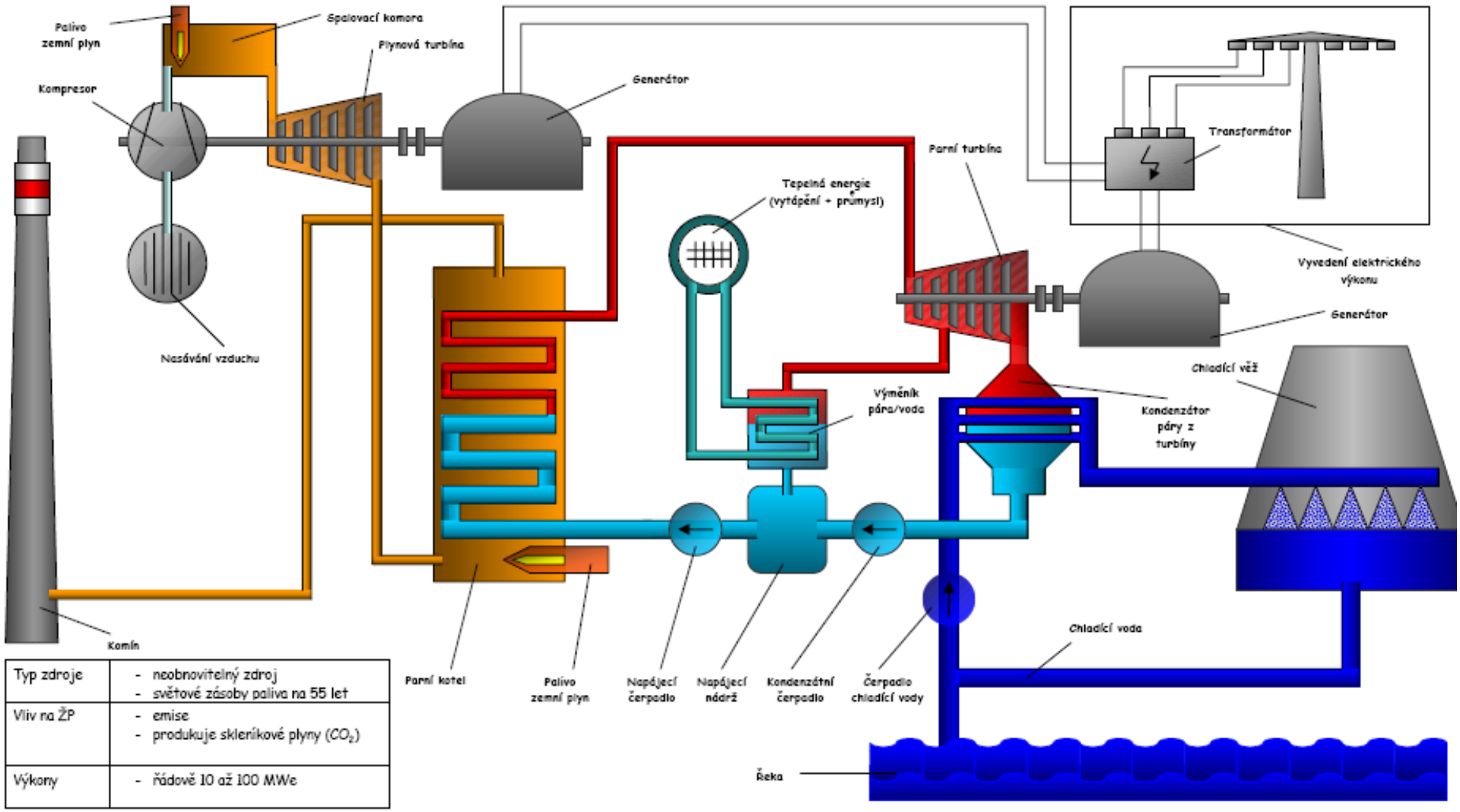
- Výhody zemního plynu CH_4: **Výhřevnost:**

$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$ 35,8 MJ/m^3

tj. ca. 49,7 MJ/kg

Srovnání s uhlím: $C + O_2 \rightarrow CO_2$ 27,5 MJ/kg

Jak funguje plynová elektrárna (paroplynový cyklus)



Typ zdroje	- neobnovitelný zdroj - světové zásoby paliva na 55 let
Vliv na ŽP	- emise - produkuje skleníkové plyny (CO_2)
Výkony	- řádově 10 až 100 MWe

Plynová turbína Rolls-Royce:





plynová turbína

Paroplynová elektrárna, 440 MW_e:



Paroplynová elektrárna v Počeradech:



PPC Počerady:

- **Celkový výkon** 838 MW
  Uspořádání: 2× plynová turbina (GT), 2× spalinový výměník – kotel (HRSG), 1× parní turbina(ST)
  Palivo: zemní plyn, tlak 40 bar
  Chlazení: věžové, přirozený tah
  Předpokládaný provozní režim: položpičkový, noci a víkendy, odstávky
  Umístění v areálu Elektrárny Počerady

Nevýhoda paroplynové elektrárny spalující zemní plyn = cena zemního plynu

- Německo si na zimu zajistilo 7 GW uhelných elektráren. Uspořit by mohly až 30 TWh plynu (oenergetice.cz) (23. říjen 2022)
- Na základě listopadových cen emisních povolenek, elektřiny a plynu v Německu činí v současné době **zisková marže plynové elektrárny s 59% účinností 55,88 EUR/MWh pro srovnání marže černouhelné elektrárny s 42% účinností je 130,21 EUR/MWh**
- vyplývá z údajů společnosti Montel.

Vývojové trendy:

- **Parní turbíny**: **zavedením nadkritických parametrů páry (tlak 22,1 MPa, teplota 600 °C) se zvýší účinnost nad 40 %** a vyvíjené monokrystalické slitiny umožní jít až do oblasti ultrakritické páry s teplotou 700 °C, kdy by účinnost mohla špičkově dosáhnout až 50 %.

- **Plynové turbíny**: při spalování zemního plynu lze očekávat do třiceti let zvýšení účinnosti až na 47 % (pokud materiál lopatek a chlazení umožní jít na vstupní teplotu 1300 °C), resp. na 50 % (pokud žáruvzdorné keramické slitiny odolají po dobu rozumné životnosti teplotě 1500 °C).
- **Fluidní spalování v** tlakovém fluidním ohništi v kombinaci s paroplynovým cyklem

Tyto komponenty v integrovaném zplyňovacím cyklu zvýší účinnost na 50 %.

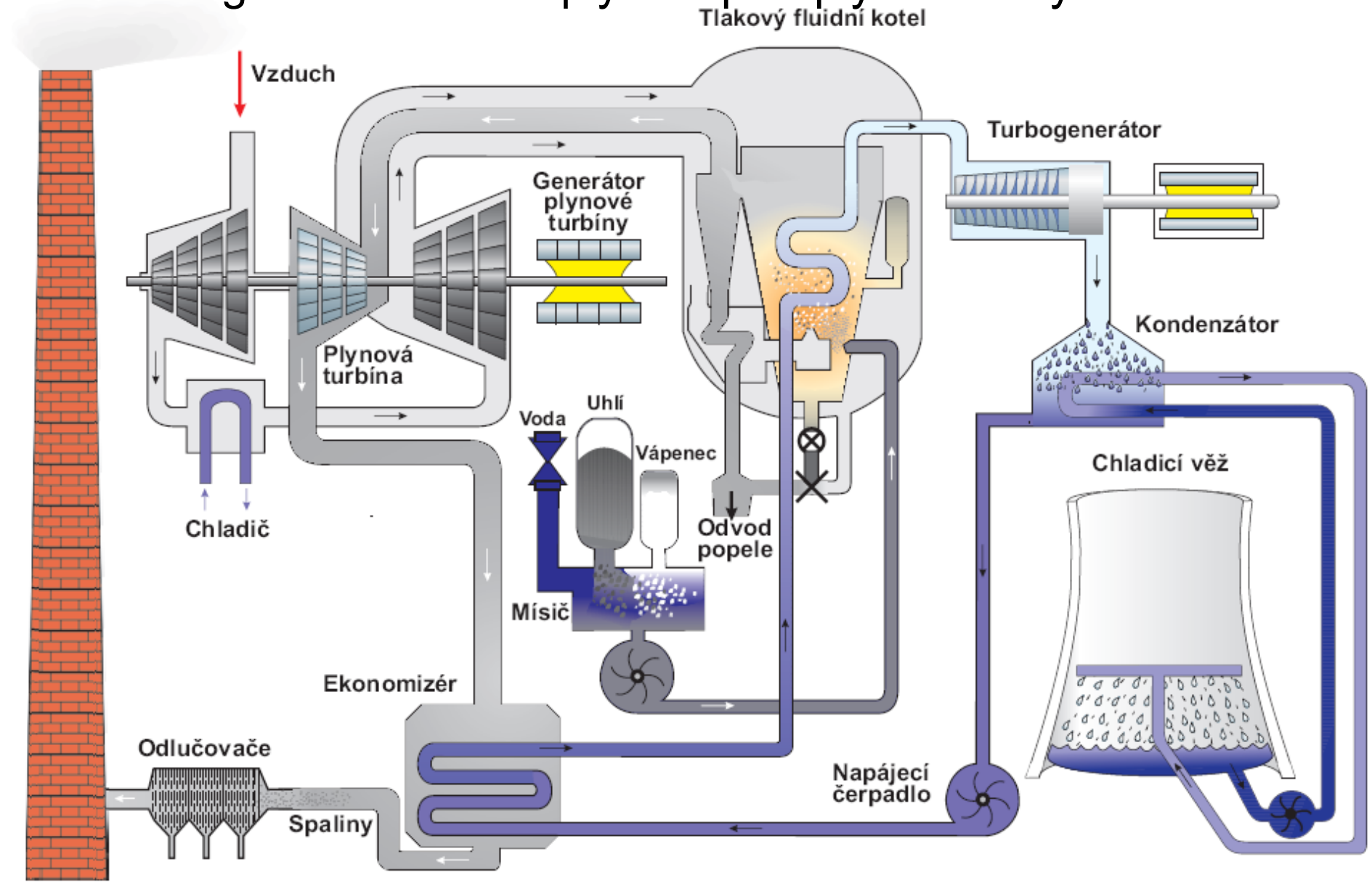
- Vynikající účinnost by mohly mít elektrárny vybavené již čtyřicet let vyvíjenými **magnetohydrodynamickými generátory**. Intenzivně hořící uhelný prach nebo plyn doplněný ionizačními přísadami při průchodu magnetickým polem rozdělí svoje částice podle náboje. Z elektrod uložených kolmo na směr proudu a magnetického pole lze pak odebírat stejnosměrný elektrický proud. Využitím tepla spalin v nadkritickém parním cyklu **by bylo možné dosáhnout celkové účinnosti až 60 %.**

Nevýhoda paroplynové elektrárny spalující zemní plyn = cena zemního plynu

Možné řešení = paroplynová elektrárna spalující levná tuhá paliva

ALE: nutno zabránit poškození plynové (spalovací) turbíny

Tlakové zplyňování uhlí s následným spalováním generátorového plynu v paroplynovém cyklu:



Integrace tlakového spalování uhlí a paroplynového cyklu:

- Pravděpodobně nejvýhodnější způsob využití energetického uhlí
- **Místo zemního plynu využívá horkých plynů unikajících pod tlakem z uhelných zplyňovacích reaktorů.** Z plynů jsou nejdříve odloučeny prachové částice, dále je plyn odsířen a zbaven dalších škodlivin.

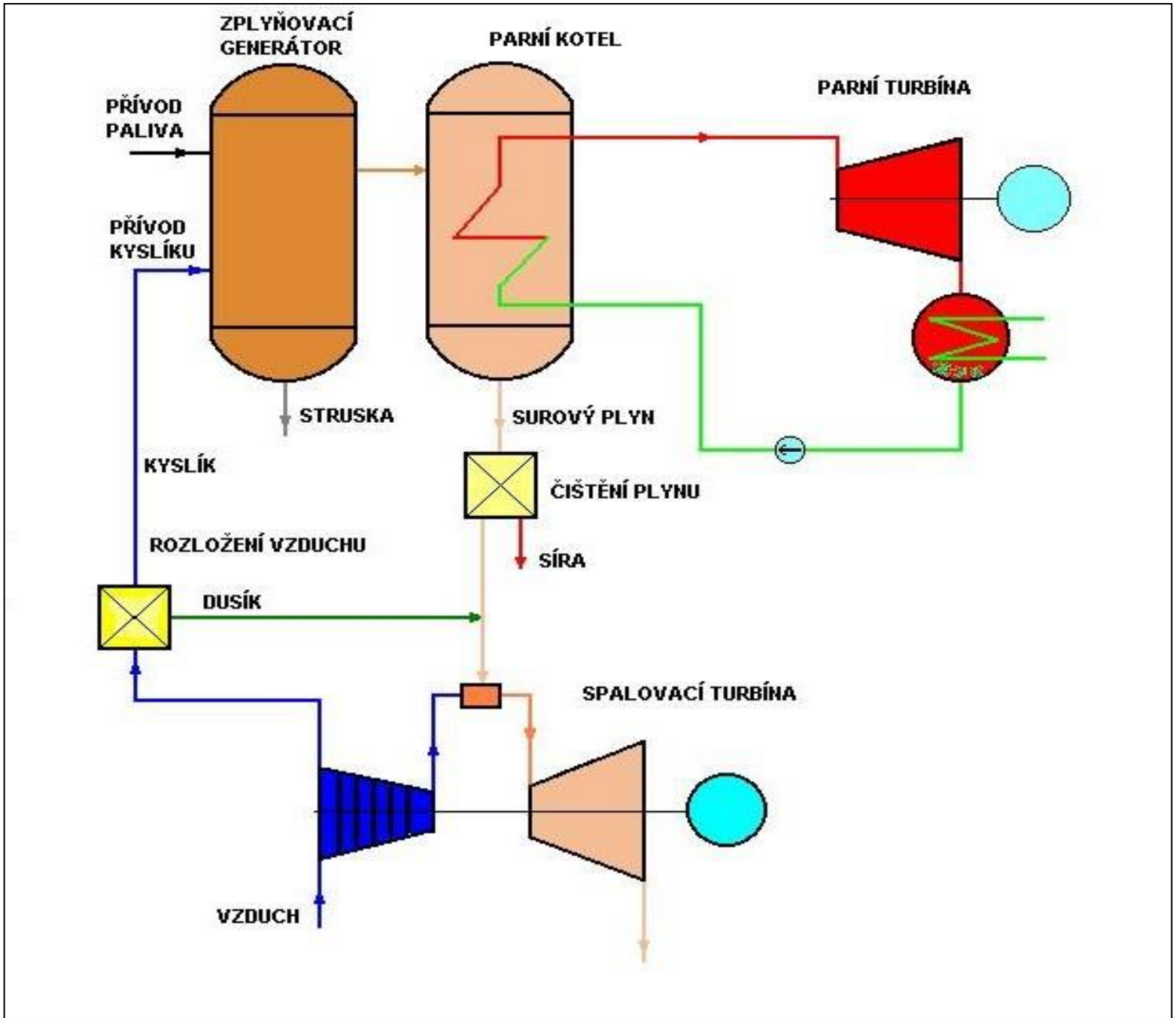
- **Po vyčištění jde do spalovací turbíny a vyrábí elektrickou energii. Odpadní teplo plynů, kombinované s teplem z reaktoru, je využito k výrobě vysokotlaké páry pro parní turbosoustrojí.**

- **Účinnost takového cyklu může dosahovat až více než 55 %.** Oproti konvenčním tepelným elektrárnám tato technologie snižuje spotřebu vody, produkuje méně tuhých odpadů než prášková topeniště nebo atmosférické fluidní kotle, odpady lze využít v zemědělství a stavebnictví, úroveň emisí SO_2, NO_x a CO_2 je až o čtvrtinu nižší

Zplyňování hnědého uhlí = v ČR takto fungovalo zařízení ve firmě Sokolovská uhelná

1) Uhlí je nejdříve převedeno na směs CO + H_2 a horké plyny ohřívají páru pro pohon parní turbíny
2) směs CO + H_2 po ochlazení a vyčištění vedena na plynovou turbínu

Zplyňování hnědého uhlí, v ČR Sokolovská uhelná:



Zplyňování hnědého uhlí = v ČR Sokolovská uhelná

- **Za podstechiometrického obsahu kyslíku a v přítomnosti vodní páry přeměna uhlí na generátorový plyn bohatý na CO + H_2**
- **Dále vznikají: fenoly, dehet, NH_3, H_2S** => pro chem. průmysl

- probíhá v dvouplášťových tlakových generátorech s pevným ložem se sesuvnou vrstvou.

- Zplyňování v několika pásmech při **protiproudém uspořádání.** Velikost zrn zplyňovaného uhlí je 5 - 25 mm, zplyňovací poměr 4 až 8 kg páry/m^3 kyslíku. V oxidačním pásmu probíhá silně exotermní reakce uhlíku s kyslíkem za vzniku oxidu uhličitého,protože parciální tlak kyslíku je zde vysoký. Vznikající teplo je využíváno k chodu celé řady zplyňovacích reakcí probíhajících v dalších pásmech reaktoru.

- Proud plynů vystupujících z oxidační zóny bohatý na oxid uhličitý a vodní páru vstupuje do redukční zóny, kde probíhají heterogenní reakce uhlíku za vzniku zejména CO, H_2 a CH_4 a homogenních reakcí CO a CO_2 s H_2 a vodní parou.

Vývojové trendy:

- **Parní turbíny**: zavedením nadkritických parametrů páry (tlak 22,1 MPa, teplota 600 °C) se zvýší účinnost nad 40 % a vyvíjené monokrystalické slitiny umožní jít až do oblasti ultrakritické páry s teplotou 700 °C, kdy by účinnost mohla špičkově dosáhnout až 50 %.

- **Fluidní spalování**

- **Plynové turbíny**: při spalování zemního plynu lze očekávat do třiceti let zvýšení účinnosti až na 47 % (pokud materiál lopatek a chlazení umožní jít na vstupní teplotu 1300 °C), resp. na 50 % (pokud žáruvzdorné keramické slitiny odolají po dobu rozumné životnosti teplotě 1500 °C).

Tyto komponenty v integrovaném zplyňovacím cyklu zvýší účinnost na 50 %.

- **magnetohydrodynamické generátory = jiná technologie přeměny tepla spalin na elektrickou energii**

Intenzivně hořící uhelný prach nebo plyn doplněný ionizačními přísadami při průchodu magnetickým polem rozdělí svoje částice podle náboje. Z elektrod uložených kolmo na směr proudu a magnetického pole lze pak odebírat stejnosměrný elektrický proud. Využitím tepla spalin v nadkritickém parním cyklu **by bylo možné dosáhnout celkové účinnosti až 60 %.**

Zatím sci-fi: Magnetohydrodynamické generátory = využití plazmatu:

Vynikající účinnost by mohly mít elektrárny vybavené již čtyřicet let vyvíjenými **magnetohydrodynamickými generátory**. Intenzivně hořící uhelný prach nebo plyn doplněný ionizačními přísadami při průchodu magnetickým polem rozdělí svoje částice podle náboje. Z elektrod uložených kolmo na směr proudu a magnetického pole lze pak odebírat stejnosměrný elektrický proud. Využitím tepla spalin v nadkritickém parním cyklu **by bylo možné dosáhnout celkové účinnosti až 60 %.**

Magnetohydrodynamické generátory + paroplynový cyklus:

Intenzivně hořící uhelný prach doplněný ionizačními přísadami při průchodu magnetickým polem rozdělí svoje částice podle náboje.

Z elektrod uložených kolmo na směr proudu a magnetického pole lze pak odebírat stejnosměrný elektrický proud.

Účinnost ca. 60%

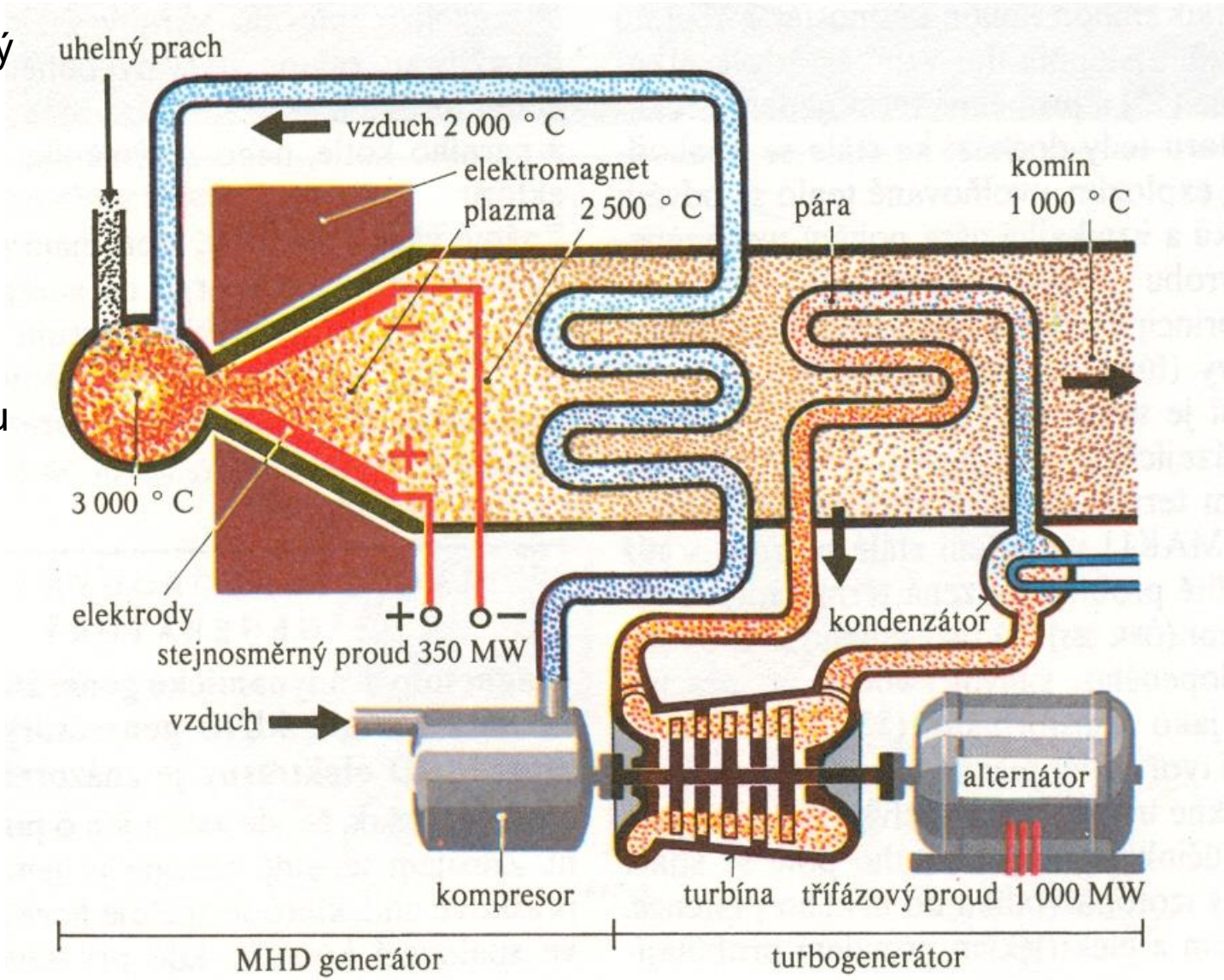
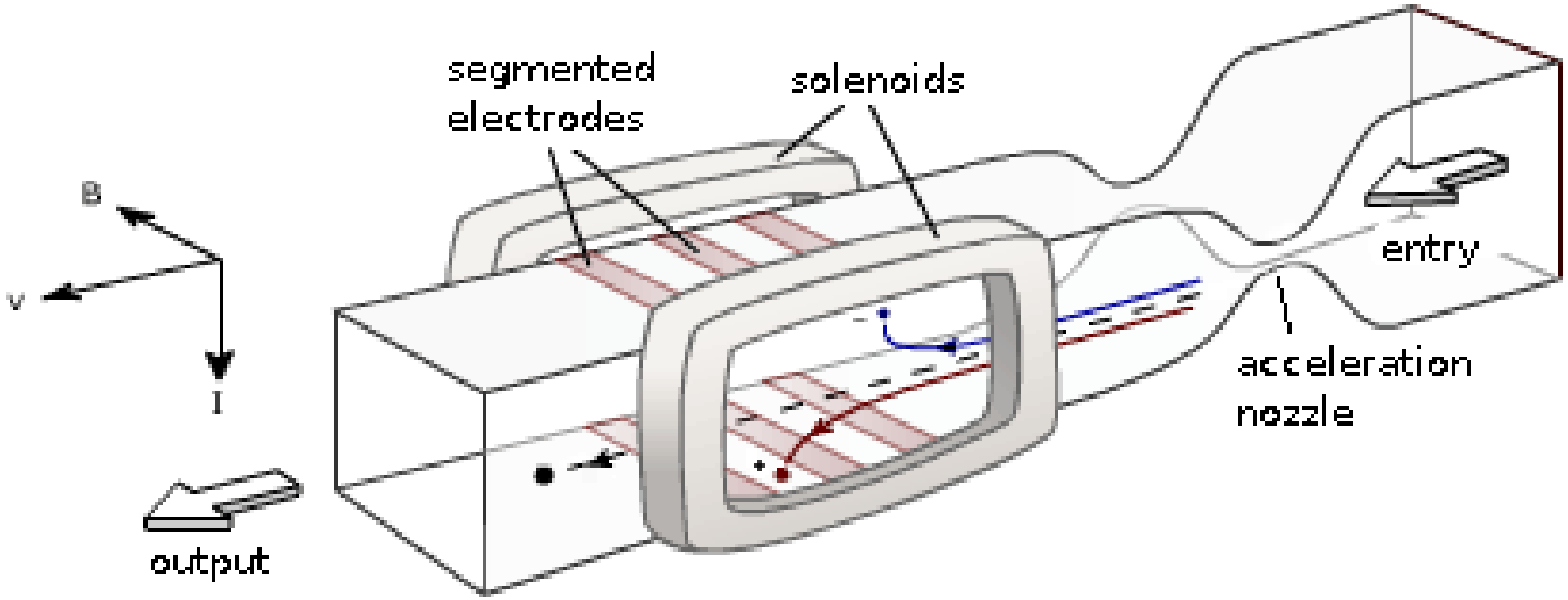


Schéma z Wikipedie:



MHD Generator

Faraday linear nozzle with segmented electrodes

Možnosti snížení emisí CO_2v souvislosti s výrobou energie v tepelných elektrárnách:

- Přechod z uhlí na uhlovodíková paliva (CH_4)

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn

- Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%

- **Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy**

- Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva (úloha bioplynu)

Nové technologie ve využití fosilních paliv

Ukládání CO_2 do geologických vrstev např. po vytěžení ropy či zemního plynu

CO_2 jako pomocné médium při těžbě ropy

- Pumpování CO_2 pod vysokým tlakem zvyšuje těžitelnost ložiska (z 20-40% na 30-60%), protože:

a) Vytlačuje ropu z ložiska

b) Snižuje její viskozitu

Při tomto postupu se ½ až 2/3 CO_2 vracejí s vytěženou ropou na zemský povrch

Náklady: 0,5-16 USD/t CO_2

15-20 USD/barel ropy

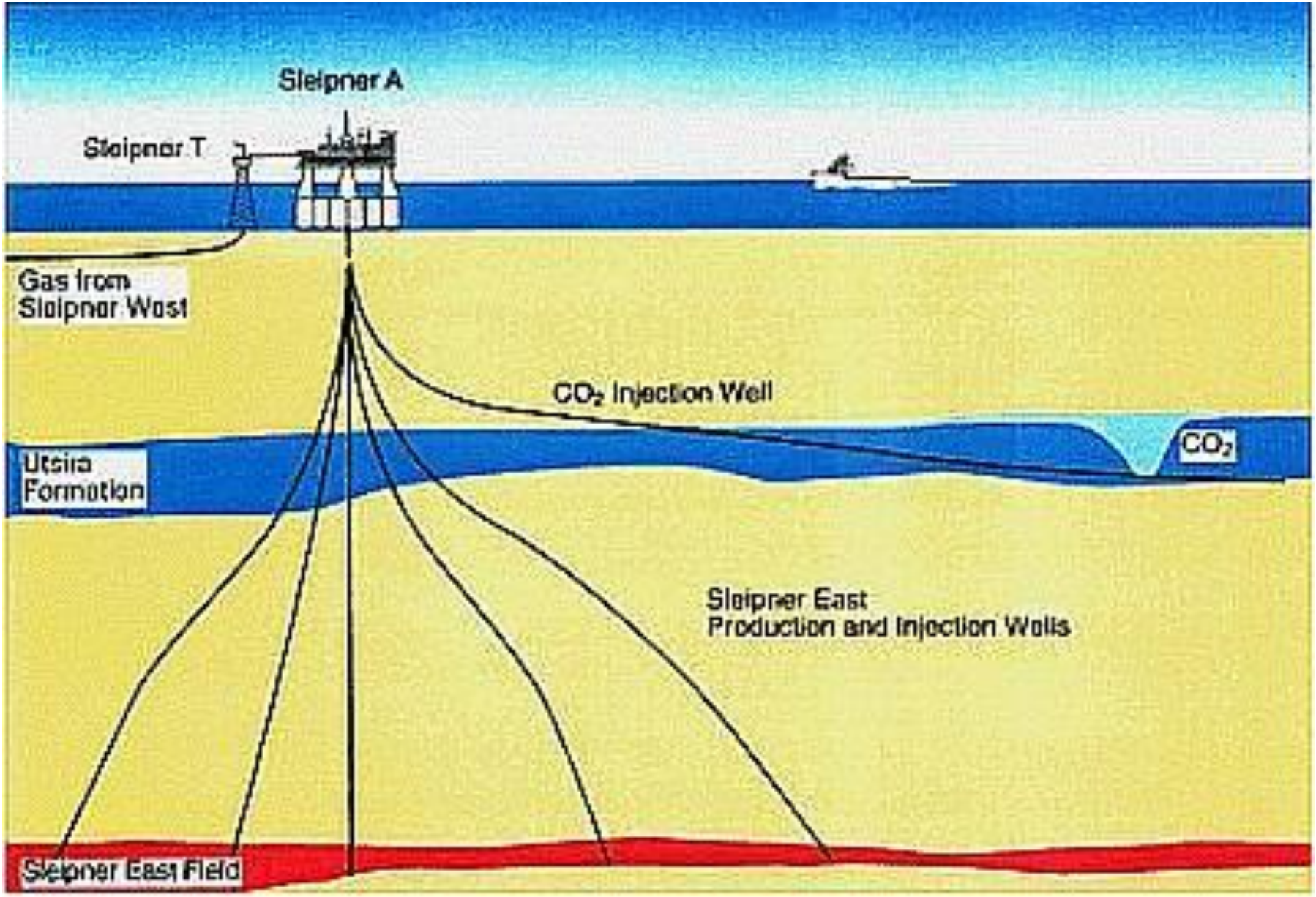
Světová kapacita prostor vhodných pro ukládání CO_2:

Odhadovaná kapacita pro ukládání CO_2 do podzemí

způsob ukládání	odhadovaná kapacita v Gt CO_2
vyčerpaná ropná ložiska	125
vyčerpaná ložiska plynu	800
hlubinné salinické aquifery	400 – 10 000
netěžitelná uhelná ložiska	20
dna moří a oceánů	10^6

Celosvětové mise oxidu uhličitého do ovzduší byly v roce 2007 odhadovány na 27,3 mld. tun.

Evropské společenství se na těchto emisích podílí asi 11,4 % (3,1 mld. tun) a Česká republika asi 0,4 % (125 mil.tun).



SACS - Injection at Sleipner, into the "Utsira" saline formation under the north sea. Monitoring partially financed by the EC.

K separaci CO_2 ze spalin fosilních paliv jsou v současné době vyvíjeny tři různé typy technologických procesů:

• absorpce ve vhodných pracích kapalinách (ethanolaminy, vodné roztoky alkálií) – např.:

$$K_2CO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrow 2\ KHCO_3$$

Metoda vhodná pro velké objemy spalin

ALE: Účinnost elektrárny se tím sníží o 8-14%!

• adsorpce na vhodných adsorbentech (zeolity, uhlíkaté adsorbenty) – vhodná pro menší objemy spalin

• membránová separace s použitím speciálních membrán s kapalným filmem – náchylná na přítomnost prachových částic ve spalinách

Technologie vypírky CO_2 ze spalin pomocí MEA je v současné době již na několika
elektrárnách realizována s cílem získávání CO_2 ze spalin pro potravinářský průmysl.

Oddělování CO_2:

$$CO_2 + H_2O + H_2NCH_2CH_2OH \leftrightarrow NH_3^+CH_2CH_2OH \,.\, HCO_3^-$$

- Elektrárna Shady Point (USA); tato elektrárna má instalovaný výkon 320 MW, pracuje s technologií spalování černého uhlí ve fluidní vrstvě; produkce CO_2 (pro potravinářský průmysl) činí 200 t CO_2/den, je použita vypírka CO_2 ze spalin pomocí MEA
- Elektrárna Warrior Run (USA); instalovaný výkon 180 MW, spalování černého uhlí ve fluidní vrstvě, vypírka CO_2 pomocí MEA, CO_2 pro potravinářský průmysl
- Sumitomo Chemicals, Chiba (Japonsko); elektrárna spalující plyn a černé uhlí, produkce 150 t CO_2 denně (pro potravinářský průmysl), vypírka CO_2 ze spalin pomocí MEA

Další možnost, využití zplyňování uhlí:

1. Zplyňování uhlí:

$$C + O_2 + H_2O \rightarrow CO + H_2$$

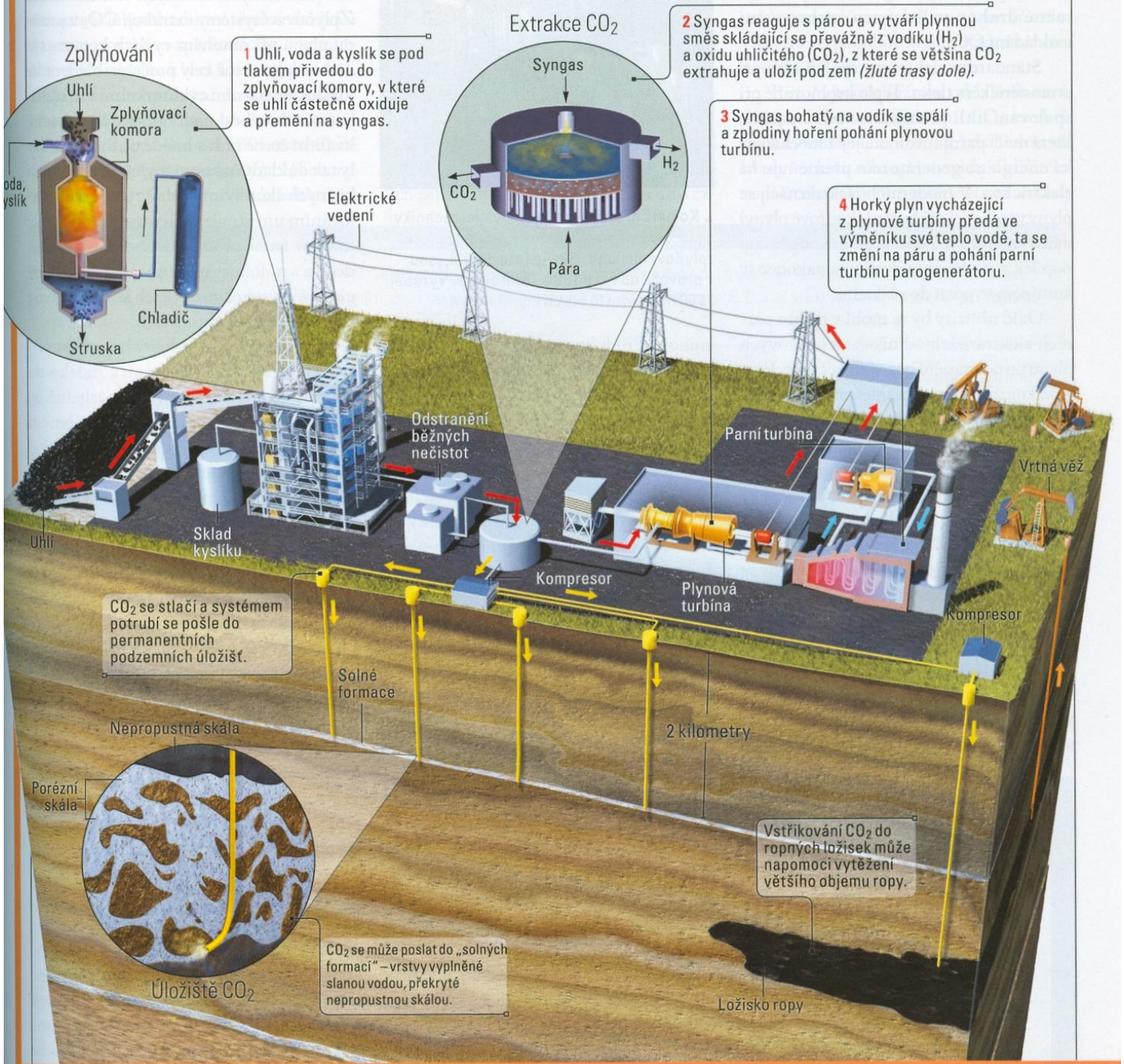
2. Přeměna CO na CO_2 (katalyzovaná oxidy kovů)

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$$

3. Oddělování CO_2 (ukládán do podzemí):

$$CO_2 + H_2O + CH_3N(CH_2CH_2OH)_2 \leftrightarrow$$
$$CH_3NH^+ (CH_2CH_2OH)_2 \,.\, HCO_3^-$$

4. Spalování H_2 jako paliva pro pohon turbín


Zplyňování
Uhlí
Zplyňovací komora
Chladič
Struska
1 Uhlí, voda a kyslík se pod tlakem přivedou do zplyňovací komory, v které se uhlí částečně oxiduje a přemění na syngas.
Extrakce CO_2
Syngas
H_2
CO_2
Pára
2 Syngas reaguje s párou a vytváří plynnou směs skládající se převážně z vodíku (H_2) a oxidu uhličitého (CO_2), z které se většina CO_2 extrahuje a uloží pod zem *(žluté trasy dole)*.
3 Syngas bohatý na vodík se spálí a zplodiny hoření pohání plynovou turbínu.
4 Horký plyn vycházející z plynové turbíny předá ve výměníku své teplo vodě, ta se změní na páru a pohání parní turbínu parogenerátoru.
Elektrické vedení
Odstranění běžných nečistot
Parní turbína
Vrtná věž
Uhlí
Sklad kyslíku
Kompresor
Plynová turbína
Kompresor
CO_2 se stlačí a systémem potrubí se pošle do permanentních podzemních úložišť.
Solné formace
2 kilometry
Nepropustná skála
Porézní skála
Úložiště CO_2
CO_2 se může poslat do „solných formací" – vrstvy vyplněné slanou vodou, překryté nepropustnou skálou.
Vstřikování CO_2 do ropných ložisek může napomoci vytěžení většího objemu ropy.
Ložisko ropy

Odstraňování kyselých plynů z plynné směsi:

Aminová absorpce a zpracování koncentrovaného proudu H_2S:

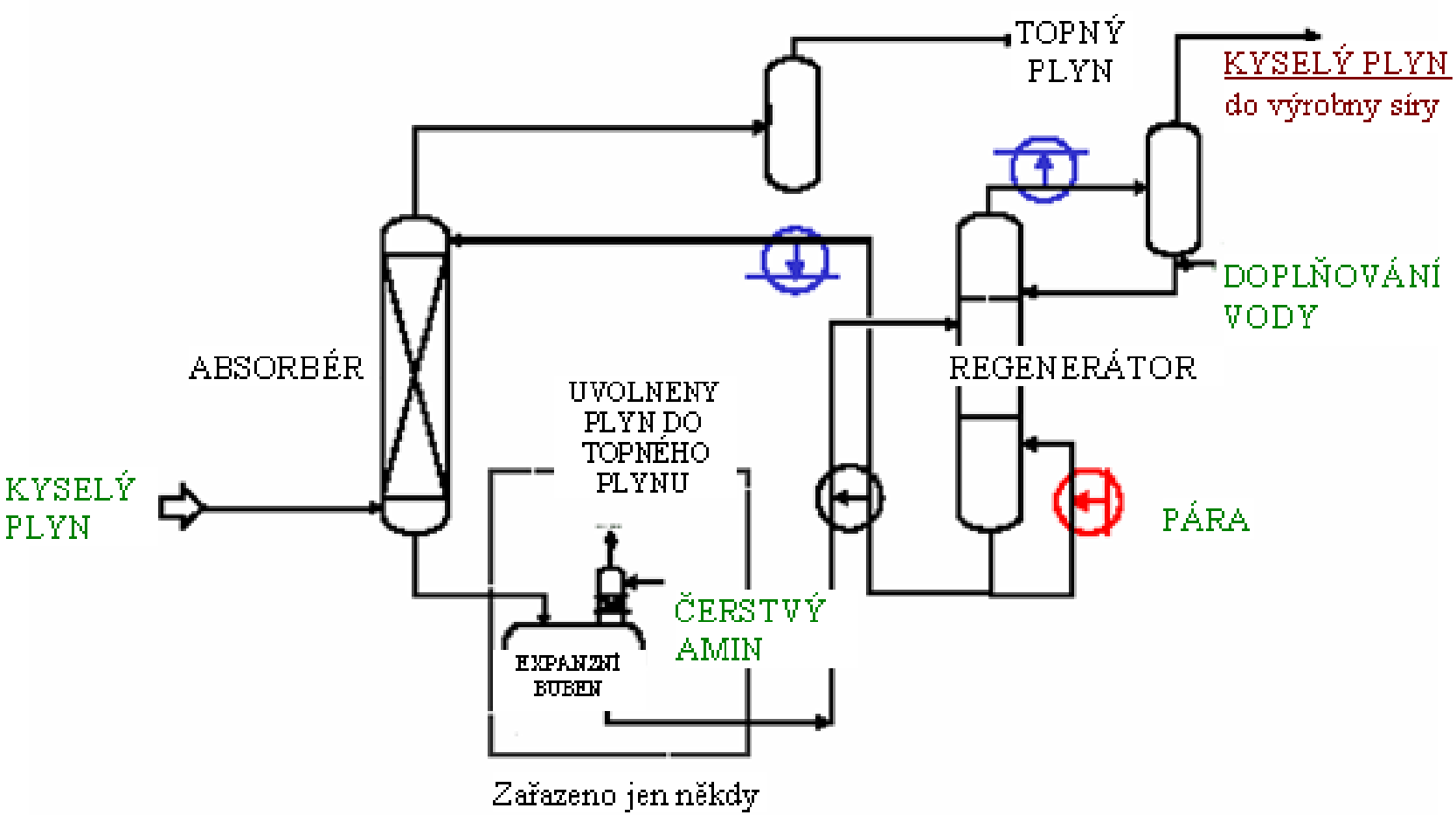
Chemisorpce CO_2 (odstranění a zakoncentrování):

$$R_3N + H_2O + CO_2 \rightarrow R_3NH^+.HCO_3^-$$

Regenerace aminu, uvolnění CO_2 :

$$R_3NH^+.HCO_3^- \rightarrow R_3N + H_2O + CO_2$$

Zjednodušené schéma jednotky aminové absorpce:



Proces Oxyfuel

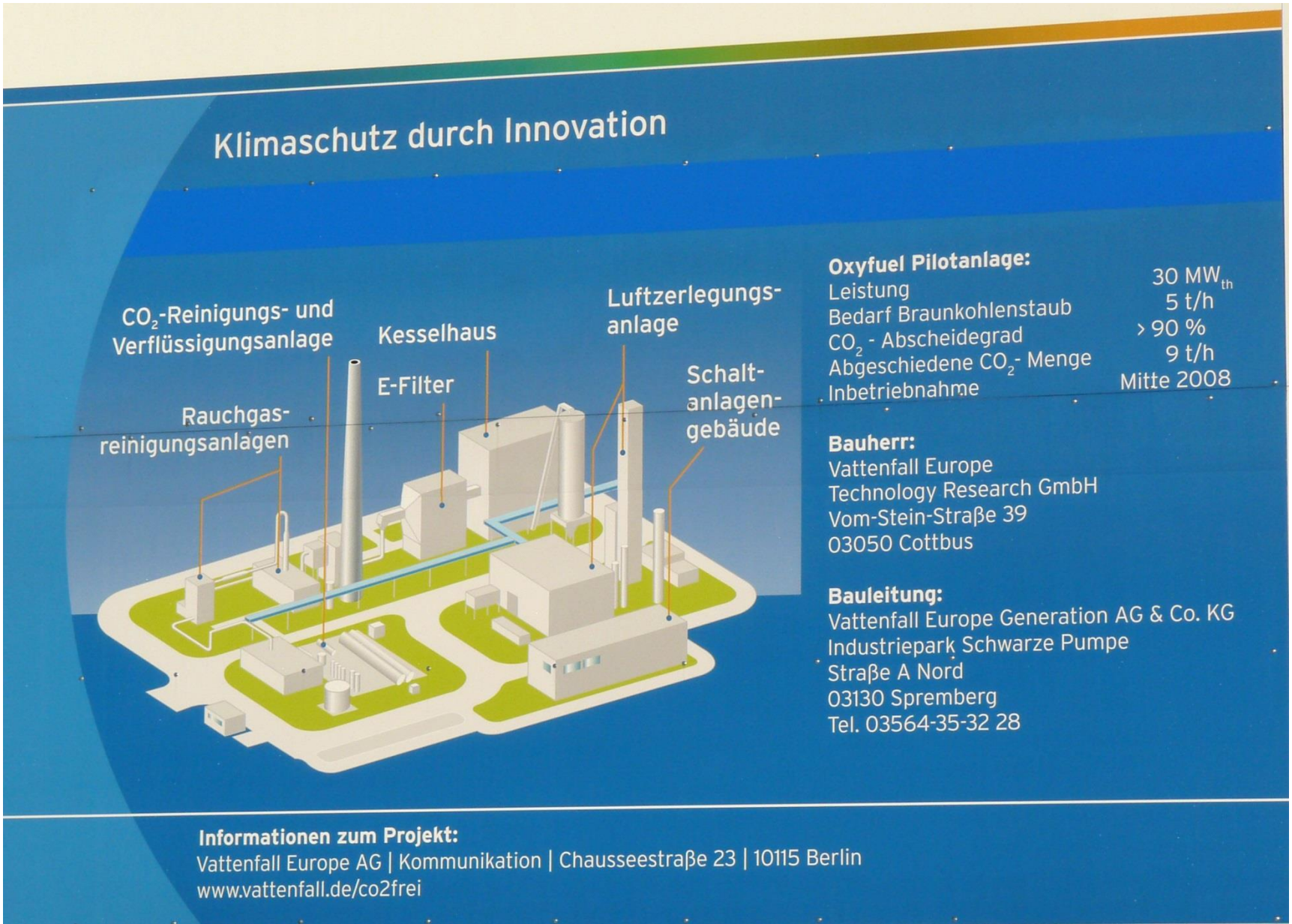
V procesu Oxyfuel se uhlí spaluje s použitím plynu obsahujícího asi 25 % kyslíku a zbytek CO_2.

Proces používá klasické odsíření spalin vápencovou metodou, po odsíření spalin se provádí kondenzace vodní páry ze spalin jejich chlazením a následuje kondenzace oxidu uhličitého po kompresi spalin na cca 100 bar.

Pilotní jednotka uvedena do provozu v září 2008 v německém Schwarze Pumpe.

Výkon elektrárny je 30 MW,
Účinnost odstranění CO_2 dosahuje 95 %, čistota CO_2 je vyšší než 99 %.
Náklady na odstraňování CO_2 v této technologii činí asi 20 €/t CO_2.

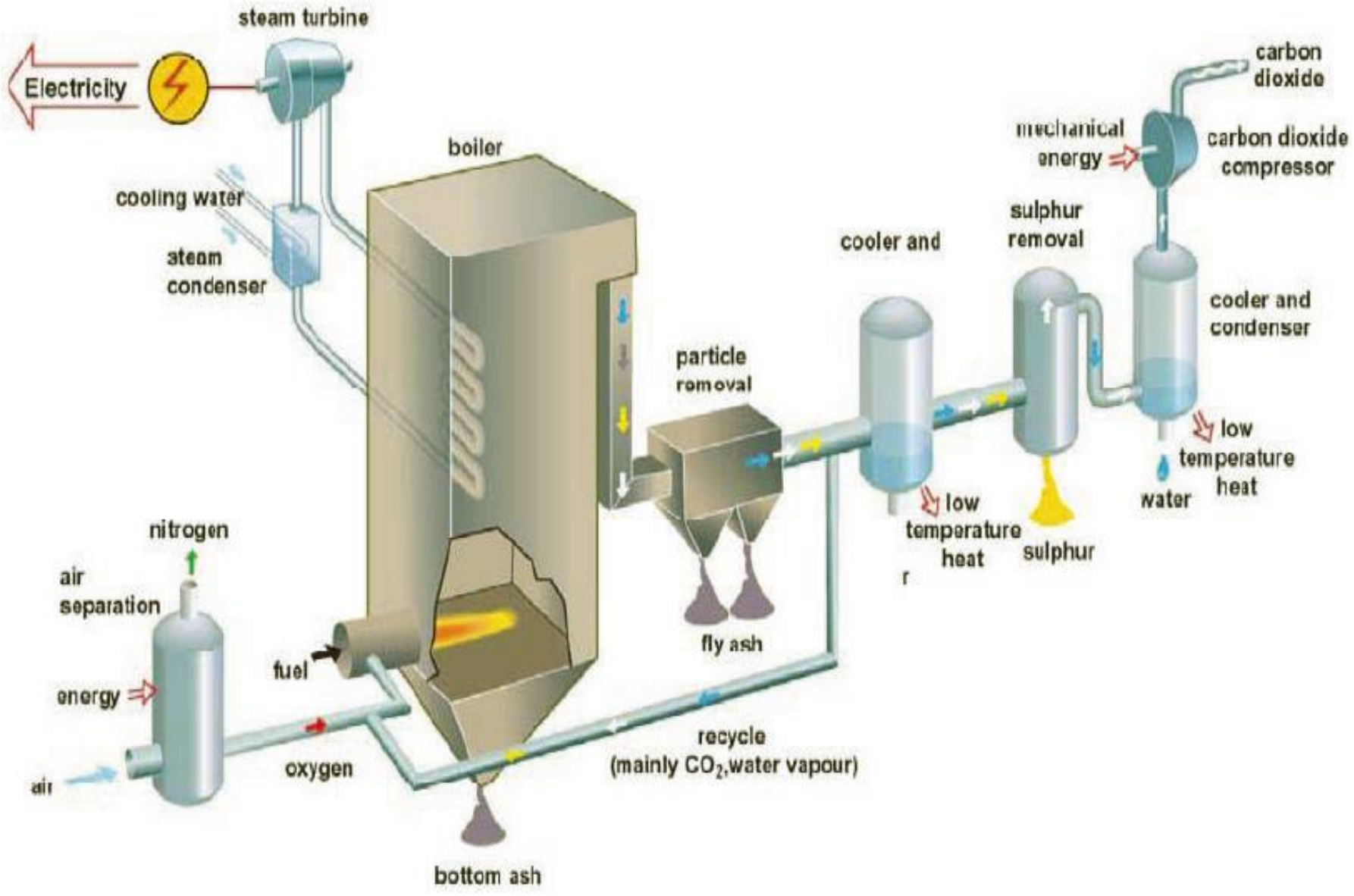
Poloprovozní jednotka Schwarze Pumpe:



Poloprovozní jednotka Schwarze Pumpe:



Schéma zařízení Oxyfuel:



Oxyfuel, Schwarze Pumpe:

- Předpokládá se ukládání CO2 v salinném aquiferovém zásobníku Altmark (vytěžené plynové ložisko, vzdáleno od Schwarze Pumpe 350 km), jeho kapacita ca. 508 mil. t CO_2.

- Doprava CO_2 ve zkapalněném stavu při -25 °C (1,5 MPa) zajišťována nákladními automobily.

- Zkušební provoz je plánován na 3 roky; za tuto dobu by mělo být do podzemí uloženo celkem 100 000 t CO_2 ze zařízení Oxyfuel ve Schwarze Pumpe.

- V první fázi zkušebního provozu by mělo být uskladňováno 16 m^3 kapalného CO_2/hod. Maximální tlak uskladněného CO_2 v podzemí by měl dosáhnout 9 MPa.

Konvenční uhelný„macek“: 800MW



Emissionen des Kraftwerks Schwarze Pumpe[6]

Luftschadstoff	Emissionsmenge 2010	Emissionsmenge 2011
Kohlendioxid (CO_2)	11.200.000.000 kg	11.900.000.000 kg
Schwefeldioxide (als SO_x/SO_2)	7.060.000 kg	7.540.000 kg
Stickstoffoxide (NO_x/NO_2)	4.610.000 kg	4.980.000 kg
Kohlenmonoxid (CO)	1.700.000 kg	2.190.000 kg
Distickstoffmonoxid (N_2O)	84.700 kg	135.000 kg
Anorganische Chlorverbindungen (als HCl)	17.800 kg	77.800 kg
Anorganische Fluorverbindungen (als HF)		7.560 kg
Blei und Verbindungen (als Pb)	369 kg	
Quecksilber und Verbindungen (als Hg)	243 kg	271 kg
Chrom und Verbindungen (als Cr)	224 kg	
Kupfer und Verbindungen (als Cu)	160 kg	133 kg
Cadmium und Verbindungen (als Cd)	62,9 kg	39,9 kg
Arsen und Verbindungen (als As)	35,8 kg	78,5 kg
Dioxine und Furane, toxische Equivalente (PCDD/PCDF)	0,00014 kg	0,00015 kg

Možnosti snížení emisí CO_2v souvislosti s výrobou energie v tepelných elektrárnách:

- Přechod z uhlí na uhlovodíková paliva (CH_4)

Podíl na produkci CO_2 v r.2002: 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn

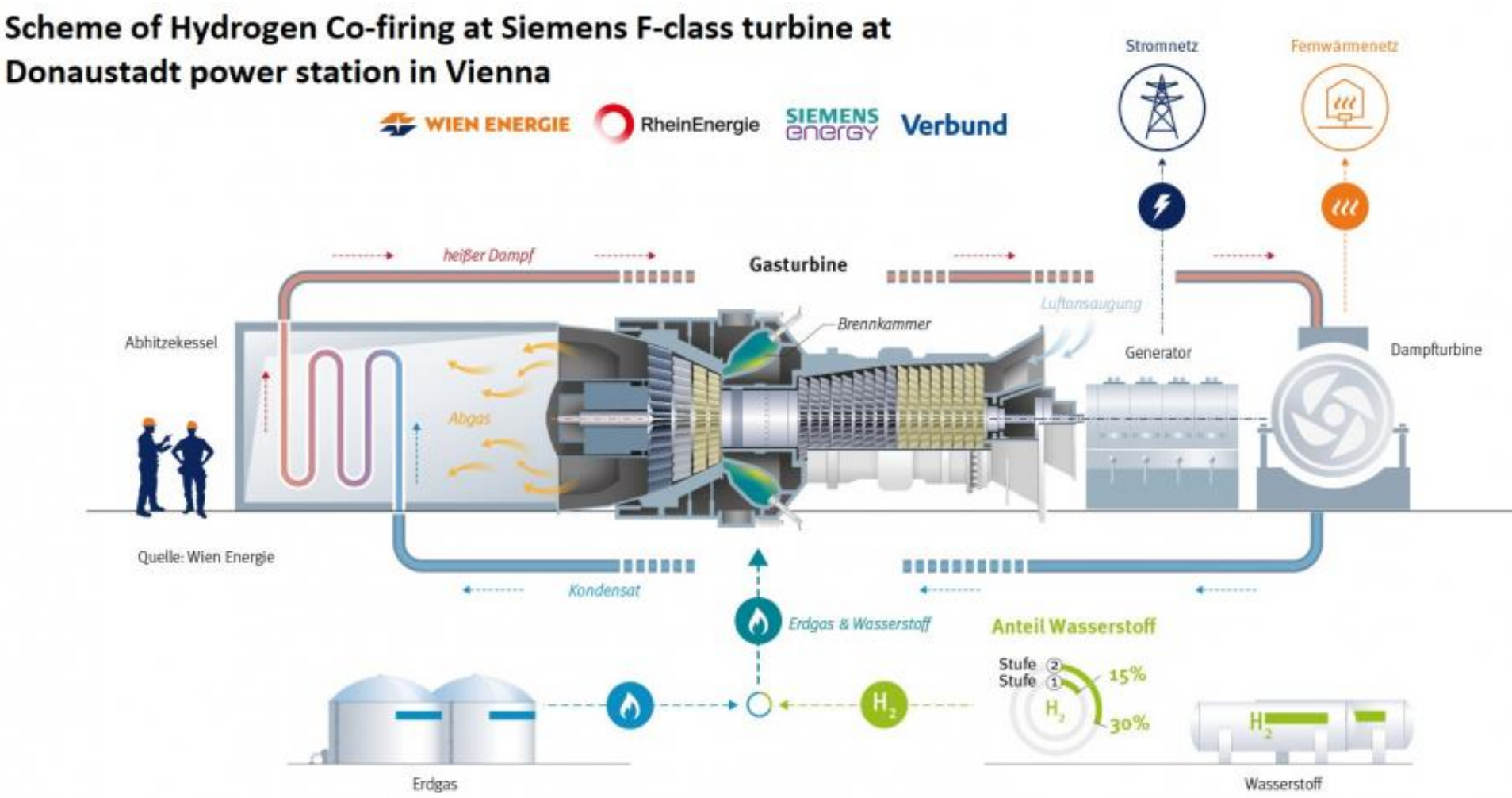
- Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%

- Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy

- **Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva**

Teplárna ve Vídni (Donaustadt):

[Vienna's Donaustadt power station to run on hydrogen from 2023 - Gas To Power Journal]



Druhotné zdroje energie = využitelný energetický zdroj, jehož energ. potenciál vzniká jako vedl. produkt při přeměně a konečné spotřebě energie a při odstraňování odpadů

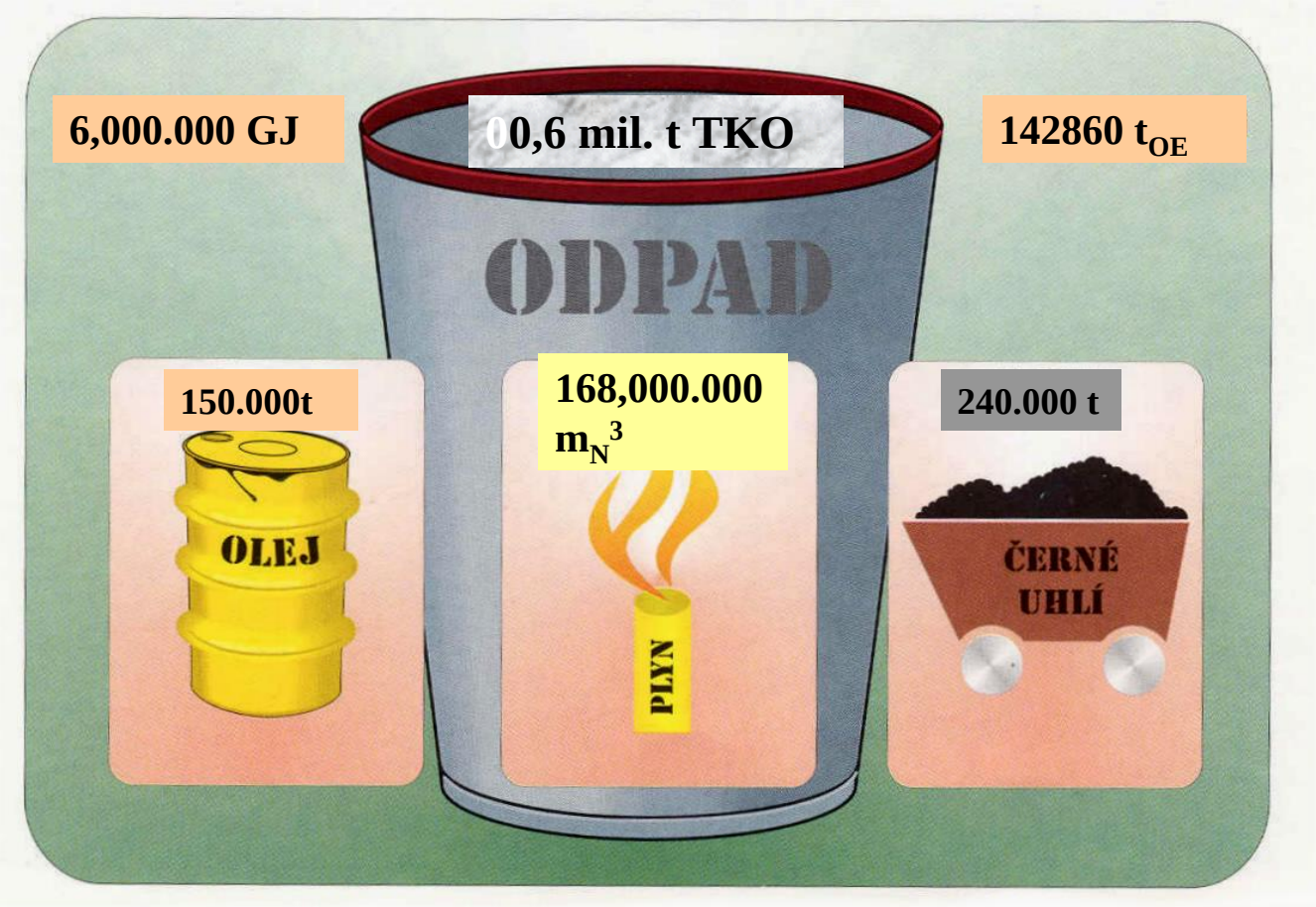
-pevné, kapalné a plynné látky vznikající jako odpad z technologických procesů (odpady chem. výroby, důlní a koksárenský plyn, skládkový plyn)

Výhody vs. problémy druhotných zdrojů
tzv. energetické využití odpadu
tzv. alternativní palivo (odpad či vytěžené staré zátěže přepracováné na certifikované palivo pro cementárny)

Příklady využití druhotných zdrojů energie v ČR: ročně energeticky využíváno ca. 600 tis. tun komunálního odpadu

Energetické využití odpadů = příspěvek pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů

Kalorický obsah ve spalovaných komunálních odpadech v ČR v současné době představuje přibližně 6 PJ/r (1,67 TWh/r).



1 t komunálního odpadu = přibližně

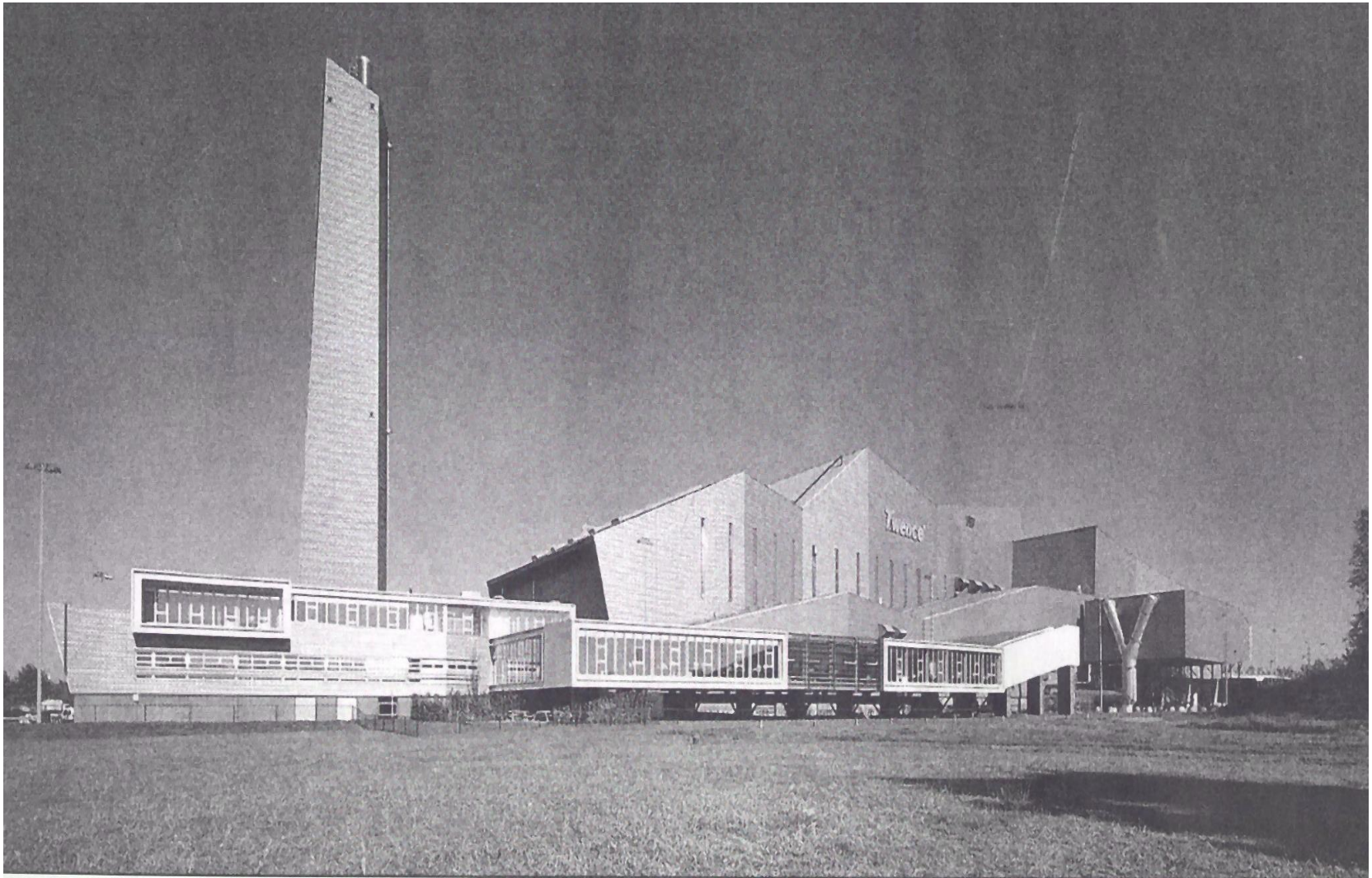
0,23 až 0,25 t oleje
0,40 až 0,50 t uhlí
250 až 280 m_N^3 ZP

Účinnost získání tepla uvolněného spalováním TKO je však nižší než v konvenčních energetických zařízeních

Energetické využití odpadů

Definováno v zákonu o odpadech (§ 4)

Spalování odpadů – definováno v § 22 a 23



Druhotné energetické zdroje v praxi, spalovny komunálního odpadu = závody na energetické využití odpadů

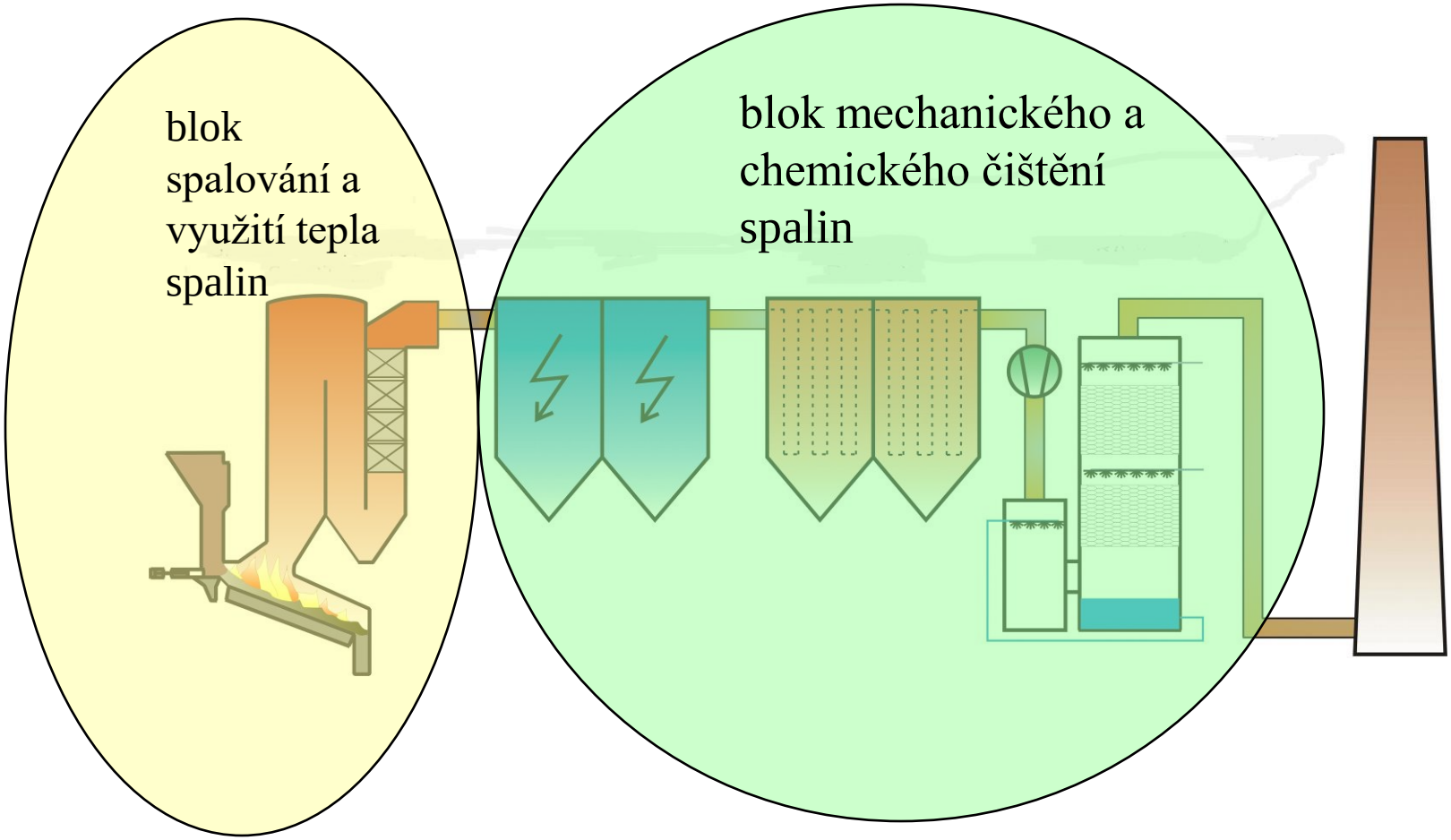


Celková pohled na zařízení TVO

TERMIZO Liberec:



Základní konfigurace technologické linky pro spalování odpadů



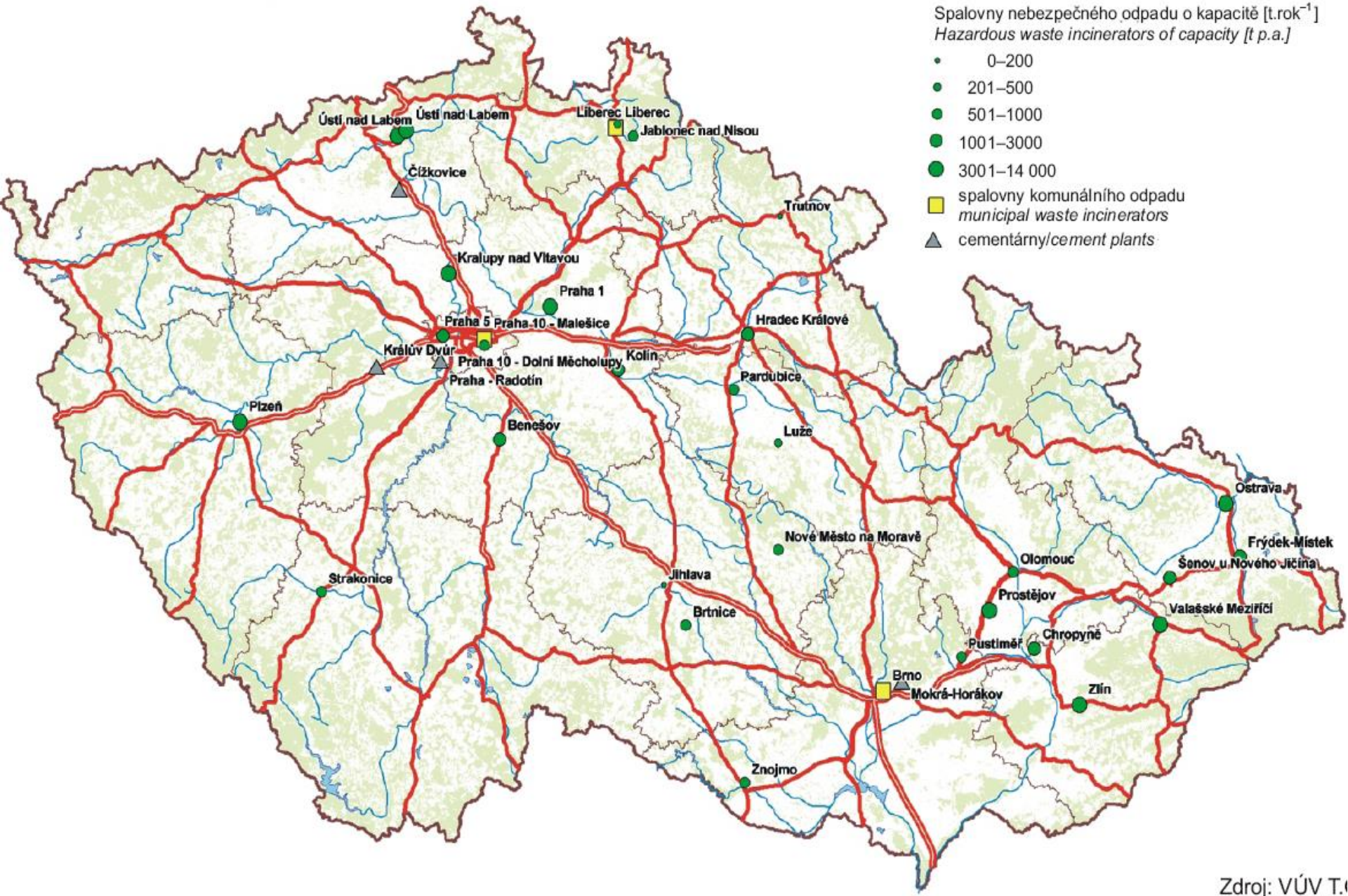
Srovnání produkce emisí při spalování různých druhů paliv v různých spalovacích jednotkách:

Měrné emise škodlivin ze spalování paliv [kg/TJ]

Palivo	prach	SO_2	NO_x	CO	C_xH_Y
Černé uhlí	250	500	100	6500	250
Hnědé uhlí	350	230	50	7000	150
Hnědé uhlí (lokální kotle)	2000	800	200	20000	4000
Topný olej	2	130	50	50	12
Zemní plyn	0,1	0,2	35	50	2
Odpad ve spalovně	0,003	2	80	4	0,007

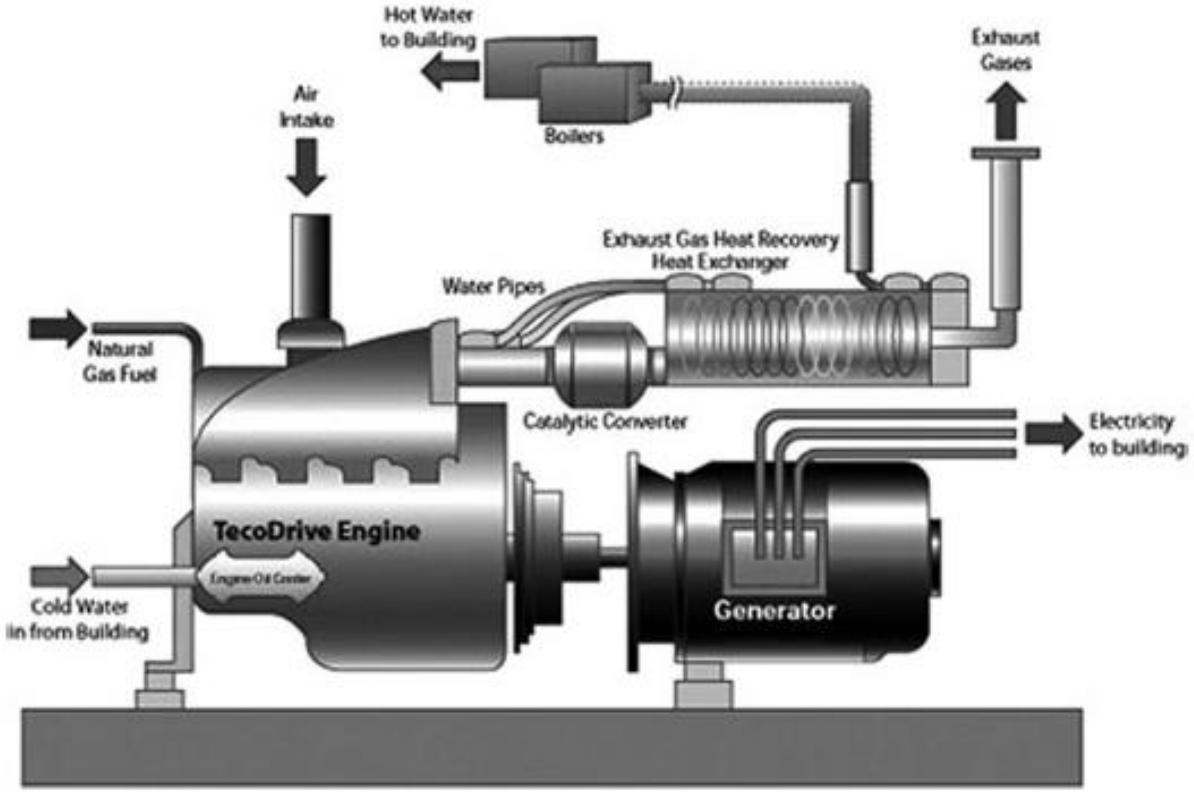
[1] Buchtele J.,Roubíček V., Technologie plynných paliv, VŠB Ostrava, 1998
[2] Tekáč V. a kol., Emise POPs při spalování pevných paliv v domácích spotřebičích, konference Aprochem-Odpadové fórum, Milovy, 2007

Rozmístění spaloven odpadů včetně cementáren nakládajících s odpady v technologickém procesu v r. 2006:



Zdroj: VÚV T.

Druhotné energetické zdroje v praxi, využití důlního, skládkového plynu a bioplynu:



Designed for Greener Energy: Diagram of the cogeneration system at the EPA Richmond laboratory, the ˚rst federal facility to purchase green power equal to its total annual electricity consumption. The cogenerator was designed to produce enough energy to reduce the amount of electricity the lab needs to purchase from its local utility provider by more than 25%. Photo courtesy of the EPA Web site.



Energeticky využitelná biomasa:

- **zbytková** (odpadní) - dřevní odpady z lesního hospodářství a celulózo-papírenského, dřevařského a nábytkářského průmyslu, rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny a odpady z potravinářského průmyslu

- **biologicky rozložitelný odpad (BRO) = biomasa přítomná v odpadu**
  - **komunální (BRKO) - zbytky potravin, papírové obaly,**
  - **průmyslový (BRPO) - odpady z výroby papíru, cukru, mouky, odpady z jatek apod.**
  - **splašky z kanalizace**

- **Statková hnojiva** jsou podle § 2 zák. č. 308/2000 Sb. „o hnojivech“ hnůj, hnojůvka, močůvka, kejda, sláma, jakož i jiné zbytky rostlinného původu vznikající zejména v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány.

Proč dlouhé povídání o spalování fosilních paliv?

Významná část elektrické energie v ČR stále využívá technologii tepelných elektráren spalujících (hnědé) uhlí…

Instalovaný výkon energ.zdrojů v ČR (Statistická ročenka ČR z 2024)

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů

16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 877**	**21 378**	**20 877**	**21 160**	**22 093**	***MW***	***Installed capacity, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	MW	12 786	12 385	11 875	11 792	11 901	*MW*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	MW	4 290	4 290	4 290	4 290	4 290	*MW*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	MW	175	.	.	.	.	*MW*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	MW	2 266	2 285	2 286	2 290	2 288	*MW*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	MW	282	339	339	339	342	*MW*	*Wind power plants*
solární elektrárny	MW	2 078	2 079	2 087	2 449	3 272	*MW*	*Solar power plants*

TE v ČR v r. 2023 tvoří cca. 1/2 inst.výkonu (tj. přes 50 %)

Úloha energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

TE v ČR v r.2023 vyrobily přes 50 % el.energie

Rozdělení energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

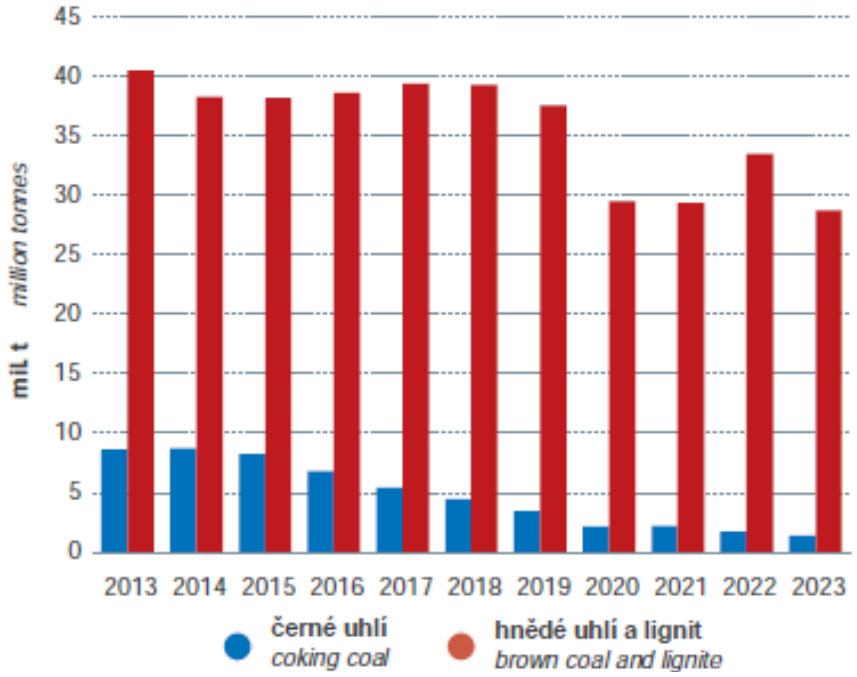
Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

OZE v ČR v r.2023 vyrobily cca. 10 % elektřiny

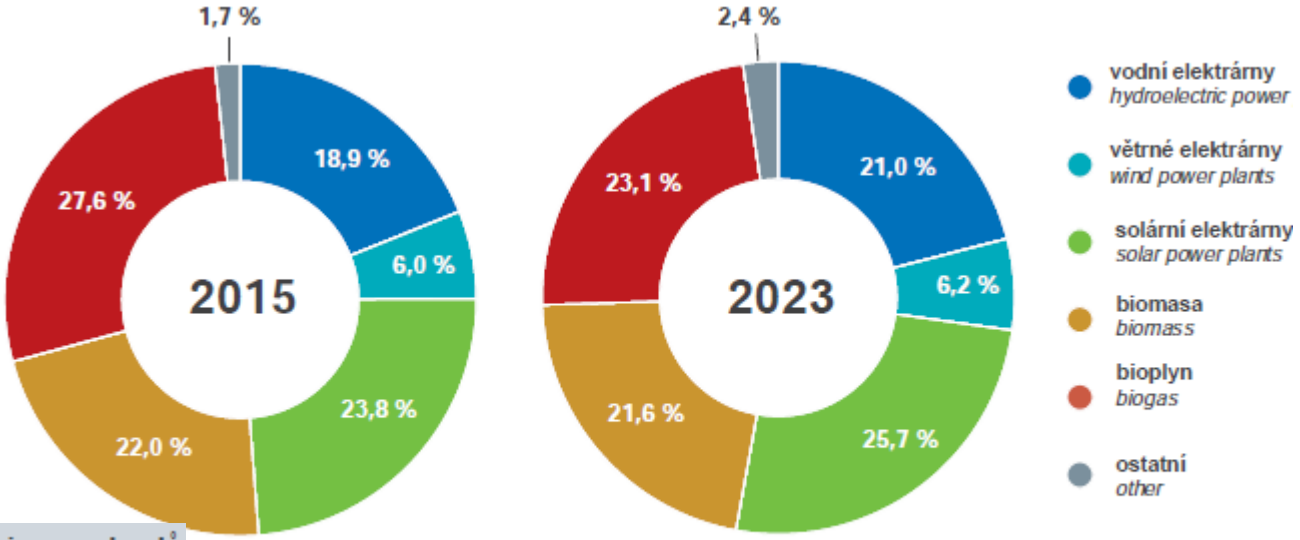
Těžba uhlí
Coal production



14-9 Těžba dřeva podle druhů dřevin
14-9 Roundwood removals by tree species
v m^3 bez kůry

Dřeviny	2015	2019	2020	2021	2022	2023
Celkem	16 162 645	32 585 563	35 753 599	30 256 482	25 110 201	18 492 856

Při prům.hustotě dřeva: 455-500 kg/m^3
Celková těžba dřeva: 9 mil.t/r.

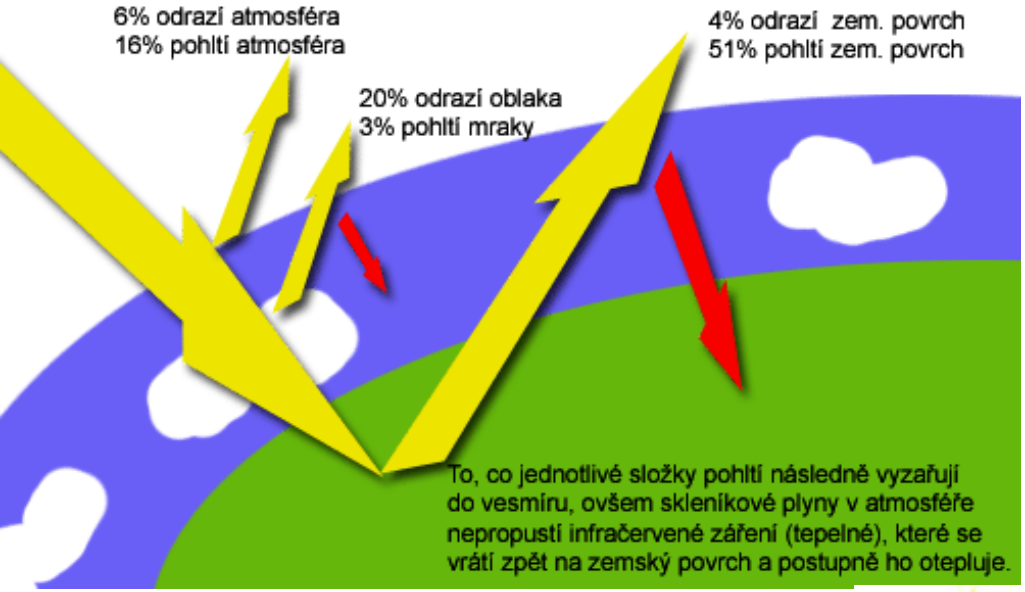


Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z odpadů
Production of electricity from renewable sources and waste

Možnosti energetického využití biomasy jako náhrady uhlí v tepelných elektrárnách, teplárnách a kogeneračních jednotkách) = snižování emisí CO_2

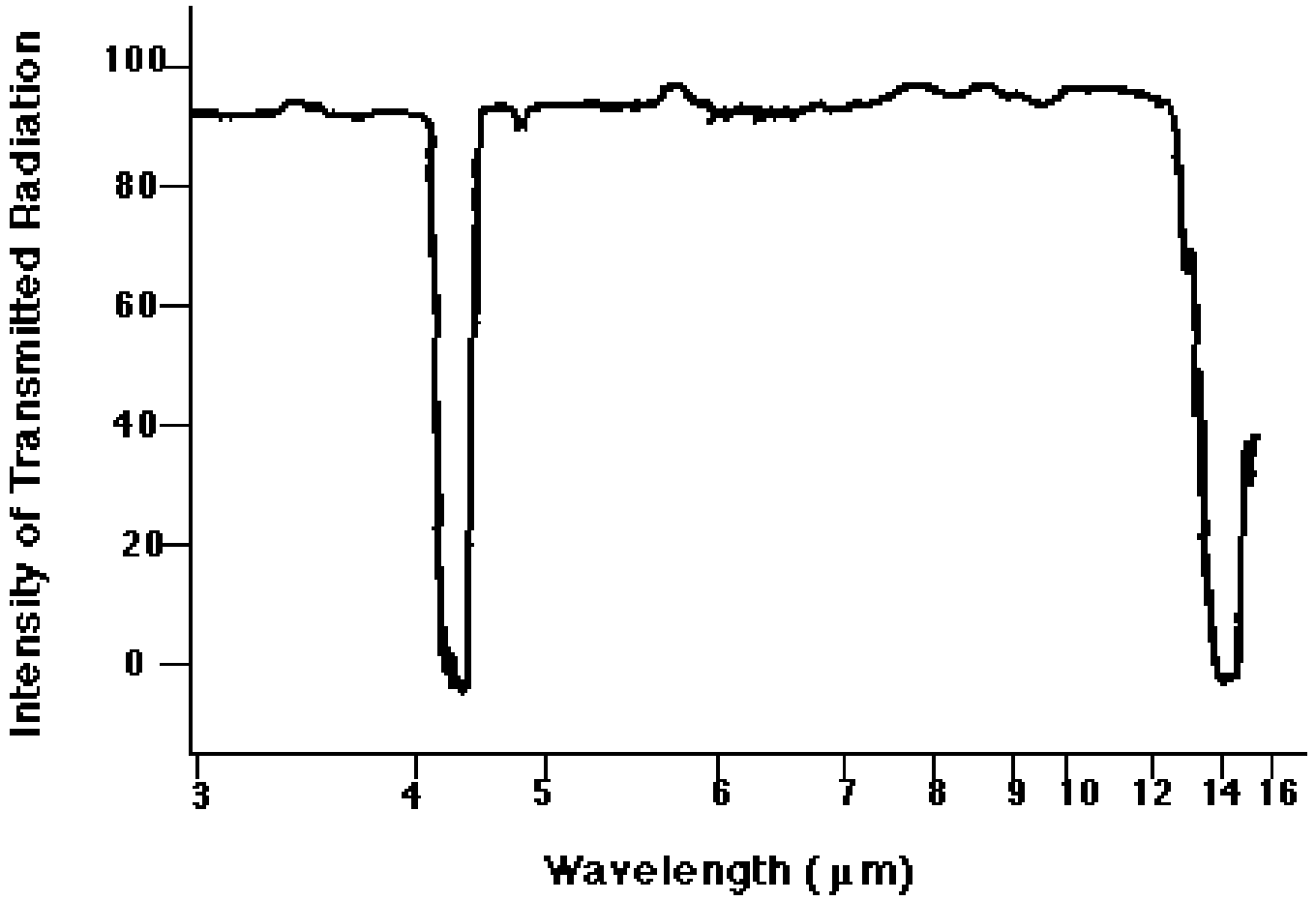
Vliv CO_2 na tzv. skleníkový efekt:

Předpokladem pro život na Zemi je skleníkový efekt, infračervené záření je zachycováno v atmosféře:





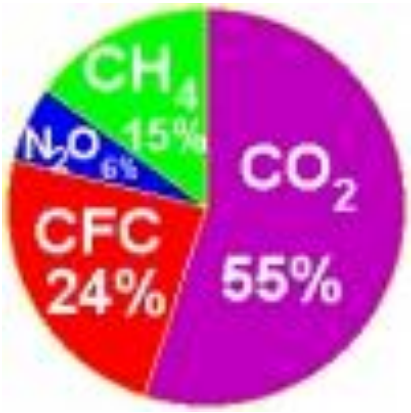
IR spektrum CO_2 (absorpce tepelného záření nejzmiňovanějším skleníkovým plynem):



Hlavní skleníkové plyny

- Nejvýznamnějším skleníkovým plynem ve vzduchu je vodní pára. Pozorovali jste někdy rozdíl v ranní teplotě při jasném počasí a při zatažené obloze? Množství vodní páry nezávisí na lidské činnosti.
- **Další skleníkové plyny už jsou často produkovány činností člověka. Je to hlavně oxid uhličitý**, který je produktem spalování, ať už uhlí nebo benzínu v motoru.
- **Metan a oxid dusný jako další významné skleníkové plyny jsou produkovány zemědělskou výrobou.**

- Zdroj: wikipedia.org
- **CO_2 oxid uhličitý**,
- CFC chlorofluorouhlovodíky,
- N_2O oxid dusný,
- CH_4 methan



Proč biomasa místo tuhých fosilních paliv? Cíl = eliminace důsledků spalování fosilních paliv při získávání energie

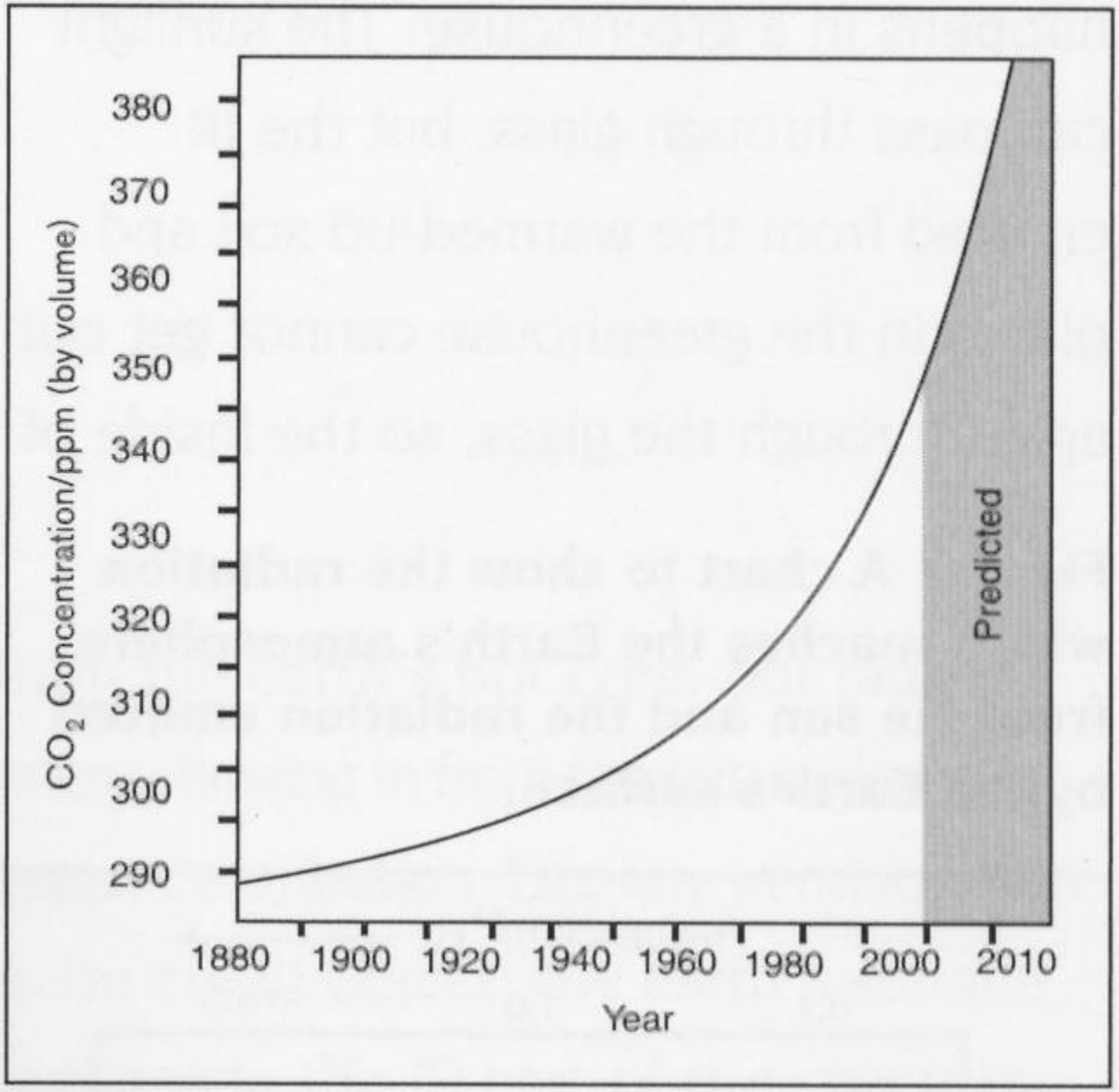
1) Krajina postižená těžbou paliv

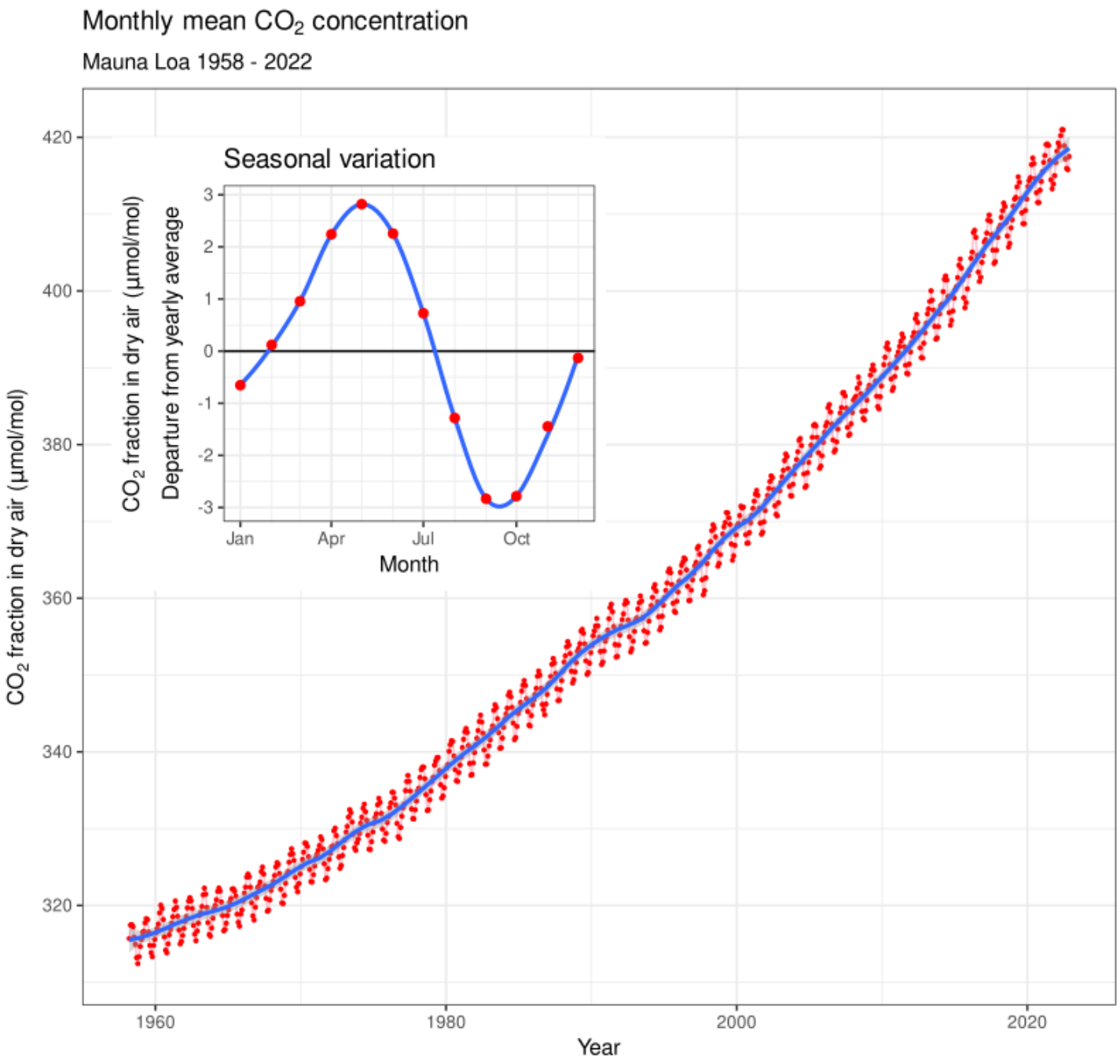
2) Produkce nespálených (nespalitelných) zbytků a kapalných odpadů (pevných odpadů a vody s obsahem sloučenin těžkých kovů)

3) Produkce toxických plynů SO_2, NO_x => Nutnost odsiřování, omezování emisí NO_x

4) **Emise antropogenního CO_2**

Fig. 2.3 CO_2 curve for last 120 yrs




Monthly mean CO_2 concentration
Mauna Loa 1958 - 2022
CO_2 fraction in dry air (µmol/mol)
420
400
380
360
340
320
1960
1980
2000
2020
Year
Seasonal variation
CO_2 fraction in dry air (µmol/mol)
Departure from yearly average
3
2
1
0
-1
-2
-3
Jan
Apr
Jul
Oct
Month
Data : Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/) and
Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (https://scrippsco2.ucsd.edu/). Accessed 2022-12-19
https://w.wiki/4ZWn

Možnosti využití biomasy jako náhrady uhlí v elektrárnách a teplárnách=problematika snižování emisí CO_2

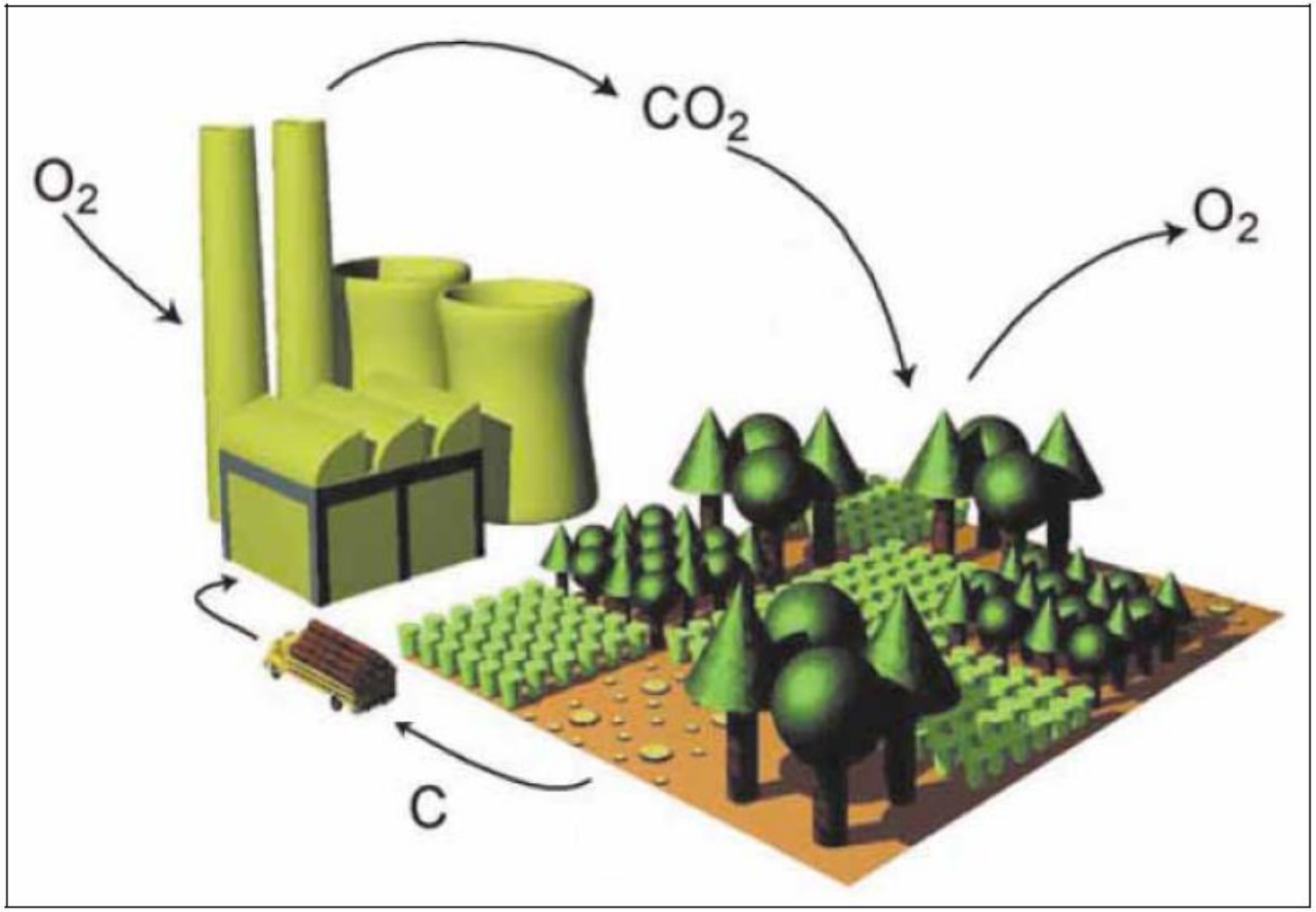
Definice obnovitelných paliv:
mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka)

ALE JAKÉ BIOMASY?

Fotosyntéza (zelené rostliny+sluneční záření):

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Obrázek 1: Uzavřený cyklus uhlíku při udržitelném energetickém využívání biomasy



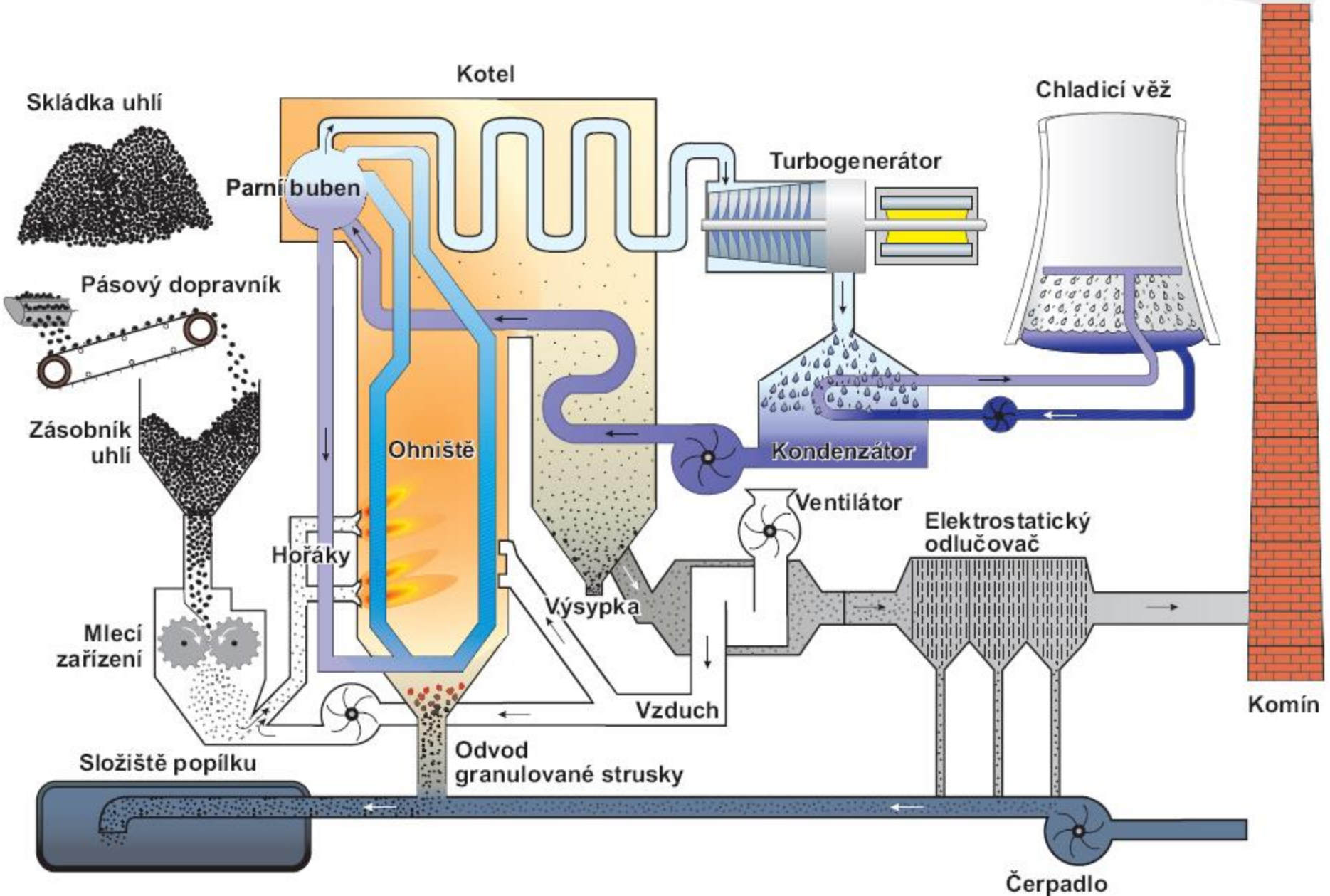
Zdroj: IEA

Spalování: $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$

Náhrada fosilních paliv za biomasu v tradičních zdrojích produkce elektřiny a tepla

Příklady z ČR:

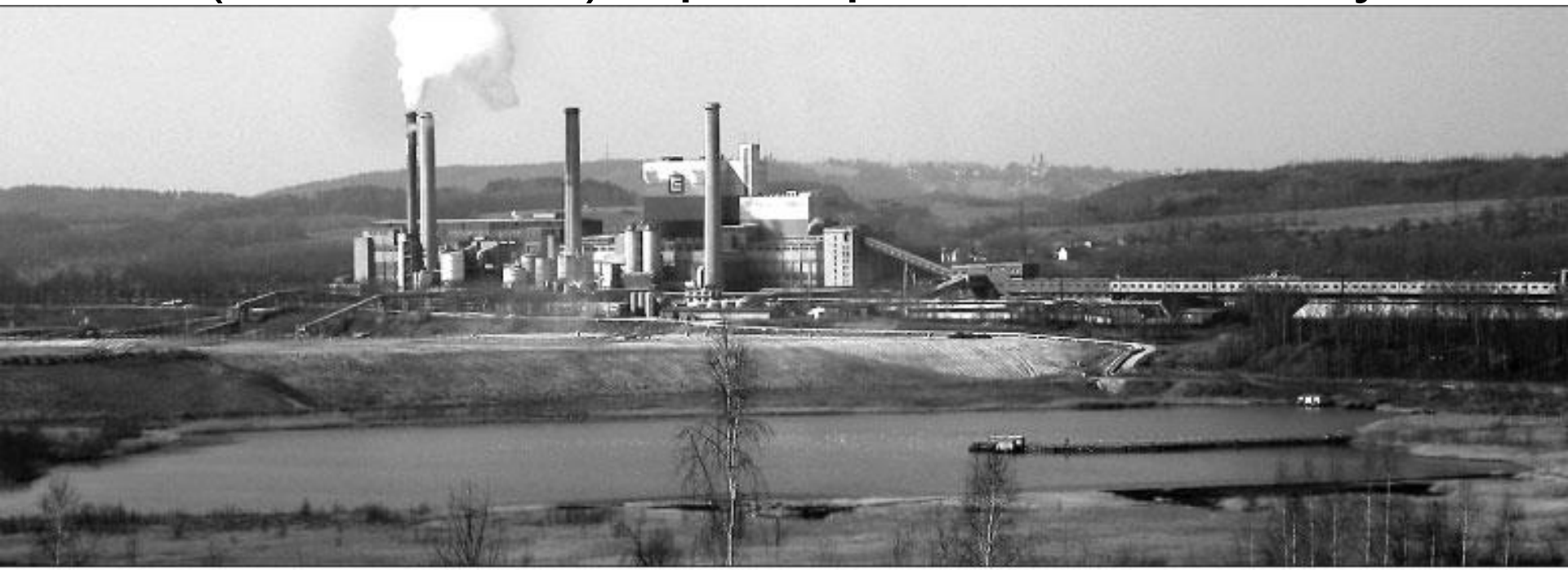
Jednoduché schéma tepelné elektrárny: http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna.html



Výhřevnost různých paliv:

Druh paliva	Obsah vody (%)	Výhřevnost (MJ/kg)(průměr)
Černé uhlí	-	20,9-31,4 (25,1)
Hnědé uhlí	-	10,5-17,2 (15,1)
Sláma řepky	10	16
Sláma obilovin	10	15,49
Dřevní štěpka	10	16,4
Dřevní štěpka	20	14,28
Dřevní štěpka	30	12,18
Smrková kůra	15	15,47

Př.:Tepelná elektrárna Tisová, 300 MW_e (Sokolovsko), spoluspalování biomasy



V elektrárně Tisová by se mělo zanedlouho vyzkoušet spalování alternativního paliva, vyrobeného z odpadů. Elektrárna nyní nahrazuje až z 20 % uhlí biomasou (dřevní štěpky).

Odhadem spotřeba hnědého uhlí v Tisové: 2 628 000 t/rok

Zhruba platí: pro získání 200 MW_e nutno spálit 200 tun hnědého uhlí za hodinu.

=> 20% biomasy místo hnědého uhlí = 2 628 000 x 0,2 = **525 000 t suché biomasy/rok**

V Hodoníně pálí fritovací oleje i odpady z kukuřice

Od ledna do září letošního roku vyrobila hodonínská elektrárna přes 125 GWh elektřiny z biomasy a odpadních olejů. Palivo do elektrárny dodává firma Trafin Oil, aktivní v oblasti obchodu s použitými potravinářskými a fritovacími odpadními oleji z kuchyní, restaurací, jídelen a jiných gastronomických zařízení (této služby využívá například Eurest, Tesco). Součástí recyklace jsou rostlinné oleje čištěny s cílem splnění podmínek pro zařazení mezi biopaliva.



Hodonínská elektrárna se zaměřuje na využívání biomasy

V první půlce listopadu přišla řada na testy spalování slunečnicového šrotu a drceného kukuřičného vřetena, tzv. kotaček. V obou případech se jedná o vedlejší produkty zpracování slunečnice a kukuřice, které trh nabídl za akceptovatelnou cenu poté, co poklesla poptávka po krmných směsích. Výhřevnost těchto druhů biomasy je o 30 % vyšší proti výhřevnosti dřevní štěpky a při stejném spáleném množství z nich lze vyrobit o 30 % více zelené elektřiny. ■

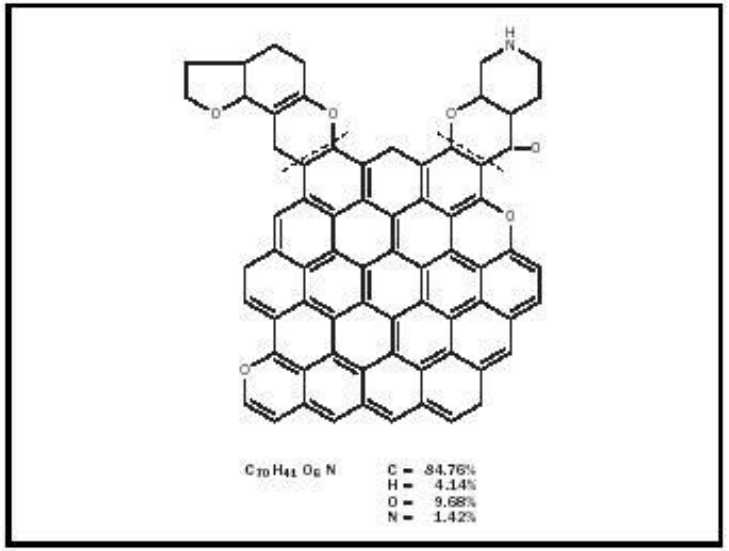
Hlavní nevýhoda spoluspalování ve velkých tepelných elektrárnách = stejná jako u spalování fosilních paliv = většina energie (~65%) uniká bez užitku do okolního prostředí

Závislost obsahu vody na výhřevnosti biomasy:

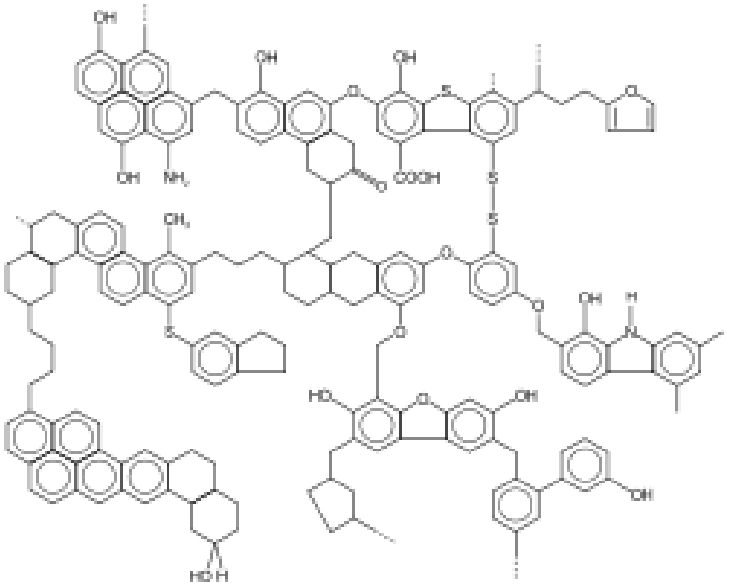
Druh biomasy	Obsah vody v %	Výhřevnost MJ/kg
Polena	10	16,4
Polena	20	14,28
Polena	30	12,18
Dřevní odpad	10	16,4
Dřevní odpad	20	14,28
Dřevní štěpka	30	12,18
Dřevní štěpka	40	10,1
Sláma obilovin	10	15,5
Sláma kukuřice	10	14,4
Lněné stonky	10	16,9
Sláma řepky	10	16

Srovnání chem. Struktur spalovaných paliv:

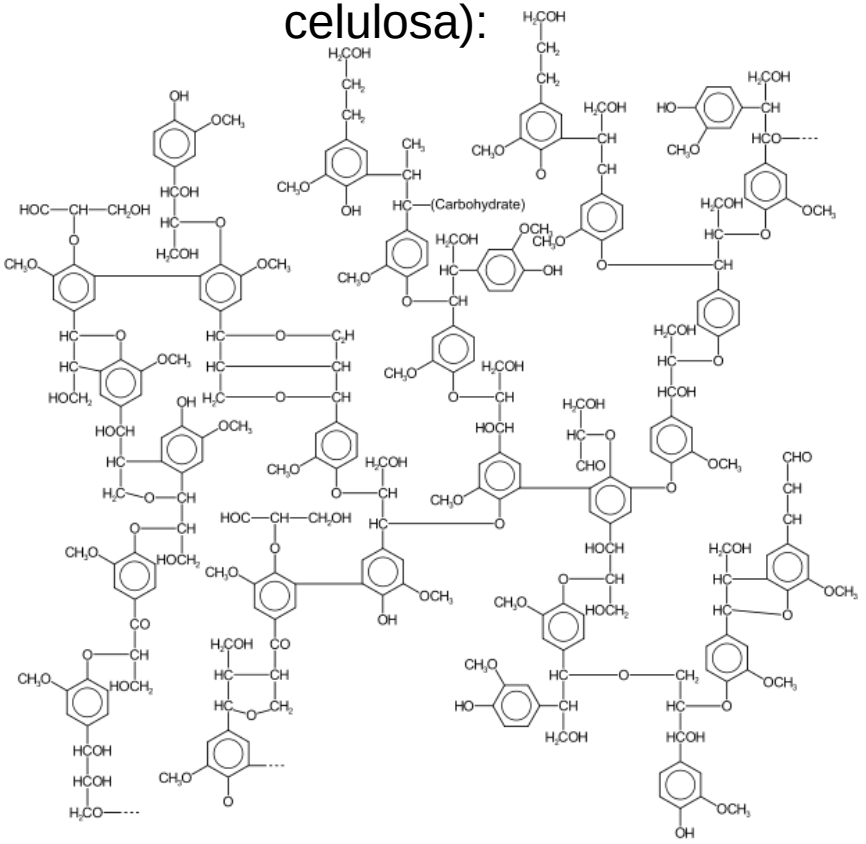
Uhlí:

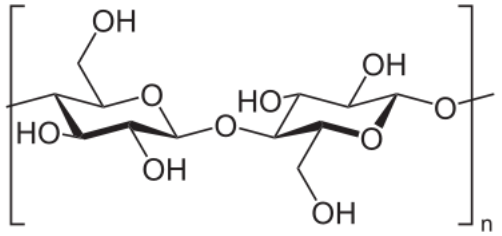


C: 60-75%, H: 6.0-5.8%, O: 34-17%, S: 0.5-3%



Biomasa (dřevo, velmi zjednodušeně lignin + celulosa):





C=47-53%, H=5,7-6,3%, N: 0-0,6%, O: 40-44%, S: 0-0,1%

Existuje z hlediska emisí CO_2 rozdíl mezi energetickým využitím dřevní hmoty a využíváním suchých stonků (slámy) obilovin?

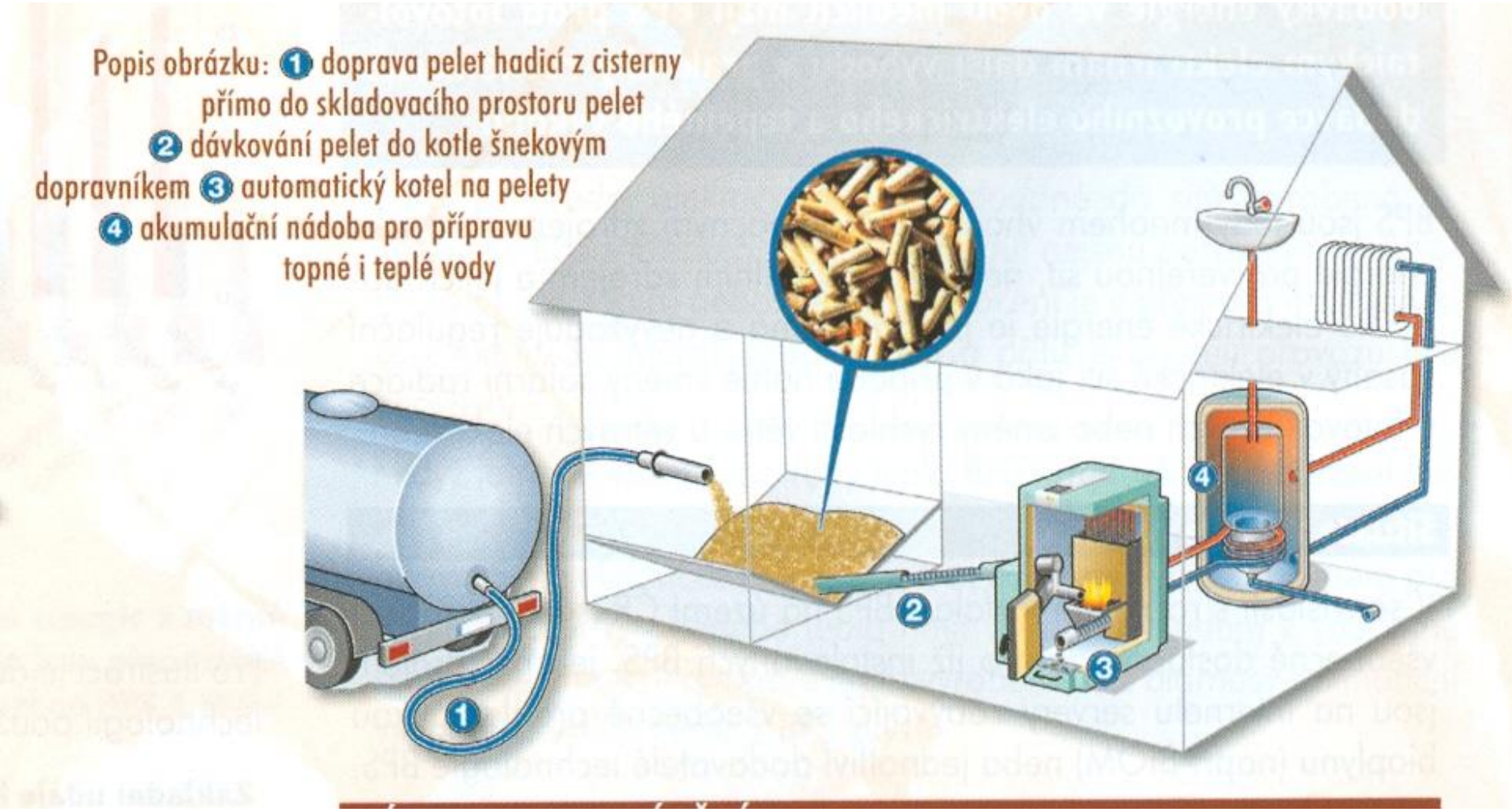
Dilema energetického využívání biomasy produkované víceletými vs. jednoletými energetickými plodinami

Biomasa použitelná jako palivo do kotlů podporovaných v programu Zelená úsporám a jiných dotačních programech je úzce specifikovaná.

Jedná se prakticky výhradně o fytomasu:

- **kusové dřevo** - polena obvykle o délce 300 až 500 mm, případně kusové odpady z dřevozpracujícího průmyslu
-
- **dřevěné štěpky** - zejména z odpadů při těžbě dřeva, novějí i z cíleně pěstovaných rychle rostoucích dřevin (RRD), kotle na štěpku jsou sice schopny spalovat i čerstvou biomasu, z energetického hlediska je však jednoznačně výhodnější štěpku před spalováním nechat vysušit
- **pelety z dřevního odpadu** - vyrábí se z pilin lisováním skrze otvory v matrici (podobné jako mlýnek na maso), obvyklý průměr je kolem 5 mm, délka asi 20 mm
- **pelety z alternativních surovin** - vyrábí se zejména z cíleně pěstovaných energetických plodin (bylin), ale například i z pazdeří nebo kůry
- **brikety z dřevního odpadu** - vyrábí se z hoblin a pilin za nižších tlaků než pelety, jsou obvykle válcového tvaru o průměru kolem 100 mm a délce 200 mm a více, používají se podobně jako kusové dřevo, v průběhu hoření se však rozpadají
-
- **brikety z energetických bylin** - podobně jako předchozí

Energetické využití pelet:



Spalování dřevěných pelet přispívá podle vědců ke změně klimatu

https://techfocus.cz/veda-vesmir/1766-spalovani-drevenych-pelet-prispiva-podle-vedcu-ke-zmene-klimatu.html?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu

Spalování lesní biomasy za účelem tvorby elektřiny a tepla je oslavováno jako chytrý způsob, jak dosáhnout ochrany klimatu. Jak dokazuje série zpráv Expertní rady evropských akademií (EASAC), v případě dřevěných pelet tomu tak ale není. Naopak, **s ohledem na jednotku generované elektřiny produkuje spalování pelet více uhlíku než spalování uhlí.**

Dřevěné pelety (granule) se vyrábějí lisováním dřevěných pilin a hoblin jako vedlejší produkt při zpracování dřeva a byly dosud považovány za ekologické palivo. Ředitel EASAC Michael Norton programu pro životní prostředí říká: „**Výrobu energie založenou na uhlí a fosilních palivech nelze zastavit hned. Ale opakovaně poukazujeme na to, že masivní nahrazování uhlí lesní biomasou povede k urychlování změny klimatu a k překročení cílů Pařížské klimatické dohody.**

Důvod je jednoduchý – **když se pokácí les a je využit jako bioenergie, uhlík z této biomasy se dostane do ovzduší velmi rychle, ovšem novými stromy nebude reabsorbován po několik dalších desetiletí.** To se neslučuje se snahou o rychlé řešení klimatické krize.“ Pravidla nastavená v nové Směrnici EU ke zdrojům obnovitelné energie způsobí více škody než užitku.

Navzdory všem varováním ze strany vědců neřeší nová pravidla uhlíkového účetnictví OSN žádným způsobem dopady kácení a spalování lesů. V souladu s postojem OSN také nová Směrnice EU ke zdrojům obnovitelné energie z roku 2018 a systém emisních povolenek EU (ETS) počítají s energií z biomasy jako s uhlíkově neutrální. „To je pro odběratele energie a politiky zavádějící. Tyto mezery v zákonech bychom měli rychle napravit," dodává Michael Norton.

„Koncept uhlíkové neutrality lesní biomasy mohl možná mít nějaké opodstatnění v roce 2009, kdy nutnost řešit globální oteplování nebyla vnímána tak urgentně. Původní myšlenka byla taková, že růst lesní biomasy odejme stejné množství CO_2 z atmosféry jako vzniká při jejím spálení. Ovšem dnes je hlavním cílem snížit globální oteplování o 1,5 až 2 stupně Celsia. To vyžaduje jednat rychle, nikoliv čekat na to, až dorostou nové stromy, zatímco budeme do atmosféry vypouštět obrovské množství uhlíku spalováním těch stávajících," dodává Norton.

Rozsáhlé dotace pro obnovitelné zdroje energie, jež byly k dispozici v některých členských státech EU, vedly k obrovskému nárůstu využívání lesní biomasy, která nahradila uhlí i ve velkých elektrárnách. Masivně se zvýšil dovoz například z USA, Kanady a některých evropských zemí. Kácení lesů za účelem výroby dřevěných pelet dosáhlo objemu mnoha miliónů tun ročně a zahrnuje přepravu na vzdálenosti v řádech tisíců kilometrů.

Při používání bioenergie je rozhodujícím faktorem tzv. doba návratnosti uhlíku, což je doba, kterou nové stromy potřebují k reabsorbci uhlíku, jenž se uvolňuje do atmosféry při spalování původních stromů. Spalování lesní biomasy zdaleka není uhlíkově neutrální. **Během doby návratnosti uhlíku, která se pro nejběžnější stromy pohybuje mezi 50 a 100 lety, se uhlík do atmosféry naopak přidává.** To je důležité zohlednit při snaze o omezení globálního oteplování na maximálně 1,5 stupně.

Energeticky využitelná biomasa v EU:

- **zbytková** (odpadní) - **dřevní odpady** z lesního hospodářství a celulózo-papírenského, dřevařského a nábytkářského průmyslu, **rostlinné zbytky (např. seno, sláma)** ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny a odpady z potravinářského průmyslu a z výroby biopaliv (MEŘO a biolíhu)

- **biologicky rozložitelný odpad (BRO)**
  - komunální (BRKO) - zbytky potravin, papírové obaly,
  - průmyslový (BRPO) - odpady z výroby papíru, cukru, mouky, odpady z jatek apod.
  - splašky z kanalizace

- **Energetické rostliny**

- **Statková hnojiva** jsou podle § 2 zák. č. 308/2000 Sb. „o hnojivech“ hnůj, hnojůvka, močůvka, kejda, sláma, jakož i jiné zbytky rostlinného původu vznikající zejména v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány.

Využití biomasy z prořezu městské zeleně:

Během roku se občas přiveze i fůra ještě zeleného prořezu, např. z nutných stavebních prací, havárií atd.



Boční pohled na štěpkovač. Vzadu rezerva kusového dřeva pro rezervní kotel na kusové dřevo, kdyby náhodou došla štěpka nebo nastala porucha kotle na štěpku.



Výsledný energetický produkt celého procesu - štěpka uložená do výše až 5 m



Polák S.: **Možnosti využití lesní biomasy v energetice jsou dané**, viz.: čas. Energie 21, 5/2023, str. 30

Princip aktivního udržitelného lesního hospodaření:
Možná roční těžba dřeva celkem: 15,7 mil. m^3/rok
(86 % jehličnanů, 14 % listnatých)
Z toho těžební zbytky (odřezky): 2,39 mil. m^3/rok
Pro udržitelné hospodaření(ochrana půd) využ.:**0,74 mil. m^3/rok**

Při prům. hustotě: 455-500 kg/m^3 potenciál: **0,37 mil. t/rok**

Pozn.: Pro srovnání: tzv. odbytová těžba hnědého uhlí v r.2023: 28,66 mil. tun/r.

Viz Statistická ročenka ČR z roku

16-2 Bilance elektřiny

16-2 Balance of electricity

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade

v mil. kWh

Million kWh

Ukazatel	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**83 892**	**81 525**	**85 015**	**84 848**	**76 938**	***Electricity production total***

16-3 Výroba elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů energie a z odpadů

16-3 Production of electricity and heat from renewable energy sources and from wastes

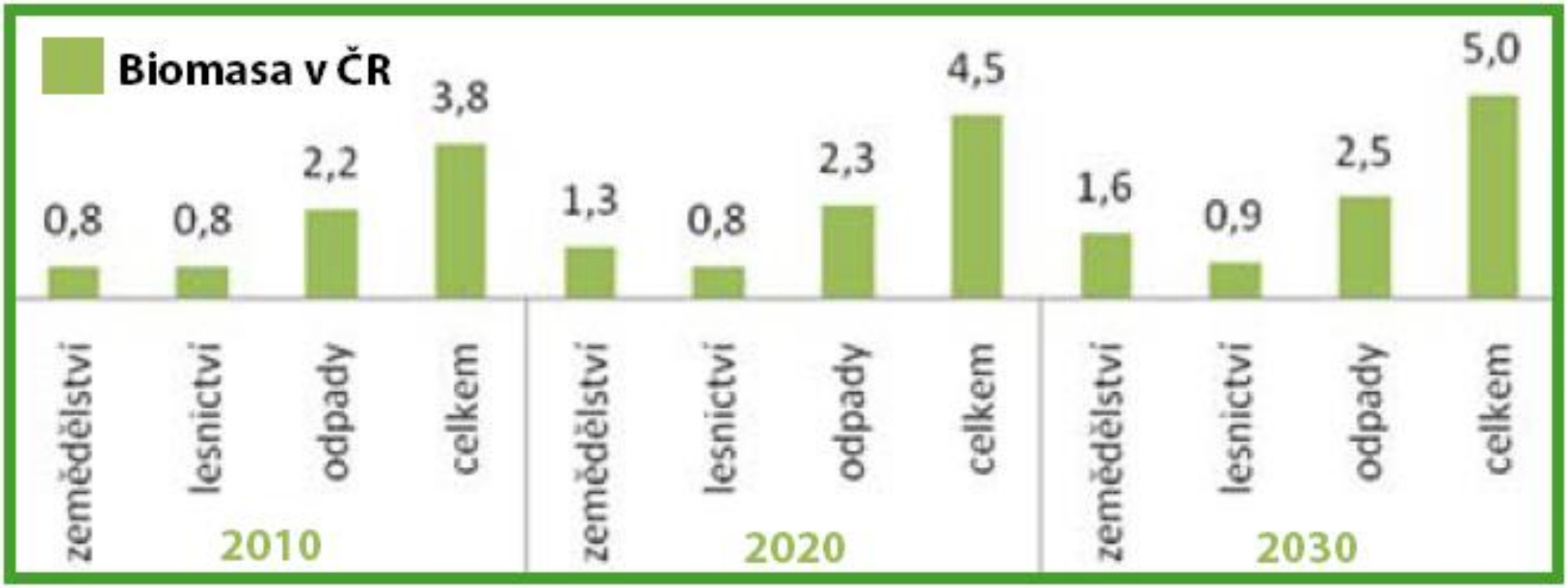
Pramen: Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: Ministry of Industry and Trade

Ukazatel	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Indicator*
	Elektřina (GWh)			*Electricity (GWh)*		
Vodní elektrárny[2)]	1 796	2 144	2 409	2 093	2 363	*Hydroelectric power plants[2)]*
Větrné elektrárny	572	699	602	641	702	*Wind power plants*
Solární elektrárny	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*Solar power plants*
Biomasa	2 091	2 499	2 665	2 659	2 438	*Biomass*
Průmyslové odpady	20	14	16	16	20	*Industrial wastes*
Komunální odpady	144	199	212	216	250	*Municipal wastes*
Bioplyn	2 611	2 596	2 593	2 617	2 601	*Biogas*
	Prodané teplo (TJ)[3)]			*Heat sold (TJ)[3)]*		
Biomasa	6 414	8 964	10 492	9 300	9 305	*Biomass*
Průmyslové odpady	350	337	311	282	288	*Industrial wastes*
Komunální odpady	2 604	2 961	2 803	2 512	2 836	*Municipal wastes*
Bioplyn	623	710	738	785	790	*Biogas*

Tj. spalováním tuhé biomasy bylo v ČR v r.2023 vyprodukováno cca. 3,2 % elektřiny

Odhad produkce biomasy v ČR:



Obrázek 9: Potenciál biomasy v ČR dle zdrojů původu (MtOE/rok)

PROBLÉMY:

1. s využitím potravinářských jednoletých plodin pro zajištění stabilního energetického zdroje.
2. S dlouhodobě udržitelným zemědělským hospodařením

SITUACE V ČR v r.2021, srovnání dostupnosti tuhých paliv z fosilních a obnovitelných zdrojů (zdroj: Stat.ročenka ČR 2022):

- Rozloha ČR 78 860 km^2 = 7,886 mil. ha
- **Lesy** **2,675 mil. ha**
- Zemědělská půda cca. 54% (4,3 mil. ha, **obdělávaná 3,5 mil. ha**)
- Výnos obilovin 5,7 t/ha, produkce **7,65 mil.t**
- **Celkový běžný přírůst dřeva** **10 mil.t/r.**
- **Produkce řepky olejky** **1,15 mil.t**
- **Odhad produkce obilovin** **zrno 4,8 mil.t/r**
- sláma 10-15 mil. t/r.
- **Seno** **3 mil. t**
- **Produkce kalů z ČOV:** **197 tis. t/r**
- **Těžba uhlí (hnědé/černé)** **29,3/2,2 mil. tun/r.**

Energetické rostliny

Cílené pěstování rostlin pro energetické využití = důraz na rychlou produkci biomasy

Cíleně pěstovaná = energetické byliny a rychlerostoucí dřeviny

- **Fytomasa - hmota rostlin obecně**

- **Dendromasa – rychle rostoucí stromy**

- **Energetické plodiny I. a II. generace:**
- **I. Generace** = např. řepka olejná (pro MEŘO), pšenice, kukuřice (výroba bioethanolu) či žitovec (tritikale), z něhož se vyrábí pelety. **Obsahují škrob**.
- **II. Generace** = např. topoly, vrby, energetický šťovík či proso, **obsahují celulózu**.

Topoly a vrby pro energetiku:

= víceleté rychle rostoucí dřeviny, kultury na 20-30 let pěstování

3- nebo 6-letý cyklus sklizně (obmýtí), lze použít 2-10 let periodu

Roční přírůstky u topolu ca. 15-21 t/ha a vrba kolem 9-10 t/ha sušiny

Pěstování vyžaduje:

dostatečnou půdní vlhkost (mírné klima s min. ročním úhrnem srážek 500 mm)

Termín výsadby březen-duben (teplota půdy vyšší než 5^{o}C)

Opatření proti plevelům jen v prvním roce

Nejméně každých 6 let kontrola pH a obsahy Mg, P a K v půdě

Spotřeba anorg. živin na 10 t sušiny:

37 kg N

14 kg P_2O_5

31 kg K_2O

76 kg CaO

8 kg MgO



Japonský topol:

= klon topolu černého a topolu Maximovicze označovaný jako J-104 a J-105.

Plantáže se sklízejí v tzv. velmi krátkém obmýtí, které se v našich podmínkách pohybuje **mezi 3-6 roky**. Pokud bude tedy **celková doba existence plantáže 15 -25 let**, znamená to, že **bude sklizena 4-8 krát**.

Roční přírůstek tohoto topolu je 2,5 - 4 m za rok v závislosti na závlaze (**za 4-6 let průměr kulatiny cca 25cm**)

Stromu vyhovuje nadmořská výška do 550 m a vlhčí půda (dobře odvodňuje podmáčené plochy), přežije dvouměsíční zaplavení a vypořádá se i s delším obdobím relativního sucha (65 %). Strom v podstatě nepotřebuje zvlášť úrodnou půdu ani hnojení







Vrby jako domácí OZE:

Jak získat palivové dříví i bez lesa? Založte si vrbovnu (ekonews.cz)

- **V souvislosti s energetickou krizí začíná být čím dál aktuálnější návrat k lokálním zdrojům palivového dříví. Jenomže než vyroste pořádný les, tak to je otázka minimálně jedné generace. Rychlejší je založení vrbovny. V pravidelných intervalech na hlavu seřezávané vrby produkují palivové dříví mnohem dřív. A jako bonus podpoříte vytvoření prostředí pro vzácný hmyz.**

- **Velkou předností vrb je jejich velice snadné množení řízkováním v lednu až březnu. Můžete si sami nařezat asi 20 až 30centimetrové řízky z jednoletých prýtů**. Protože se řízky velice snadno zakořeňují, je koupě hotových sazenic zbytečně drahá.

Rychlerostoucí dřeviny=víceleté energetické rostliny jako palivo (ekonomika):

- **Na výsadbu rychlerostoucích dřevin stát poskytoval dotace až 60 000 Kč na hektar**

- **Min. cena: 91,50 Kč/GJ**

- **Ročně: 10 t sušiny/ha (při prům.výhřevnosti 15,6 MJ/kg**

=> Ročně: 156 GJ/ha

=> Pomyslný energetický výkon:

5 kW/ha tepla (při účinnosti přeměny 30% 1,6 kW_e/ha) při 8760 hodinách a výhřevnosti 7,14GJ/t štěpky s vlhkostí 52,5%

Zdroj: čas. Alternativní Energie 3(2006)32-33

Křídlatka japonská nebo česká

Pochází z Japonska, do Evropy byla dovezena v roce 1825 jako okrasná rostlina. Ukázala se (spolu s bolševníkem a dalšími rostlinami) jako **mimořádně agresívní invazní rostlina**, která dokáže potlačit většinu původní vegetace a rychlým tempem se rozšiřovat.





Volně roste na březích vodních toků, na okrajích lesů a keřových skupin, **kolem cest, železničních náspů**. Má ráda vlhčí půdu.

PROBLÉM = regulace !!!

Rekordman: Paulownia elongata

Paulownia elongata cv. Super je rychle rostoucí dřevina původem z Kanady

Roční přírůstky až 30 t/ha (Kanada), nárůst až 7m/2 roky, po 12 let kmen

Ø = 40 cm

Roste i na suchých písčitých a kamenitých půdách

Má dobře zpracovatelné, tvrdé dřevo, na vzduchu vysychá za 30 dní, tavitelnost popele nad 1000^{o}C

Výhřevnost: 18,9-19,9 MJ/kg

Plantáže 500-1500 ks/ha





http://cs.wikipedia.org/wiki/Paulovnie

- Rod zahrnuje 6 nebo 7 druhů. **Všechny druhy se vyskytují v Číně**, **paulovnie Fortunova** (*Paulownia fortunei*) **přesahuje i do Laosu a Vietnamu**. Paulovnie rostou v nížinných i horských lesích až do nadmořské výšky 3000 m
- Paulovnie jsou atraktivní a nápadné okrasné dřeviny.
- **Většina druhů není v našich podmínkách zimovzdorná.**

- Ve sbírkách Pražské botanické zahrady v Tróji je pěstována **paulovnie Fargesova** (*Paulownia fargesii*), v Arboretu Žampach **paulovnie protáhlá** (*Paulownia elongata*).

- **Paulovnie je rychle rostoucí rostlina, tedy je prakticky využitelná v energetice jako zdroj palivového dřeva. To navíc nemá suky, proto je ceněné dřevaři,** a zároveň se v něm vyskytuje jen málo pryskyřice, což paulovnii činí vhodnou pro výrobu ethanolu.

- **Paulovnie jsou teplomilné dřeviny vyžadující výživnou a a dosti vlhkou hlinitou půdu.** Stanoviště je třeba mít chráněné před mrazivými větry, které způsobují zmrznutí násady květenství. Stromy rostou zpočátku velmi bujně a plné mrazuvzdornosti dosáhnou až tehdy, když se růst zpomalí a začnou nasazovat tenčí a ne tak dužnaté přírůstky.

- **Rozmnožují se ze semen.** Tobolky se sbírají přímo ze stromů ještě před jejich otevřením. Mladé rostliny je třeba na zimu přikrývat. **Vegetativně lze paulovnie množit zimními kořenovými řízky, tyto rostliny ale mají slabý kořenový systém.**

Odkaz na paulovnii:

- http://hobby.idnes.cz/biomasa-na-topeni-rychlerostouci-drevo-paulovnie-fvb-/hobby-zahrada.aspx?c=A130122_140917_hobby-domov_mce

ZEMĚDĚLSKY PRODUKOVANÁ BIOMASA SOUČASNOSTI – PŘEVÁŽNĚ SACHARIDY A ROSTLINNÉ OLEJE







Energetické plodiny 1.generace:

- **Plodiny bohaté na škroby, rostlinné oleje**, obvykle využívány pro produkci potravin

- Kukuřice
- pšenice
- Slunečnice
- Řepka olejka

V Hodoníně pálí fritovací oleje i odpady z kukuřice

Od ledna do září letošního roku vyrobila hodonínská elektrárna přes 125 GWh elektřiny z biomasy a odpadních olejů. Palivo do elektrárny dodává firma Trafin Oil, aktivní v oblasti obchodu s použitými potravinářskými a fritovacími odpadními oleji z kuchyní, restaurací, jídelen a jiných gastronomických zařízení (této služby využívá například Eurest, Tesco). Součástí recyklace jsou rostlinné oleje čištěny s cílem splnění podmínek pro zařazení mezi biopaliva.



Hodonínská elektrárna se zaměřuje na využívání biomasy

V první půlce listopadu přišla řada na testy spalování slunečnicového šrotu a drceného kukuřičného vřetena, tzv. kotaček. V obou případech se jedná o vedlejší produkty zpracování slunečnice a kukuřice, které trh nabídl za akceptovatelnou cenu poté, co poklesla poptávka po krmných směsích. Výhřevnost těchto druhů biomasy je o 30 % vyšší proti výhřevnosti dřevní štěpky a při stejném spáleném množství z nich lze vyrobit o 30 % více zelené elektřiny. ■

Hlavní nevýhoda spoluspalování ve velkých tepelných elektrárnách = stejná jako u spalování fosilních paliv = většina energie (~65%) uniká bez užitku do okolního prostředí

Závislost obsahu vody na výhřevnosti biomasy:

Druh biomasy	Obsah vody v %	Výhřevnost MJ/kg
Polena	10	16,4
Polena	20	14,28
Polena	30	12,18
Dřevní odpad	10	16,4
Dřevní odpad	20	14,28
Dřevní štěpka	30	12,18
Dřevní štěpka	40	10,1
Sláma obilovin	10	15,5
Sláma kukuřice	10	14,4
Lněné stonky	10	16,9
Sláma řepky	10	16

Energetické plodiny 2.generace:

- **Plodiny bohaté na celulosu.**

Výhody:

1. Obvykle rostou rychleji a jsou méně náročné na pěstování
2. Vhodné na výrobu papíru a celulosy

Nevýhoda = energeticky náročná přeměna celulosy na jednoduché cukry

- **šťovík**
- **konopí**
- **Topoly a vrby**
- **Křídlatka**
- a další (tzv.sloní tráva, **ozdobnice** = Miscanthus giganteus 18 MJ/kg sena), …)

Srovnání fosilní paliva vs. biomasa:

Roční výtěžnost energetických plodin

Roční výtěžnost biomasy na 1 ha (tun sušiny, optimální stanoviště)					
Klasický les	Obilná sláma	Energetické obilí	Šťovík (Uteuša)	Klony Vrb	Klony Jap. topolu
3	5	13	18	22	12-16

Porovnání spalného tepla

Porovnání spalného tepla topných surovin nejčastěji využívaných v České republice /MJ/Kg/							
Lesní štěpka 60%	Lesní štěpka 20%	**Topolová štěpka 20%**	Vrbová štěpka 20%	Řepková sláma	Hnědé uhlí	Černé uhlí	Zemní plyn
9.2	14,3	**18,7-19,2**	18,5	17,5	14,5-16,5	28	33,5

Více např. na:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetick%C3%A9_byliny

Energetické rostliny, krmný-energetický šťovík Rumex OK 2

= ukrajinský kříženec šťovíku zahradního a tjanšanského

Trvanlivost 10 let

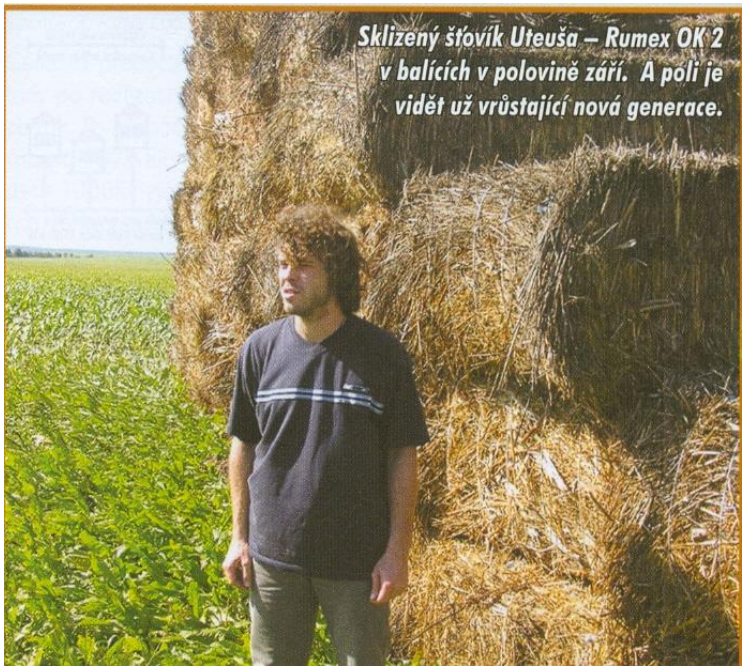
V ČR bylo oseto přes 1200 ha

Cena osiva: 2800 Kč/ha (vystačí osít 1x za 10 let)

Cíl: **výnosy 7-10 t/ha**

Výhřevnost shodná s dřevní biomasou, vyšší teplota tání popela než u slámy


1. Šťovík v plné zralosti, začátek července


Sklizený šťovík Uteuša – Rumex OK 2 v balících v polovině září. A poli je vidět už vrůstající nová generace.

Energetické rostliny, konopí seté (Cannabis sativa)

Dříve v ČR pěstováno pro technické účely na 10 tis. ha, v r.2007 jen 1600 ha

Povinnost pěstitele hlásit pěstování na celním úřadě při sadbě nad 100 m^2

St. podpora: 3000 Kč/ha (v r.2007); viz. www.szif.cz

Výnosy: **6-7 t/ha stonku (z toho 0,5-1,2 t vlákna, 0,7-1,4 t semen)**

Cena semen na osev: 19-25 Kč/kg (7-9 kg/ha)

Vyžaduje úrodnou půdu; **Spotřeba vody 1,5-2x více než obilniny**



Výhřevnost 16,5-18 MJ/kg při 9%ní vlhkosti



Ozdobnice obrovská = Miscanthus Giganteus:



Výnosy ozdobnice:

Tab. 3. Výnosy sušiny ozdobnice (t/ha) sklízené na podzim na stanovišti v Praze-Ruzyni v závislosti na roku a hnojení N. Year and N fertilization effects on dry matter yields of miscanthus (t/ha) harvested in autumn at Prague-Ruzyně site.

Rok	Hnojení N				
	N0	N1	N2	N3	Průměr
1. rok	1.319	-	-	-	1.319
2. rok	7.165	5.554	8.867	4.094	6.420
3. rok	17.793	15.512	20.547	19.966	18.454
4. rok	21.997	23.117	25.333	21.617	23.016
5. rok	18.044	19.769	22.045	18.176	19.508
6. rok	30.069	30.462	30.879	32.625	31.009
7. rok	23.575	24.327	31.060	24.309	25.818
8. rok	20.467	25.398	26.593	27.275	24.933
9. rok	29.729	29.027	29.306	26.594	28.664
10. rok	14.703	14.959	18.536	19.248	16.862
Průměr 2-10	20.394	20.903	23.685	21.545	21.632
Průměr 4-10	22.655	23.866	26,250	24.463	24,259

Poznámky: N0=0 kg/ha, N1=50 kg/ha, N2=100 kg/ha, N3=150 kg/ha dusíku

Výhřevnost v závislosti na obsahu sušiny:

Tab. 7. Vliv termínu sklizně na a obsah vody (%) a energetický obsah (MJ/kg) u ozdobnice (průměrné hodnoty). The influence terms of harvest on water content (%) and energy content (MJ/kg) in plants of miscantus ((average values).

Plodina	Termín sklizně	Obsah vody	Energetický obsah
Ozdobnice čínská	1. termín	67	5,76
Ozdobnice čínská	2. termín	50	9,97
Ozdobnice čínská	3. termín	18	16,21
Ozdobnice čínská	suchý vzorek	0	18,23

Poznámky: 1 termín sklizně = odběr v době největšího nárůstu fytomasy (srpen-září)
2 termín sklizně na podzim (listopad)
3 termín sklizně po zimním období (konec února, počátek března)

Publikováno na stránkách www.vuzt.cz

Pěstování ozdobnice (*Miscanthus*) určené pro energetické využití
(Shrnutí dlouholetého sledování)

Odhad. potenciál biomasy v ČR

- Dle:J.Habart, čas. Energie 21, str. 28-29 (2023):

Aktuální výměr zemědělské půdy pro pěstování biopaliv: 350-400 tis. ha

Akční plán: při 100% potravinové soběstačnosti **možno uvolnit: 1,160-1,508 mil. ha** (orné půdy a trvalých travních porostů)

+ dále potenciálně plochy nevhodné pro pěstování krmiv a potravin (rekultivovaná, sanovaná půda či půda po záplavách)

Spalovací zařízení na biomasu = získávání tepla

Jak zařídit, aby nedocházelo k tavení popela (který je z rostlin nízkotající)?

Postupné uvolňování spalného tepla zplyňováním a následným spalováním dřevoplynu

Fotografie roštového topeniště užívaného pro spoluspalování, zanášení způsobené nízkou teplotou tavení popela z biomasy:







Topeniště na spalování fytomasy:

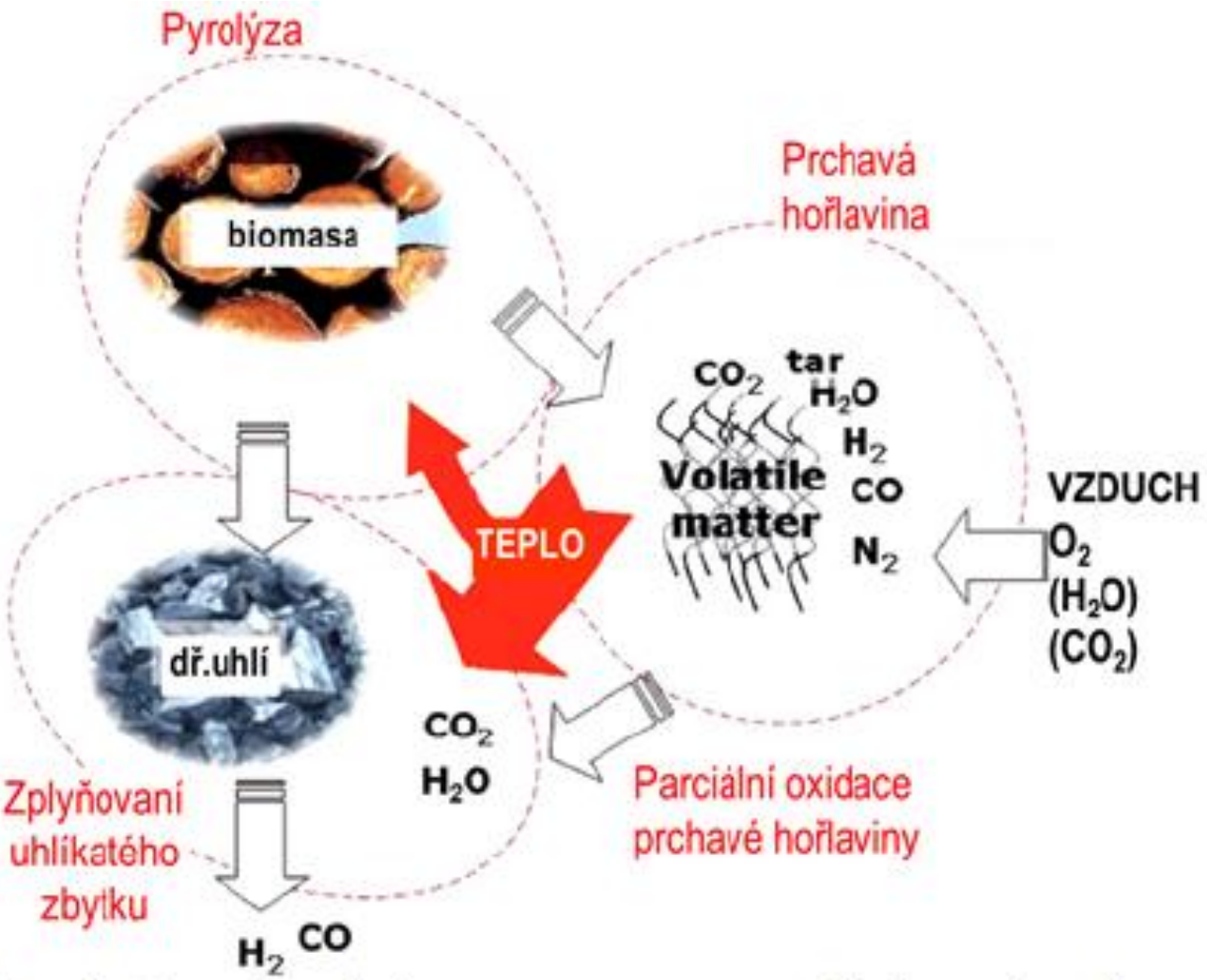
Požadavky pro spalování:

- **minimální obsah vlhkosti**
- **použití speciálních kotlů (spalování drobných polétavých částic i plynných těkavých složek)**
-
- **relativně dlouhá doba hoření plynných složek (až několik vteřin)**
- **filtry pro popílek (obsahuje těžké kovy)**

Optimální je dvoustupňové spalování 1. fáze zplyňování
2. fáze spalování plynů

* **úprava paliva - sláma nařezaná, brikety, pelety**
- dřevo piliny, výlisky

- **spalovací zařízení pro domácnosti musí mít snadnou obsluhu, plně nebo částečně automatický režim, vysokou účinnost, možnosti regulace, únosná cena**



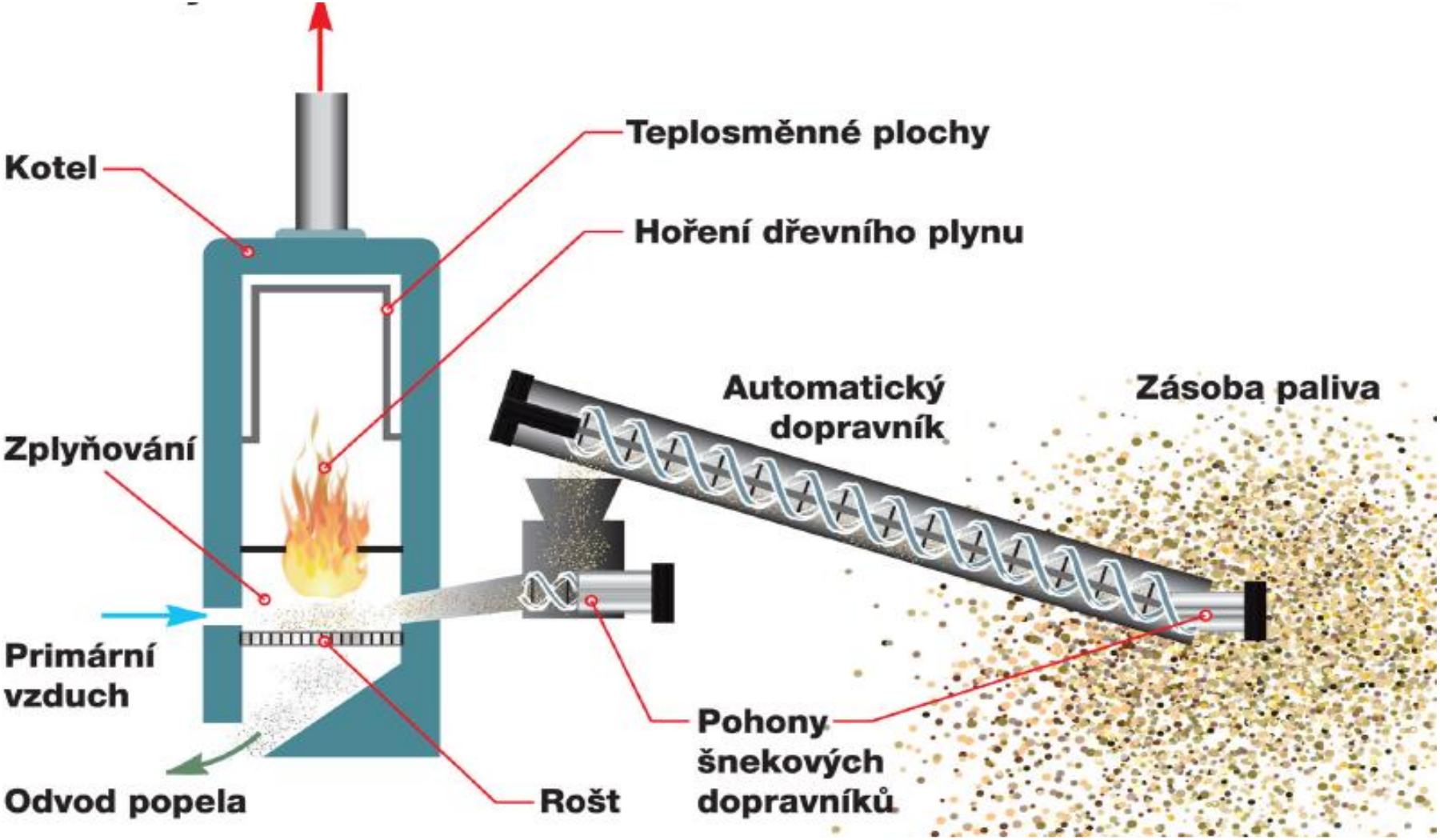
Zjednodušené schéma procesu zplyňováni biomasy

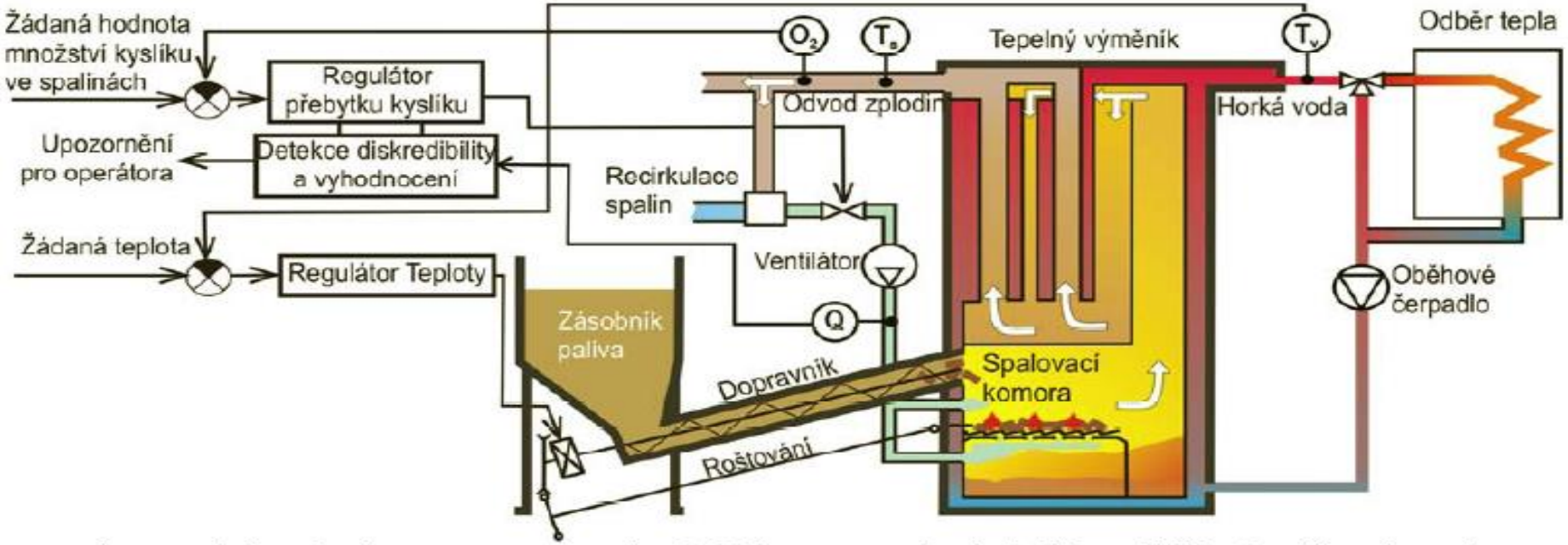
Schéma probíhajících oxidačních dějů:

Zplyňování: $(C_6H_{11}O_5)_n + O_2 + H_2O \rightarrow CO + H_2 + CH_4 + CO_2$ vzniká dřevoplyn

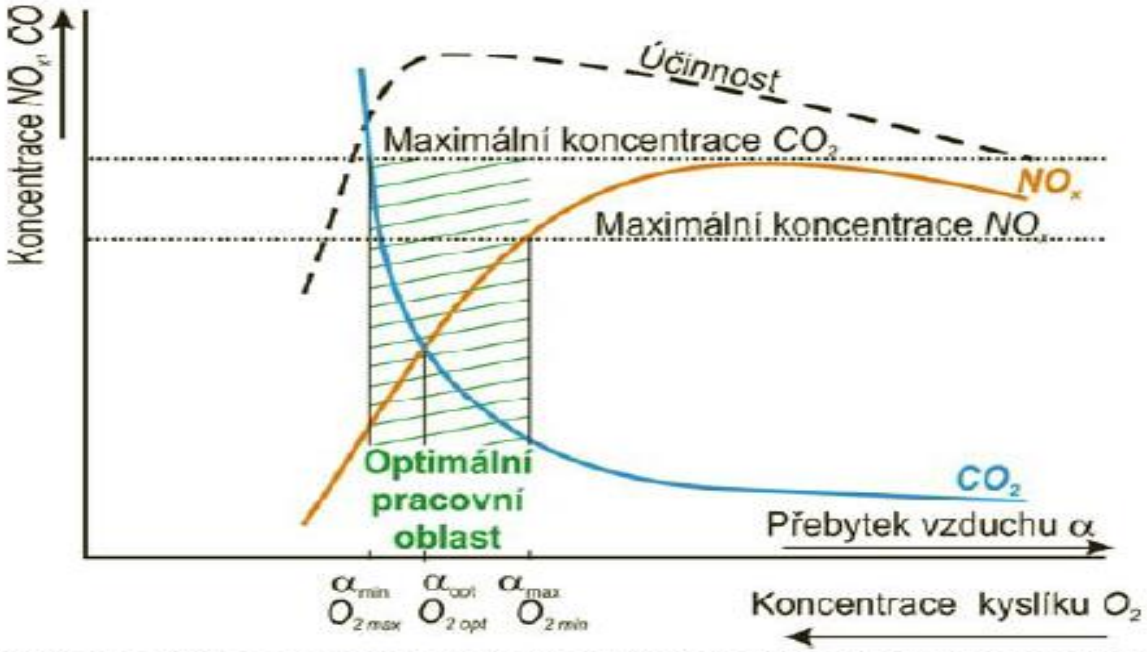
Spalování dřevoplynu: $CO + H_2 + CH_4 + CO_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Spalování biomasy:





Obr. 1 Schéma kotle Verner pro spalování biomasy s detekcí diskredibility kyslíkové sondy



Obr. 2 Koncentrace spalin v závislosti přebytku vzduchu ve spalinách

Spoluspalování biomasy v teplárně (kogener. jednotce ve Dvoře Králové n. Labem:

- Celkem **během roku produkuje teplárna až 20 000 MWh energie**, **z toho polovina z biomasy spalováním až 240 tun biomasy denně** (zbytek spalováním uhlí nebo spoluspalováním uhlí s biomasou).

- **Ke spalování používány především rostlinné peletky** (zpracované zbytky ze sklizní obilovin a vhodných rostlin), **piliny a dřevní štěpka.**

- V současné době **instalovaný teplárenský výkon činí 115,8 MW**. Ročně se prostřednictvím parní sítě o délce 11 km dodá teplo odběratelům v celkovém objemu asi 500 TJ do 100 předávacích míst . Z tohoto objemu více než 11 % činí zásobování bytů.

Př. Fa. UCED, kogenerace založená na spalování jednoleté biomasy (slámy a sena):

Velká teplárna na biomasu | MM Průmyslové spektrum

- **Palivo: balíková sláma**
- **Elektrický výkon: 7,4 MWe**
- **Tepelný výkon: 15 MWt**
- **Obilná, řepková sláma a traviny na řádku nebo již slisované v hranatých balících (seno).**
- Rozměry balíků - šířka 120 cm, výška 90-120 cm, délka cca 240 cm.
- **V topné sezóně spálí v UCED BIO 12 tisíc kusů balíků slámy**
- Preferuje vzdálenost dopravy do 50 km od Kutné Hory.
- Dlouhodobá spolupráce - smlouvy na 10 let.
- Platí pravidelné zálohy v průběhu celého roku.
- Lisování, manipulaci zajišťují smluvní partneři z jednotlivých regionů nebo sami zemědělci.
- Pro dodavatele paliva **možnost odběru certifikovaného hnojiva Popelák**



Palivo: balíková sláma
Elektrický výkon: 7,4 MWe
Tepelný výkon: 15 MWt





Společnost Tesla Energy Group (TEG) zde realizovala **první instalaci bateriového úložiště (BESS) s měničem Siemens Gamesa Proteus PCS-E ve střední Evropě**. Moderní úložiště **o výkonu 4000 kW / 4477 kWh** výrazně přispěje k vyšší stabilitě a spolehlivosti rozvodné sítě a umožní efektivnější využití obnovitelných zdrojů energie.





Př. Plzeňské teplárny=kogenerační jednotka

http://www.ct24.cz/ekonomika/72734-plzenska-teplarna-finisuje-stavbu-bloku-na-biomasu-za-850-milionu/

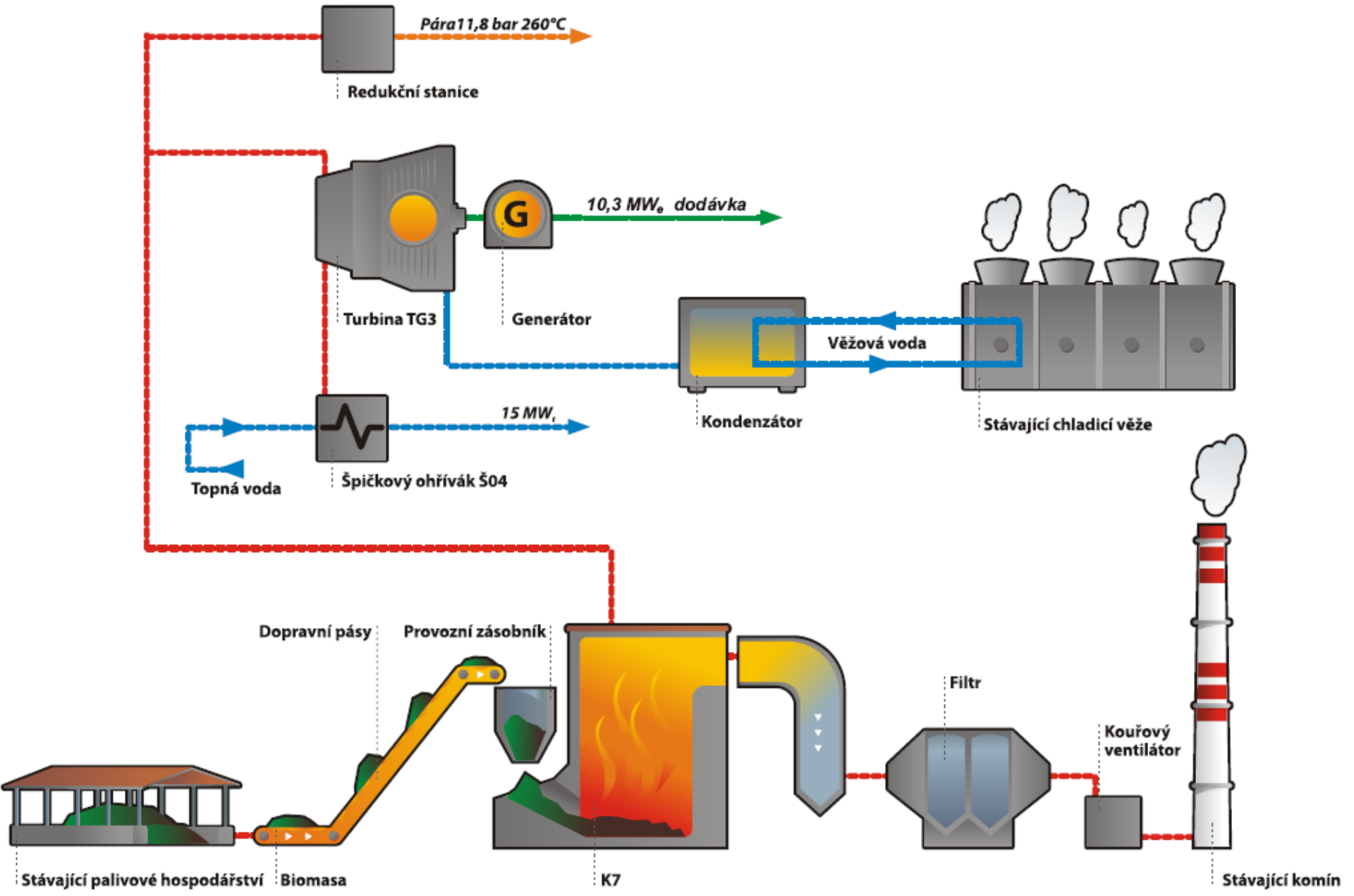
Dosud při spoluspalování využívá až 120 tis. t biomasy/rok

Stavba kotle na spalování biopaliva = náhrada ca. 90 tis.t/r hnědého uhlí dřevními štěpky a peletami z energetických zemědělských plodin (spotřeba až 120 tisíc tun dohodnuto s dvaceti dodavateli).

Investice ca. 850 mil.Kč, odhadovaná návratnost 10 let, výkon bloku bude:

11,6 MW elektřiny a 35 MW tepla, účinnost ca. 70-90%.

Využití biomasy v elektrárenství a teplárenství, nový blok na spalování biomasy v Plzni:



Srovnejte s předchozí info:

Rychlerostoucí dřeviny=víceleté energetické rostliny jako palivo (ekonomika):

- **Na výsadbu rychlerostoucích dřevin stát poskytoval dotace až 60 000 Kč na hektar**
- **Ročně: 10 t sušiny/ha (při prům.výhřevnosti 15,6 MJ/kg**

=> Ročně: 156 GJ/ha

Zdroj: čas. Alternativní Energie 3(2006)32-33.

=> Pomyslný energetický výkon:

5 kW/ha tepla (při účinnosti přeměny 30% 1,6 kW_e/ha) při 8760 hodinách a výhřevnosti 7,14GJ/t štěpky s vlhkostí 52,5%

NEBO v případě Plzeňské kogenerační jednotky (účinnost 70-90 %):

(1,25 kW_e + 3,2-3,5 kW_{tepla})/ha

Př.: Plzeňská plynárenská =využití biomasy v kogeneračním režimu provozu, shrnutí:

http://www.ct24.cz/ekonomika/72734-plzenska-teplarna-finisuje-stavbu-bloku-na-biomasu-za-850-milionu/

Dosud při spoluspalování využívá až 120 tis. t biomasy/rok

Stavba kotle na spalování biopaliva = **náhrada ca. 90 tis.t/r hnědého uhlí** dřevními štěpky a peletami z energetických zemědělských plodin (**spotřeba až 120 tisíc tun** dohodnuto s dvaceti dodavateli.

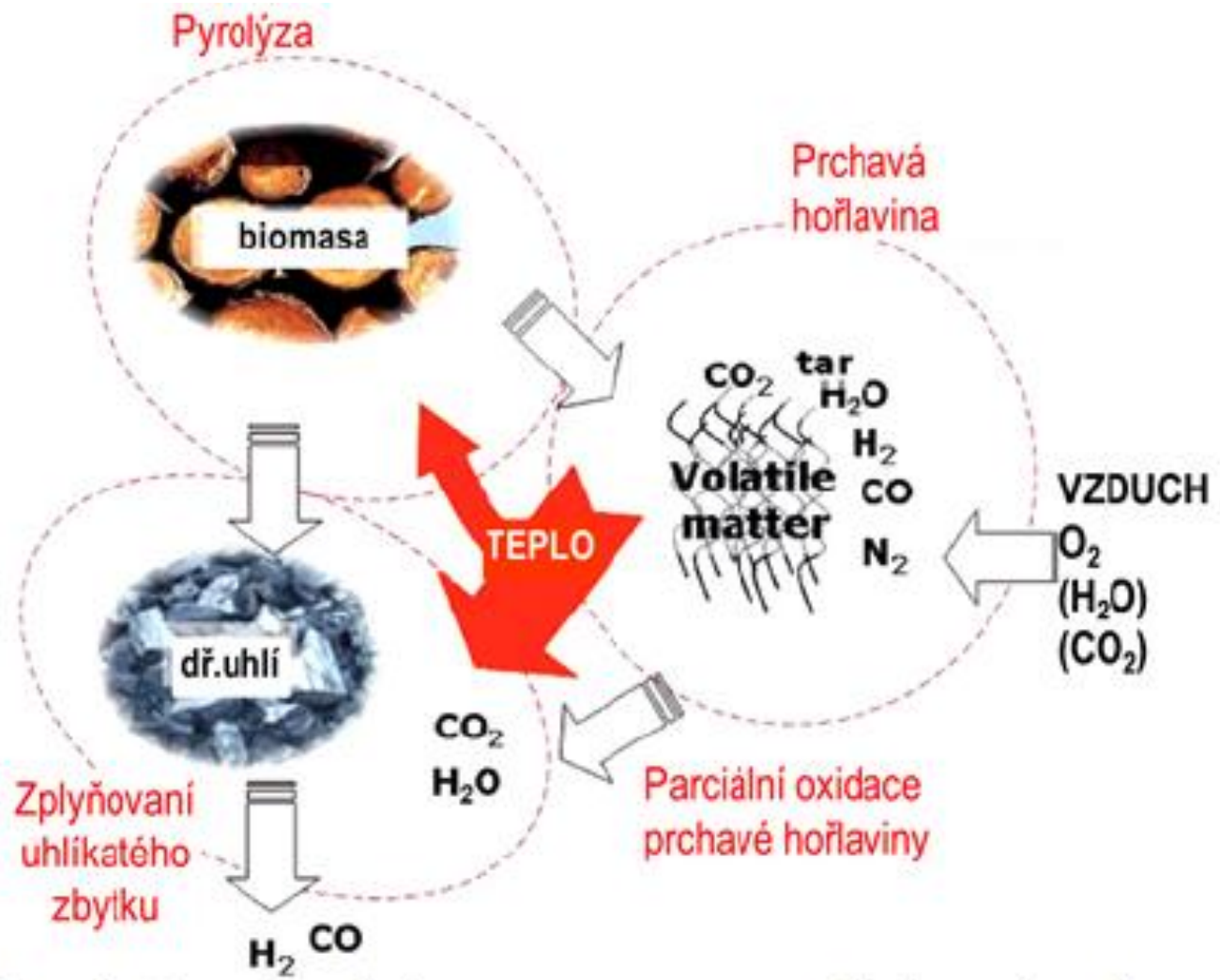
Investice ca. 850 mil.Kč, odhadovaná návratnost 10 let, **výkon bloku bude 11,6 MW elektřiny a 35 MW tepla, účinnost ca. 70-90%.**

Výhody:
- nezávislost na dodávkách uhlí
- snížení emisí CO_2
- garantovaná výkupní cena elektřiny o 40% vyšší než u spoluspalování fosilních paliv a biomasy

Nevýhody:
- nižší výhřevnost biomasy oproti uhlí
- vysoký obsah vody
- obtížnější skladovaní
- Cena biomasy je zhruba dvojnásobná oproti uhlí
- Energetická náročnost dopravy biomasy?

Další zvyšování účinnosti využití spalného tepla ze spalování biomasy

Kogenerační jednotky s paroplynovým cyklem zahrnujícím zplyňování biomasy:



Zjednodušené schéma procesu zplyňováni biomasy

Schéma reakce:

$$(C_6H_{11}O_5)_n + O_2 + H_2O \rightarrow CO + H_2 + CH_4 + CO_2$$

Výhřevné

Paroplynový cyklus:

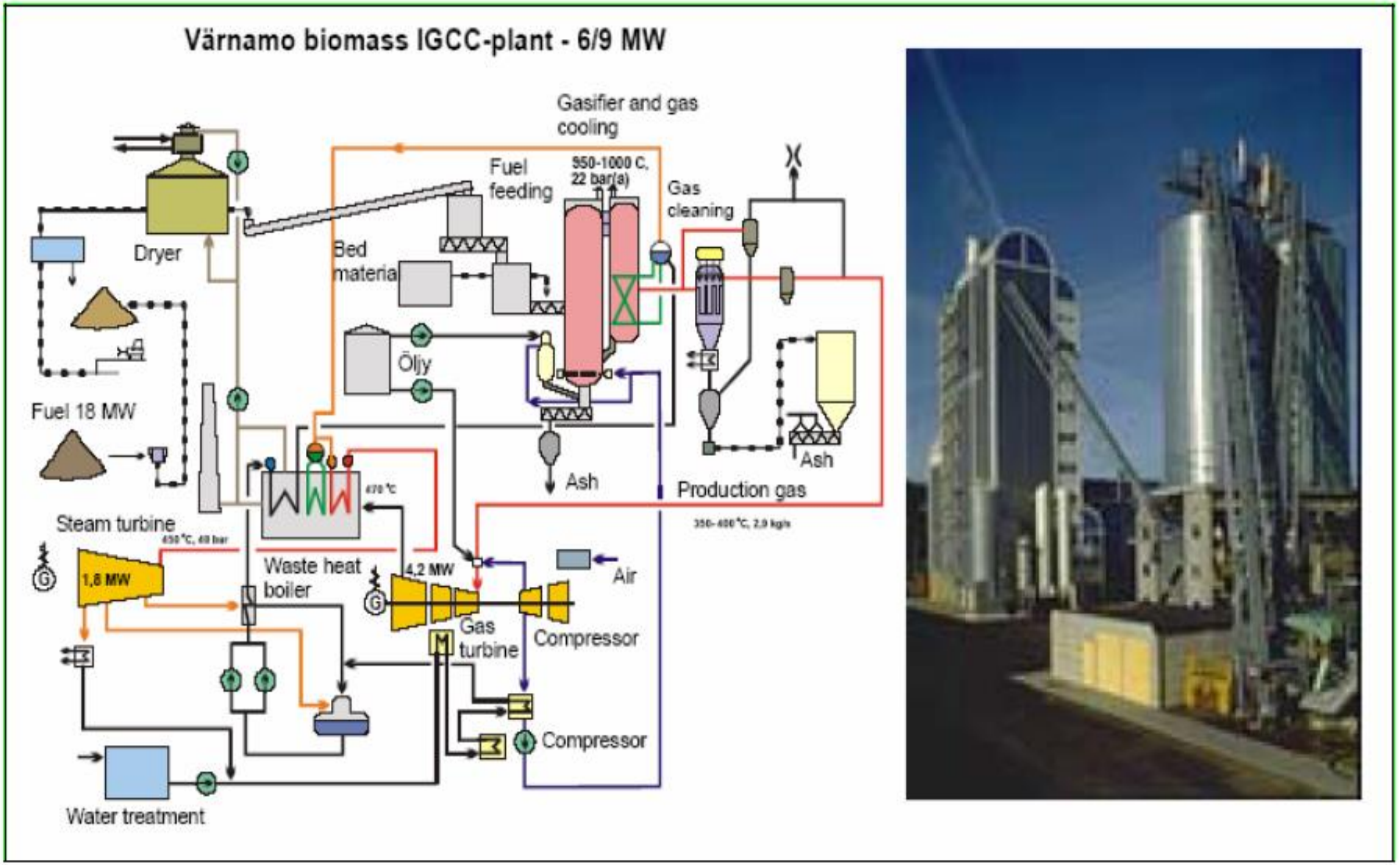
1) Biomasa je nejdříve převedena působením kyslíku a vodní páry na směs CO + H_2 (dřevoplyn/energoplyn) a horké plyny ohřívají páru pro otop:

Schéma reakce:

$$(C_6H_{11}O_5)_n + O_2 + H_2O \rightarrow CO + H_2 + CH_4 + CO_2$$

2) směs CO + H_2 po ochlazení a vyčištění vedena do procesu tlakového spalování, horké spaliny na plynovou turbínu, z plynové turbíny spaliny ohřívají vodu v parním kotli

Obrázek 17: Teplárna na biomasu ve švédském Värnamo s kombinovaným cyklem a integrovanou technologií tlakového zplyňování biomasy



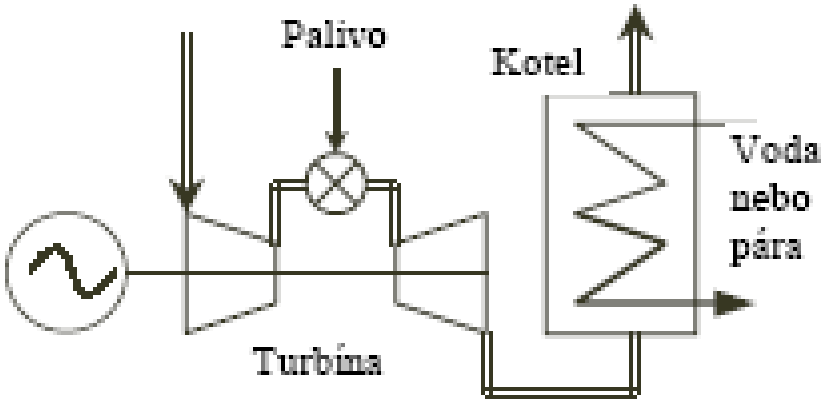
Zdroj. OPET Finland

Jak energeticky využívat pevnou biomasu pro výrobu elektřiny v decentralizovaných zdrojích:

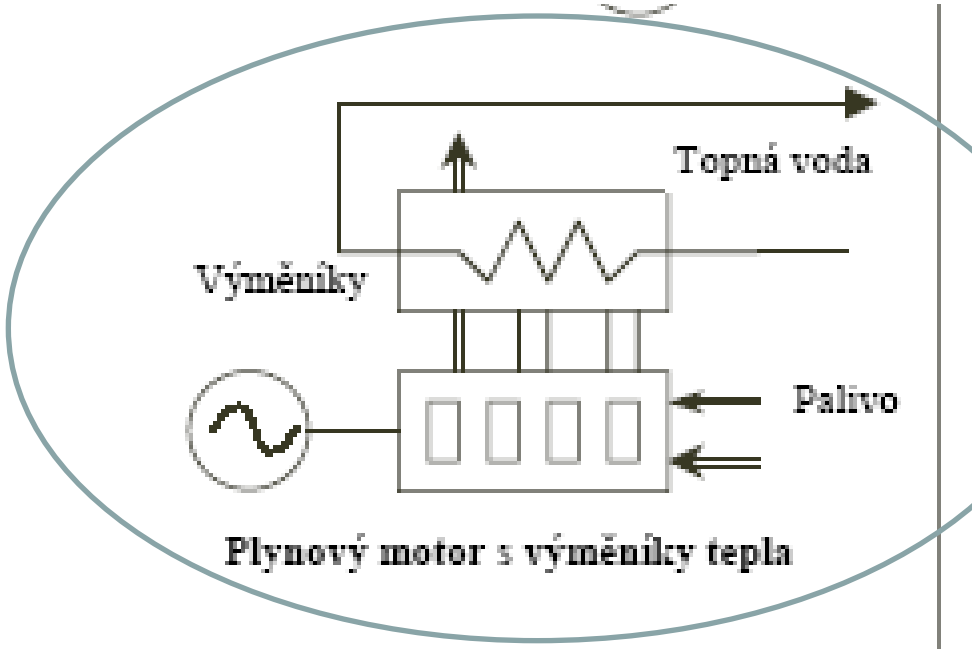
1. Klasické tepelné (parní, využívají Rankinův cyklus) elektrárny a teplárny (kogenerační jednotky)
2. **Jiné postupy (zplyňování biomasy + spalování plynu ve spalovacím motoru pro malé kogenerační jednotky**

Využití zplyňování biomasy pro získávání

Místo spalování v přebytku vzdušného kyslíku využití procesu zplyňování pro tvorbu CO + H_2 a jeho následné využití ve spalovacím motoru poháněnějícím elektrický generátor:

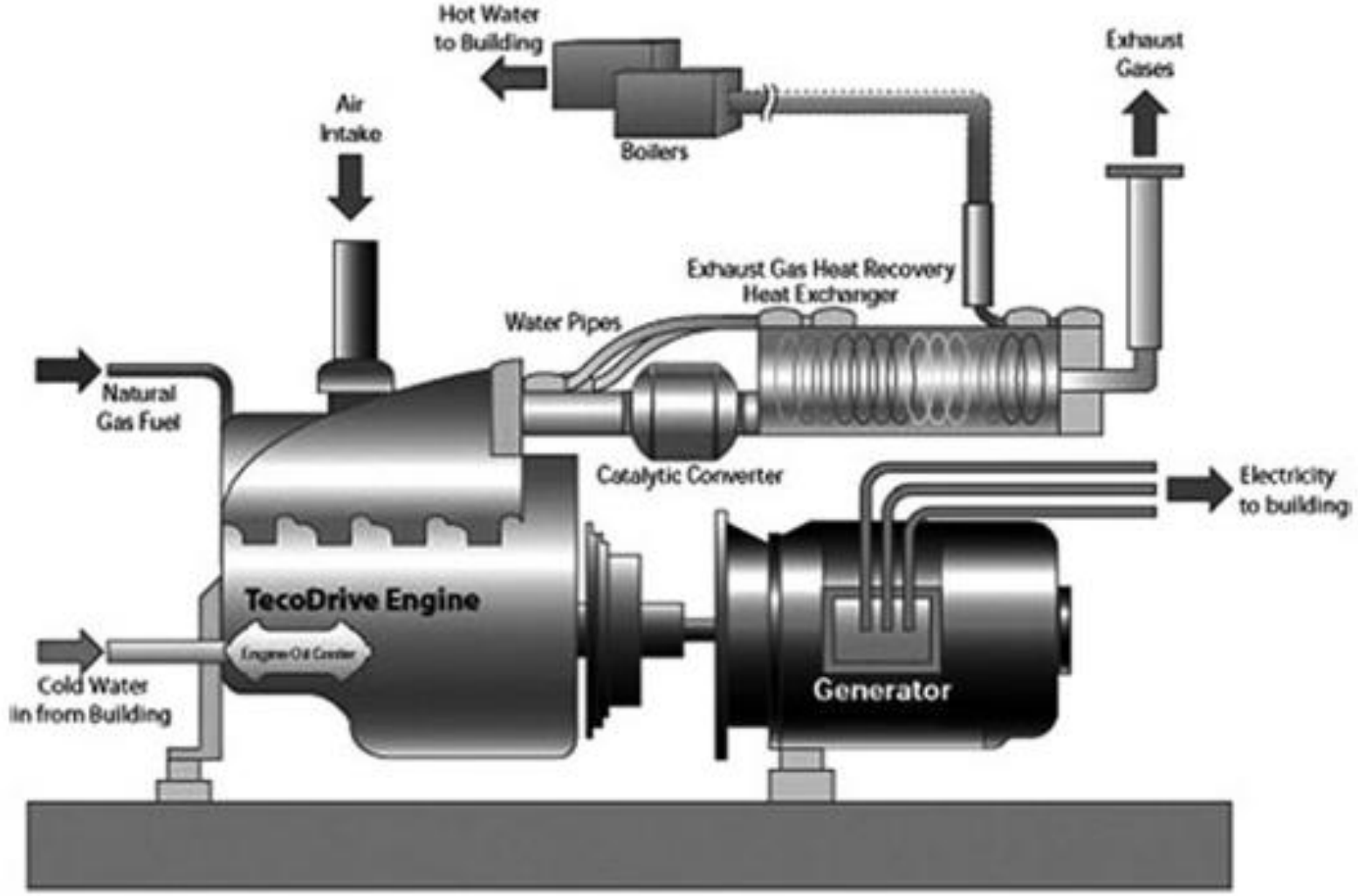


Plynová turbína se spalinovým kotlem

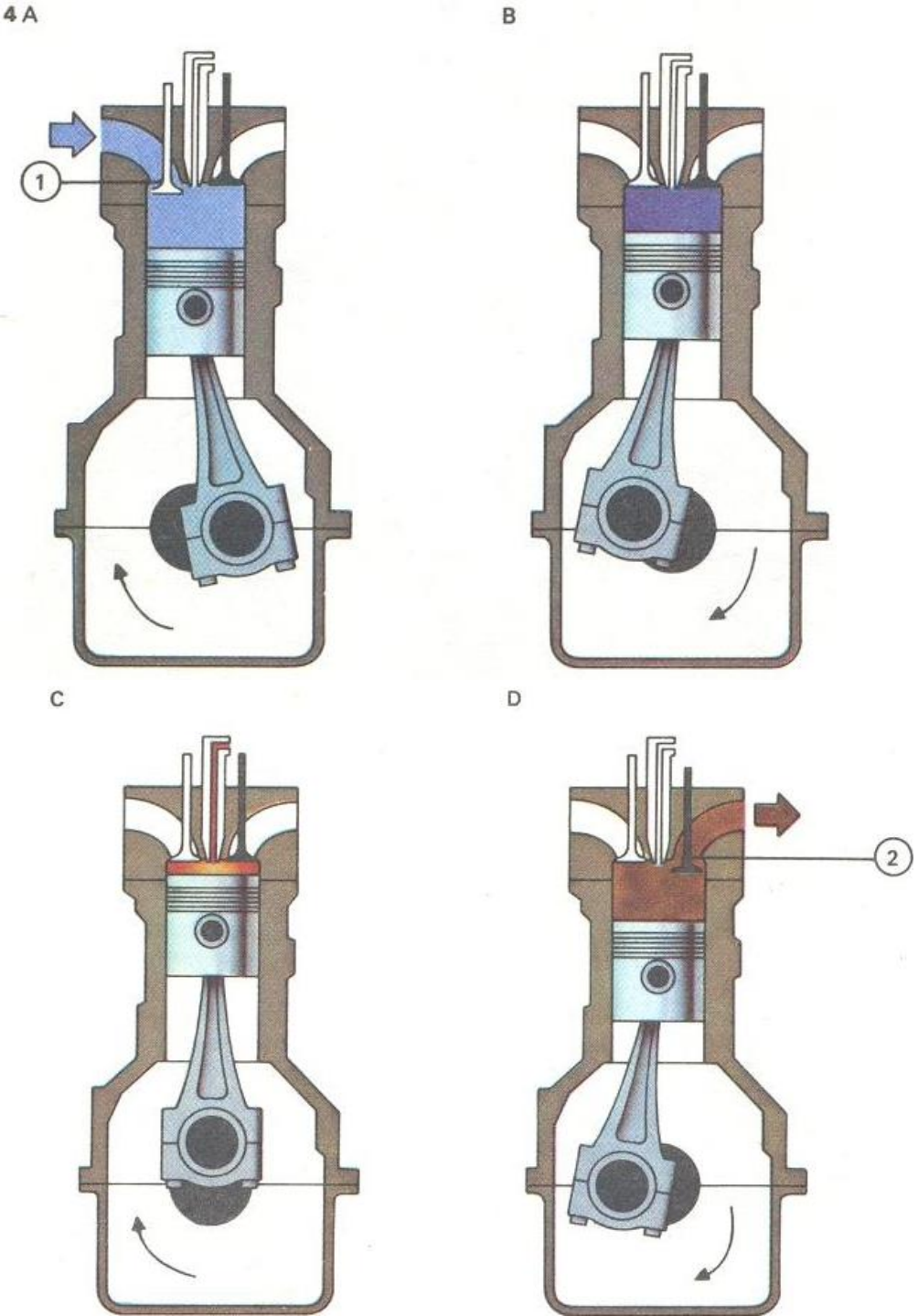


Plynový motor s výměníky tepla

Obrázek č. 12 Schématické znázornění základních typů zdrojů kombinované výroby elektrické energie a tepla



Designed for Greener Energy: Diagram of the cogeneration system at the EPA Richmond laboratory, the ˚rst federal facility to purchase green power equal to its total annual electricity consumption. The cogenerator was designed to produce enough energy to reduce the amount of electricity the lab needs to purchase from its local utility provider by more than 25%. Photo courtesy of the EPA Web site.



4 Ve vznětovém čtyřdobém motoru je proud paliva vstřikován do horkého stlačeného vzduchu v horní části válce. Palivo se teplem samočinně zapálí a rozpínající se plyny tlačí na píst. Při sacím zdvihu [A] je sacím ventilem [1] nasáván do válce pouze vzduch. Při kompresním zdvihu [B] jsou oba ventily zavřené a vstřikuje se palivo. Při expanzním (pracovním) zdvihu [C] palivo shoří a při výfukovém zdvihu [D] se otevře výfukový ventil [2], jímž odcházejí výfukové plyny z válce.

Obrázek 16: Kogenerační jednotka na bioplyn TBG 520 firmy Motorgas (520 kWe, 725 kWt)





Zdroj: www.motorgas.cz

Získávání elektřiny a tepla v malých jednotkách využívajících dřevní štěpku:

Elektrárna Kozomín







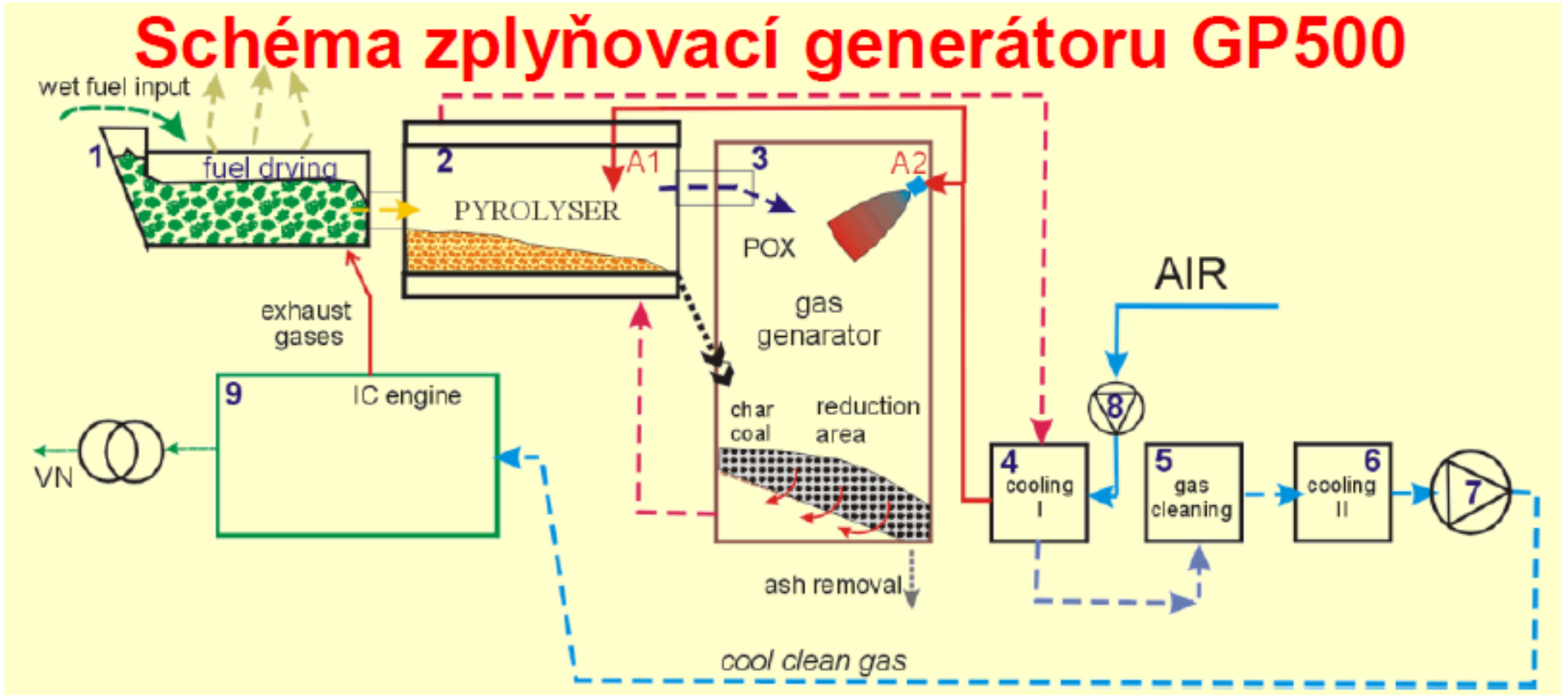








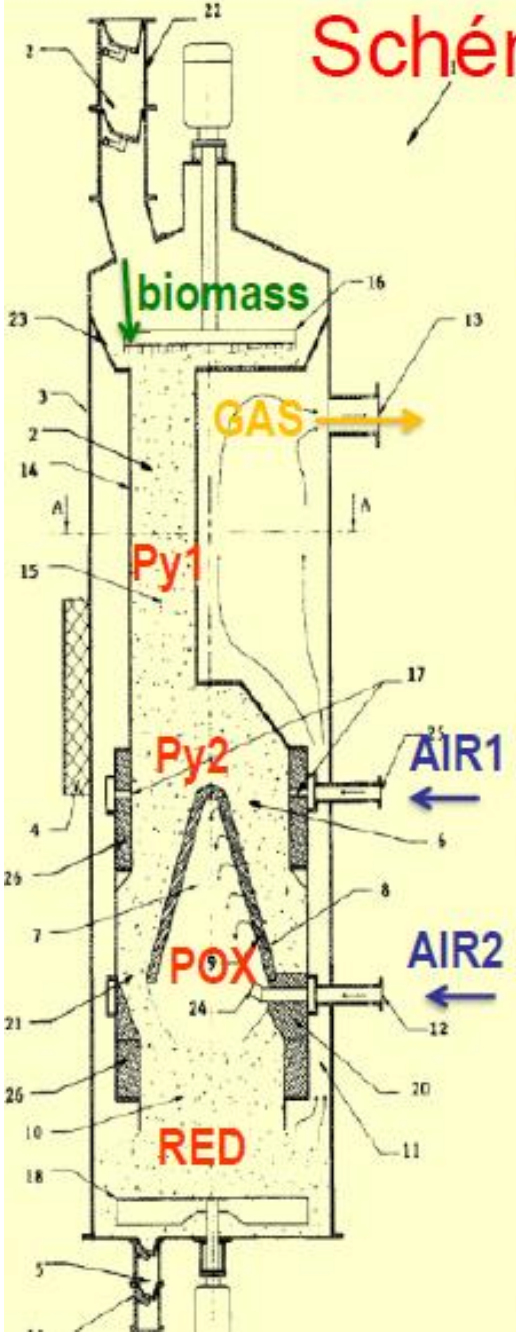
Získávání elektřiny v malých jednotkách využívajících dřevní štěpku:



Základní parametry komerčního projektu GP500, od r.2012 Odry:

Jmenovitý el. výkon	**500 kW_e**
Spotřeba dřevní štěpky (abs. suché)	360 kg/hod
Velikost částic štěpky	6 až 50 mm
Vlhkost	až 60 % (vstup do sušárny)
Odpadní teplo chladící vody (80-90 °C)	650 kW
Elektrická účinnost	**32 %**
Specifická spotřeba paliva (abs. Suché)	**cca 0,7 kg/kWh_{el}**
Specifická el. práce	**cca 1,43 kWh_{el} /kg**

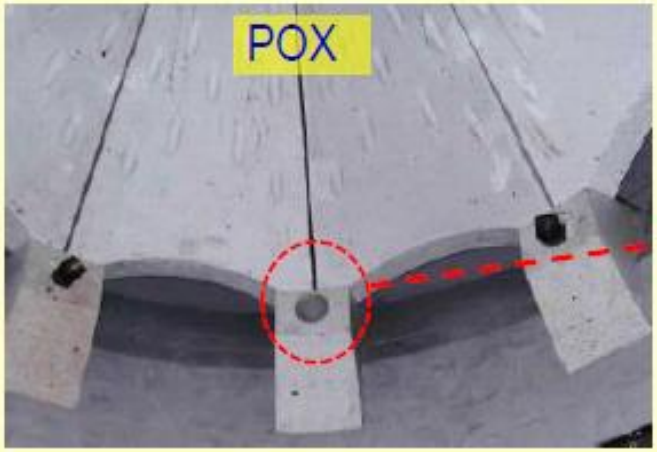
Schéma zplyňovacího generátoru GP750

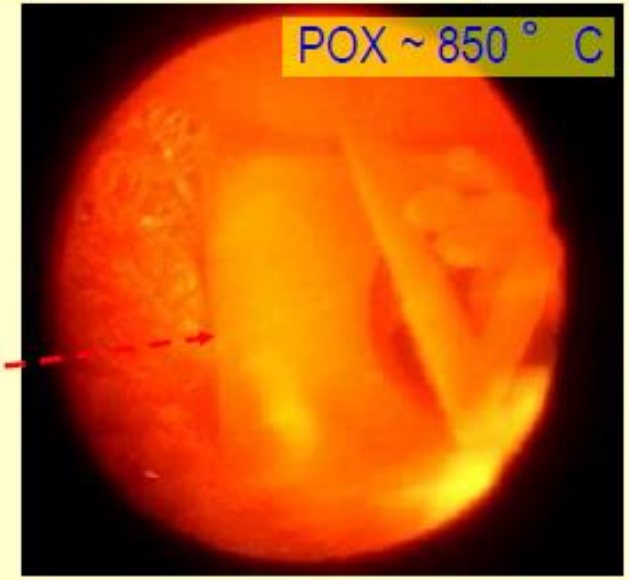


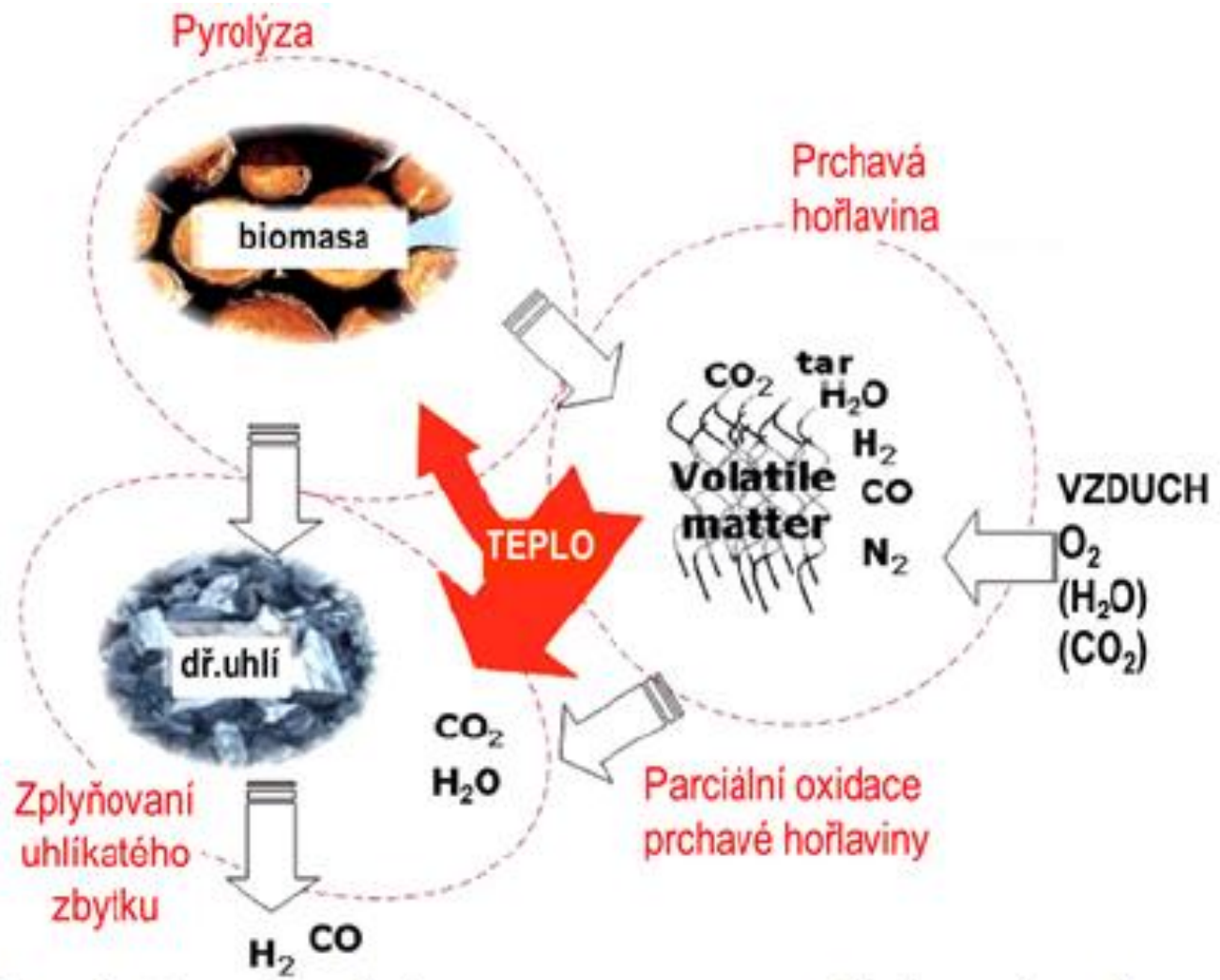
Zvyšovaní velikosti rozměru generátoru

Generátor	Velikost komory POX		Objem	Průtok*	Doba zdržení*
	D,m	H,m	m^3	m^3/h	s
GP200	1,0	1,1	~0,3	~400	~2,5
GP500	1,6	2,1	~1,5	~900	~5,5
GP750	2,5	2,3	~4,0	~1300	~10

* Normální podmínky







Zjednodušené schéma procesu zplyňováni biomasy

Schéma reakce:

$$(C_6H_{11}O_5)_n + O_2 + H_2O \rightarrow CO + H_2 + CH_4 + CO_2$$

Účinnost výroby elektrické energie

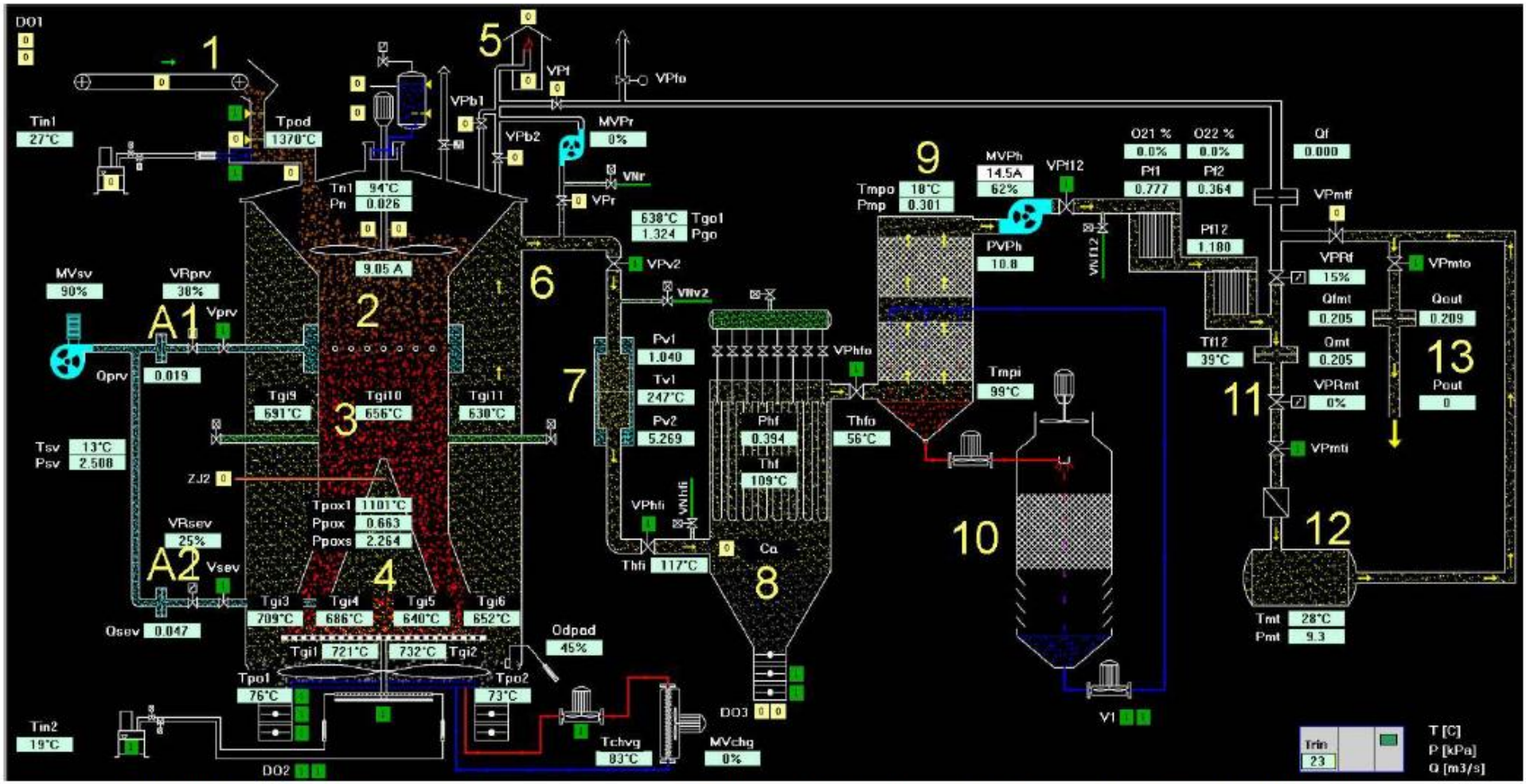
$\eta = \eta_{pl} * \eta_{kj}$

Elektrická ***účinnost celého kogeneračního systému*** (η) je definována násobkem ***účinnosti výroby plynného paliva*** (η_{pl}) a hodnotou ***účinnosti výroby elektrické energie v kogenerační jednotce*** (η_{kj})

Zařízení použitá pro výrobu elektrické energie	Účinnost konverze η_{pl}, %	Účinnost výroby, η_{kj}, %	Celková účinnost η, %	Náklady tis Kč./kW$_e$
1. Spalovací elektrárna s parní turbínou (11 MW$_e$) (Zelený kotel, 33 MW$_t$),2010, Plzeň	-	-	27,6	80
2. Spalovací elektrárna s parní turbínou (35 MW$_e$) (Spalování čisté biomasy, 105 MW$_t$), od 2009, Hodonín	-	-	~ 33	-
3. Vícestupňový generátor (0,2 MW$_e$) GP200 Tarpo spol. s r.o., Kněževes, 2011	min. 85	~ 32 max. 36	~ 27,2* ~ 30,6**	80-90 80-100
4. Vícestupňový generátor GP 750 (1 MW$_e$) Tarpo, spol. s r.o., AIR TECHNIC s.r.o., od 2014	~ 90	~ 36	~ 32,4	100
5. Zplyňovací generátor – SOFC	~ 90	~ 45-65	~ 40-60	Velmi vysoké

* Spalovací motor: 6S160 ČKD Hořovice (6 válců, 27 dm^3)

** Jenbacher 2xJ316 GS (48l, R16)



1- vstup paliva do GP750, 2-dosušovací část, 3- pyrolýzní část, 4- parciálně-oxidační část, 5-spalováci fléra, 6-odvod plynu z generátoru 7- vodní chladič plynu, 8- rukávové látkové filtry, 9- kontaktní chlazení plynu, 10- kontaktní chlazení plynu v chladící věže, 11-měřici clona, 12-mix tank, 13-meřici clona před motorem

A1-přivod primárního vzduchu A2- přívod sekundárního vzduchu

Obr. 7. Technologické schéma kogenerační jednotky G750 (CAV Dobříš)

Srovnání produkce tepla a elektřiny z biomasy:

Spalování dřeva v kotli

Cena paliva na vstupu	**1 000 Kč**
Výhřevnost	**15 000** MJ/t
Množství paliva	**1** t
Energie v palivu (spalné teplo)	**15** GJ/t
Energie v palivu (spalné teplo)	**4 155** kWh/t
Účinnost výroby tepla	**85** %
Vyrobené teplo	**3 532** kWh
Vyrobené teplo	**12,75** GJ
Cena za jednotku tepla	**78,4** Kč/GJ
Cena paliva na výstupu	**850 Kč**

Zplyňování dřeva s kogenerací

Cena paliva na vstupu	1 000 Kč
Energetický obsah dřevoplynu	9,75 GJ
Energetický obsah dřevoplynu	2 701 kWh
Účinnost výroby tepla	50 %
Oddělená produkce tepla	1 350,4 kWh
Oddělená produkce tepla	4,9 GJ
Cena tepla dle spalování	382 Kč
Účinnost výroby elektřiny	29 %
Cena za jednotku elektřiny	4 Kč/kWh
Výroba el. energie	783 kWh
Cena elektřiny	3 133 Kč
Cena paliva na výstupu	**3 515 Kč**

Obsah vody v odpadní biomase rozhoduje o další možnosti jejího (energetického) využití

Typicky odpad z živočišné produkce není pro vysoký obsah vody vhodný jako tuhé palivo…

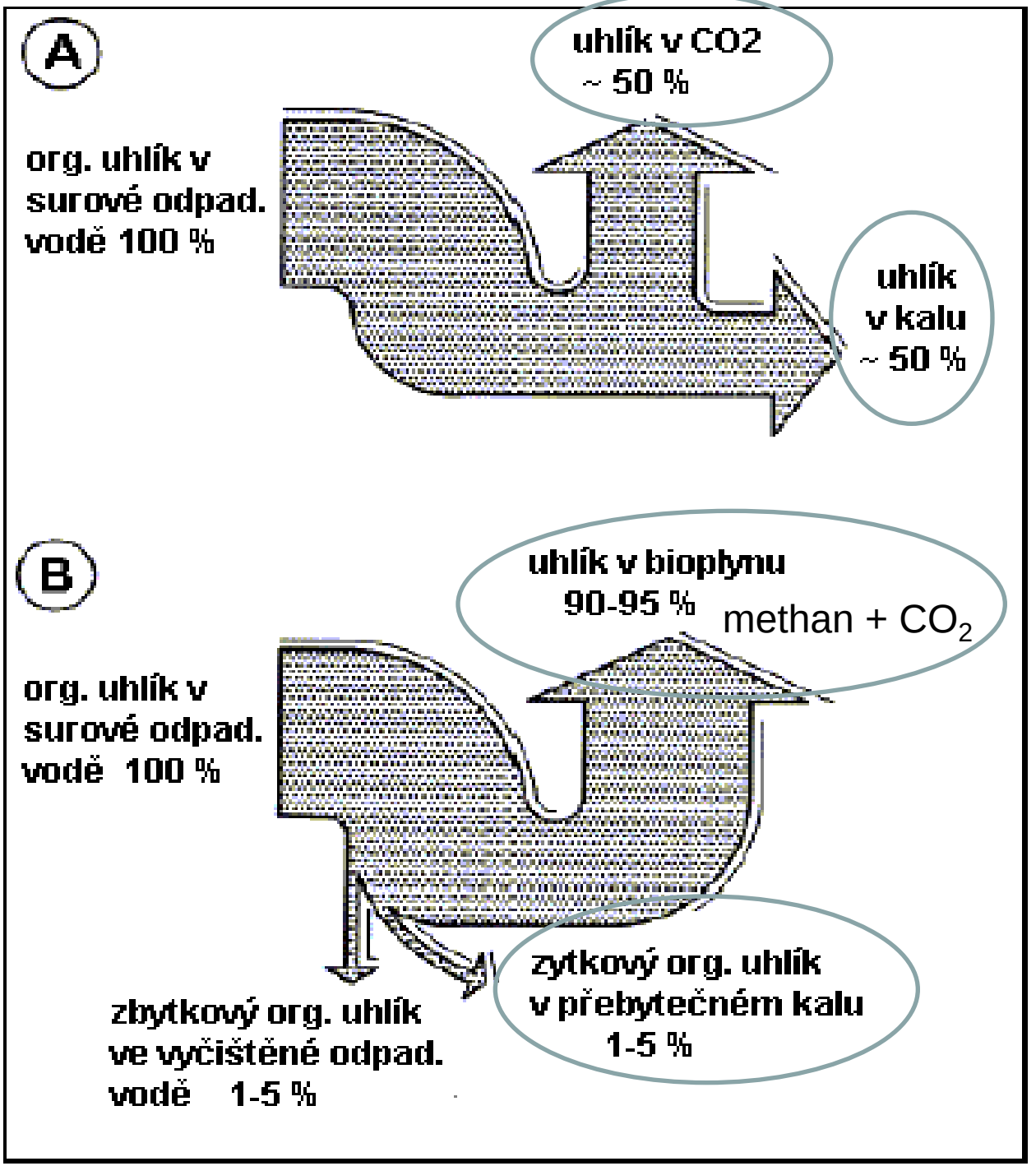
$\Rightarrow$ Kompostování (aerobní rozklad, tvorba CO_2)

=> Anaerobní digesce (tvorba bioplynu CH_4**)**

BIOCHEMICKÉ PŘEMĚNY BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉHO ODPADU:

Uhlíková bilance při aerobním (A)

a anaerobním (B) mikrobiologickém rozkladu organických sloučenin:



Cíleně pěstovaná = energetické byliny a rychlerostoucí dřeviny

- **Fytomasa - hmota rostlin obecně**
- **Dendromasa – rychle rostoucí stromy**
- **Energetické plodiny I. a II. generace:**
- **I. Generace** = např. řepka olejná (pro MEŘO), pšenice, kukuřice (výroba bioethanolu) či žitovec (tritikale), z něhož se vyrábí pelety. **Obsahují škrob**.
- **II. Generace** = např. topoly, vrby, energetický šťovík či proso, **obsahují celulózu**.

Energetické rostliny, Amaranthus (laskavec)

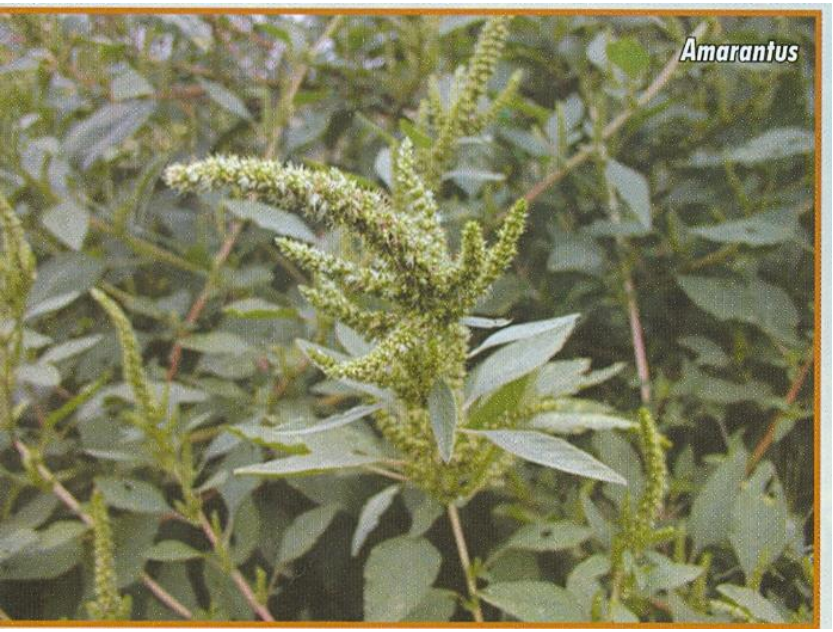
= obilnina původem z Ameriky

Potravinářské využití zrna i mouky; jako krmivo pro hospodářská zvířata; využitelné jako zelené hnojení, energetické plodiny (**produkce sušiny biomasy je přes 20t/ha**), vhodná i pro výrobu papíru

Výhřevnost významně snížena vysokým obsahem vody při sušení na volné ploše

Amarantus není vhodný pro přímé spalování bez účinného dosoušení

Vhodný pro anaerobní digesci





Mužák prorostlý:

- **vysazován zkušebně jako perspektivní energetická plodina pro výrobu bioplynu**.
- Mužák již při první seči v době květu zabezpečuje v průměru **6 – 10 t/ha** výnosu sušiny nadzemní fytomasy.
- v průběhu druhé seče, podle podmínek počasí, dalších **4 – 8 t/ha sušiny**
- je vytrvalá rostlina, která může mít 6 až 12 přímých dutých lodyh vysokých 180 až 250 cm. V Česku se již 20 let pokusně pěstuje.

Rychle se šíří a na "svém území" zcela potlačuje původní floru, vytváří jednodruhové kolonie, jedná se o dlouhověkou rostlinu schopnou až 25 let růst na stejném stanovišti.

Odvar z kořené má léčebné účinky, severoamerickými indiány byl vnitřně užíván proti horečce, pocení i proti ranní nevolnosti, k léčbě jater, sleziny a při bolesti zad i hrudníku.



REKONSTRUKCE VÝTOPEN S CZT

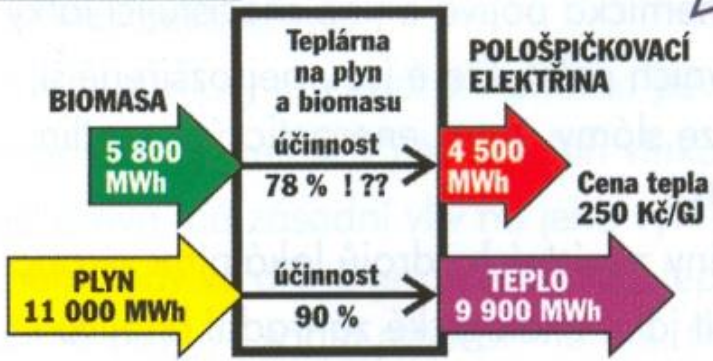
Změny spotřeby paliva a výroby energie po rekonstrukci:

Stav před rekonstrukcí:





Stav po rekonstrukci:



Detailní provedení rekonstrukce:

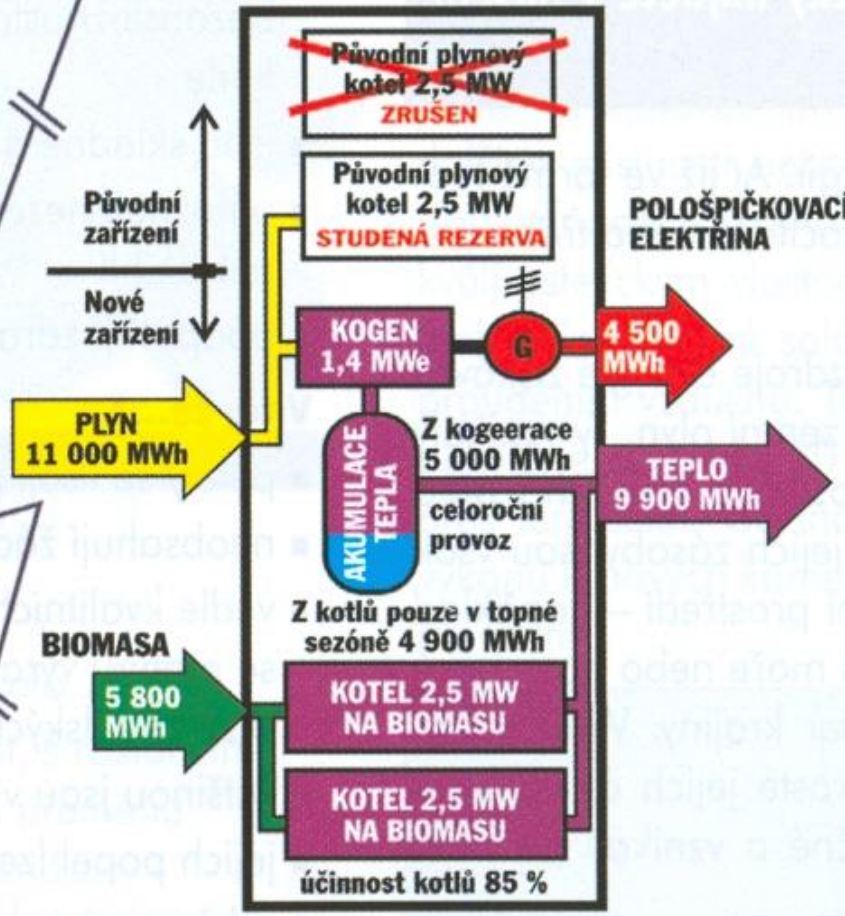


Schéma rekonstrukce výtopny s roční výrobou tepla 9 900 MWh (35 000 GJ) na teplárnu podlzv. principu SKANSKA
(Na schématu jsou uvedeny roční spotřeby paliv v jednotkách výhřevnosti)

Hektarové výnosy některých energetických rostlin[13,14].

rostlina	výnosy suché hmoty (t/ha)	spalné teplo (MJ/kg)	energetický výnos (GJ/ha)
řepková sláma	4,5	17,5	78,8
křídlatka	30	19,4	582
šťovík krmný	7	17,8	125
rychle rostoucí dřeviny	8 - 13	16,5	132 - 215
řasy (chlorella)	až 140	20,4	až 2 860
obilní sláma	3 - 5	17,5	52 - 88

AlgaeLink NV, Roosendaal (Holandsko) nabízí trubkové bioreaktory pro pěstování řas v různých velikostech od demonstračních jednotek o výkonu několika kg suchých řas za den až po jednotky o výkonu 100 tun řas denně; trubkové reaktory těchto největších systémů mají celkovou délku asi 107 km, investiční náklady na pořízení tohoto největšího reaktoru činí asi 10 mil. €.

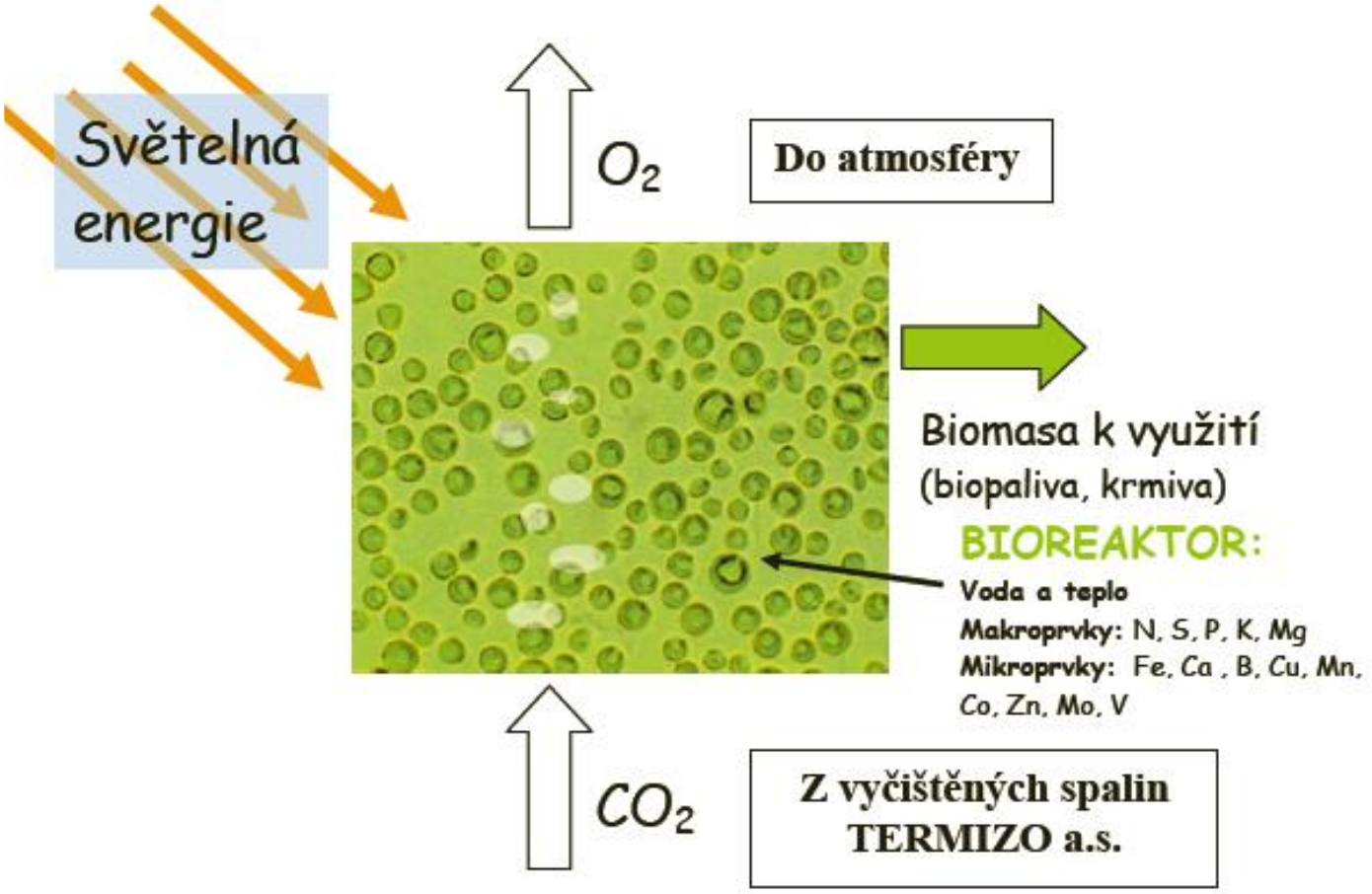
PROBLÉM S NÁKLADY NA PĚSTOVÁNÍ ŘAS

Biomasa z řas

Přináší možnost využití CO_2 k průmyslové výrobě biomasy

ALGANOL – možnosti transformace CO_2 z plynných odpadů spalovny komunálních odpadů až na biopaliva (TERMIZO a.s. Liberec)

- **Při fotosyntéze řas platí, že pro produkci 1 kg suché hmoty řas je zapotřebí přibližně 2 kg CO_2, přičemž se v procesu fotosyntézy do atmosféry uvolní přibližně 2,5 kg O_2**



Ověřování možnosti využití CO_2 z vyčištěných spalin ze závodu na energetické využití odpadů (spalovny komunálních odpadů)



Celková pohled na zařízení TVO

TERMIZO Liberec:



Výroba z biomasy řas má proti tradičním zemědělským postupům výhody:

· **vysoká jednotková produktivita** (při použití třeboňské technologie 50-100 tun suché hmoty řas/ha) v závislosti na klimatických podmínkách.

· výběrem vhodných kmenů, řízenými zásahy do biochemických procesů v řasové buňce a regulací kultivačních podmínek **lze získat produkt s vyšším obsahem škrobu** (surovina pro fermentaci bioetanolu) **nebo lipidů** (biodiesel).

· ve srovnání s kulturními plodinami **poloviční spotřeba vody v přepočtu na jednotku produktu**

· **kultivaci lze dále významně zlevnit využitím odpadního spalinového CO_2**, který tvoří až 50 % ceny všech potřebných živin.

· **další zlevnění přinese** počítačově **řízený provoz**, během kterého **jsou kultivační parametry udržovány v rozsahu podmínek optimálních pro růst řas**. obsahy škrobů (nyní již více než 50% sušiny) a lipidů. Potom je zde reálná varianta produkce biopaliv.

Kultivační technologie:

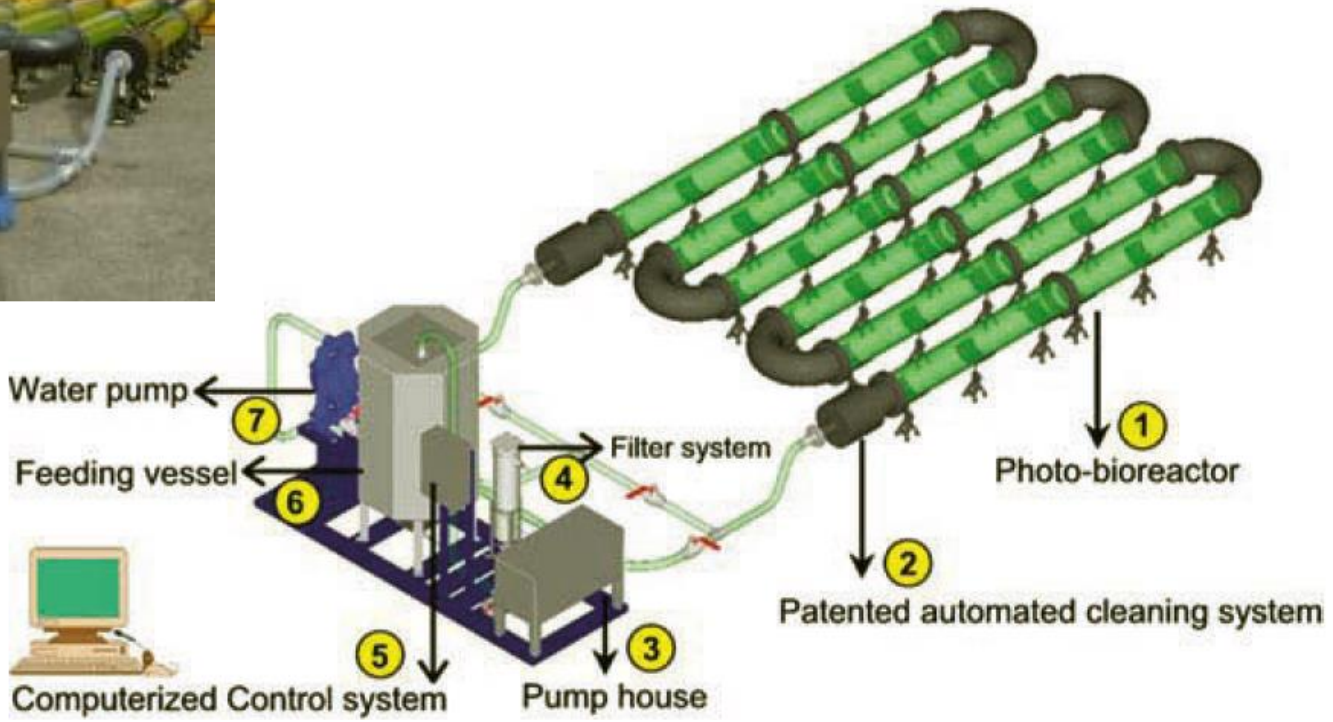
- **Velkoobjemová,** komerčně zaměřená kultivace řas se ve světě v současnosti provádí téměř výhradně v otevřených kruhových nebo eliptických bazénech.

- V nich je 15-30 cm silná vrstva anorganického živného roztoku s řasami, vystavená slunečnímu svitu a probublávaná oxidem uhličitým, pomocí lopatkových míchadel v neustálém pohybu (tedy i v nočních hodinách, kdy řasy nerostou).

- Tato technologie má řadu závažných nedostatků, které se projevují nízkými výnosy a vysokými kultivačními náklady.

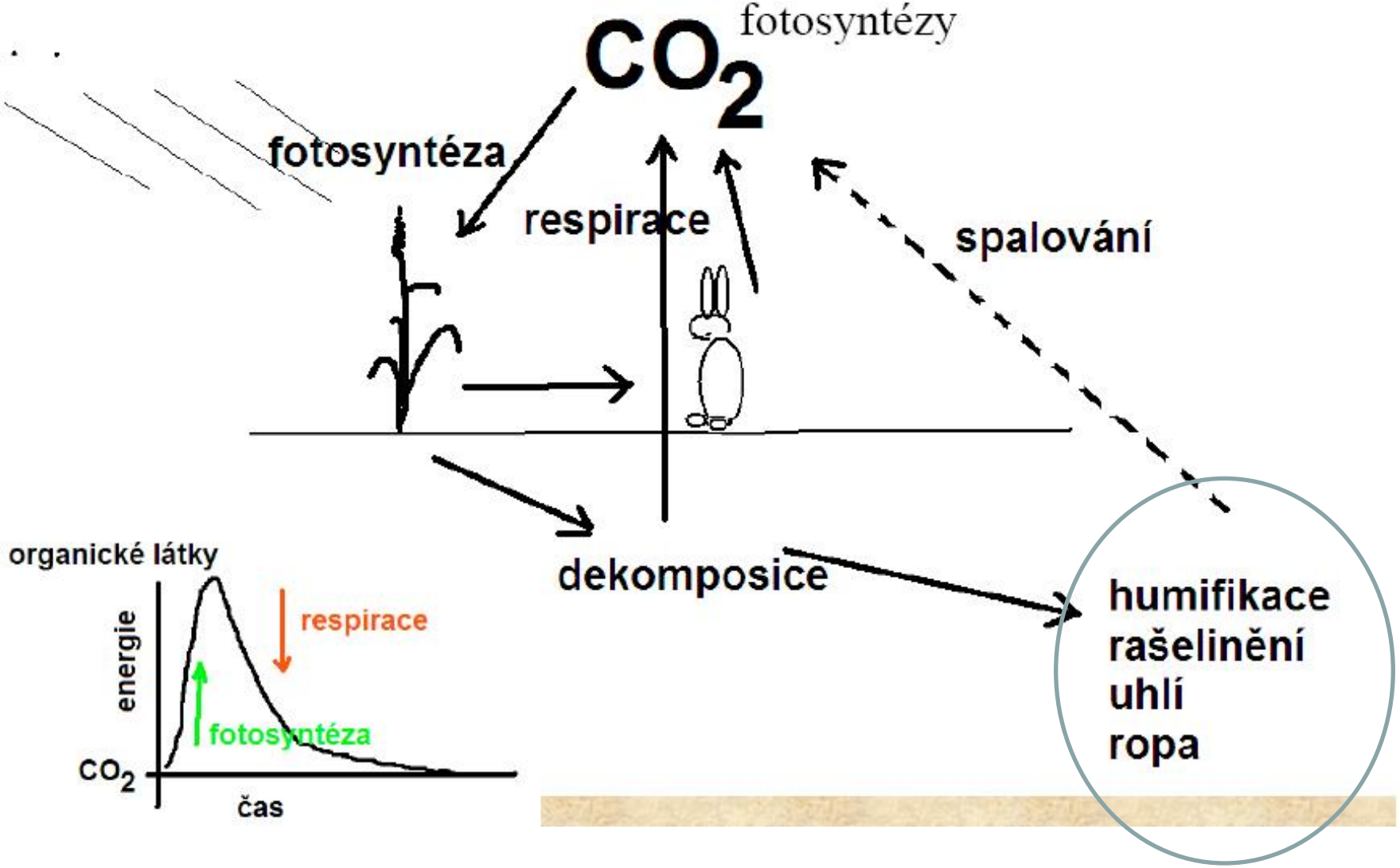
AlgaeLink NV, Roosendaal (Holandsko) nabízí **trubkové bioreaktory pro pěstování řas** v různých velikostech od demonstračních jednotek o výkonu několika kg suchých řas za den **až** po jednotky **o výkonu 100 tun řas denně Trubkové reaktory systémů o výkonu 100 tun řas denně mají celkovou délku asi 107 km, investiční náklady na pořízení tohoto největšího reaktoru činí asi 10 mil. €.**





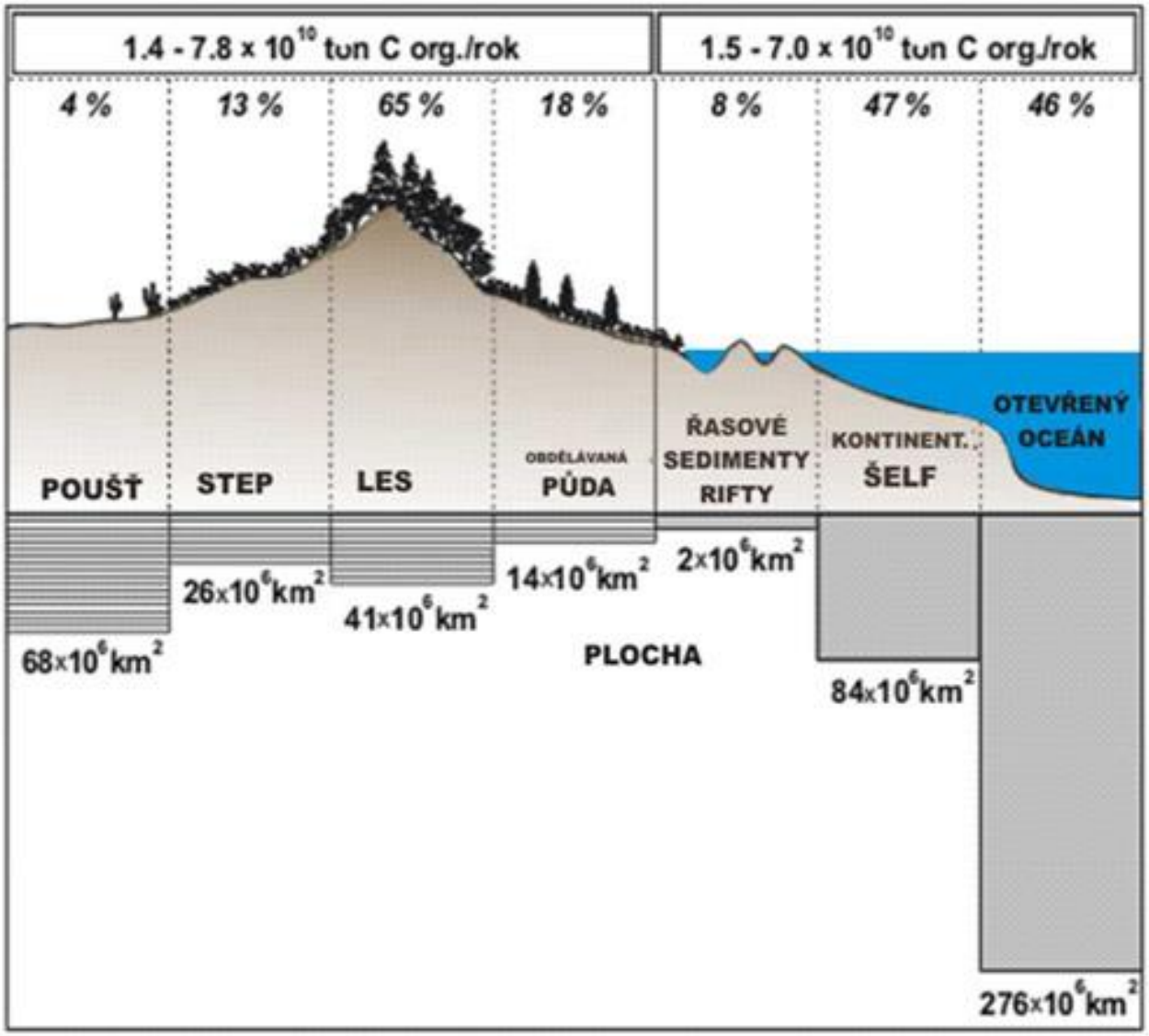
Koloběh uhlíku

Tok uhlíku úzce souvisí s tokem energie, praktiky všechna energie v potravní síti pochází z fotosyntézy

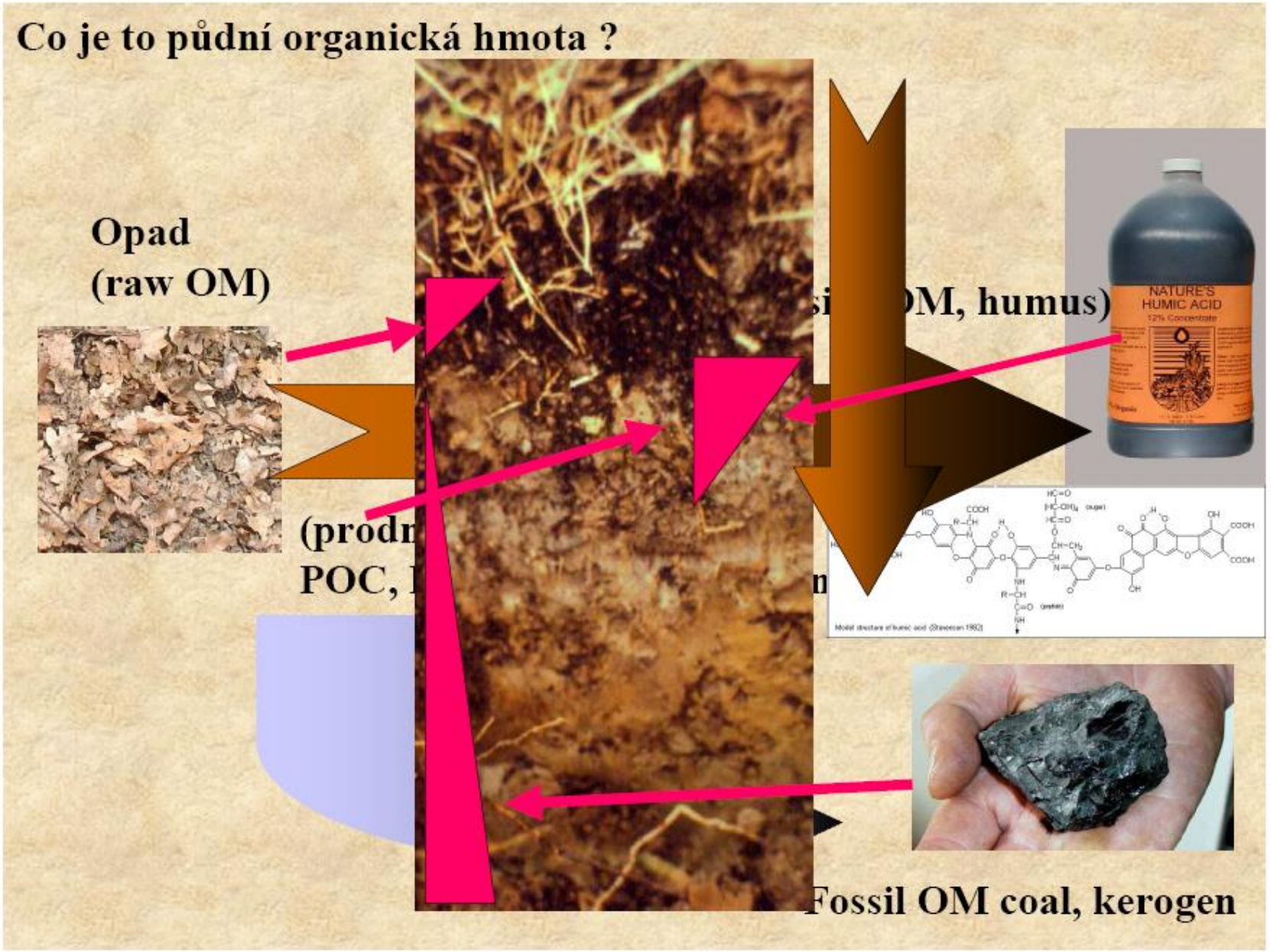


Frouz: *www.bioinstitut.cz/documents/Jan_FrouzANTI.pdf*

Přehled produkce organického uhlíku na Zemi



Organický uhlík v půdě:



Vliv způsobu hospodáření s půdou na snižování emisí CO_2:

Roční objem emisí České republiky je **99 mil. tun** (údaj z roku 2024). V přepočtu na obyvatele to je cca. 9,5 t CO_2 eq/obyvatele.

Viz.: Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů detailně (faktaoklimatu.cz)

Pro srovnání:

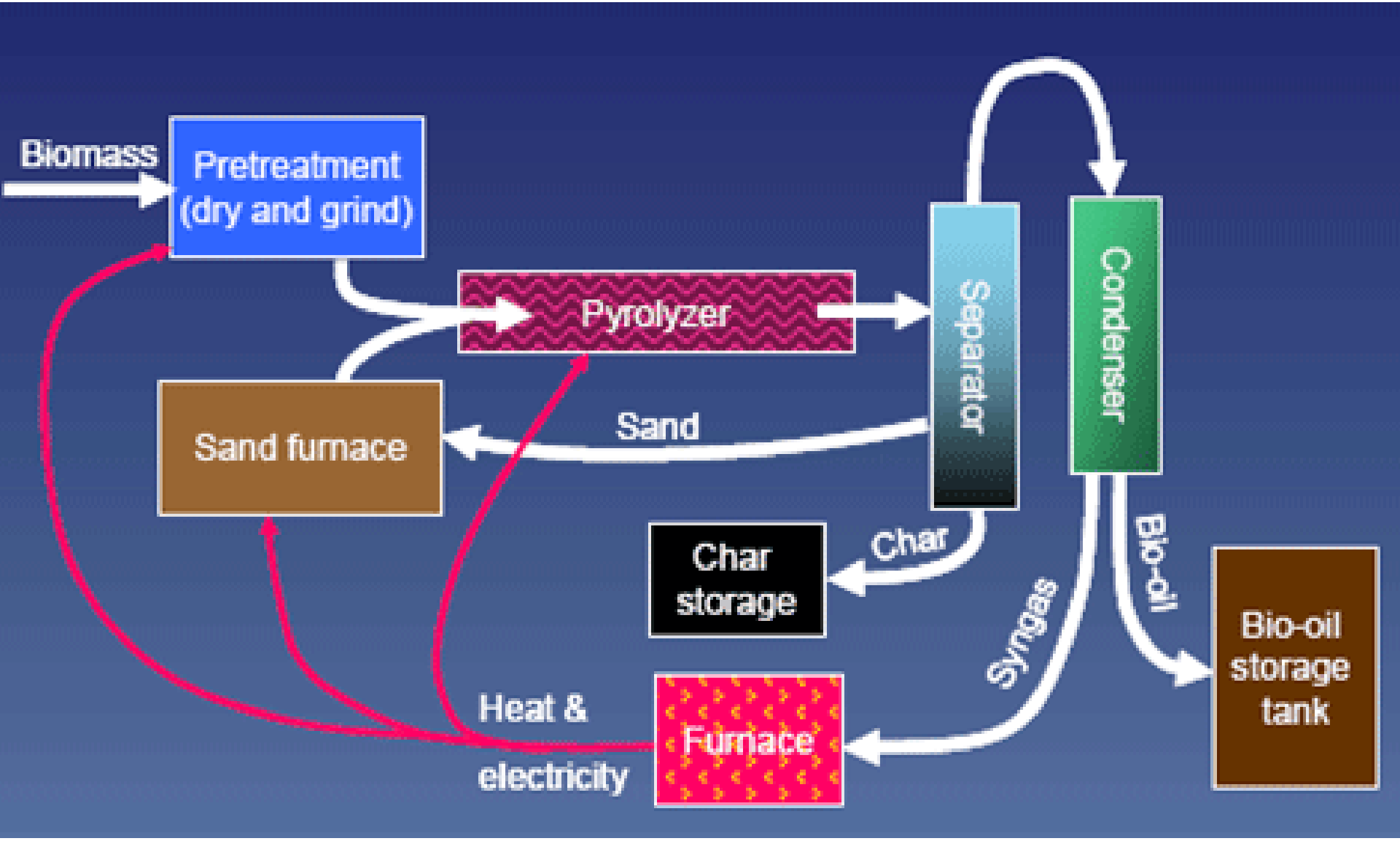
4,7 mil ha zemědělské půdy
změna obsahu C o 0.1%
1m² půdy do 30 cm váží 400kg
0.1% je 0.4kg t.j. 4t/ha

Obděláváno: 3,5 mil. ha zemědělské půdy při spotřebě 4t/ha = 18,8 mil. t uhlíku (při Mr(CO_2) = 3,67x vyšším než C = 69 mil.t

Více o vlivu ukládání uhlíku do půdy:

- Sustainable biochar to mitigate global climate change | Nature Communications
- Návrh vychází z možnosti získávání paliv **procesem pyrolýzy**, která **produkuje plynné a kapalné produkty = paliva bohatá na vodík** (např. methan a další uhlovodíky) **+ pevný zbytek (uhlík =** dřevěné uhlí, apod., obecně tzv. **biochar = biouhel**), který lze použít pro zvýšení obsahu C v půdě

Schéma pyrolýzy biomasy s uložením uhlíkatého zbytku = biocharu:



Biomasa použitelná jako palivo do kotlů podporovaných v programu Zelená úsporám a jiných dotačních programech je úzce specifikovaná…

- **semena plodin** - používají se obvykle semena obilovin nepoužitelná pro potravinářské nebo krmivářské účely, použití je podobné jako u pelet, existují kotle schopné spalovat pelety i semena

- **balíkovaná sláma** - jedná se obvykle o vedlejší produkt při pěstování potravinářských a průmyslových plodin, který je jinak považován za odpad

- **balíkované celé rostliny** - jedná se obvykle o cíleně pěstované energetické plodiny (byliny), může se však jednat i o obilniny (například po povodni), ve srovnání s čistou obilnou slámou mají vyšší obsah dusíku a ostatních prvků a proto i horší emisní charakteristiky

Biomasa může být před konečným využitím zpracovávána různými technologickými procesy:

- **mechanické procesy**
  - **řezání** (těžba a zpracování dřeva na řezivo a palivo), odpadem jsou piliny, které slouží k výrobě dřevních pelet a briket
  - **drcení** - používá se například jako předstupeň při výrobě pelet a briket
  - **štěpkování** - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie
  - **lisování pelet nebo briket** - pro následné použití k výrobě tepla, případně i elektrické energie

  - lisování oleje - kromě potravinářství, je olej následně esterifikován na methylester (MEŘO - metylester řepkového oleje, známý jako bionafta)

Briketovací lisy



Lis HLS 25/50 s velkoobjemovou násypkou VN 1 m³



	HLS 25	HLS 50	HLS 100	HLS 200	HLS 400
Průměr brikety	65 mm	65 mm	50 mm	50 mm	50 mm
Výkon	25 kg/hod	50 kg/hod	100 kg/hod	200 kg/hod	400 kg/hod
Příkon	3,0 kW	5,5 kW	8,5 kW	13,5 kW	28 kW
Hmotnost	460 kg	540 kg	910 kg	1300 kg	2400 kg
Rozměry	1,3x1,1x1,3	1,3x1,1x1,3	1,7x1,4x1,4	2,1x1,9x1,4	3,0x2,9x1,8
Násypka	0,25 m³	0,25 m³	1 m³	1 m³	3 m³

Přehled biomasy, srovnání:

2. Biomasa rostlinného původu – fytomasa

Pěstování rostlin pro energetické účely

a) pěstování rostlin obsahujících škrob a cukr – výroba etanolu.
b) pěstování rychle rostoucích dřevin – výroba tepla a energie
c) pěstování olejnatých rostlin – olej jako palivo a výroba tepla a elektrické energie

Palivo	Těkavé látky (%)	Výhřevnost (MJ/kg)	Obsah síry (%)	Obsah popela (%)
Jehličnany	75-85	12-15	0,02	0,5 - 1
Topol	84	15	0,02	3-10
Obilní sláma	80	14	0,1	5
Dřevěné uhlí	23	30	0	0,7
hnědé uhlí	57	14	2	10
černé uhlí	26	29,5	1	8

Obsah vody v odpadní biomase rozhoduje o další možnosti jejího (energetického) využití

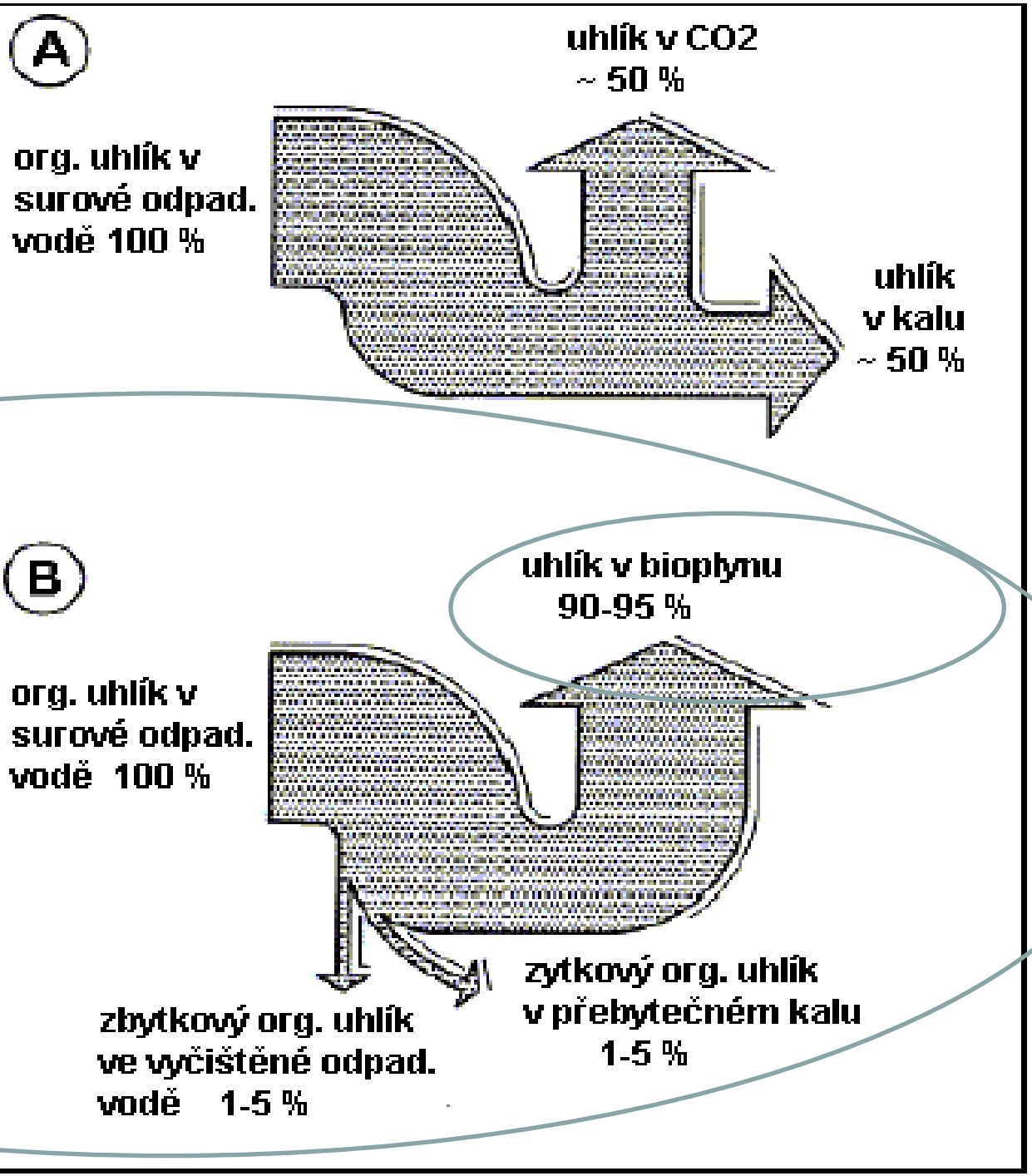
Typicky odpad z živočišné produkce není pro vysoký obsah vody vhodný jako tuhé palivo…

$\Rightarrow$ Kompostování (aerobní rozklad, tvorba CO_2)

=> Anaerobní digesce (tvorba bioplynu CH_4**)**

ROZDÍL V MNOŽSTVÍ A DRUHU PRODUKTŮ VZNIKAJÍCÍCH PŘI AEROBNÍM A ANAEROBNÍM ROZKLADU:

Uhlíková bilance při anaerobním (B) mikrobiologickém rozkladu organických sloučenin:



Možnosti nepřímého energetického využití biomasy v elektrárnách a teplárnách

Biochemické přeměny biomasy na palivo = bioplyn

VÝHODA = NENÍ NUTNÉ BIOMASU SUŠIT, OBSAH VODY VE VSTUPNÍ BIOMASE JE NAOPAK VÝHODOU!

NEVÝHODA = NÍZKÁ PRODUKČNÍ EFEKTIVITA (pomalý vývin bioplynu)

Bioplyn

Bioplyn je plynné palivo

a) při jeho výrobě se zpracovávají organické odpady s vysokým podílem vody, které jsou pro spalování nevhodné

b) je kvalitním plynným palivem, které obsahuje až 65% methanu a jen nepatrné množství oxidu siřičitého.

Svou výhřevností (20 – 40 MJ/m^3) se přibližuje zemnímu plynu.

Využití bioplynu:

* **výroba tepla a elektrické energie spalováním (největší perspektivy)**
* **palivo v dopravě (teprve se vyvíjí)**

Česká bioplynová asociace

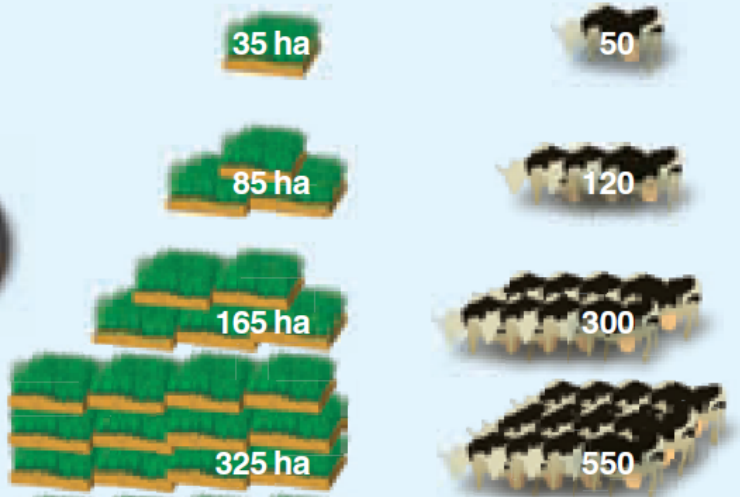
Podíl energetického využití bioplynu na celkové produkci energie z OZE tvořil 19 % (r.2024)

Suroviny pro anaerobní rozklad:

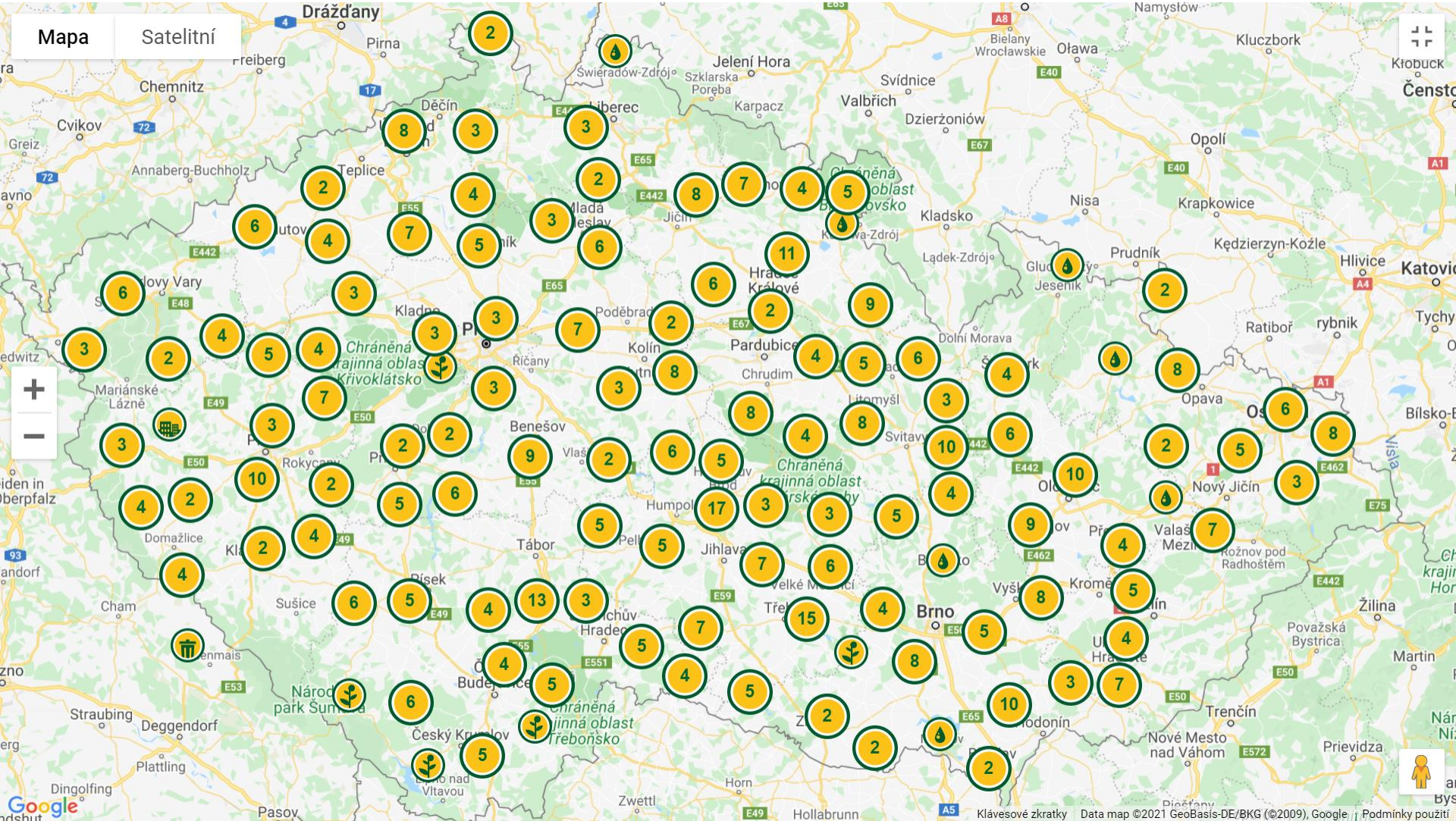
Bioplyn lze vyrábět z:

- **kejdy, chlévské mrvy**,
- biologicky odbouratelných domovních odpadů ???
- **odpadů z BČOV**
- **Odpadů potravinářského průmyslu**, zpracování jatečních a kuchyňských odpadů **je podmíněno úpravou rozměrů částic a tepelnou stabilizací** podle pokynů „Nařízení EC 1774/2002 O zpracování vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě“.
- **z energetické fytomasy** k tomu účelu pěstované = **kukuřice**.

Velikost bioplynových stanic v přehledu

Typ		Kogenerační jednotka (el.výkon)	Fermentor	potřebná plocha* cca	Potřebné množství kejdy** cca
Güllewerk • dodávka na klíč až do zemědělského areálu • el. výkonu až 50 kW • jsou zapotřebí jen minimální přípravné práce		do 50 kW		-	do 10 m^3 kejdy/den
Individuální stanice • individuální varianty • velikosti stanic od 100 kW do 1,5 MW el. výkonu • možnost většího rozsahu vlastních stavebních výkonů	S	do 100 kW	velikosti fermentoru jsou variabilní 		
	M	do 250 kW			
	L	do 500 kW			
	XL	do 1000 kW			

540 bioplynek v ČR dle czba (inst. Výkon: 379 MW):



Vliv legislativy na množství suroviny pro fermentaci:

- Zpracování jatečních a kuchyňských odpadů je podmíněno úpravou rozměrů částic a tepelnou stabilizací podle pokynů „**Nařízení EC 1774/2002 o zpracování vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě“.**

- Příjmy ze zpracování výše jmenovaných odpadů mohou zefektivnit provoz bioplynových stanic:

- **Zvyšování cen energií, hnojiv i poplatků za zneškodňování odpadů vytváří perspektivu pro činnost svozných centralizovaných bioplynových stanic na úrovni obcí, vybavených kogenerační jednotkou a kompostárnou s denní produkcí bioplynu vyšší než 1500 $m^3.den^{-1}$.**

Pardubicko:

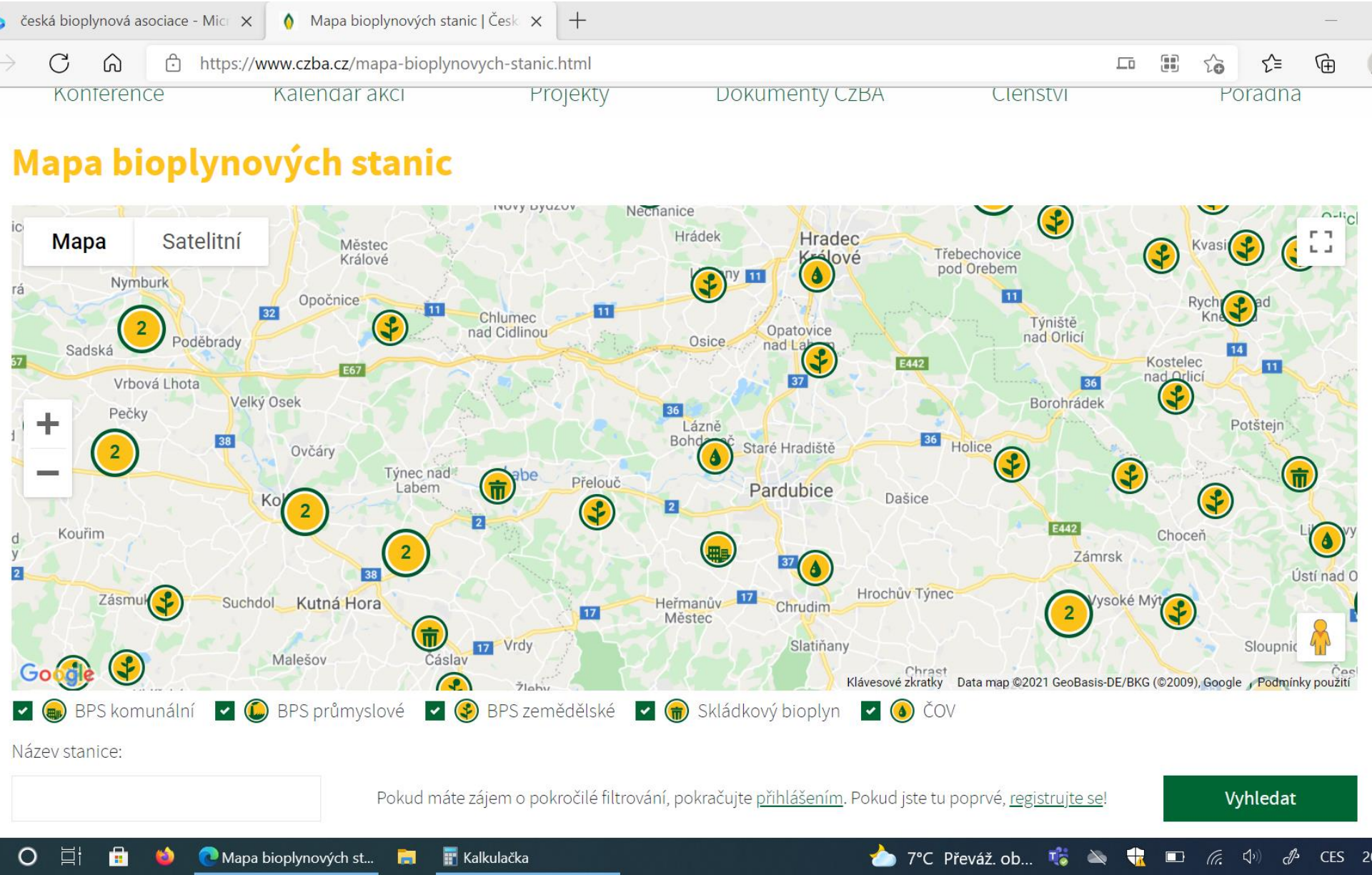
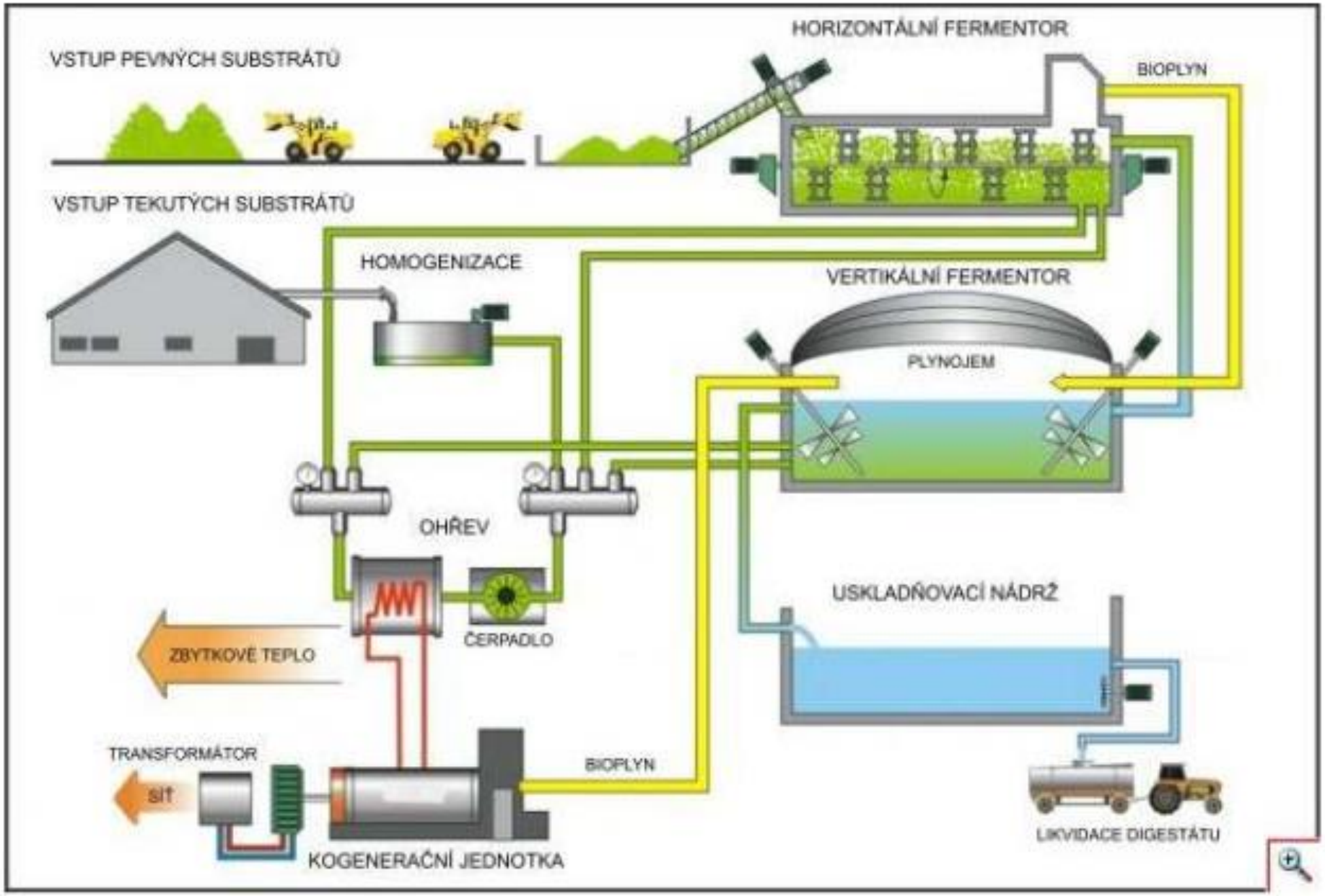

česká bioplynová asociace - Mic
Mapa bioplynových stanic | Česk
https://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic.html
Konference
Kalendář akcí
Projekty
Dokumenty CZBA
Členství
Poradna
Mapa bioplynových stanic
Mapa
Satelitní
Nymburk
Městec Králové
Hradek
Hradec Králové
Třebechovice pod Orebem
Opočnice
Chlumec nad Cidlinou
Osice
Opatovice nad Labem
Týniště nad Orlicí
Kostelec nad Orlicí
Sadská
Poděbrady
Vrbová Lhota
Velký Osek
Pečky
Ovčáry
Lázně Bohdaneč
Staré Hradiště
Holice
Borohrádek
Potštejn
Týnec nad Labem
Přelouč
Pardubice
Dašice
Choceň
Kouřim
Zámrsk
Zásmuky
Suchdol
Kutná Hora
Heřmanův Městec
Chrudim
Hrochův Týnec
Vysoké Mýto
Ústí nad O
Malešov
Čáslav
Vrdy
Slatiňany
Sloupnic
Google
Klávesové zkratky
Data map ©2021 GeoBasis-DE/BKG (©2009), Google
Podmínky použití
BPS komunální
BPS průmyslové
BPS zemědělské
Skládkový bioplyn
ČOV
Název stanice:
Pokud máte zájem o pokročilé filtrování, pokračujte přihlášením. Pokud jste tu poprvé, registrujte se!
Vyhledat
Mapa bioplynových st...
Kalkulačka
7°C Převáž. ob...
CES

Schéma bioplynové stanice:



Proces výroby bioplynu



Bioodpady







Kaly čistíren odpadních vod



Bioplyn



Kogenerační jednotka





Teplo



Elektřina



Bioplynová stanice





Vedlejší zemědělské produkty



Digestát





Cíleně pěstovaná biomasa

Koloběh živin se uzavírá



Aplikace na pole

Energetické rostliny, kukuřice:

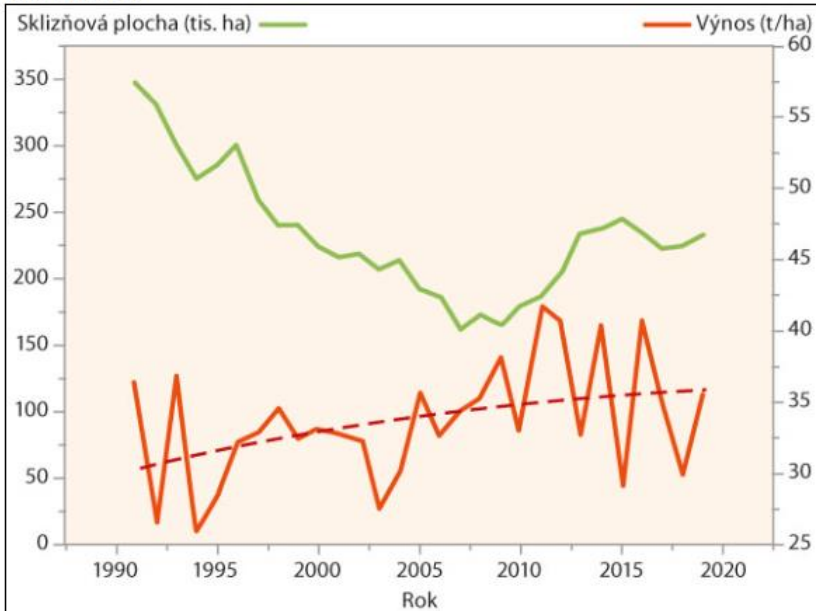
V současné době je přibližně 70 % kukuřice seté v ČR pěstováno na siláž, která představuje hlavní energetickou složku objemných krmiv pro hospodářská zvířata.

Je významnou energetickou surovinou pro výrobu biopaliv (bioetanol) a základním substrátem pro výrobu bioplynu (methanu) v zemědělských bioplynových stanicích. Zbylých 30 % tvoří kukuřice na zrno, která se využívá k výrobě krmiv pro všechny kategorie hospodářských zvířat, v potravinářství a pro průmyslové zpracování (ČSÚ 2020).

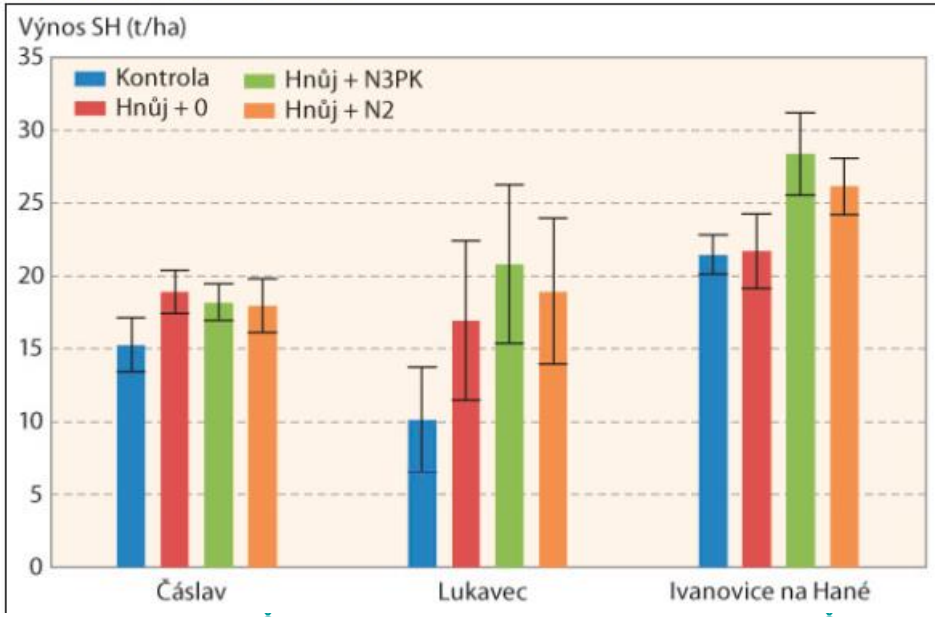
Výnos od 25,95t/ha do 41,79 t/ha (2011) v zelené hmotě.

V roce 2020 se **výnosy sušiny kukuřice** na siláž pohybovaly v širokém rozpětí od 10,15 t/ha do 28,37 t/ha dle lokality a intenzity hnojení.

Graf 1: Trend vývoje sklizňových ploch a výnosů zelené hmoty v letech 1991–2019 (zdroj dat: ČSÚ 2020)



Graf 2: Výnos sušiny u kukuřice na siláž (t/ha) na stanovištích Čáslav, Lukavec a Ivanovice na Hané v roce 2020



Výnosy a kvalita píce kukuřice na siláž v různých půdně-klimatických podmínkách ČR v roce 2020 - předběžné výsledky - Články - Agromanuál.cz

Energetické rostliny, Amaranthus (laskavec)

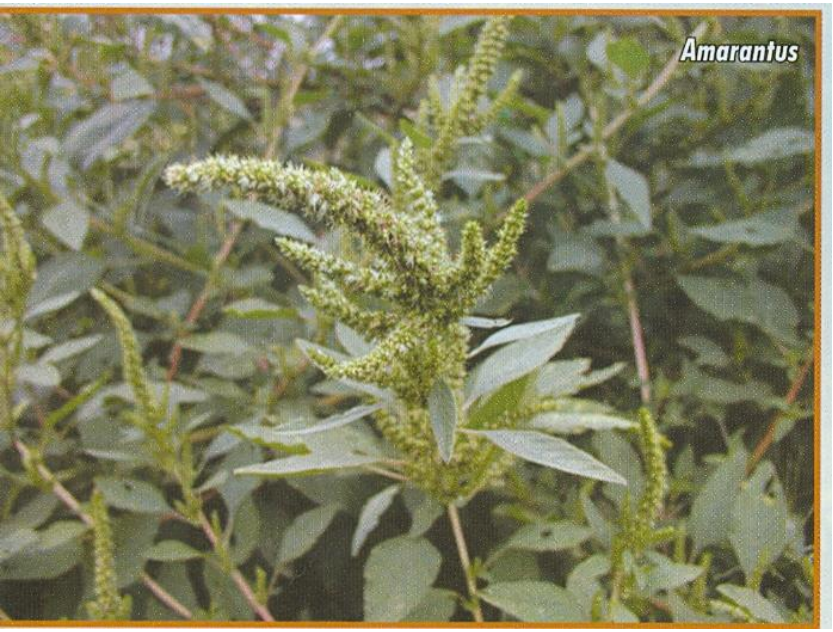
= obilnina původem z Ameriky

Potravinářské využití zrna i mouky; jako krmivo pro hospodářská zvířata; využitelné jako zelené hnojení, energetické plodiny (produkce sušiny biomasy je přes 20t/ha) i pro výrobu papíru.

Výhřevnost významně snížena vysokým obsahem vody při sušení na volné ploše

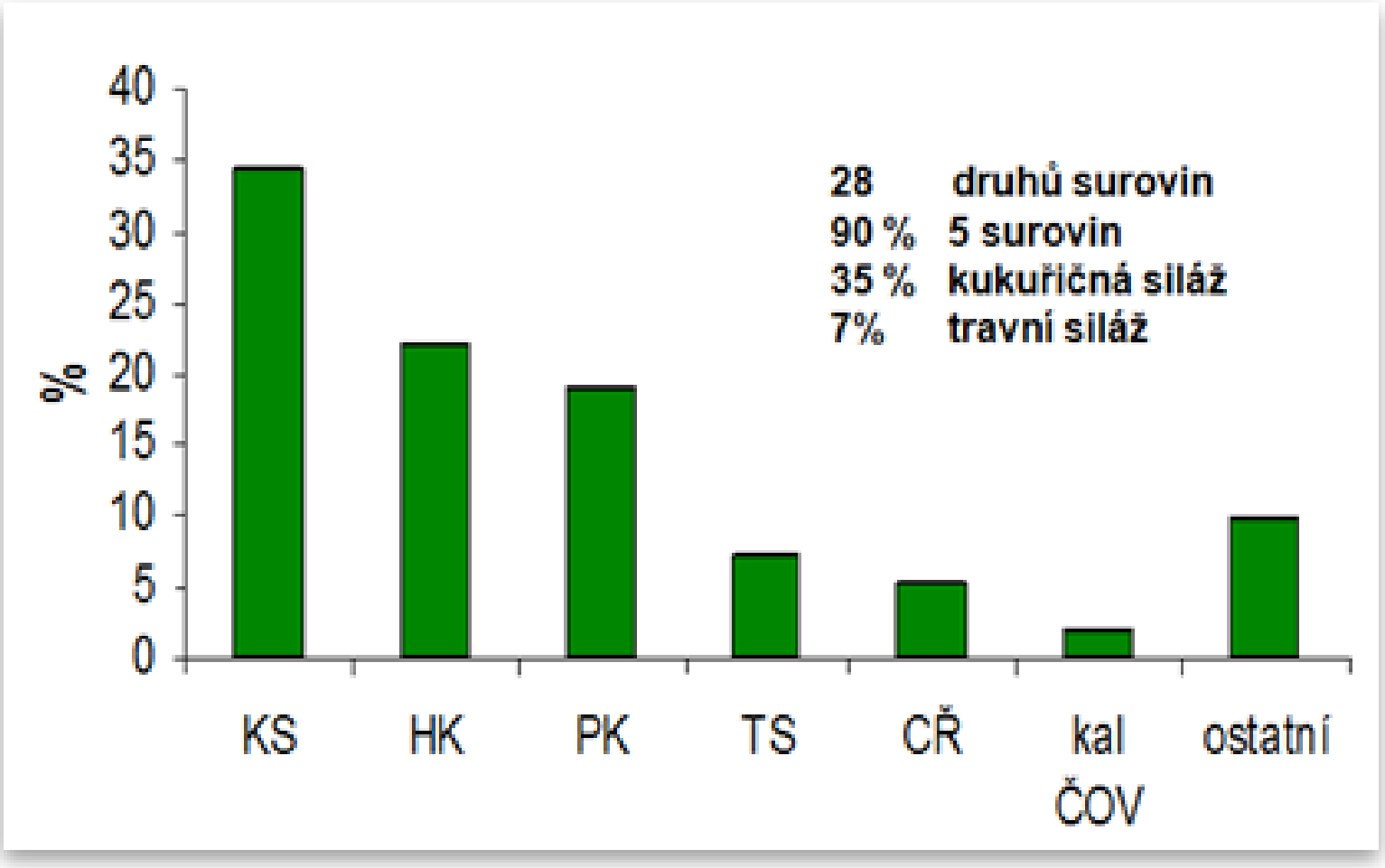
Amarantus není vhodný pro přímé spalování bez účinného dosoušení

Vhodný pro anaerobní digesci



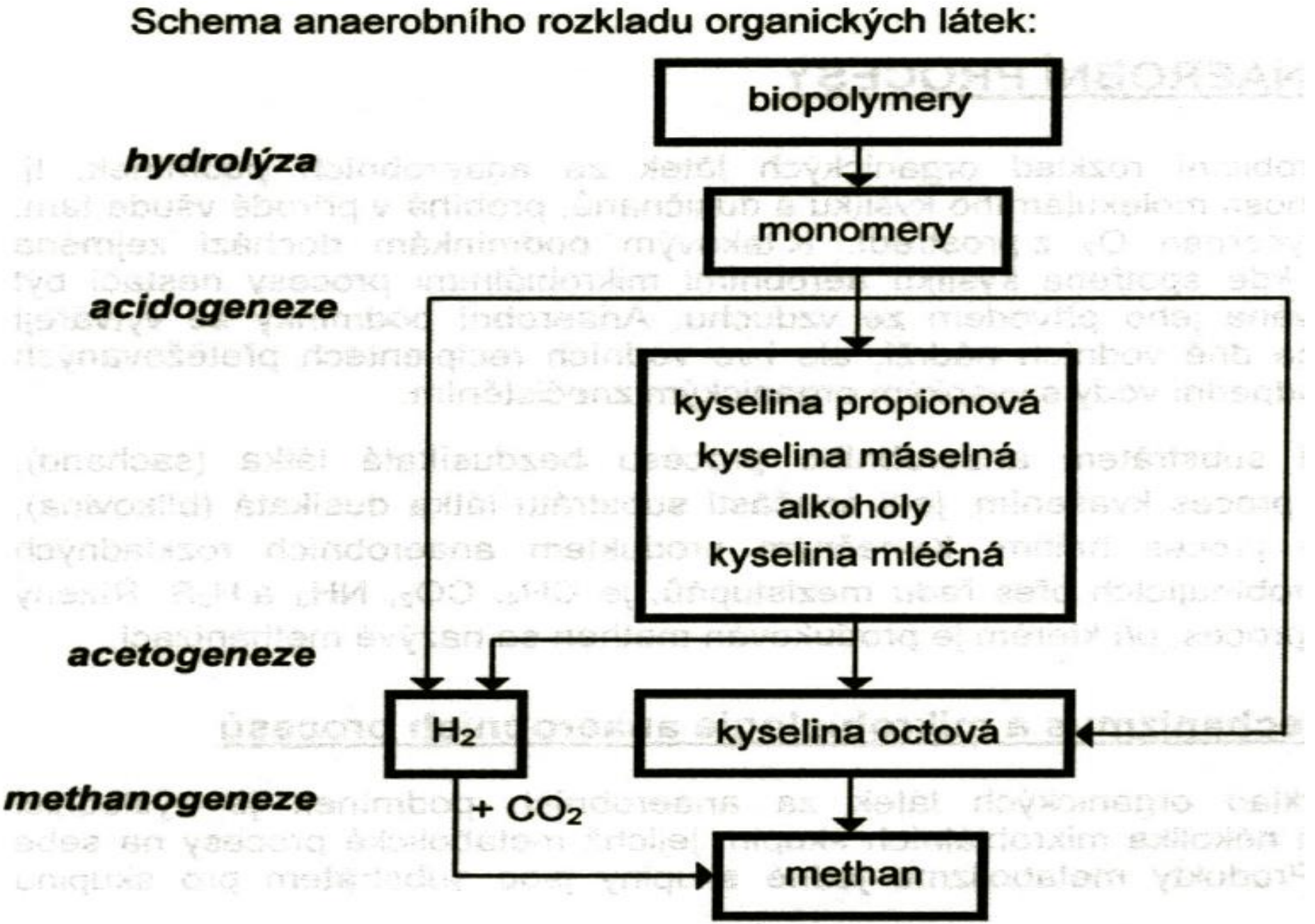


Zastoupení substrátů u nových bioplynek v ČR:



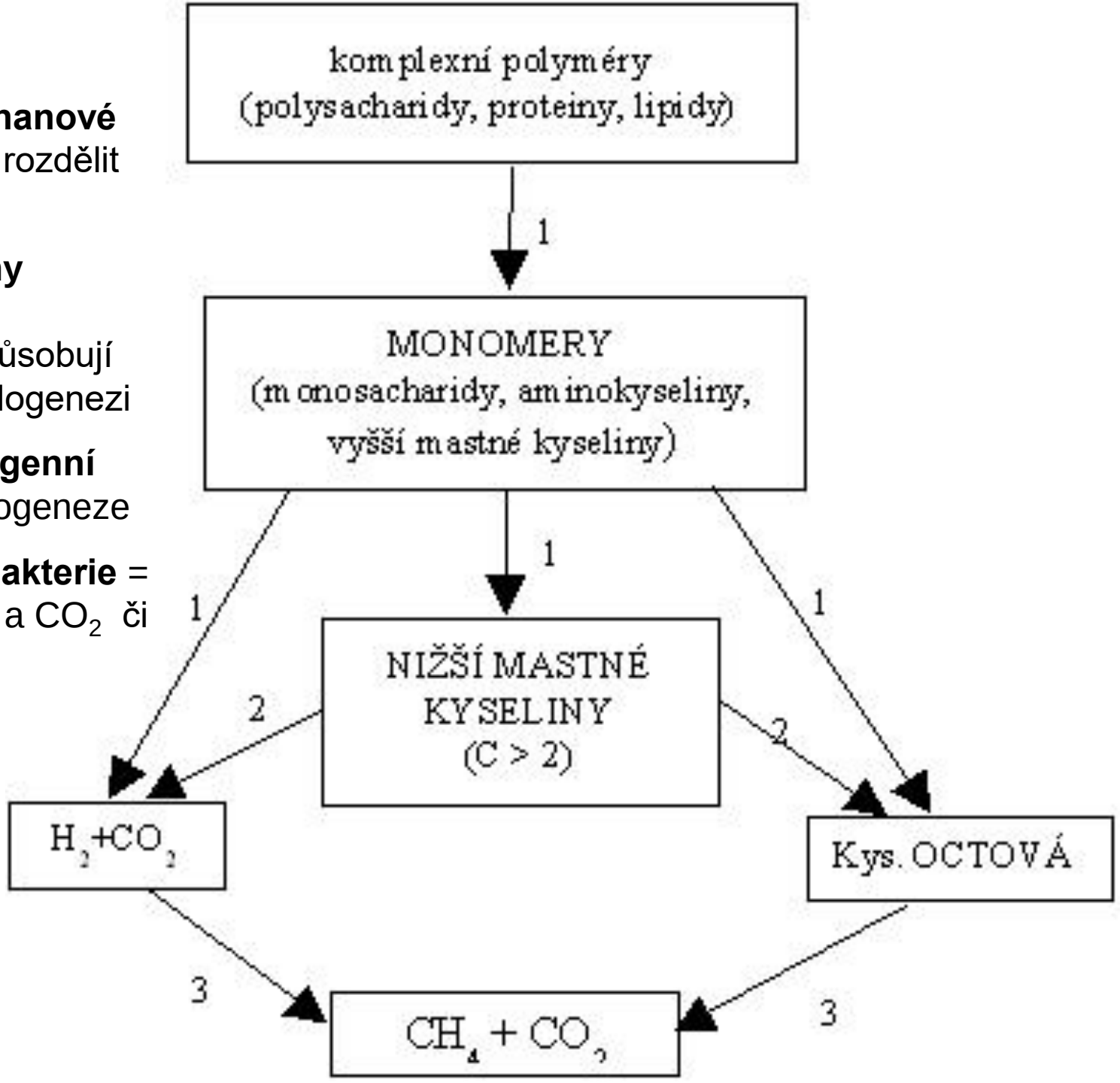
KS – kukuřičná siláž, HK – hovězí kejda, PK – prasečí kejda, TS – travní siláž, CŘ – cukrová řepa

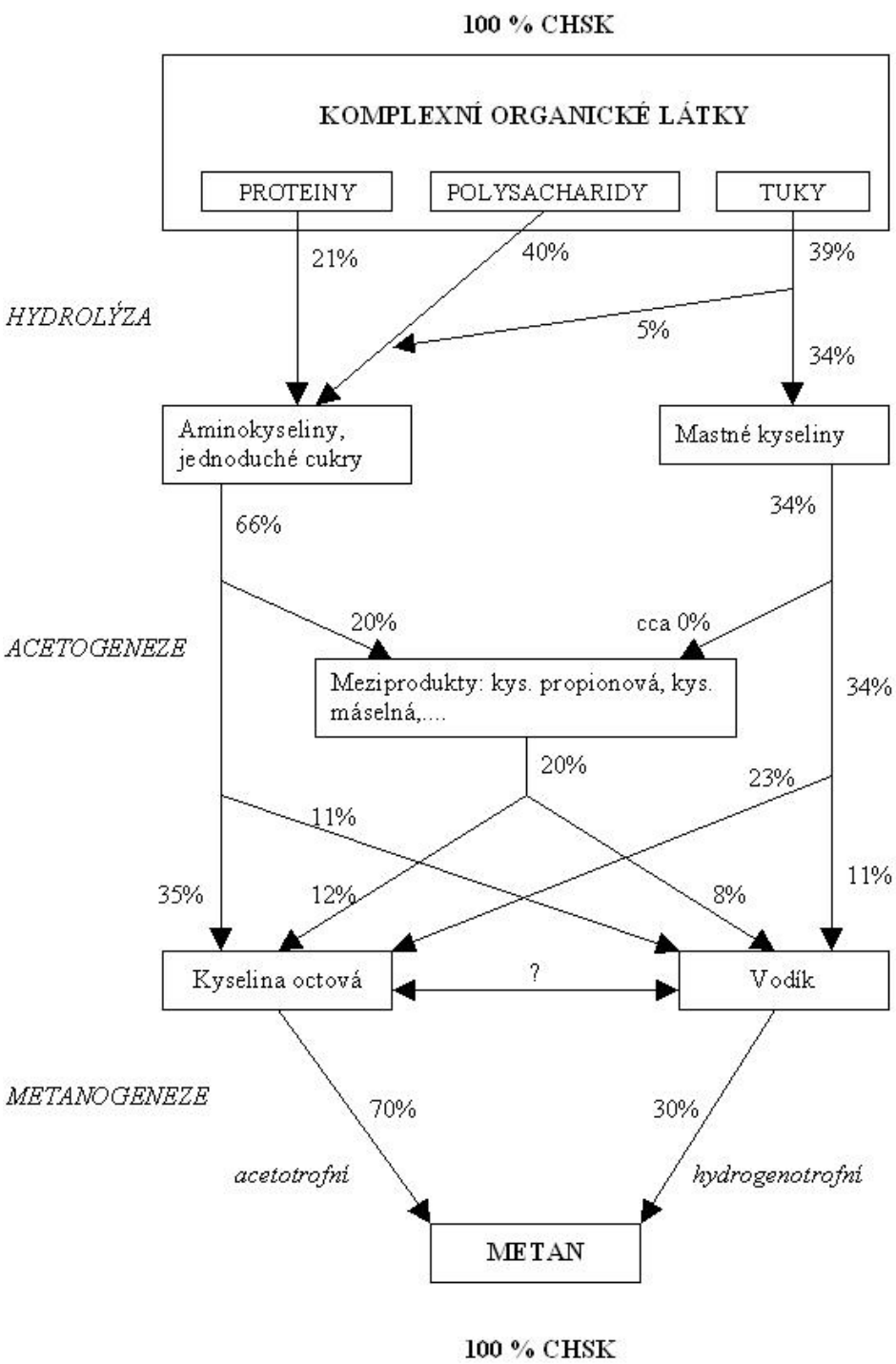
Tvorba bioplynu:



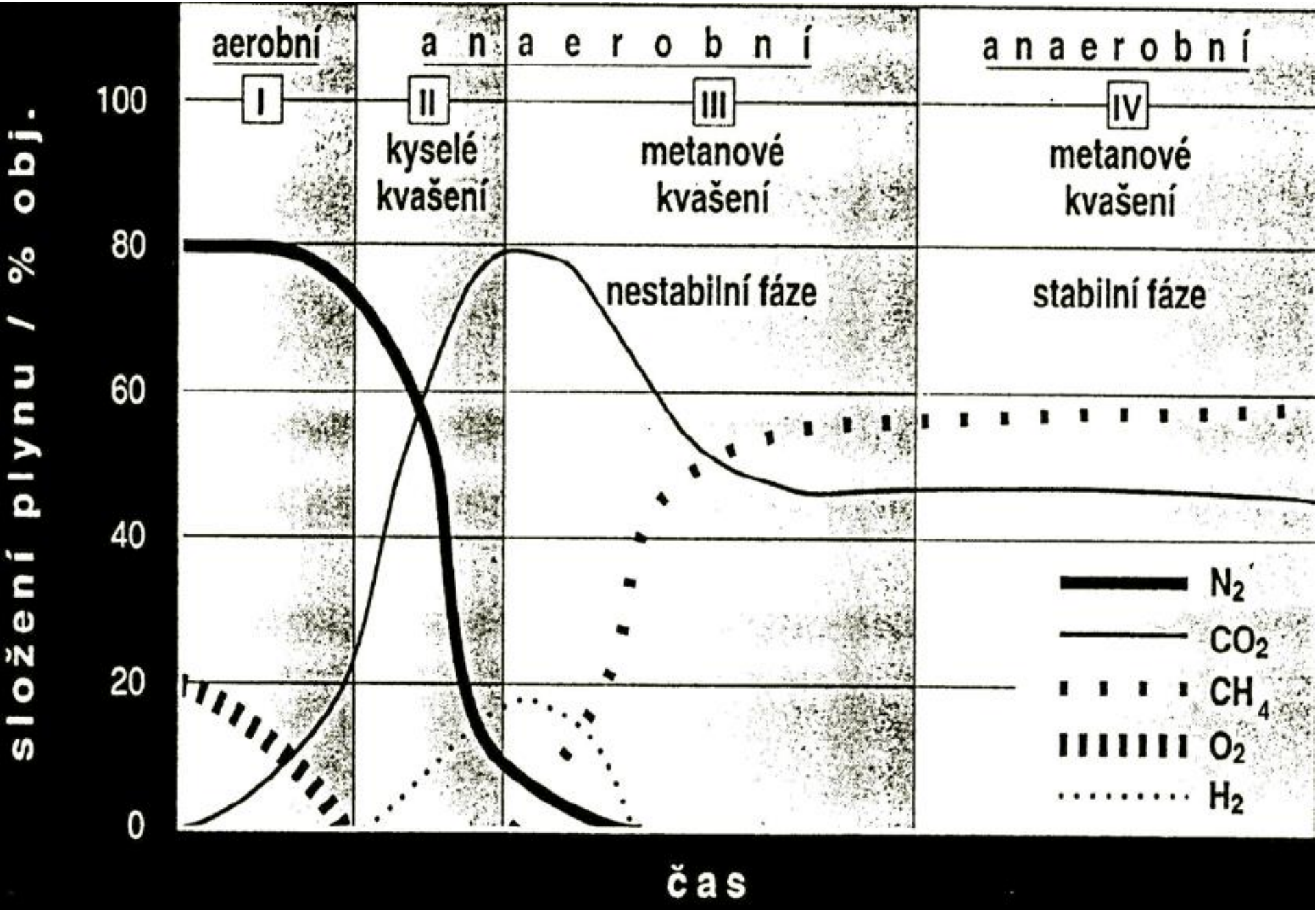
Mikroorganismy zúčastňující se anaerobní methanové fermentace lze rozdělit na:

1. **mikroorganizmy hydrolyzační a fermentační** způsobují hydrolýzu a acidogenezi
2. **obligátní acetogenní bakterie** = acetogeneze
3. **metanogenní bakterie** = tvorba CH_4 z H_2 a CO_2 či kyseliny octové




100 % CHSK
KOMPLEXNÍ ORGANICKÉ LÁTKY
PROTEINY
POLYSACHARIDY
TUKY
21%
40%
39%
HYDROLÝZA
5%
34%
Aminokyseliny, jednoduché cukry
Mastné kyseliny
66%
34%
20%
cca 0%
ACETOGENEZE
Meziprodukty: kys. propionová, kys. máselná,....
34%
20%
23%
11%
35%
12%
8%
11%
Kyselina octová
?
Vodík
METANOGENEZE
70%
30%
acetotrofní
hydrogenotrofní
METAN
100 % CHSK

Časová závislost složení bioplynu a jednotlivé fáze rozkladného procesu:



Viz: https://www.czba.cz/

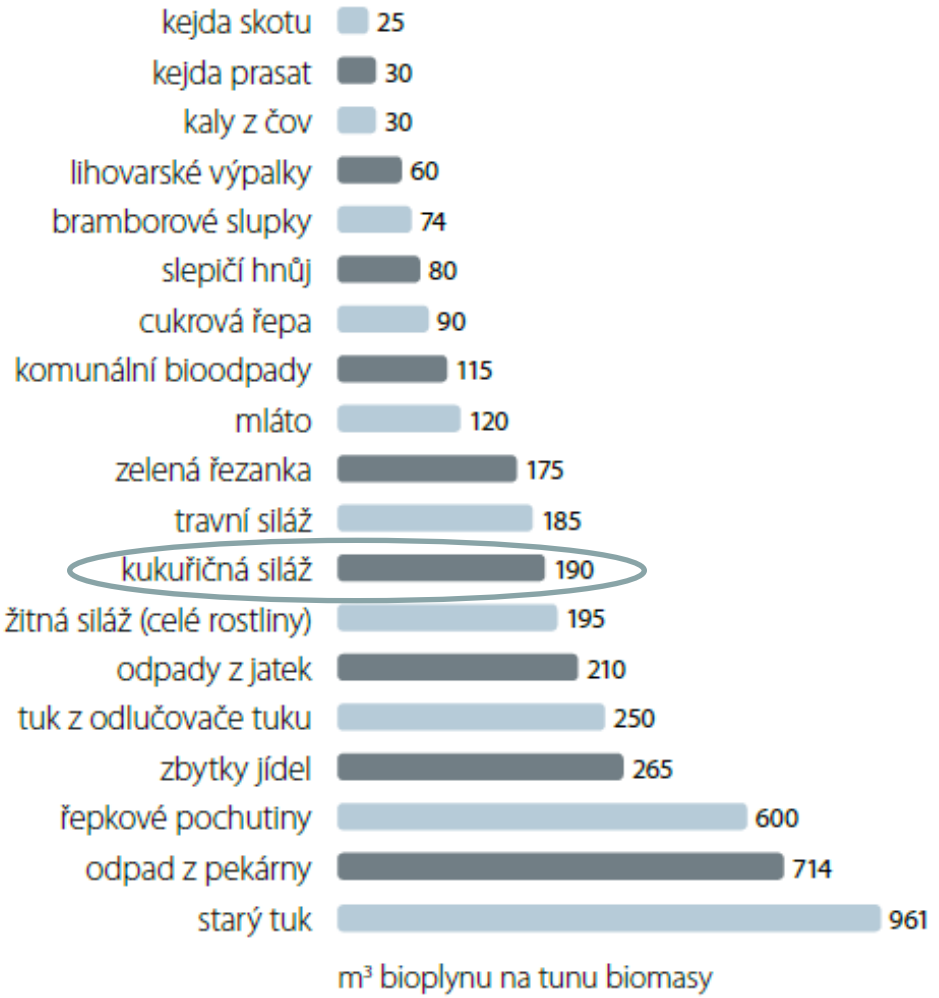
Složení bioplynu

Methan	40–75 %
Oxid uhličitý	25–55 %
Vodní pára	0–10 %
Dusík	0–5 %
Kyslík	0–2 %
Vodík	0–1 %
Čpavek	0–1 %
Sulfan	0–1 %

Produkce bioplynu z jednotlivých materiálů

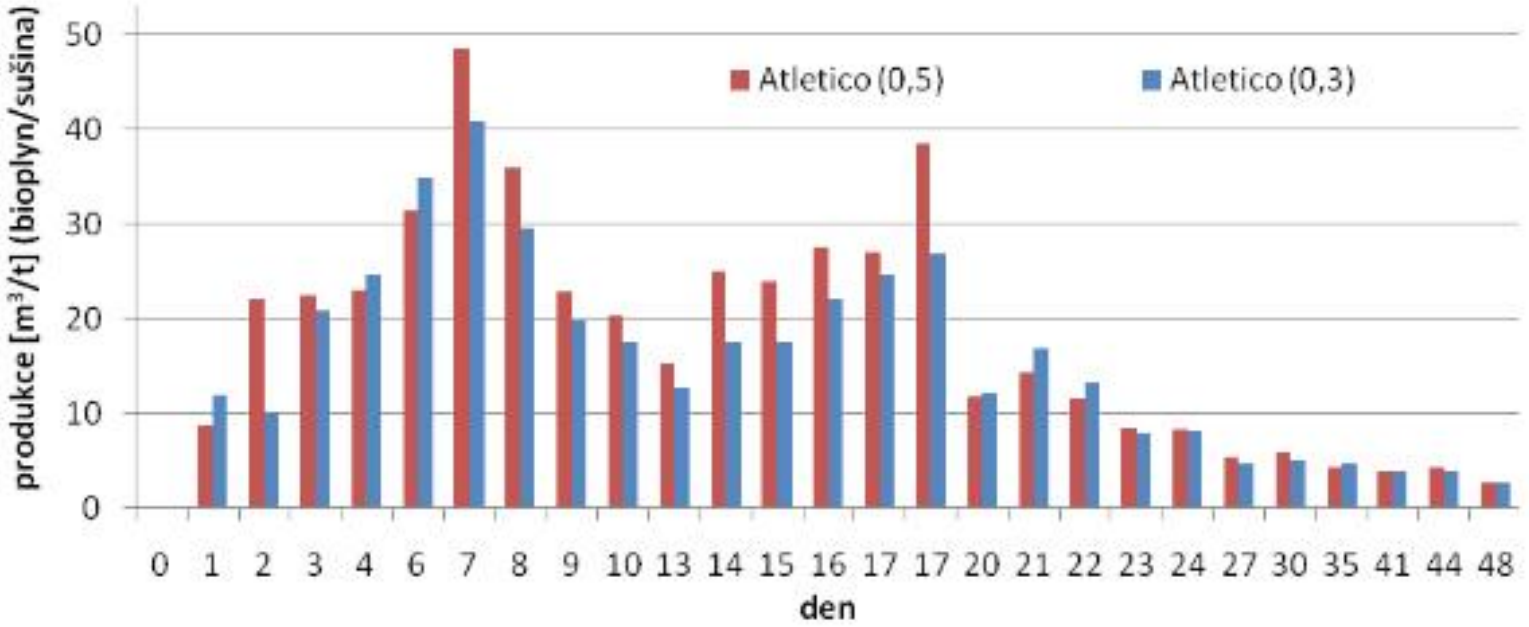
Při zajišťování biomasy je třeba zvážit, jaké vlastnosti surovin se nejvíce podílí na produkci bioplynu. V prvé řadě je to sušina materiálu. Především u exkrementů a odpadů je třeba zjistit obsah sušiny konkrétního materiálu, např. u kejdy může v závislosti na použité technologii ustájení kolísat mezi 3–12 %, což znamená několikanásobný rozdíl v produkci bioplynu z tohoto materiálu.

Výtěžnost bioplynu z jednotlivých surovin



Realita dneška = kukuřičná siláž:





Výroba bioplynu - fermentace

Princip: **výroba spočívá z biologického odbourávání organických látek v tekutém stavu bez přístupu kyslíku (anaerobní proces), ve tmě a při vhodné teplotě.**
Rozklad probíhá zhruba 1 měsíc při teplotě 35 – 40 ^{o}C.

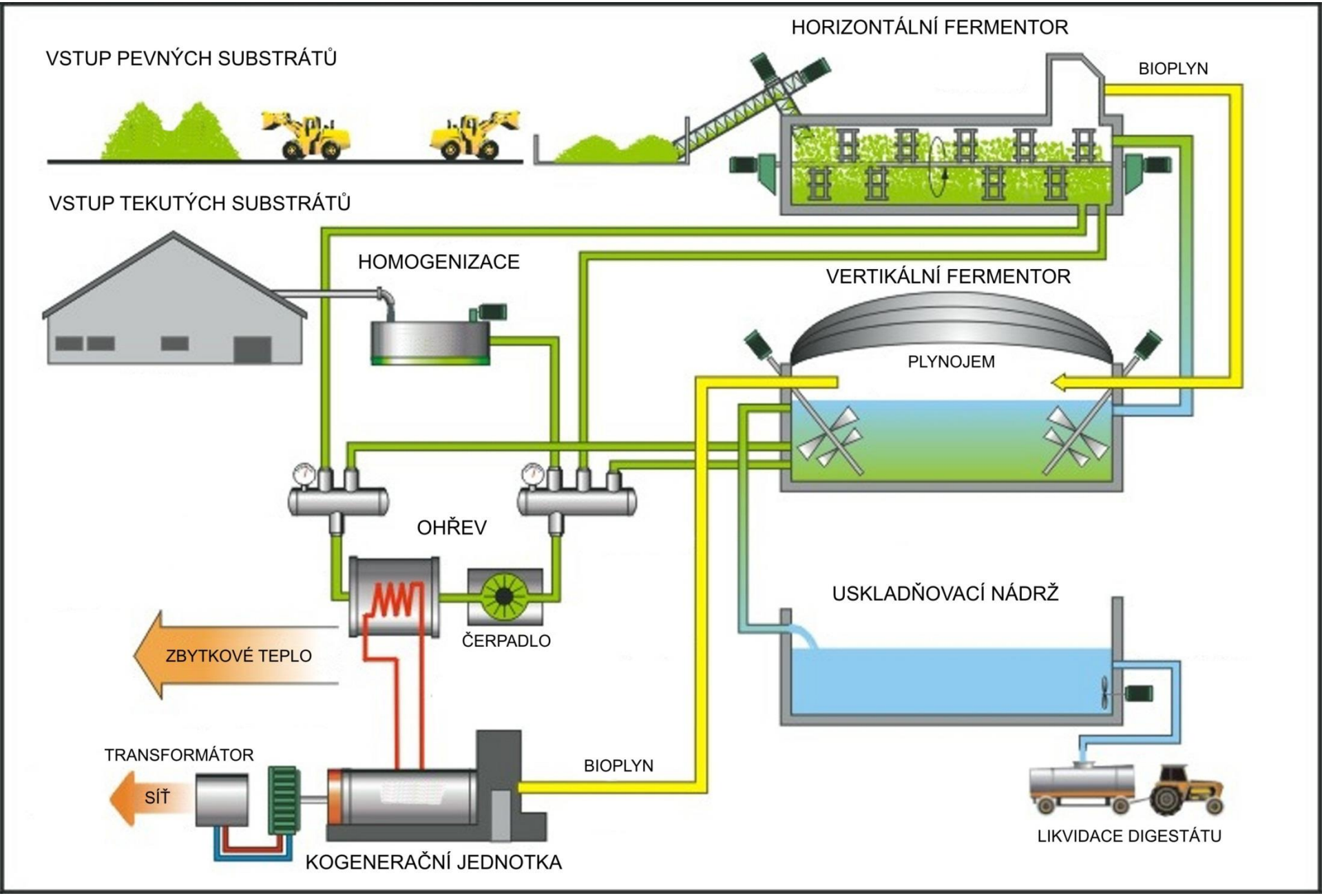
Složení bioplynu (liší se podle způsobu získání):

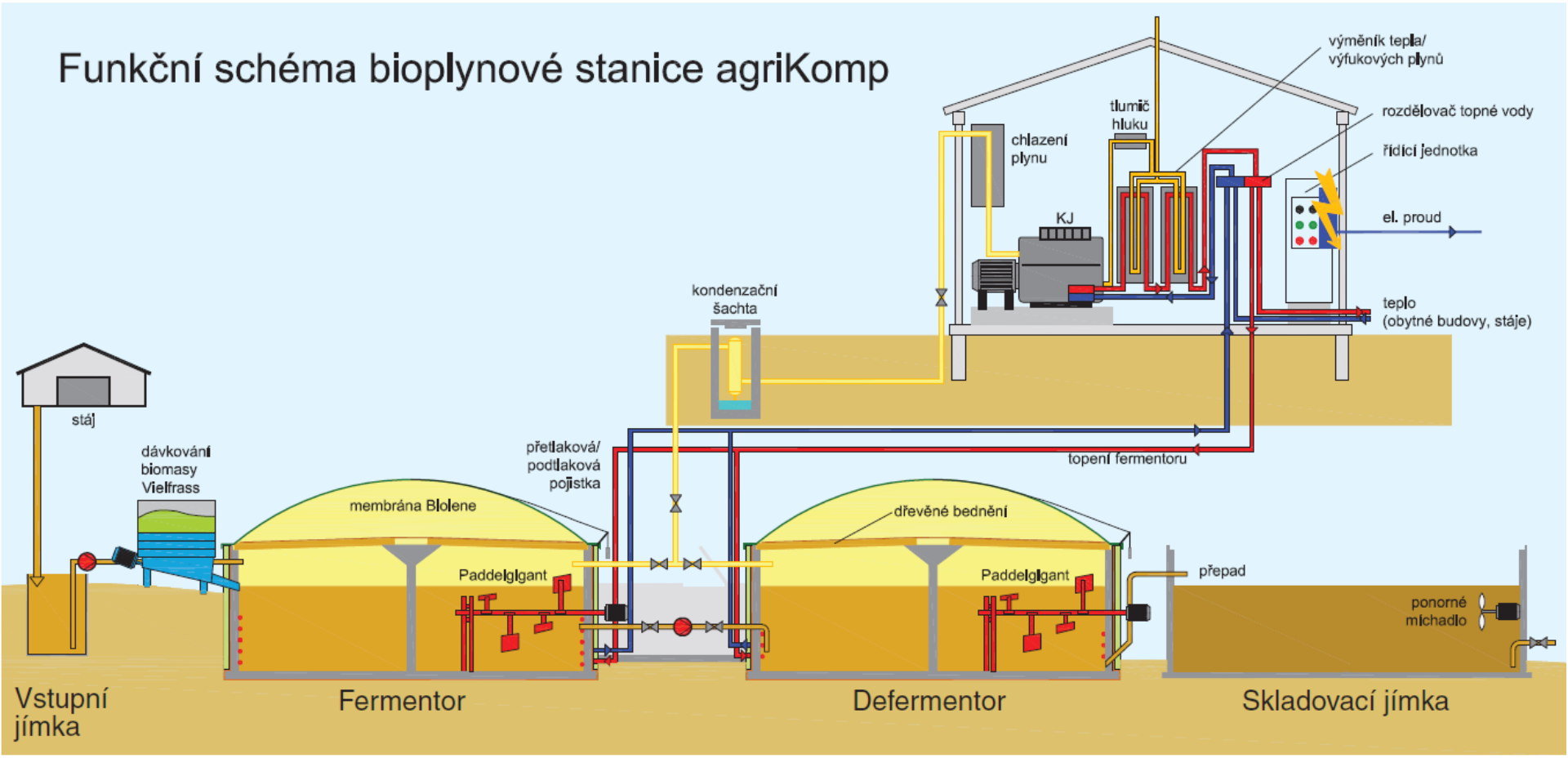
methan	**40 – 75 %**
CO_2	**25 – 55 %**
Vodní pára	**0 – 10 %**
Dusík	**0 – 5%**

… stopy doprovodných látek (H_2S, NH_3, siloxany,…)

Možnosti získávání bioplynu:

1. **Kalový bioplyn (ČOV)**
2. **Fermentační nádrže v rámci zemědělské činnosti**


HORIZONTÁLNÍ FERMENTOR
VSTUP PEVNÝCH SUBSTRÁTŮ
BIOPLYN
VSTUP TEKUTÝCH SUBSTRÁTŮ
HOMOGENIZACE
VERTIKÁLNÍ FERMENTOR
PLYNOJEM
OHŘEV
ČERPADLO
USKLADŇOVACÍ NÁDRŽ
ZBYTKOVÉ TEPLO
TRANSFORMÁTOR
SÍŤ
BIOPLYN
LIKVIDACE DIGESTÁTU
KOGENERAČNÍ JEDNOTKA



[agriKomp_prospekt_maly-cs-CZ.pdf (sunfin.cz)]

Domácí bioplynka?

HomeBiogas je nejlepší umístit na slunném místě. Před spuštěním výroby bioplynu z organického odpadu je nutné dovnitř vložit 100 litrů chlévského hnoje.**Na trhu by pokročilé zařízení HomeBiogas mělo být v dubnu roku 2020. Doporučená prodejní cena přitom bude 720 dolarů, čili asi 16,5 tisíc Kč**.



https://www.stoplusjednicka.cz/homebiogas-domaci-minitovarna-vyrabi-z-odpadu-bioplyn-i-hnojivo-na-zahradu?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu

Tabulka 13: Srovnání vlastností různých druhů bioplynu

Parametr	Bioplyn ze skládky odpadů	Bioplyn z ČOV	Bioplyn z prasečí kejdy
Výhřevnost (MJ/m3)	16,9	21,1	24,0
H2 (%)	1	1	-
CO (%)	1	-	-
O2 (%)	3	-	-
N2 (%)	-	-	-
Cl-, F- (mg/m3)	-	-	-
NH3 (mg/m3)	-	-	40
CO2 (%)	46	38	31
CH4 (%)	49	61	69
H2S (mg/m3)	350	1000	2300

Zdroj: www.bioplyn.cz

Přínosy bioplynové stanice:

Pro představu:

- V současnosti u nás funguje cca. 540 BPS. Celk. el.výkon: 379 MW (tj. prům. 700 kW), vyrábí 2559 GWh (19 % produkce z OZE)
- **Ročně by pak tyto stanice spotřebovaly plodiny ze zhruba 130 000 hektarů půdy (cca. 360 ha/MW)**, přičemž v ČR se na produkci nepotravinářských plodin využívá 680 tisíc hektarů půdy.
- **Bioplynová stanice o výkonu 500 kW (180 ha)**, vyrobí ročně **tolik elektrické energie, kolik spotřebuje celá tisícovka domácností** s průměrnou spotřebou 4 000 kWh/rok.
- viz.: https://www.sunfin.cz/princip-bioplynovych-stanic
- https://www.czba.cz/

Vedlejší produkt anaerobní digesce v BPS:

Kromě bioplynu produkují tzv. **digestát** (**sušina v rozmezí 3-13 %).**

prům. česká BPS má elektrický výkon 756 kW. Tato BPS vyprodukuje 27-41 tun digestátu denně (tj. **9 855 až 14 965 tun ročně**).

Pokud uvedeme hmotnost digestátu na jeden kW elektrického výkonu pohybuje se tato hodnota mezi **36-54 kg digestátu / kW**. [16]

- [16] Biom časopis o energii, co roste: Digestát pokaždé jin a k [online]. 2015, [cit. 2022-06 19]. ISSN 1801-2655.

Možnosti dalšího využití digestátu:

- **Fugát, nebo-li procesní voda, je tekutý produkt.** Je silně zakalený a obsahuje zbytky anaerobního rozkladu organických látek.
- **Tvoří většinu objemu digestátu, zpravidla více jak 80 %.**
- Je využíván ke hnojení na polích.
- **Separát je tuhou složkou výstupního digestátu**. V celkovém objemu digestátu je ho malé množství a je využitelný buď jako fugát **ke hnojení**,
- nebo specificky **na podestýlku hospodářských zvířat**.
- **Díky hořlavé schopnosti je využitelný i na výrobu pelet**.

https://biom.cz/cz/obrazek/ruzne-brikety-nalisovane-ze- separatu-a-biomasy-rostlin-vzadu-z-leva-do-prava-separat-a-drevene-piliny-11 - separat- a-drevene



Obrázek 8 - Brikety ze separátu a biomasy, 1 – separát s dřevěnými pilinami 1:1, 2 - separát s dřevěnými pilinami 3:7, 3 - separát s senem 1:1, 4 - čistý separát, 5 - separát s topolovou štěpkou 1:1 [61] (upraveno)

Energetické využití bioplynu = kogenerace

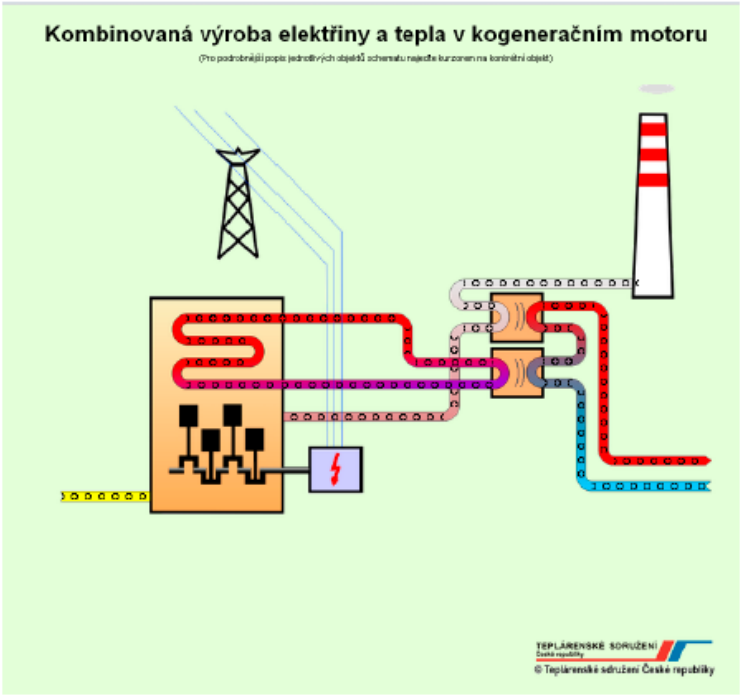
Spalovací motory s využitím horkých výfukových plynů ve výměníku tepla

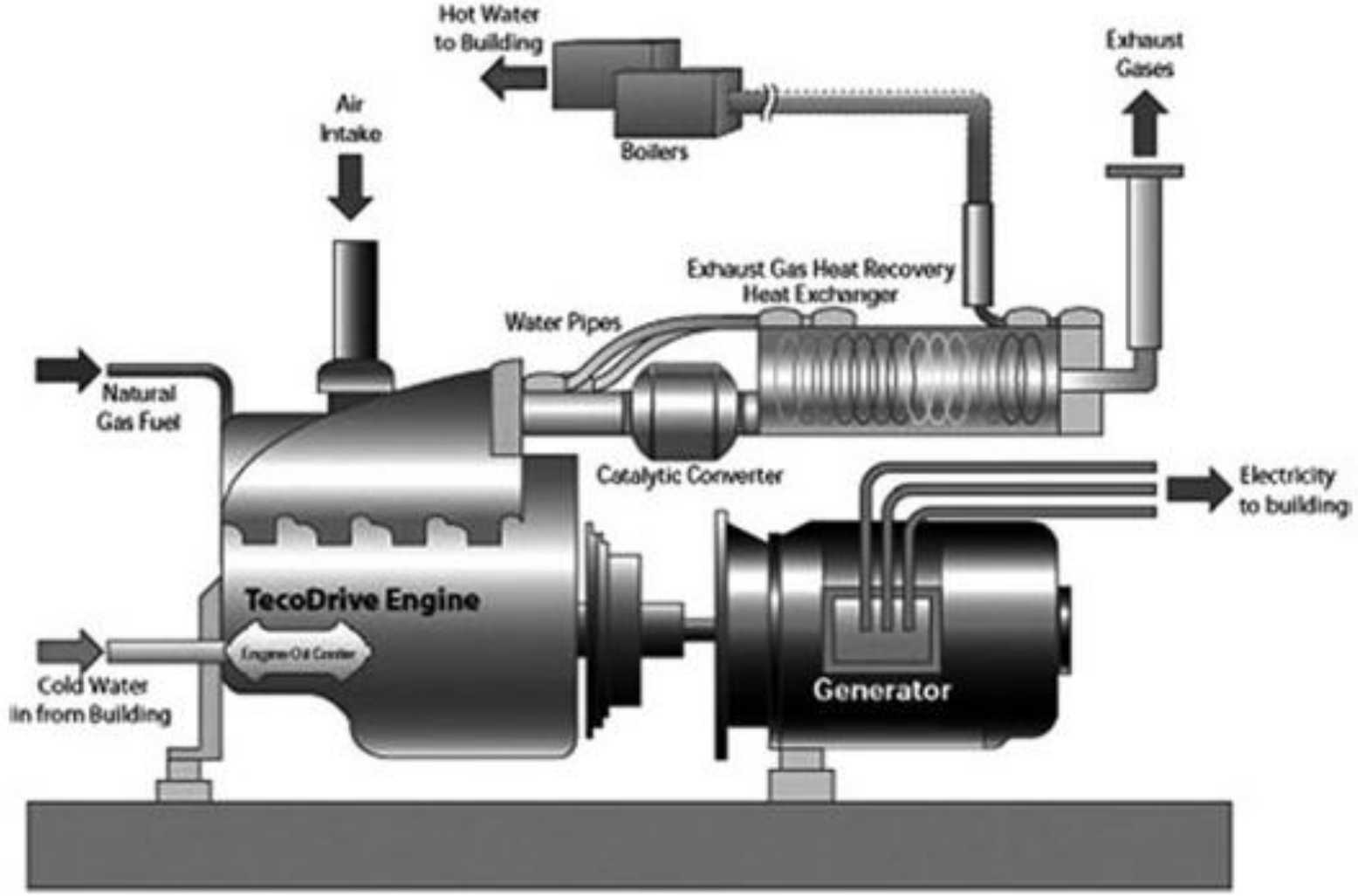
Kogenerace

- je nejúčinnější cestou přeměny energie paliva na využitelnou energii (elektřinu a teplo)
- díky recyklaci tepla z výroby elektřiny šetří palivo i životní prostředí
- pokrývá téměř 2/3 dodávek tepla pro soustavy zásobování teplem v České republice

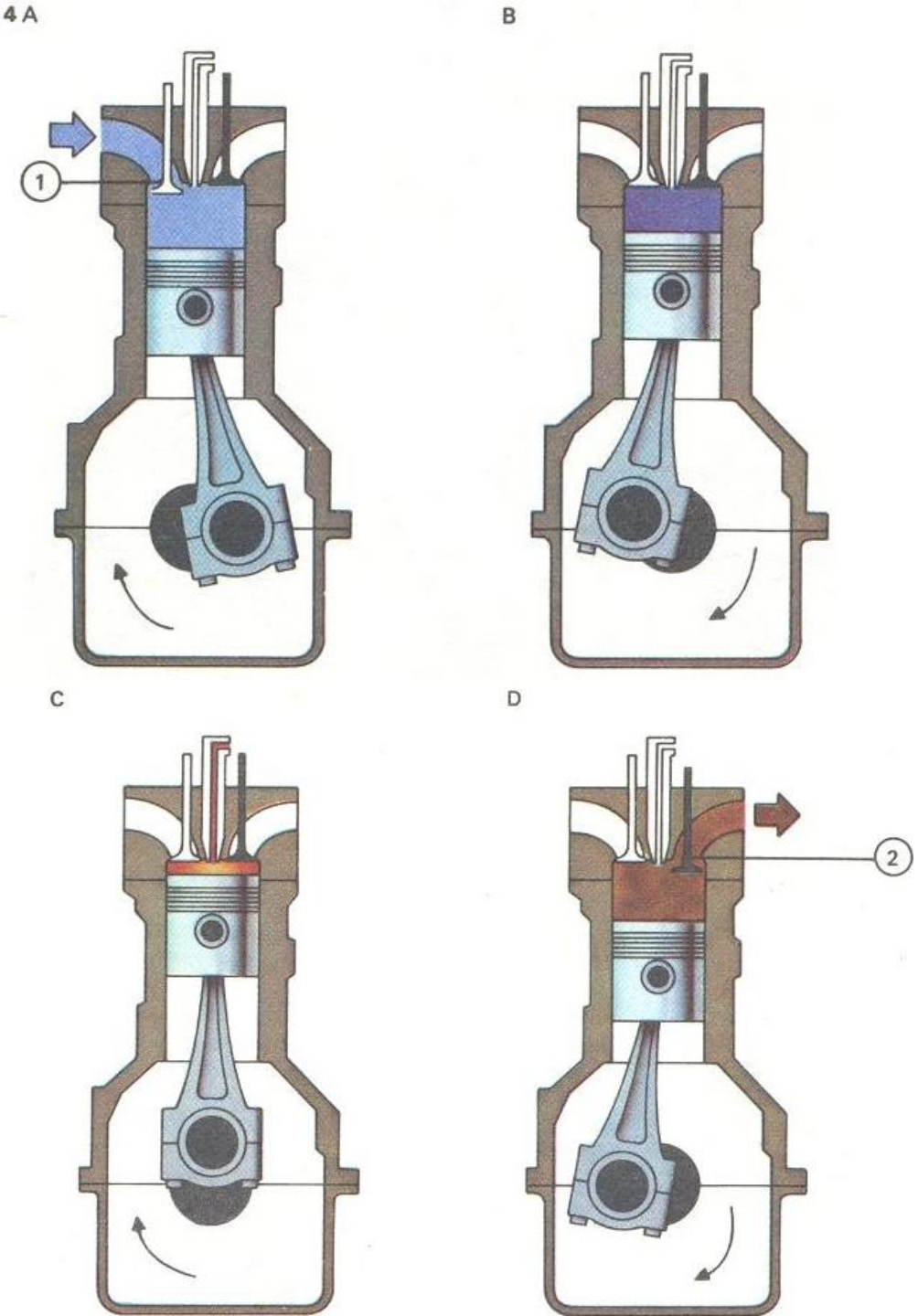
S úsporou primárního paliva je spojena úspora emisí znečišťujících látek (oxidy dusíku, oxidy síry, prach) a emisí oxidu uhličitého. Kogenerace tak přispívá také ke zlepšení životního prostředí.







Designed for Greener Energy: Diagram of the cogeneration system at the EPA Richmond laboratory, the ˚rst federal facility to purchase green power equal to its total annual electricity consumption. The cogenerator was designed to produce enough energy to reduce the amount of electricity the lab needs to purchase from its local utility provider by more than 25%. Photo courtesy of the EPA Web site.



4 Ve vznětovém čtyřdobém motoru je proud paliva vstřikován do horkého stlačeného vzduchu v horní části válce. Palivo se teplem samočinně zapálí a rozpínající se plyny tlačí na píst. Při sacím zdvihu [A] je sacím ventilem [1] nasáván do válce pouze vzduch. Při kompresním zdvihu [B] jsou oba ventily zavřené a vstřikuje se palivo. Při expanzním (pracovním) zdvihu [C] palivo shoří a při výfukovém zdvihu [D] se otevře výfukový ventil [2], jímž odcházejí výfukové plyny z válce.

Obrázek 16: Kogenerační jednotka na bioplyn TBG 520 firmy Motorgas (520 kWe, 725 kWt)





Zdroj: www.motorgas.cz

Problémy při získávání bioplynu = doprovodné sloučeniny

Princip: výroba spočívá z biologického odbourávání organických látek v tekutém stavu bez přístupu kyslíku (anaerobní proces), ve tmě a při vhodné teplotě.
Rozklad probíhá zhruba 1 měsíc při teplotě 35 – 40 ^{o}C.

Složení bioplynu (liší se podle způsobu získání):

methan	40 – 75 %
CO_2	25 – 55 %
Vodní pára	0 – 10 %
Dusík	0 – 5%

… stopy doprovodných látek (H_2S, NH_3, siloxany,…)

Možnosti získávání bioplynu:

1. Kalový bioplyn (ČOV)
2. Fermentační nádrže v rámci zemědělské činnosti

Možné problémy s provozováním bioplynových stanic:

- Obtěžování okolí bioplynových stanic zápachem
- Přítomnost stopových nečistot v bioplynu (**H_2S, siloxany**)
- Nakládání s produkty anaerobního rozkladu
- Nakládání se vznikající odpadní vodou

Sulfan (H_2S) v bioplynu:

- **Jeho obsah souvisí s obsahem síry ve fermentovaném materiálu**
- Proto se např. na skládkách nesmí skládkovat energosádrovec dohromady s komunálním a biologicky rozložitelným odpadem
- **Spalovacím motorům kogeneračních jednotek způsobuje sulfan, který je v malém množství obsažen v bioplynu, technické problémy.**

- V provozní praxi využití bioplynu k energetickým účelům se objevují korozní problémy spalinového traktu spalovacího motoru, způsobené přítomností vyšších koncentrací sulfanu.
- **Spalováním sulfanu vznikají oxid siřičitý a sírový, který vytváří kyselinu sírovou napadající běžné kovové součásti spalinového traktu. Kyselina sírová také zhoršuje mazací vlastnosti motorového oleje, do kterého se rovněž dostává**
- Turbínám nevadí v provozu bioplyn s relativně vysokým obsahem sulfanu. Další výhodou turbín oproti motorům je schopnost přizpůsobit se širokým rozsahům obsahu methanu v bioplynu. Turbíny jsou bohužel finančně náročná zařízení.

- **Při jeho odstraňování z proudu bioplynu se využívá kyselých vlastností H_2S a redukčních vlastností H_2S (biologická metoda☺, biooxidace na síru) nebo schopnost oxidů železa vázat H_2S**

Strop fermentoru s usazenou sírou:



Síra se usazuje na trámech, které tvoří strop fermentačních nádob.

Pomocí přidávaného vzduchu se v těchto částech fermentačních nádob usazují bakterie, které sulfan rozkládají na neškodnou síru a vodu

Siloxany v bioplynu z ČOV kalu:

- **Příčinou těchto problémů jsou** běžně používané látky, které lze označit společným komerčním názvem – **silikony**.

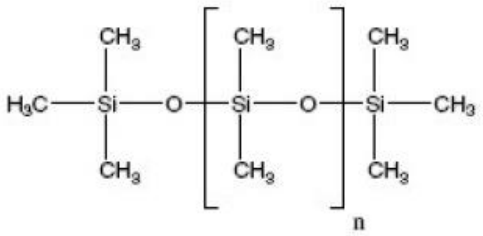
- Mezi tyto látky se řadí například **silikonové oleje, mazací tuky, gely nebo pryže**. **Největším producentem „organického křemíku“ jsou však silanizační avivážní prostředky**.

- Koncentrace siloxanů v bioplynu závisí na obsahu křemíku v biomase, ze které bioplyn vzniká. Obvyklé obsahy siloxanů v bioplynu produkovaném z čistírenských kalů se pohybují v jednotkách, maximálně desítkách mg/m^3.

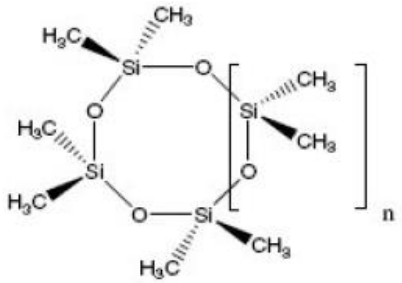
- Za nejvíce problematické se považují nízkomolekulární siloxany, které mají nízký bod varu.

- Při spalování bioplynu ve spalovacích motorech kogenerařních jednotek vzniká oxidací siloxanu oxid křemičitý, který se usazuje na hlavách válců a stěnách ventilů, dostává se také do mazacího oleje a tím zhoršuje jeho mazací vlastnosti.
- Po určité době provozu může dojít k zadření některého z válců motoru s možnými nepříjemnými důsledky vedoucími až ke zničení motoru vlivem mechanického poškození bloku motoru.

Siloxany v bioplynu = z anaerobního rozkladu čistírenského kalu:



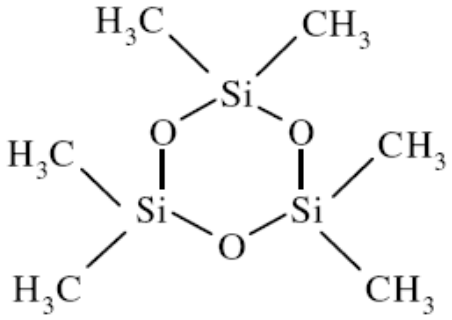
a.



b.

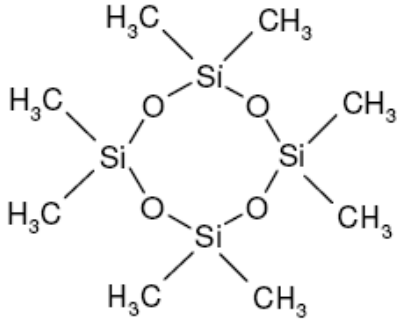
Obrázek 1: Struktura siloxanů: a – lineární, b – cyklická.

Hexamethylcyklotrisiloxan:	$[Si(CH_3)_2O]_3$,	bod tání: 64,5 °C,	bod varu: 134 °C.
Oktamethylcyklotetrasiloxan:	$[Si(CH_3)_2O]_4$,	bod tání: 17,4 °C,	bod varu: 171,2 °C.
Dekamethylcyklopentasiloxan:	$[Si(CH_3)_2O]_5$,	bod tání: 38 °C,	bod varu: 210 °C.



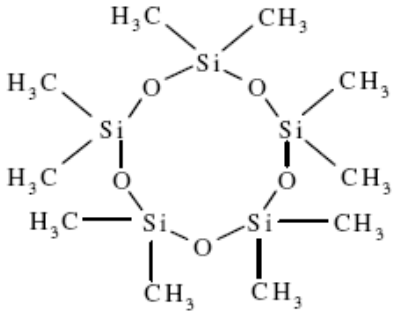
$[Si(CH_3)_2O]_3$

hexamethylcyklotrisiloxan



$[Si(CH_3)_2O]_4$

oktamethylcyklotetrasiloxan



$[Si(CH_3)_2O]_5$

dekamethylcyklopentasiloxan



Obrázek 2: Usazování SiO_2 na povrchu pístu ve spalovacích prostorech motoru v podobě pevné krusty.



3: Oxid křemičitý usazený na zapalovací svíčce.

V současnosti se ověřuje použití různých sorbentů pro odstraňování siloxanů z bioplynu:





Obrázek 5, 6: Adsorpční jednotky na ÚČOV Praha- Bubeneč.

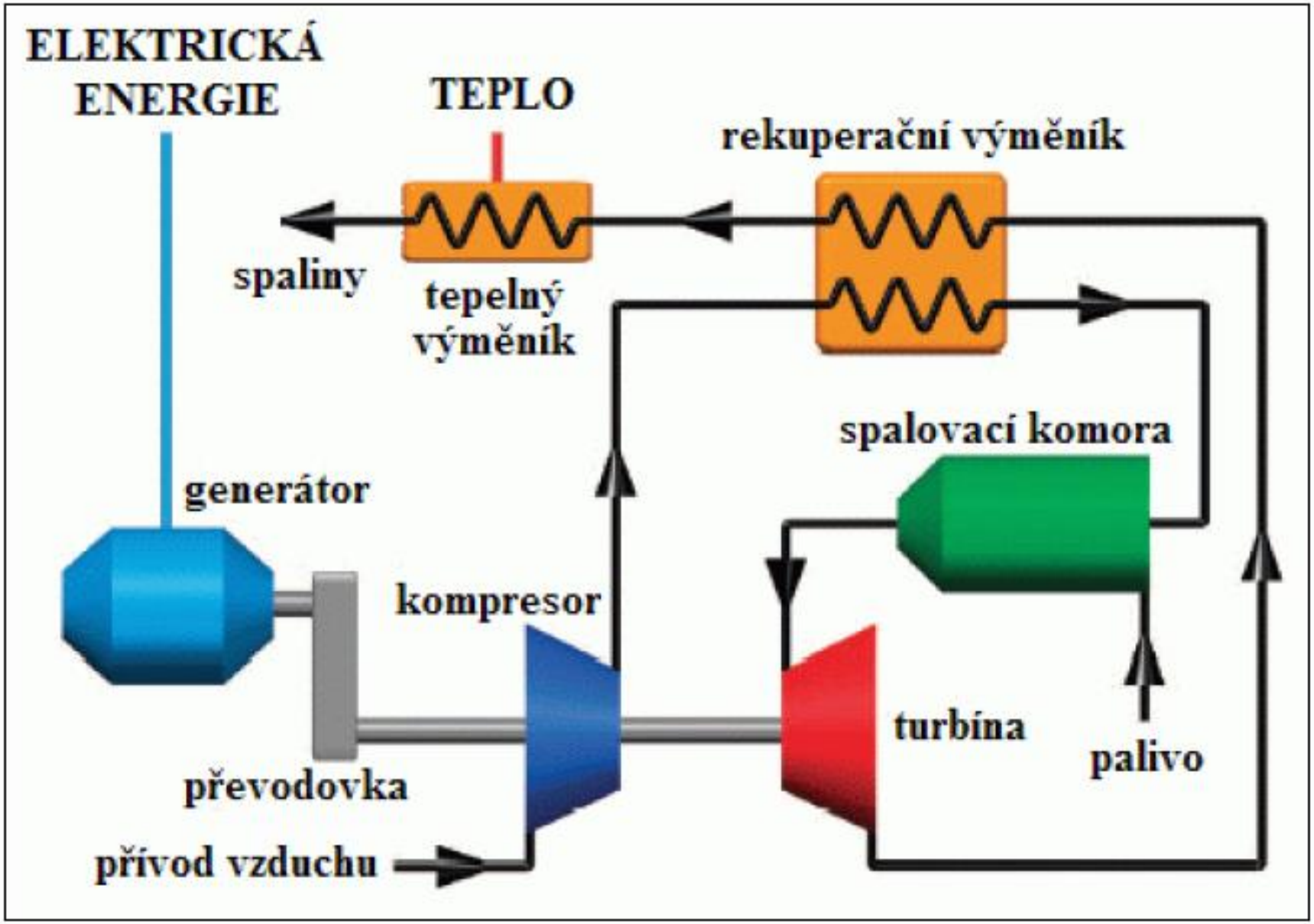
Náhrada pístových motorů v kogeneračních jednotkách za plynové turbíny:

- **Jeho obsah souvisí s obsahem síry ve fermentovaném materiálu**
- Proto se např. na skládkách nesmí skládkovat energosádrovec dohromady s komunálním a biologicky rozložitelným odpadem
- **Spalovacím motorům kogeneračních jednotek způsobuje sulfan, který je v malém množství obsažen v bioplynu, technické problémy.**

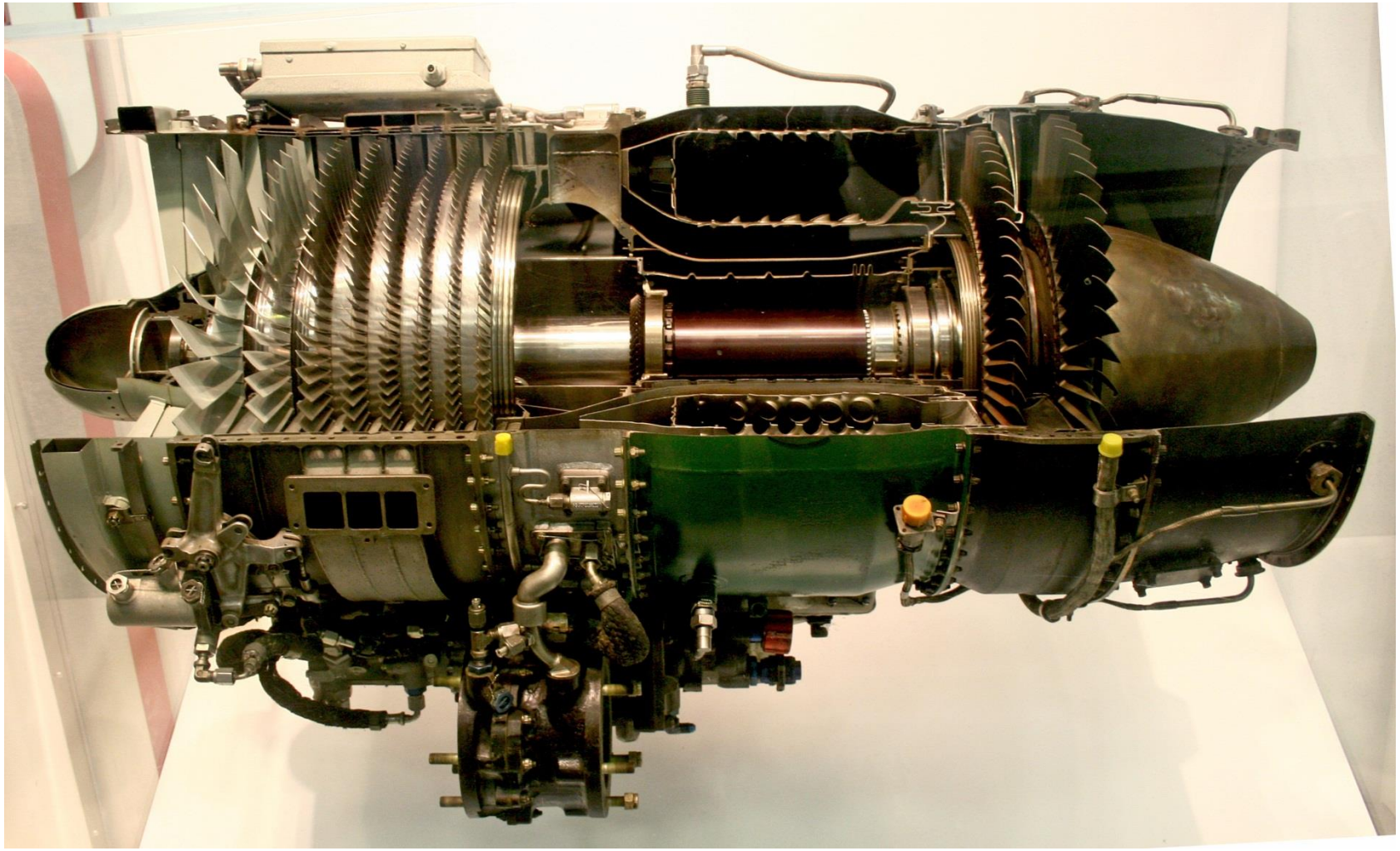
- V provozní praxi využití bioplynu k energetickým účelům se objevují korozní problémy spalinového traktu spalovacího motoru, způsobené přítomností vyšších koncentrací sulfanu.
- Spalováním sulfanu vznikají oxid siřičitý a sírový, který vytváří kyselinu sírovou napadající běžné kovové součásti spalinového traktu. Kyselina sírová také zhoršuje mazací vlastnosti motorového oleje, do kterého se rovněž dostává
- **Turbínám nevadí v provozu bioplyn s relativně vysokým obsahem sulfanu. Další výhodou turbín oproti motorům je schopnost přizpůsobit se širokým rozsahům obsahu methanu v bioplynu. Turbíny jsou bohužel finančně náročná zařízení.**

- Při jeho odstraňování z proudu bioplynu se využívá kyselých vlastností H_2S a redukčních vlastností H_2S (biologická metoda☺, biooxidace na síru)

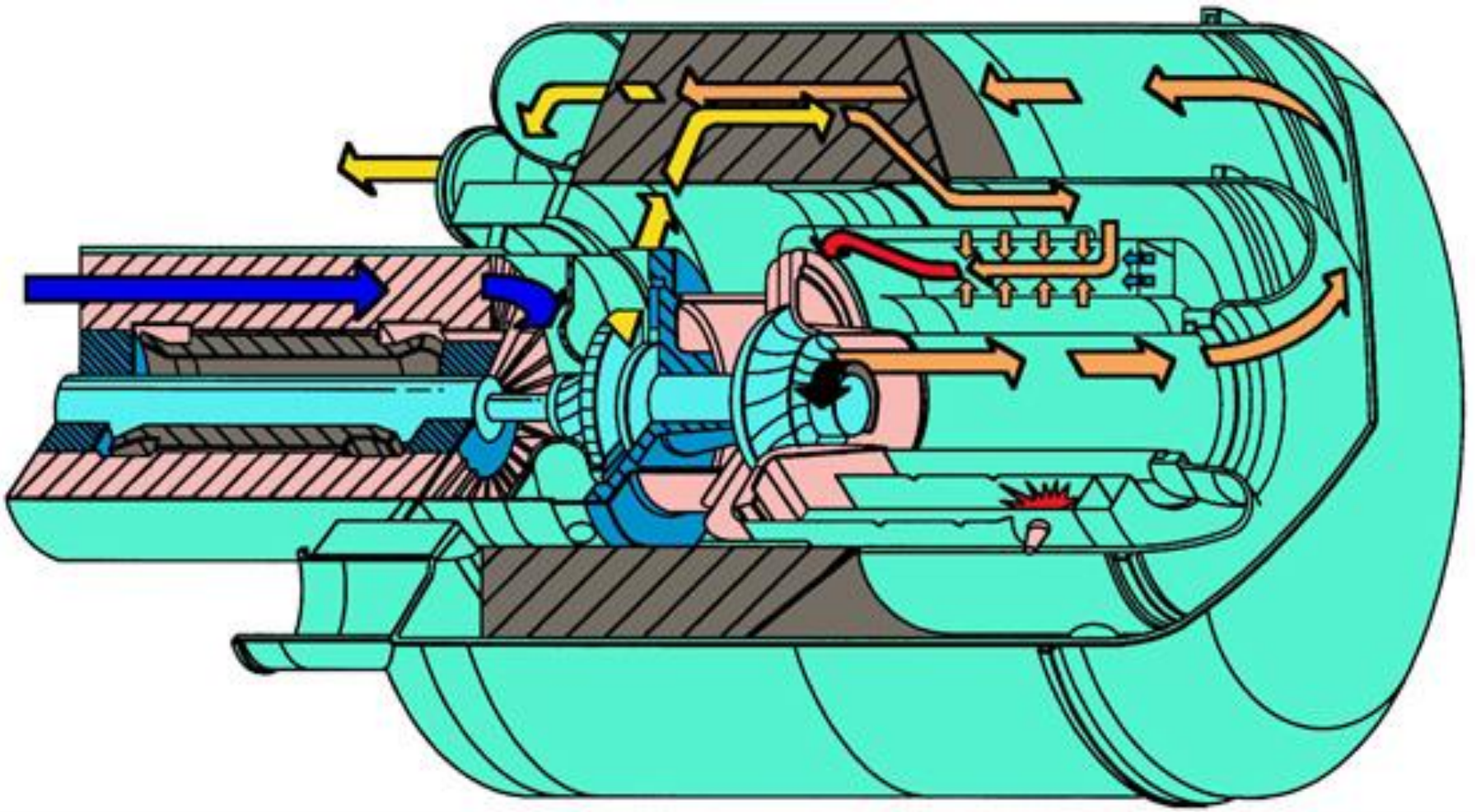
Obrázek 21: Schéma kogenerační jednotky s mikroturbínou



Plynová turbína:



Plynová turbína:

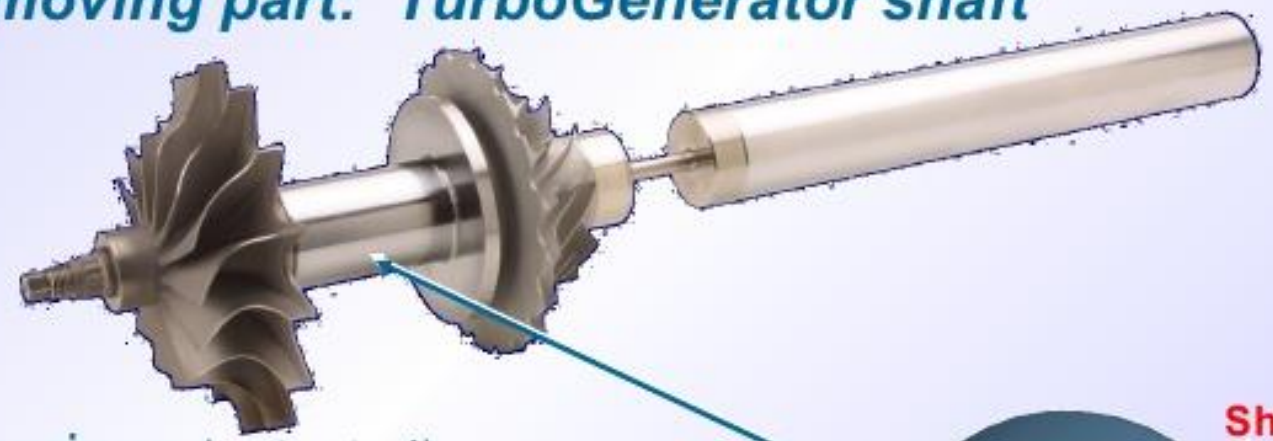


Plynová mikroturbína Capstone

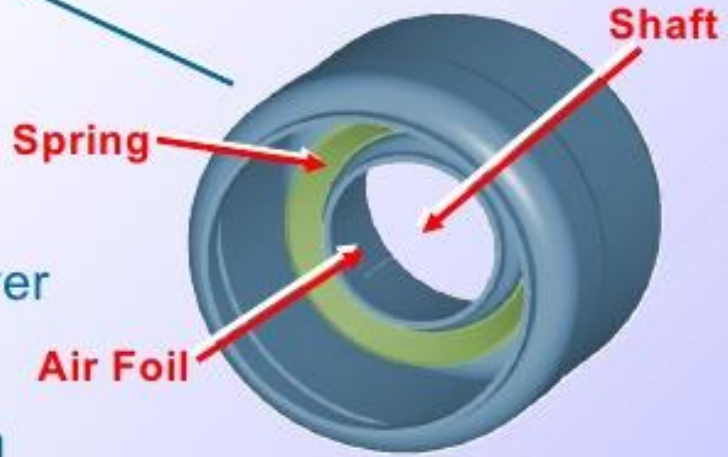
Capstone

Simple: One Moving Part

- **One moving part: TurboGenerator shaft**

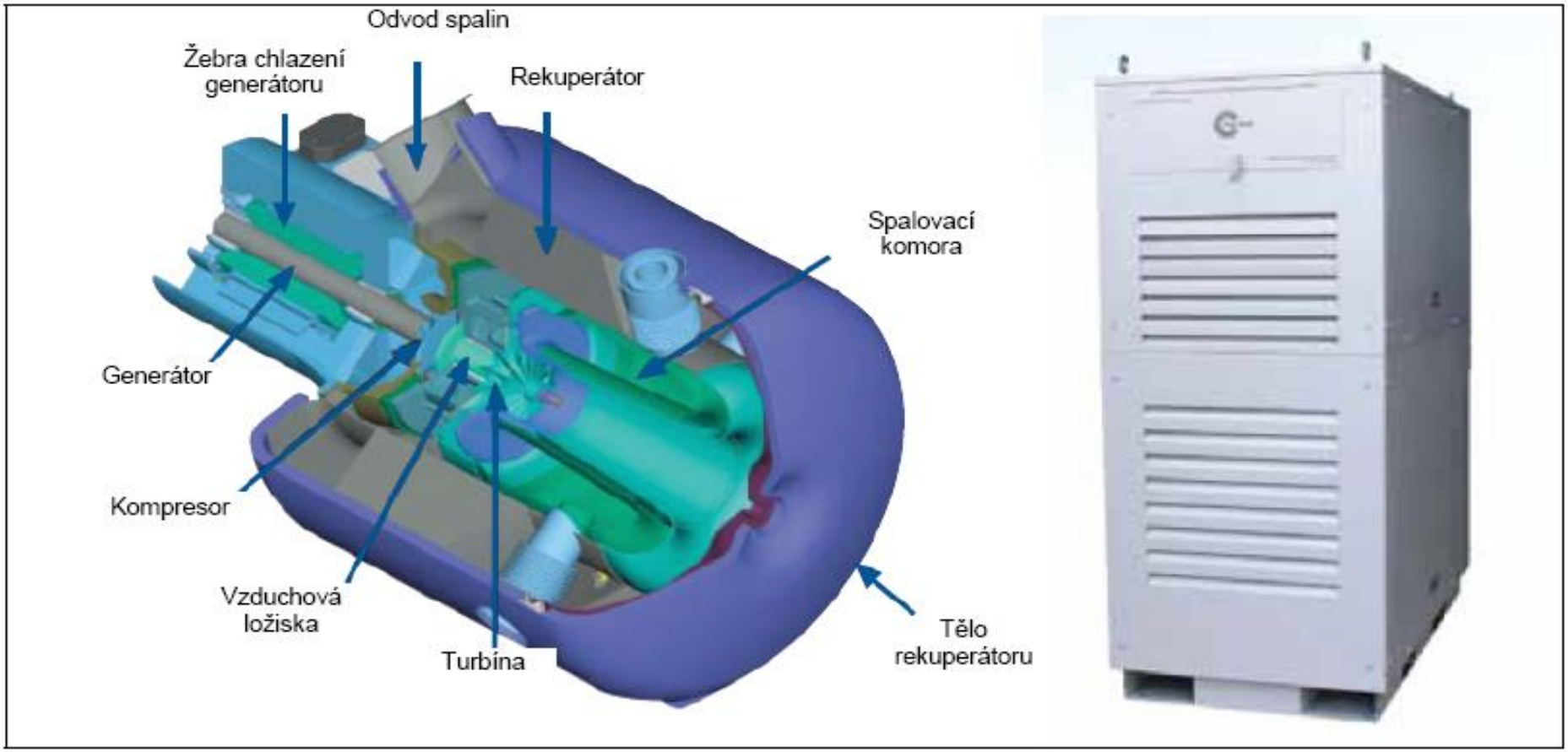


- Air bearings (patented)
  - No oil or lubricants, ever
- Air cooled
  - No anti-freeze or coolants, ever
- Proven reliability
  - >18 million hours of operation



© 2006 Capstone Turbine Corporation • www.microturbine.com

Obrázek 22: Kogenerační jednotka Capstone s mikroturbínou



Zdroj: CAPSTONE

Nevýhodou mikroturbín je v současnosti **jejich cena** – kolem 900 – 1200 EUR/kW.

V nejbližších cca 10 letech je očekáván další vývoj této technologie a snížení nákladů na cca 500 EUR/kW, zvýšení elektrické účinnosti na cca 40% a další snížení emisí ve spalinách.

Nejznámějšími současnými výrobci jsou firmy Capstone a Turbec.

Využití skládkového plynu



Využití skládkového plynu:

Tabulka:Měrná rychlost tvorby skládkového plynu a dostupný elektrický výkon uložených odpadů dříve a nyní

	Měrná rychlost tvorby bioplynu [$m^3/m^3.h$]	Přibližný dostupný elektrický výkon z 1000 m^3 uložených odpadů [$kW_{el}/1000\ m^3$]
Starší skládky	0,00100	9
	0,00050	4,5
Současnost	0,00025	2,2
	0,00010	0,9

V ČR dále využití důlního plynu (plyn s vysokým obsahem CH_4 čerpaný z důlních prostor budovaných při těžbě černého uhlí)

Zásobování energií na bázi biomasy, obec Kněžice:







Charakteristika projektu:

- V obci necelých 400 obyvatel, ze 125 obydlených objektů je 120 rodinných domků.
- Dalšími objekty jsou budovy občanské vybavenosti a provozovny drobného podnikání.
- V obci je dále zemědělská farma s velkochovem hospodářských zvířat a kuřat.
-
- **Náklady na vybudování ca. 120 milionů korun** (1 mil.Kč/odběratele).
- Financováno s podporou programu „Infrastruktura“ financovaného s fondů EU
- většina domů v obci má vytápění a celoroční ohřev TUV výhradně z obnovitelných zdrojů, obec vyrábí a prodává elektřinu z bioplynu a topných pelet z biomasy

Bioplynová stanice v obci Kněžice, technologie za 120 mil. Kč:

- příjmová homogenizační jímka s objemem 180 m^3,
- hygienizační linka s kapacitou 10 t/den,
- 1x vytápěný fermentor o objemu 2500 m^3
- S nasazeným plynojemem 1000 m^3,
- **1x kogenerační jednotka s elektrickým výkonem 330 kW** a s tepelným výkonem 400 kW
-
- 2x skladovací nádrže s objemem 2 x 6500 m^3 na vzniklé hnojivo - tekutý vyfermentovaný substrát.
- trafostanice 22/0,4 kV, pro vyvedení elektrického výkonu kogenerační jednotky do elektrizační sítě.

Zajištění materiálu pro bioplynovou stanici v Kněžici:

- **organický odpad z místní zemědělské farmy**, (kejda hospodářských zvířat, stará biomasa (siláž, traviny, šrot apod.).

- zpracuje a ekologicky nezávadně likviduje **svážený obsah septiků a žump z Kněžic a okolí**.

- **záměrně pěstovaná biomasa, např. kukuřice a jeteloviny**.

- Díky tepelné hygienizaci schopna zpracovávat a ekologicky likvidovat **zbytky jídel z restauračních zařízení a odpady z jatek**.

Kotelna na biomasu = 2 kotle:

1. **kotel o výkonu 800kW na spalování obilní a lněné slámy**,

2. **kotel na spalování štěpky a dřevního odpadu** (energ. šťovík) o výkonu 400 kW

- provozní zásobník slámy na ca. 8 hodin provozu kotle
- provozní zásobník štěpky na více než jednodenní provoz kotle na štěpku,
- krytý sklad paliva na několik týdnů provozu kotelny,
- čerpací stanici pro cirkulaci topné vody v soustavě,
- chemická úpravna vody a systém udržování tlaku v soustavě centrálního zásobování teplem.

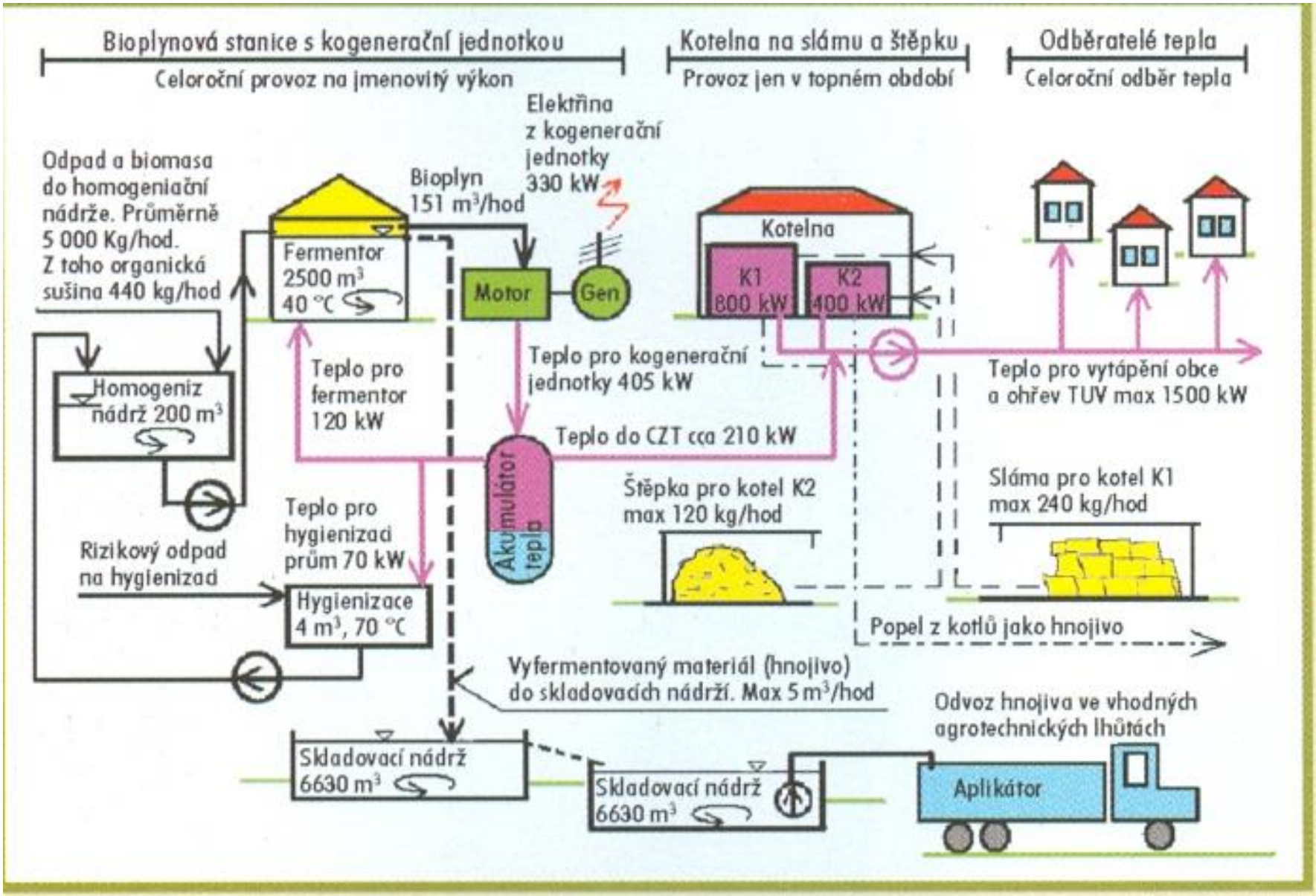


Schéma CZT soustavy Kněžice s bioplynovou stanicí a kotelnou na biomasu.

Provoz Kněžice vs. úspora fosilních paliv:

- **Podle údajů v auditu z roku 2004 obec spotřebovala na výrobu tepla ca. 1260 tun hnědého uhlí za rok.**

Po uvedení projektu BPS do plného provozu:

1. Přepočteno na spotřebu uhlí: **úspora cca 2102 tun za rok na vytápění a ohřev TUV**
2. Kogenerační jednotka bioplynové stanice dodá do elektrizační sítě ca. 2200 MWh_e/rok (v uhelných elektrárnách by bylo nutno spálit ca. **1 553 tun uhlí za rok**)

- Přibližně 502 tun uhlí spotřebují ročně objekty nepřipojené k vybudované soustavě.

- **Celková přepočtená úspora hnědého uhlí** s výhřevností 17 MJ/kg po realizaci **projektu Kněžice** bude:

2102 – 502 + 1553 = **3 153 tun hnědého uhlí za rok.**

Kalkulace ročního provozu:

Roční příjmy obce Kněžice, (jakožto investor, majitel a provozovatel výtopny):

- **za elektřinu cca 6,4 milionu Kč** za rok
- **za teplo dodané odběratelům v obci cca 3 miliony Kč** za rok.

Roční výdaje obce:

- **Za servis a provozní hmoty** pro bioplynovou stanici, kogenerační jednotku a pro kotelnu zaplatí **cca 1,2 milionu Kč.**
- **za palivo pro kotle** zaplatí místním dodavatelům a místní zemědělské farmě Kněžice **cca 1 milion Kč**,
- **za cíleně pěstovanou biomasu** do bioplynové stanice **ca. 1 milion Kč**
- zaplatí **mzdové náklady pro obsluhu** kotelny a bioplynové stanice ve výši **ca. 2 miliony Kč** za rok.

Jednoroční finanční přínos pro obec jakožto provozovatele výtopny je ca. **4,2 milionu Kč za rok**.

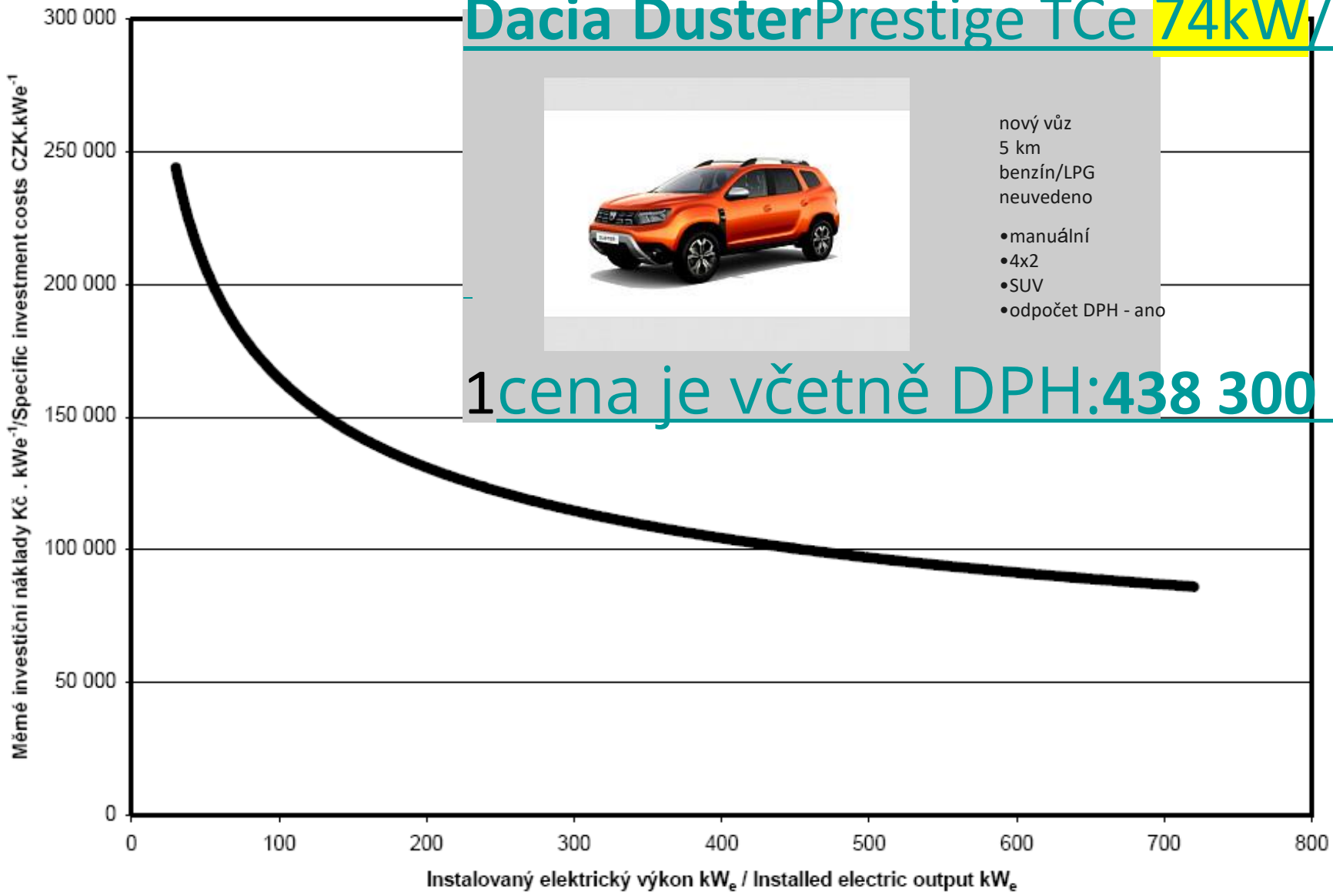
I přes poměrně vysokou výkupní cenu elektřiny z bioplynové stanice vychází **prostá návratnost investice cca 28 let**.

Z takto dlouhé doby prosté návratnosti investice vyplývá, že realizace takové investice bez dotace zatím není možná.

Náklady na výstavbu nových bioplynových stanic, dle přidělených státních dotací:

Název projektu	Žadatel	Kraj	Celkové náklady projektu (Kč)	Celková schválená podpora (Kč)
Bioplynová stanice ve Vyškově	REBIOS, spol. s r.o.	Jihomoravský	150 712 228	50 000 000
Bioplynová stanice na zpracování biologicky rozložitelných odpadů Žďár nad Sázavou	ODAS ODPADY, s. r. o.	Vysočina	124 950 000	42 591 620
Bioplynová stanice Želeč	RUMPOLD, s .r. o.	Jihočeský	117 501 790	35 366 760
Bioplynová stanice Lesná	BPS LESNÁ, s. r. o.	Ústecký	59 025 135	29 559 572
Bioplynová stanice Verneřice	Agrokom Sever, s .r. o.	Ústecký	58 214 800	28 440 000
Bioplynová stanice EKOPRO Svitavy s. r. o.	EKOPRO Svitavy, s. r. o.	Pardubický	49 527 324	24 071 760
Rozšíření a zkvalitnění nakládání s odpady na bioplynové stanici v Jaroměři	AGRO CS, a. s.	Královéhradecký	58 905 000	19 800 000
Manipulační a skladovací plocha – stávající areál BPS a ČOV Úpice	Město Úpice	Královéhradecký	3 897 934	2 948 019

Investiční náklady:



Dacia Duster Prestige TCe 74kW/100

nový vůz
5 km
benzín/LPG
neuvedeno

- manuální
- 4x2
- SUV
- odpočet DPH - ano

1cena je včetně DPH:**438 300 Kč**

Bioplynové stanice a jejich dopad na emise CO_2

Je provoz bioplynové stanice z hlediska CO_2 emisí zcela bezemisní energetický zdroj?

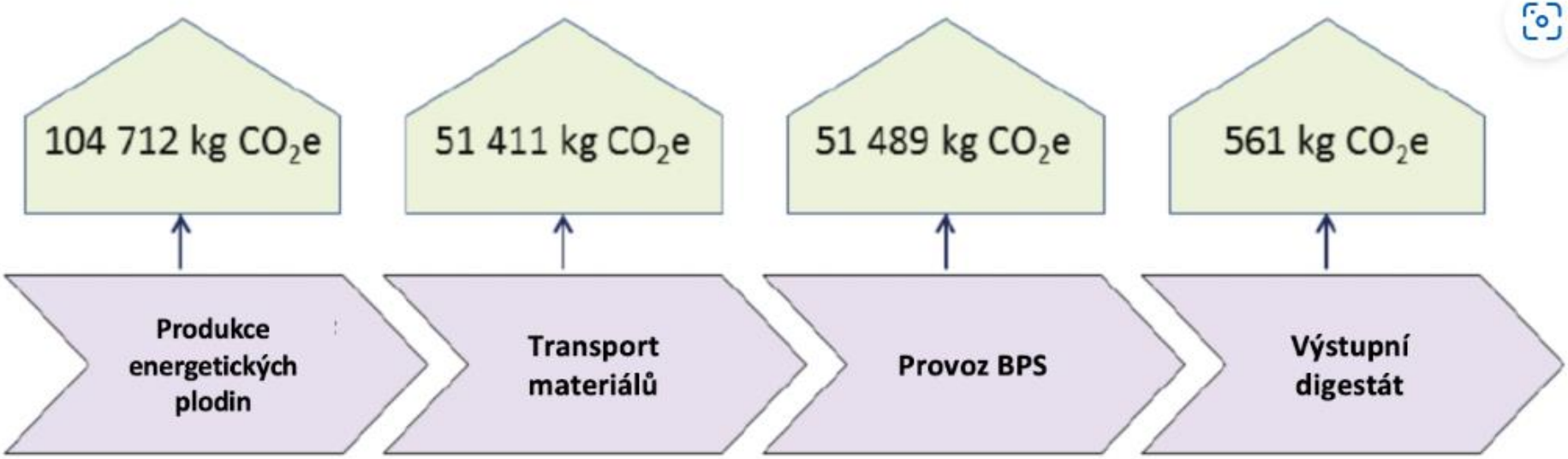
https://www.seznamzpravy.cz/clanek/studie-vyvraci-mytus-o-elektromobilech-opravdu-vyproduk

Globální průměrné emise skleníkových plynů podle technologií výroby elektřiny

	gram ekvivalentu CO2 / kWh	gram ekvivalentu CO2 / MJ
Uhlí	1001	278
Ropa	840	233
Zemní plyn	469	130
Jaderná energie	16	4
Bioenergie	230	64
Geotermální energie	45	13
Solární (fotovoltaická)	46	13
Solární (koncentrovaná)	22	6
Větrná energie	12	3
Mořská energie (z vln apod.)	8	2
Vodní energie	4	1

Zdroj: ICCT

Uhlíková stopa bioplynové stanice:

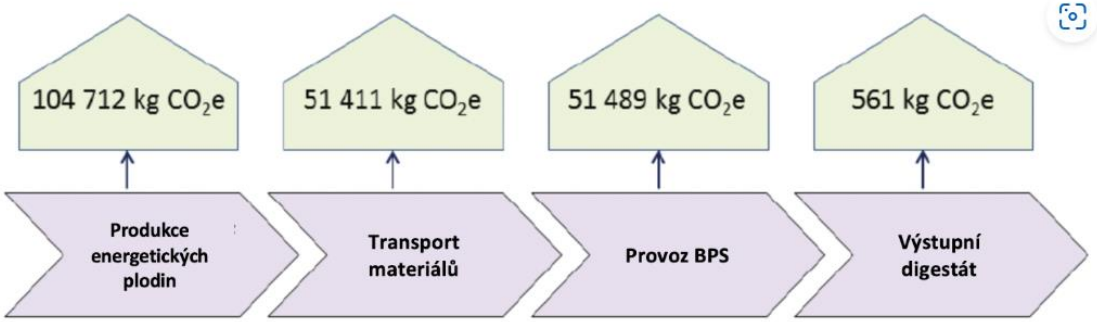


Obrázek 1: Uhlíková stopa maďarské BPS o výkonu 0,637 MW z roku 2013. Na emisích z produkce biomasy se nejvíce podílela průmyslová hnojiva. Část emisí z provozu souvisí s nevyužitým teplem. (zdroj: Szabó a kol. 2014)

G. Szabó, I. Fazekas, S. Szabó, G. Szabó, Tamás Buday, M. Paládi, K. Kisari, A. Kerényi less. 2014. THE CARBON FOOTPRINT OF A BIOGAS POWER PLANT

Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Př. uhlík.stopy bioplynové stanice:

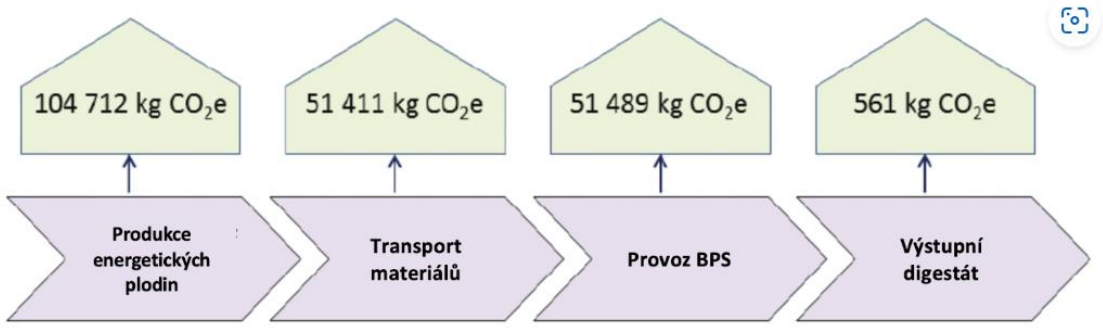


Obrázek 1: Uhlíková stopa maďarské BPS o výkonu 0,637 MW z roku 2013. Na emisích z produkce biomasy se nejvíce podílela průmyslová hnojiva. Část emisí z provozu souvisí s nevyužitým teplem. (zdroj: Szabó a kol. 2014)

Zemědělství a hospodaření s půdou se bezesporu významně podílí na emisích skleníkových plynů. Zpráva IPCC o změně klimatu a půdě (2019) odhaduje, že **zemědělství je přímo odpovědné až za 8,5 % všech emisí** skleníkových plynů a dalších 14,5 % pochází ze změn ve využívání půdy (odlesňování v rozvojovém světě za účelem vytvoření půdy pro potravinovou výrobu). Sektor zemědělství byl v roce 2018 „zodpovědný za 8,61 mil. tun CO_{2eq} (6,7 % celkových emisí, 810 kg CO_{2eq} na obyvatele ročně). Emise v zemědělství pochází především z chovu hospodářských zvířat (4,1 mil. tun) v podobě emisí metanu a také z obdělávání půdy a s tím spojenými emisemi N_2O (4,23 mil. tun CO_{2eq}). K omezení emisí metanu ze zemědělství by pomohlo snížení počtu chovaného dobytka (a s tím související snížení spotřeby hovězího masa a mléčných výrobků), správné nakládání se statkovými hnojivy (například jejich stabilizací v bioplynových stanicích) a méně intenzivní hnojení průmyslovými hnojivy.

Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Př. uhlík.stopy bioplynové stanice:



Obrázek 1: Uhlíková stopa maďarské BPS o výkonu 0,637 MW z roku 2013. Na emisích z produkce biomasy se nejvíce podílela průmyslová hnojiva. Část emisí z provozu souvisí s nevyužitým teplem. (zdroj: Szabó a kol. 2014)

Emise z dopravy

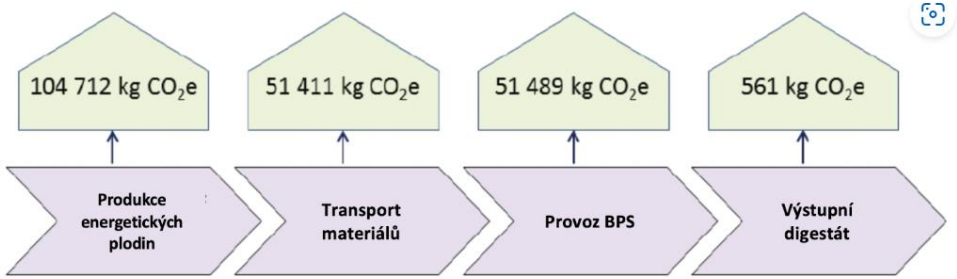
Na emise z dopravy související s provozem bioplynové stanice mají vliv užité pohonné hmoty, vzdálenosti, efektivita svozových tras a vytíženost.

Pohonné hmoty lze v blízké budoucnosti nahradit BioCNG, které si bioplynové stanice s čištěním bioplynu mohou samy produkovat a tankovat „na dvoře“.

Průměrná výměra pozemků jedné bioplynové stanice je 2 700 ha a 10 % z nich je přímo využito pro pěstování biomasy pro kofermentaci. V ideálním případě, kdy jsou obhospodařované plochy soustředěné v blízkosti bioplynové stanice je perimetr dopravy necelých 6 km. V praxi má spousta bioplynových stanic své obhospodařované pozemky roztroušené mnohdy ve větší vzdálenosti. Odhaduje se proto průměrný perimetr dopravy do 10 km.

Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Př. uhlík.stopy bioplynové stanice:



Obrázek 1: Uhlíková stopa maďarské BPS o výkonu 0,637 MW z roku 2013. Na emisích z produkce biomasy se nejvíce podílela průmyslová hnojiva. Část emisí z provozu souvisí s nevyužitým teplem. (zdroj: Szabó a kol. 2014)

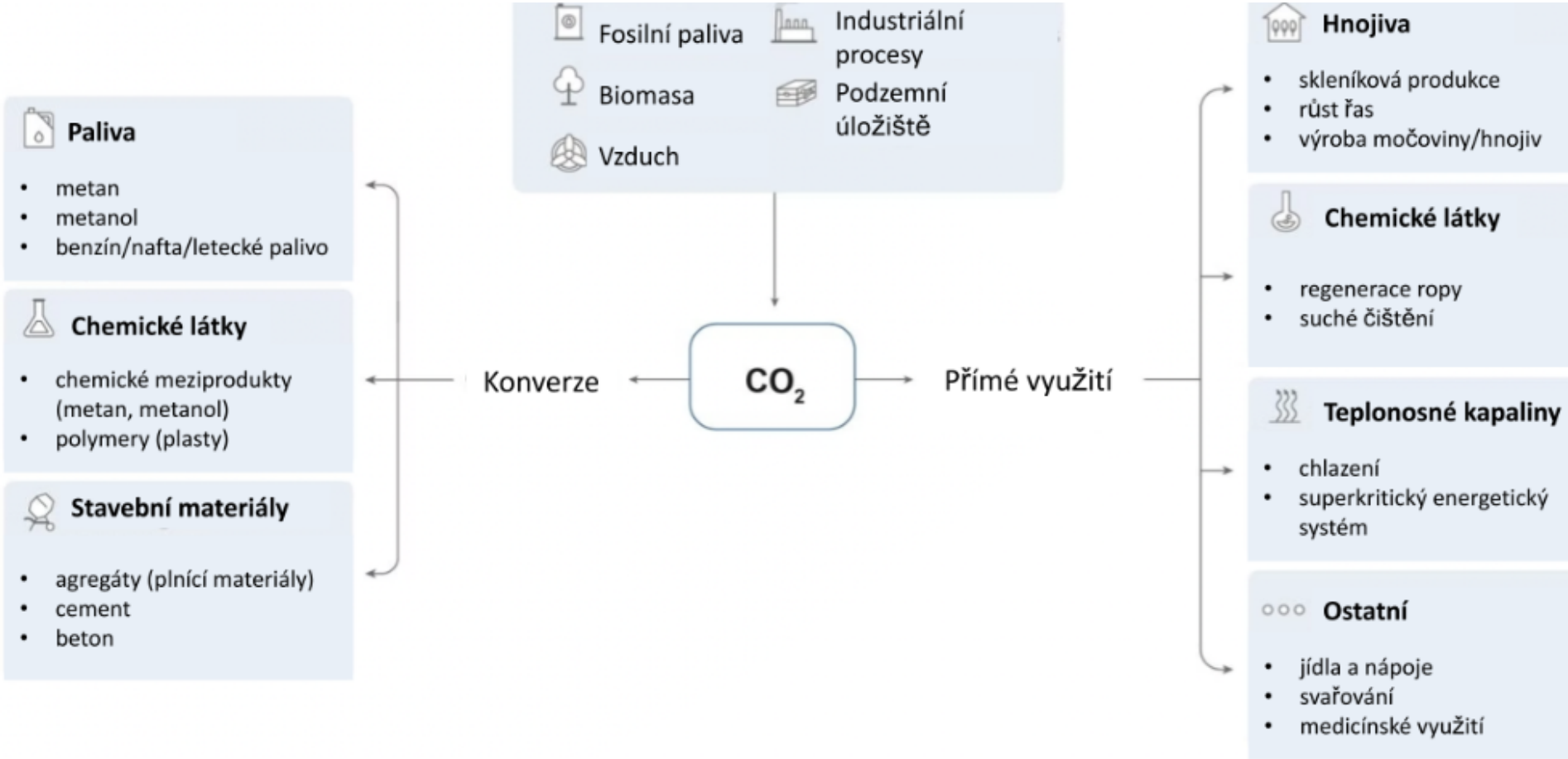
Zastřešení skladu digestátu: rozdíl

Nezakrytý sklad digestátu představuje jeden z nejvýznamnějších faktorů nežádoucích emisí metanu a také amoniaku (čpavku). Investice do zakrytí koncového skladu se však často finančně nevyplatí, přitom představuje velký přínos pro ochranu životního prostředí a klimatu díky zachycení metanu, významného skleníkového plynu.

Navíc zastřešením skladu digestátu lze jímat plyn (cca 2,2 %) vznikající dokvašováním fermentačního zbytku. Odhadujeme, že počet zemědělských bioplynových stanic, které v Česku mají plynotěsně uzavřený sklad digestátu se pohybuje v rozmezí 20-30 %, což je ve srovnání se sousedním Německem necelá polovina.

Náklady na zakrytí koncového skladu průměrné bioplynové stanice v ČR by činily zhruba 4 mil. Kč, z toho 2,5 mil. na dvoumembránový plynojem a 1,5 mil. na rozšíření ochrany proti atmosférické energii, dokumentaci atd. Celé opatření by přineslo úspory v podobě zachycení metanu zhruba CO_{2eq} 560 t/rok, resp. 80 %. Dále zastřešení koncového skladu přispívá k zachycení dalších 54 tis. m^3 bioplynu za rok vhodných k dalšímu využití. Navíc příjemným bonusem v podobě úspory vstupních substrátů 216 tis. Kč/rok dělá 4 Kč/m^3 náklad na bioplyn.

https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic



Obrázek 2: Možnosti využití zachytávaného CO_2

[Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz]
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Bioplyn + udržitelné zemědělství v ČR:

- Dle:J.Habart, čas. Energie 21, str. 28-29 (2023):

Aplikace digestátu + kompostu nahrazuje až 85 % jinak nutných minerálních hnojiv

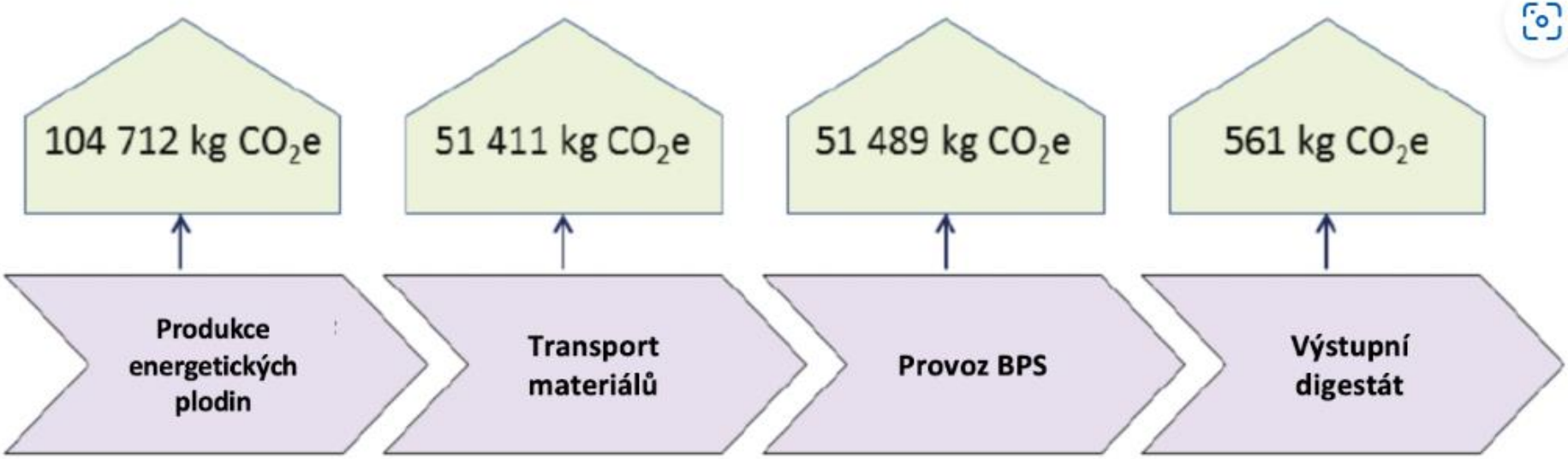
Velmi vhodné kombinovat fixátory dusíku (vojtěška, jetel) pro produkci bioplynu a následné využití biodostupného dusíku ve vzniklém digestátu

1 ha vojtěšky váže 150 kg vzdušného dusíku = množství potřebné pro hnojení 1 ha obilnin (odpovídá spotřebě 200 m3 zemního plynu při výrobě synt. amoniaku, tj. 7 GJ)

Akční plán: při 100% potravinové soběstačnosti **možno uvolnit: 1,160-1,508 mil.ha** (orné půdy a trvalých travních porostů)

+ dále potenciálně plochy nevhodné pro pěstování krmiv a potravin (rekultivovaná, sanovaná půda či půda po záplavách)

Uhlíková stopa bioplynové stanice:



Obrázek 1: Uhlíková stopa maďarské BPS o výkonu 0,637 MW z roku 2013. Na emisích z produkce biomasy se nejvíce podílela průmyslová hnojiva. Část emisí z provozu souvisí s nevyužitým teplem. (zdroj: Szabó a kol. 2014)

G. Szabó, I. Fazekas, S. Szabó, G. Szabó, Tamás Buday, M. Paládi, K. Kisari, A. Kerényi less. 2014. THE CARBON FOOTPRINT OF A BIOGAS POWER PLANT

Biom :: Ha My Nguyenová, Vojtěch Pospíšil : Energetická efektivita a snižování emisí bioplynových stanic : Biom.cz
https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-efektivita-a-snizovani-emisi-bioplynovych-stanic

Problematika pěstování vojtěšky (biologického fixátoru dusíku):

Vojtěška – Bioplyn z Vojtěšky

Výnosy 7,5 – 9,0 t.ha^{-1} (potenciál využit z 50 – 60%).

Vojtěška i jetel obsahují vyšší koncentrace dusíku, než běžně.

Pro využití v bioplynové stanici je nutné ověřit, zda může bioplynová stanice využívat suroviny substráty vláknitých tvarů. Některé technologie BPS s takovýmito substráty nepočítají a delší stonky vojtěšky (stejně tak jetele) se mohou namotávat na rotující částí míchadel popř. rotorů čerpadel a řezacích zařízení.

Výnos a kvalita píce vojtěšky seté a jetele lučního po aplikaci Rizobinu - Agris.cz

Vliv vegetačního stadia vojtěšky na obsah živin (v g/1 kg sušiny)

Vegetační stadium	N - látky	Vláknina	Sacharidy	Popel	NEL (MJ)
Před poupaty	215	185	0,3	134	6,1
Butonizace (poupata)	210	250	1,0	120	5,5
Začátek kvetení	180	285	1,2	125	5,1
Konec kvetení	175	345	2,0	110	4,7
Po odkvětu	160	385	0,1	100	4,5

Odhad. potenciál biomasy v ČR

- Dle:J.Habart, čas. Energie 21, str. 28-29 (2023):

Aktuální výměra zemědělské půdy pro pěstování biopaliv: 350-400 tis. ha

Akční plán: při 100% potravinové soběstačnosti **možno uvolnit: 1,160-1,508 mil.ha** (orné půdy a trvalých travních porostů)

+ dále potenciálně plochy nevhodné pro pěstování krmiv a potravin (rekultivovaná, sanovaná půda či půda po záplavách)

Produkce energie z bioplynu v ČR = 6,7 TWh (2022)

- Dle:J.Habart, čas. Energie 21, str. 28-29 (2023):

do r. 2026 dle směrnice EU RED II a RED III, Fit for 55 a REPowerEU: min. 30 TWh

Potenciál bioodpadů (1,5 mil.t) vč. statkových hnojiv:

2,6 TWh, ale:

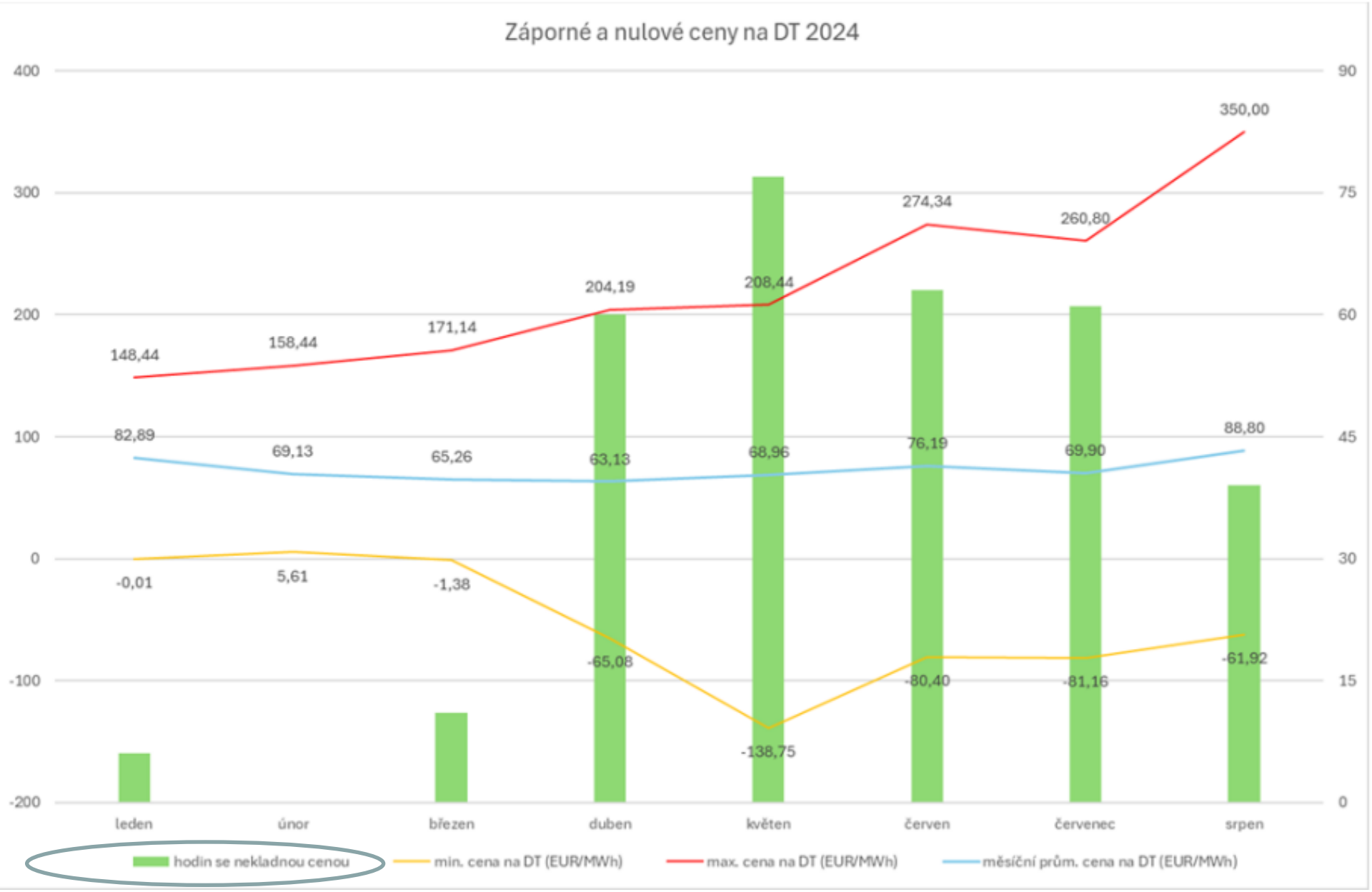
Aktuální výměra zemědělské půdy pro pěstování biopaliv: 350-400 tis. ha (z toho pro bioplyn: 130-180 tis.ha)

Akční plán: při 100% potravinové soběstačnosti **možno uvolnit: 1,160-1,508 mil.ha** (orné půdy a trvalých travních porostů)

+ dále potenciálně plochy nevhodné pro pěstování krmiv a potravin (rekultivovaná, sanovaná půda či půda po záplavách)

Zastropování výkupních cen elektřiny, dle novely energetického zákona platného od 1.12.2022:

- (1) Strop tržního příjmu činí v případě tržního příjmu získaného z prodeje 1 MWh elektřiny vyrobené
- a) využitím energie větru 180 eur,
- b) využitím energie slunečního záření 180 eur,
- c) využitím geotermální energie 180 eur,
- d) využitím energie vody 180 eur,
- **e) z plynného paliva z biomasy 240 eur,**
- f) z pevného paliva z biomasy 210 eur,
- g) energetickým využitím komunálního odpadu 100 eur,
- h) z jaderné energie 70 eur,
- i) z hnědého uhlí v případě elektřiny vyrobené ve výrobně elektřiny s instalovaným elektrickým výkonem největšího výrobního zdroje ve výrobně elektřiny
- 1. do 140 MW 230 eur,
- 2. nad 140 MW 170 eur,
- j) z minerálních olejů 180 eur,
- k) z rašeliny 180 eur.

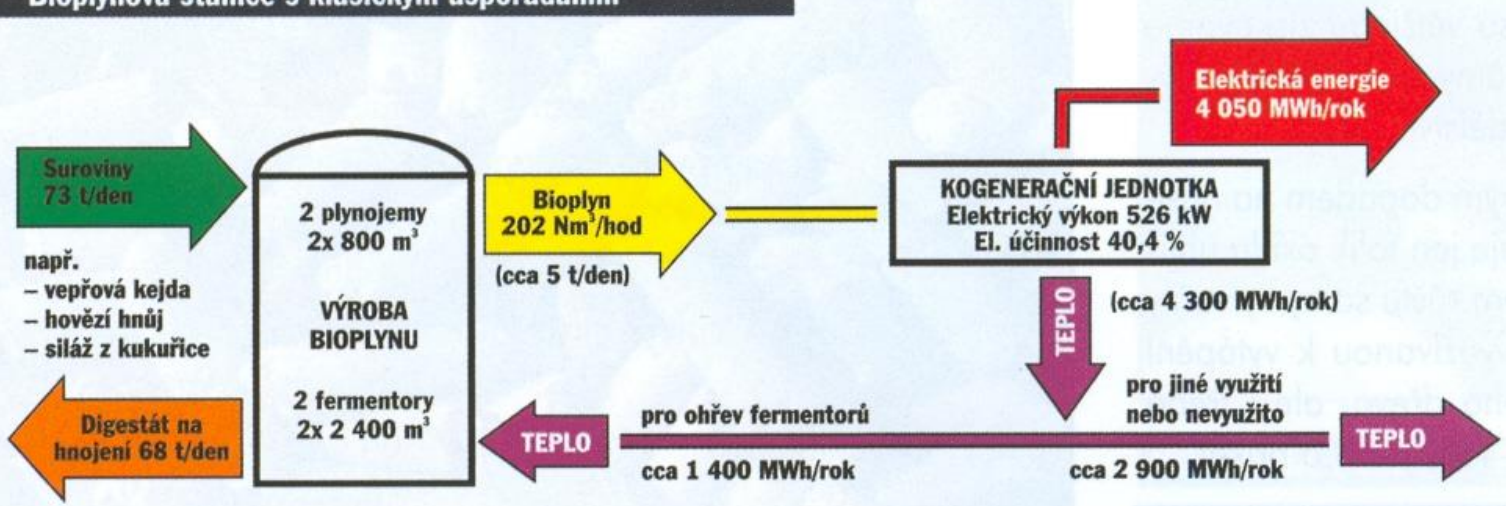

Záporné a nulové ceny na DT 2024
400
300
200
100
0
-100
-200
90
75
60
45
30
15
0
148,44
158,44
171,14
204,19
208,44
274,34
260,80
350,00
82,89
69,13
65,26
63,13
68,96
76,19
69,90
88,80
-0,01
5,61
-1,38
-65,08
-138,75
-80,40
-81,16
-61,92
leden
únor
březen
duben
květen
červen
červenec
srpen
hodin se nekladnou cenou
min. cena na DT (EUR/MWh)
max. cena na DT (EUR/MWh)
měsíční prům. cena na DT (EUR/MWh)

Bioplynová stanice jako možný poskytovatel služeb výkonové rovnováhy:

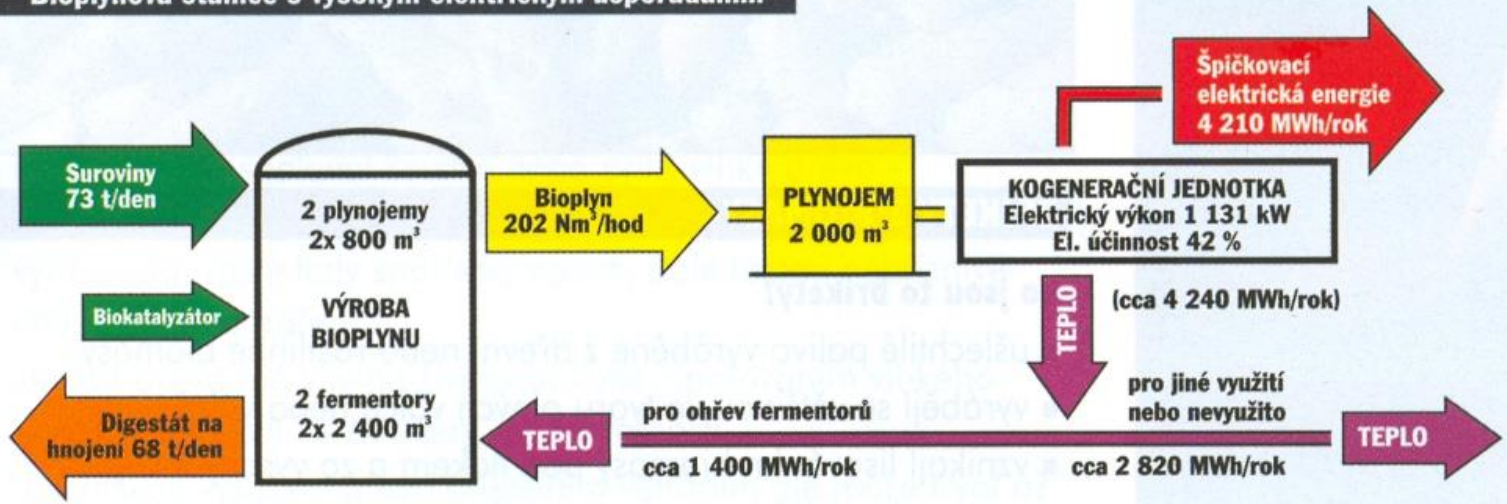
1. Produkci bioplynu příliš nelze ovlivnit => stabilní výkon podobný produkci jaderných elektráren
2. Biomethan lze lépe skladovat a transportovat než vodík

BPS S VYUŽITÍM PRŮMYSLOVÝCH VZORŮ SKANSKA

Bioplynová stanice s klasickým uspořádáním



Bioplynová stanice s vysokým elektrickým uspořádáním



Schematické znázornění rozdílů bioplynové stanice s vysokým elektrickým výkonem od klasické bioplynové stanice

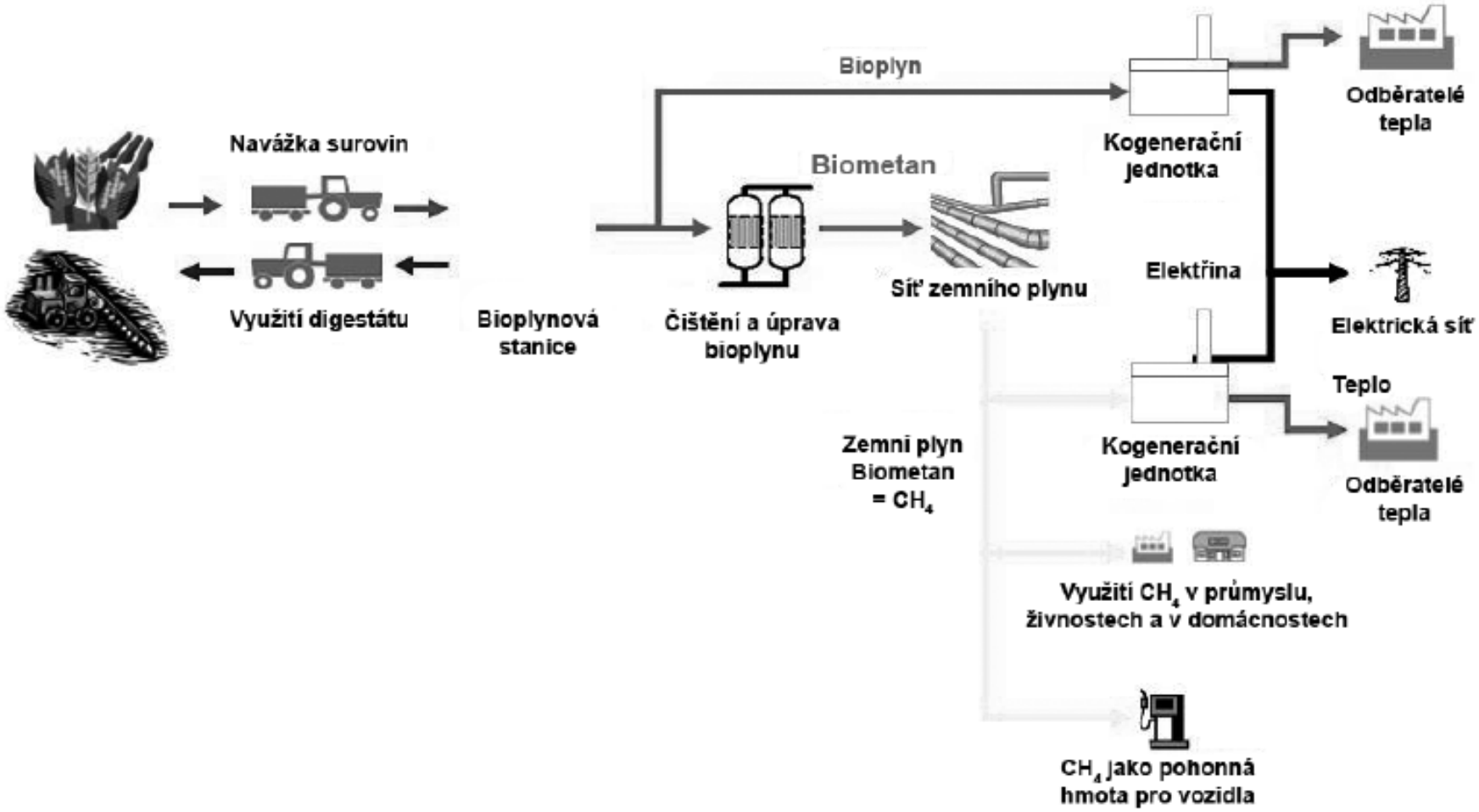
Bioplyn na biomethan:

- Podle analýzy CZ BIOM, největšího oborového sdružení v bioenergetice, můžeme při plánovaném rozvoji produkce do roku 2030 nahradit 20 % zemního plynu biometanem z domácí výroby.

- Biometan je budoucností českého plynárenství | Aktuality | Česká bioplynová asociace (czba.cz)

Příležitosti

- nový obnovitelný zdroj energie
- možnost částečné náhrady ropných produktů za „domácí“ palivo

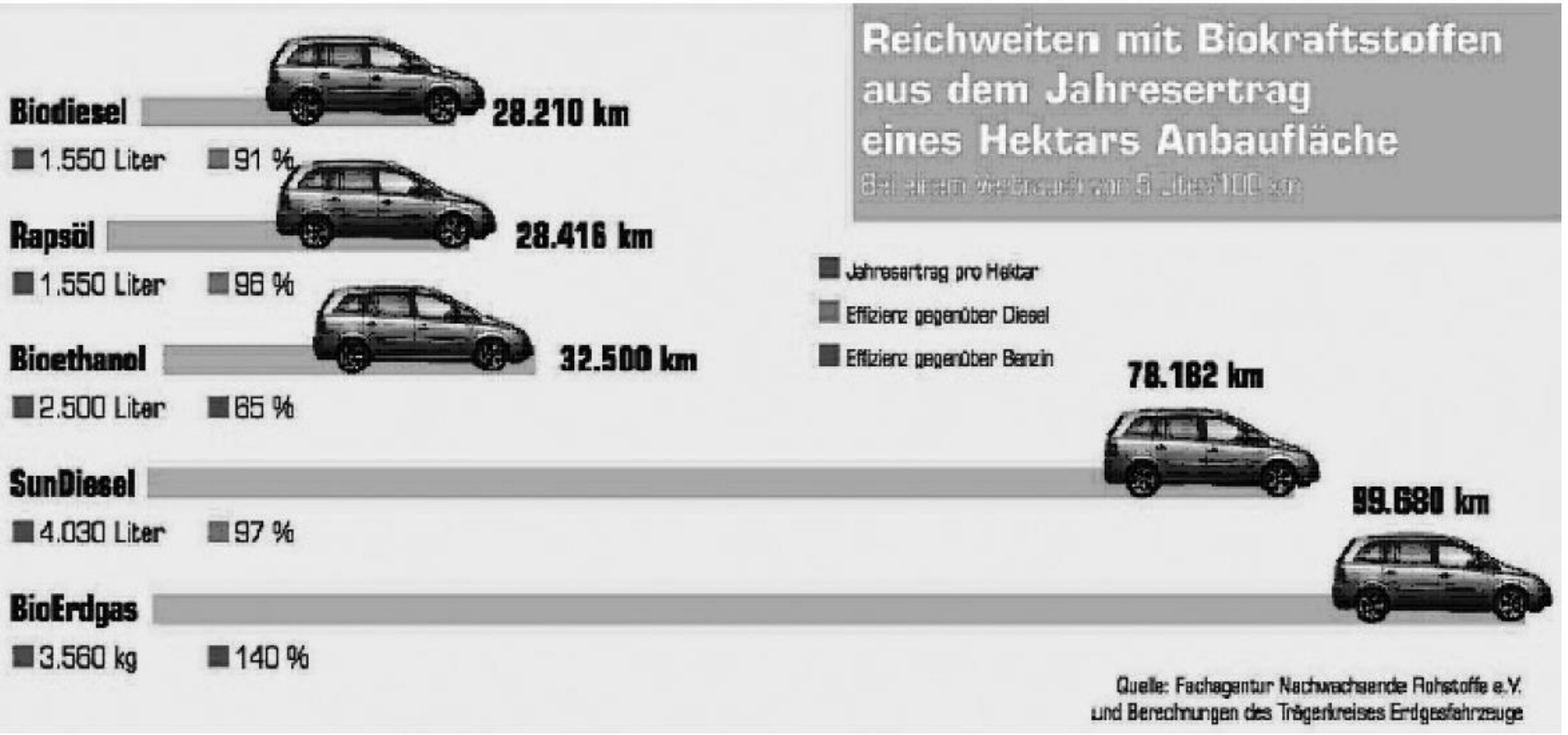


Obrázek 4 – Schéma výroby a využití bioplynu, biometanu

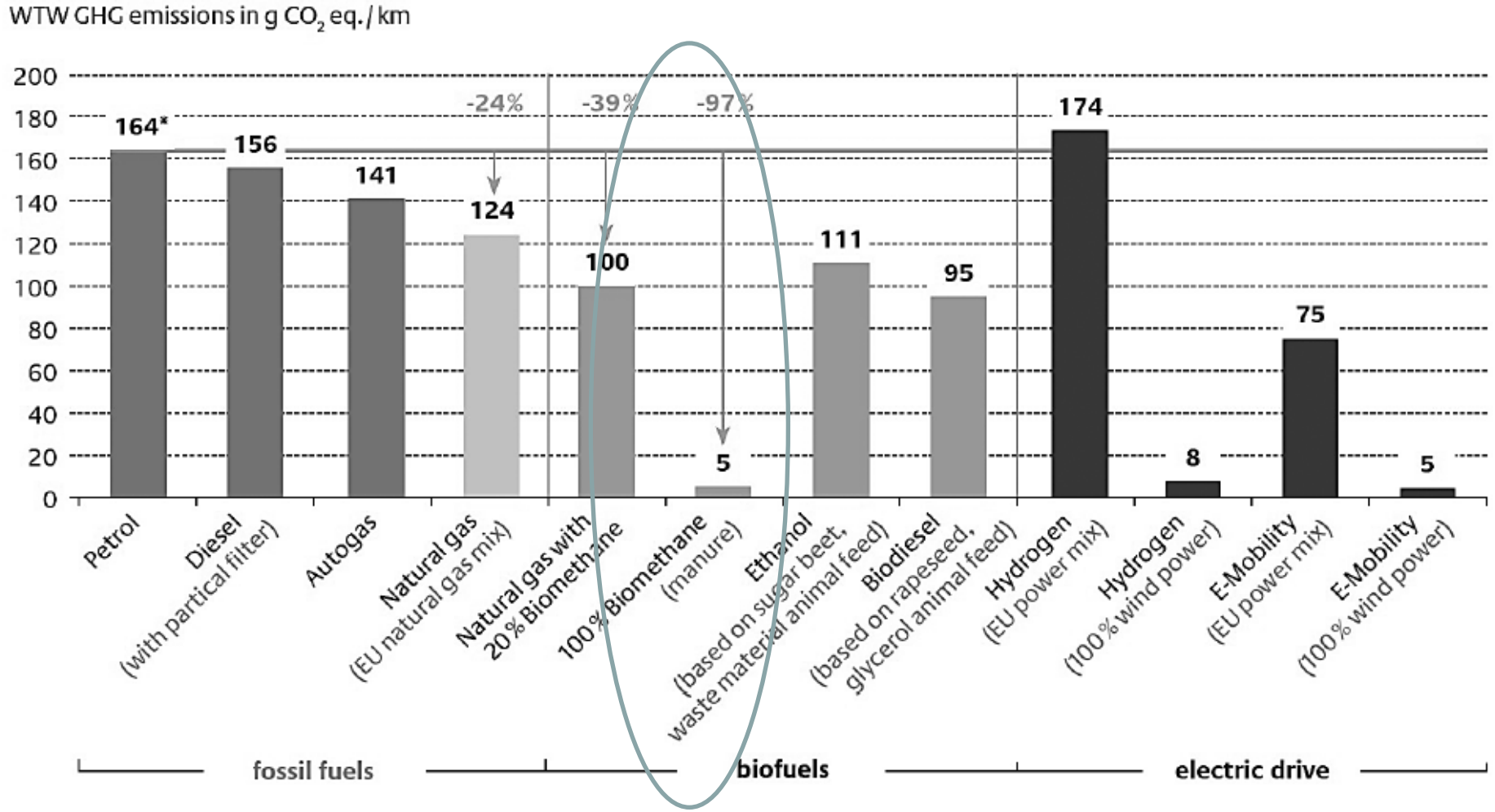
Využití biometanu v dopravě – BioCNG



Obrázek 10 – Plnění vozidla BioCNG



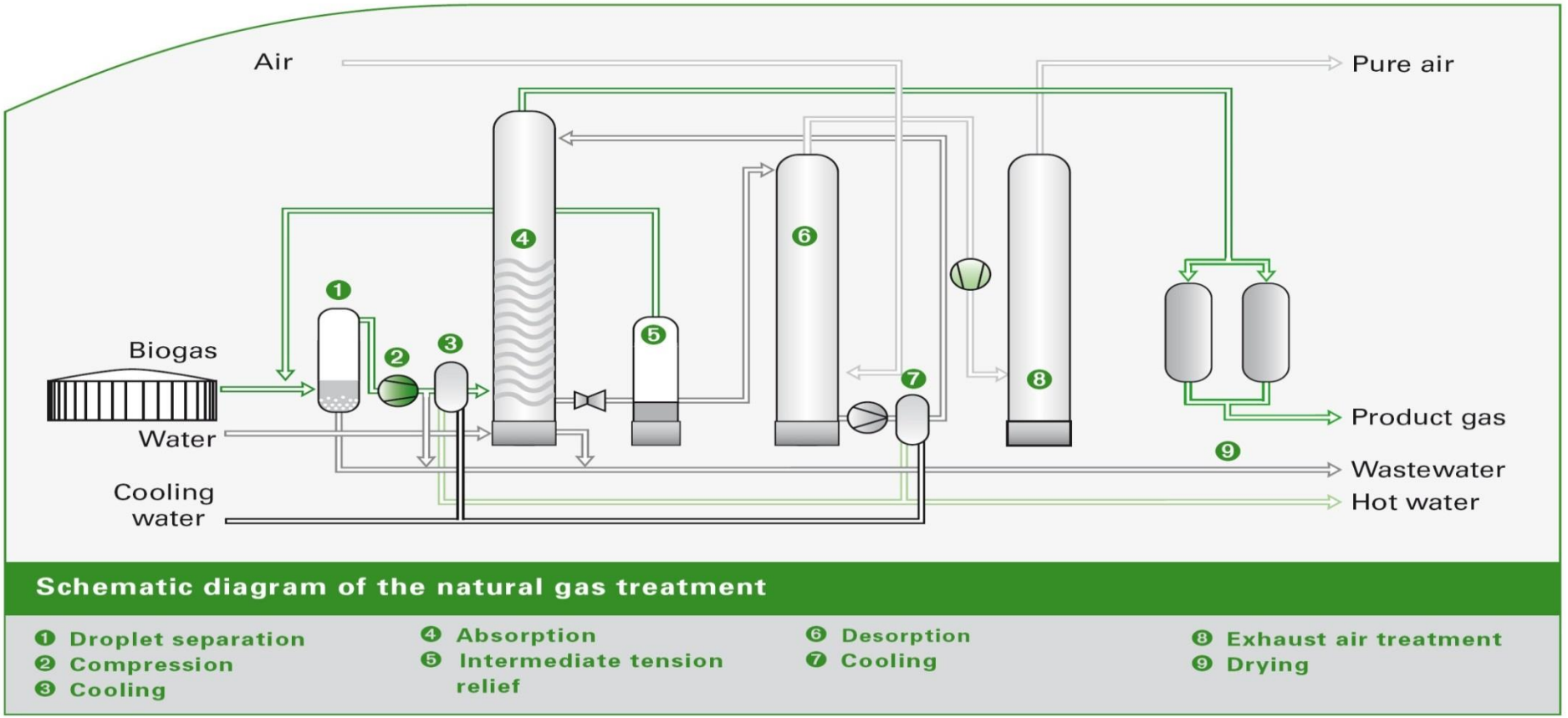
Obrázek 12 – Ujeté kilometry na 1 hektar biomasy



Obrázek 13 – Porovnání emisí CO_2 (g CO_2/km) u fosilních paliv, biopaliv a elektřiny

Zdroj: Concawe, Eucar, European Commission: WELL-TO-WHEELS ANALYSIS OF FUTURE AUTOMOTIVE FUELS AND POWERTRAINS IN THE EUROPEAN CONTEXT, March 2007

High-tech = Bioplyn do plynovodů zemního plynu a pro pohon dopravních prostředků:



Obsah methanu je nutné zvýšit na nejméně 97% s použitím 2-stupňového procesu.

1. Stlačením bioplynu a jeho ochlazením dojde k oddělení většiny CO_2
2. Tlakovou absorpcí do vody dojde k oddělení zbylého CO_2 a H_2S

Nejpoužívanější metody čištění:

1. **Adsorpce:**
   - Metoda střídání tlaků /Pressure Swing Adsorption – PSA/

2. **Absorpce:**
   - fyzikální: tlaková vodní vypírka /Pressure Water Absorption – PWA, Water Scrubbing – DWW/
   - chemická vypírka – Chemical Scrubbing
   - nízkotlaká absorpce – Low Pressure Absorption

3. **Membránová separace** /Membrane separation/

4. **Nízkoteplotní rektifikace – vymrazování CO_2** /Cryogenic upgrading/

bioplynu. Na vyčištění bioplynu se spotřebuje 5–8 % energie obsažené v bioplynu v závislosti na použité metodě.

Tabulka 10 – Základní parametry jednotlivých čistících procesů

Parametr	PSA	Vodní vypírka	Chemická vypírka	Membránová separace	Kryogenní metody
Spotřeba energie ($kWh.m^3$)	0,23	0,3–0,6	0,67		0,8–1,8
Plyn výstup – CH_4	97 % – 99 %	98,5 %	99 %	95 %	99 %
Provozní teplota (°C)	–	–	160		−80
Provozní tlak (MPa)	0,4–0,7	0,4–0,7	atmosfé-rický	vysokotlaké > 2 nízkotlaké 0,8–1	
Částečné odstranění H_2S	ne	možné	ano	možné	možné

Požadavky na kvalitu biometanu pro možnost jeho dodávky do plynárenských sítí v ČR

Parametr	Hodnota
Obsah metanu	min. 95,0 % mol.
Obsah vody	max. –10°C
vyjádřený jako teplota rosného bodu vody při předávacím tlaku[1)]	
Obsah kyslíku	max. 0,5 % mol.
Obsah oxidu uhličitého	max. 5,0 % mol.
Obsah dusíku	max. 2,0 % mol.
Obsah vodíku	max. 0,2 % mol.
Celkový obsah síry (bez odorantů)	max. 30 $mg.m^{-3}$ [2)]
Obsah merkaptanové síry (bez odorantů)	max. 5 $mg.m^{-3}$ [2)]
Obsah sulfanu (bez odorantů)	max. 7 $mg.m^{-3}$ [2)]
Obsah amoniaku	nepřítomen[3)]
Halogenované sloučeniny	max. 1,5 mg (Cl+F) m^{-3} [2)]
Organické sloučeniny křemíku	max. 6 mg (Si)m^{-3} [2)]
Mlha, prach, kondenzáty	nepřítomny[3)]

1) *Předávacím tlakem se rozumí minimální požadovaný tlak v místě napojení výrobny plynu na plynárenskou soustavu, který je dohodnutý ve smlouvě o připojení (musí být specifikováno, zda se jedná o přetlak, nebo absolutní tlak).*

2) *Referenční podmínky t_v = 15 °C, p_v = 101,325 kPa.*

3) *Pod pojmem nepřítomen/nepřítomny se rozumí odstranění nečistot do té míry, aby byl zabezpečen bezproblémový transport plynu v distribuční soustavě a bezproblémový provoz plynových spotřebičů a zařízení.*

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **02.06.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **18.01.2012**
(Věstník č. 3/2012)

(21) Číslo dokumentu:

2010-437

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

B01D 53/77	(2006.01)
B01D 53/00	(2006.01)
C10L 3/00	(2006.01)

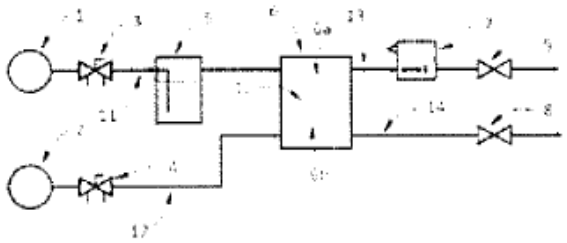
(71) Přihlašovatel:
Česká hlava s.r.o., Svatý Jan pod Skalou, okr. Beroun, CZ

(72) Původce:
Izák Pavel Ing. Ph.D., Praha 9, CZ
Poloncarzová Magda Ing., Litoměřice, CZ
Vejražka Jiří Ing. Ph.D., Praha 6, CZ

(74) Zástupce:
Čermák a spol., JUDr. Karel Čermák, advokát, Národní 32, Praha 1, 11000

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob obohacování bioplynu z čističek odpadních vod nebo ze zemědělské prvovýroby o methan a zařízení k provádění tohoto způsobu



Tabulka 3

Obohacení reálného bioplynu methanem pomocí kondenzující vodní membrány

Označ.vzorku	množství	nástřik	retentát	permeát
Aromatické uhlovodíky				
toluen	mg/m^3	38.6	6.26	15.2
ethylbenzen	mg/m^3	10.9	<0,07	2
xyleny	mg/m^3	37.6	1.66	6.6
Suma aromatických uhlovodíků	mg/m^3	87.1	7.92	23.8
Chlorované a alifatické uhlovodíky				
cis-dichlorethen	mg/m^3	1.57	<0,10	<0,10
trichlorethen	mg/m^3	2.54	0.960	1.74
tetrachlorethen	mg/m^3	4.15	1.04	1.29
Suma chlorovaných a alifatických uhlovodíků	mg/m^3	8.26	2	3.8
ZÁKLADNÍ ANALÝZA PLYNU				
oxid uhličitý	% v/v	30	21.3	86
metan	% v/v	69	76	14
sulfan	mg/m^3	7,95	<0,91	<0,61
SILOXANY				
L3 - oktamethyltrisiloxan	mg/m^3	4.13	<0,1	<0,1
D4 - oktamethylcyklotetrasiloxan	mg/m^3	14.4	<0,1	<0,1
L4 - dekamethyltetrasiloxan	mg/m^3	2.2	<0,1	<0,1
D5 - dekamethylcyklopentasiloxan	mg/m^3	109.6	9.1	13
Suma siloxanů	mg/m^3	130.3	9.1	13

Biomethanové stanice v ČR (2022):

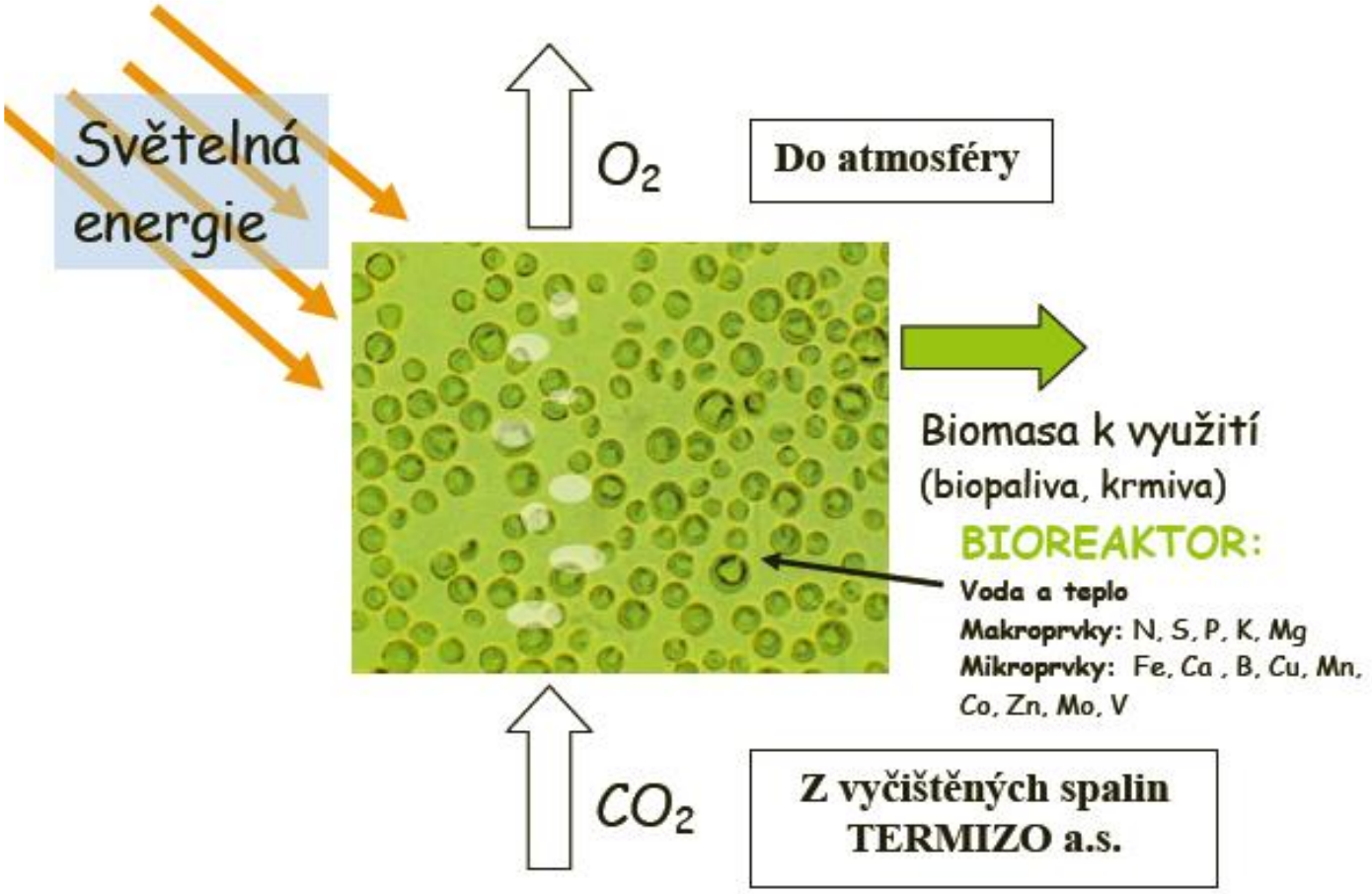
- **V Litomyšli vznikla jedna z prvních biometanových stanic v Česku**
- V Litomyšli vznikla jedna z prvních biometanových stanic v Česku - Ekolist.cz
- Vyrábí elektřinu a k tomu čistí bioplyn na biometan. Vtlačuje ho do plynárenské rozvodné sítě a zásobuje novou čerpací stanici na zemní plyn. **Investiční náklady činily 50 milionů korun**, uvedlo Zemědělské družstvo chovatelů a pěstitelů Litomyšl. Investici za více než 50 milionů korun realizovaly společnosti Hutira – Brno a Hutira green gas, které většinově patří jihomoravskému podnikateli Ivo Hutirovi.
- "**Kogenerace má z hlediska výroby elektřiny účinnost jen okolo 35 procent**. **Dalších 30 procent je pak v teple, pro které například v létě nemáme využití**. Když nyní poputuje do plynárenské sítě biometan, zákazníci naší energie využijí mnohem více," řekl ředitel Zemědělského družstva chovatelů a pěstitelů Litomyšl Jan Pechanec.
- Stanice by měla za deset let zpracovat 30,6 milionu krychlových bioplynu, ročně to znamená 1,7 milionu metrů krychlových biometanu.

Biomasa z řas

Přináší možnost využití CO_2 k průmyslové výrobě biomasy

ALGANOL – možnosti transformace CO_2 z plynných odpadů spalovny komunálních odpadů až na biopaliva (TERMIZO a.s. Liberec)

- **Při fotosyntéze řas platí, že pro produkci 1 kg suché hmoty řas je zapotřebí přibližně 2 kg CO_2, přičemž se v procesu fotosyntézy do atmosféry uvolní přibližně 1,5 kg O_2**



Ověřování možnosti využití CO_2 z vyčištěných spalin ze závodu na energetické využití odpadů (spalovny komunálních odpadů)



Celková pohled na zařízení TVO

TERMIZO Liberec:



Výroba z biomasy řas má proti tradičním zemědělským postupům výhody:

· **vysoká jednotková produktivita** (při použití třeboňské technologie 50-100 tun suché hmoty řas/ha) v závislosti na klimatických podmínkách.

· výběrem vhodných kmenů, řízenými zásahy do biochemických procesů v řasové buňce a regulací kultivačních podmínek **lze získat produkt s vyšším obsahem škrobu** (surovina pro fermentaci bioetanolu) **nebo lipidů** (biodiesel).

· ve srovnání s kulturními plodinami **poloviční spotřeba vody v přepočtu na jednotku produktu**

· **kultivaci lze dále významně zlevnit využitím odpadního spalinového CO_2**, který tvoří až 50 % ceny všech potřebných živin.

· **další zlevnění přinese** počítačově **řízený provoz**, během kterého **jsou kultivační parametry udržovány v rozsahu podmínek optimálních pro růst řas**. obsahy škrobů (nyní již více než 50% sušiny) a lipidů. Potom je zde reálná varianta produkce biopaliv.

Kultivační technologie:

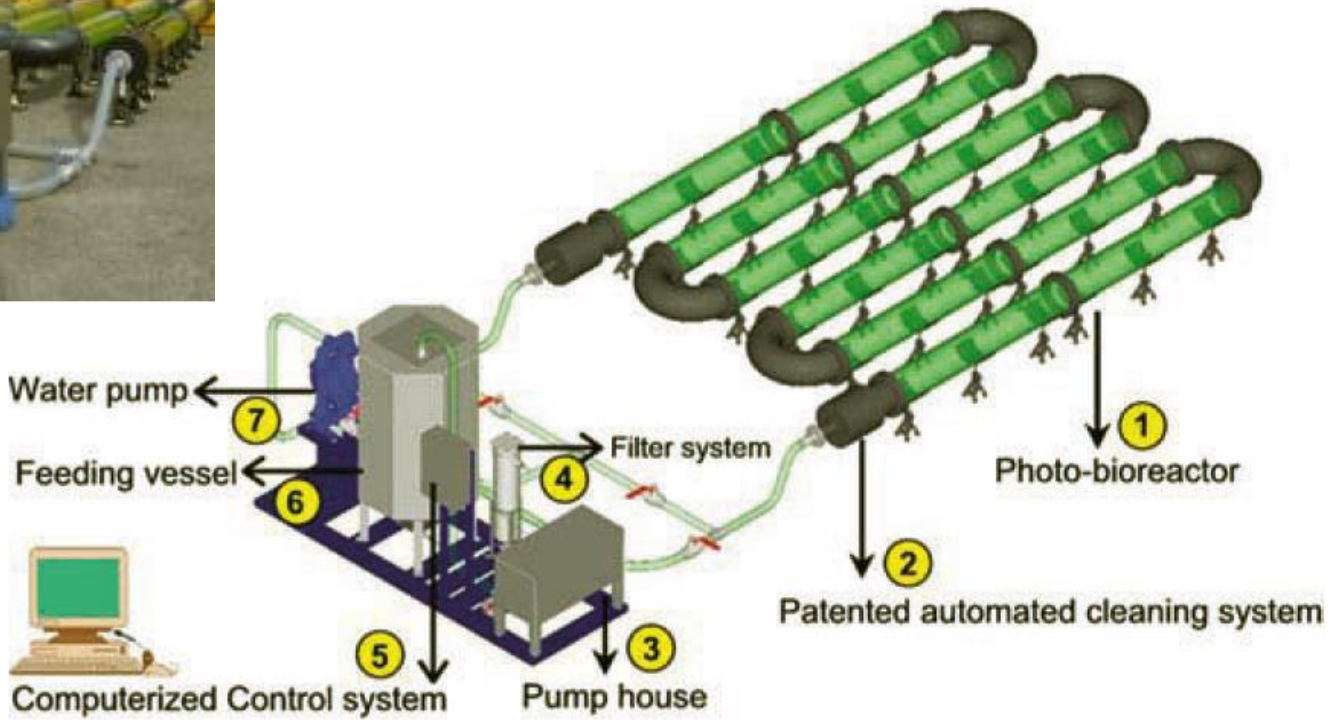
- **Velkoobjemová,** komerčně zaměřená kultivace řas se ve světě v současnosti provádí téměř výhradně v otevřených kruhových nebo eliptických bazénech.

- V nich je 15-30 cm silná vrstva anorganického živného roztoku s řasami, vystavená slunečnímu svitu a probublávaná oxidem uhličitým, pomocí lopatkových míchadel v neustálém pohybu (tedy i v nočních hodinách, kdy řasy nerostou).

- Tato technologie má řadu závažných nedostatků, které se projevují nízkými výnosy a vysokými kultivačními náklady.

AlgaeLink NV, Roosendaal (Holandsko) nabízí **trubkové bioreaktory pro pěstování řas** v různých velikostech od demonstračních jednotek o výkonu několika kg suchých řas za den **až** po jednotky **o výkonu 100 tun řas denně Trubkové reaktory systémů o výkonu 100 tun řas denně mají celkovou délku asi 107 km, investiční náklady na pořízení tohoto největšího reaktoru činí asi 10 mil. €.**





Hektarové výnosy některých energetických rostlin[13,14].

rostlina	výnosy suché hmoty (t/ha)	spalné teplo (MJ/kg)	energetický výnos (GJ/ha)
řepková sláma	4,5	17,5	78,8
křídlatka	30	19,4	582
šťovík krmný	7	17,8	125
rychle rostoucí dřeviny	8 - 13	16,5	132 - 215
řasy (chlorella)	až 140	20,4	až 2 860
obilní sláma	3 - 5	17,5	52 - 88

AlgaeLink NV, Roosendaal (Holandsko) nabízí trubkové bioreaktory pro pěstování řas v různých velikostech od demonstračních jednotek o výkonu několika kg suchých řas za den až po jednotky o výkonu 100 tun řas denně; trubkové reaktory těchto největších systémů mají celkovou délku asi 107 km, investiční náklady na pořízení tohoto největšího reaktoru činí asi 10 mil. €.

http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=veda-a-vyzkum&nid=pro-studenty

Pro studenty

- Česká bioplynová asociace podporuje studenty a mladé vědce. Pokud studuješ na vysoké škole v bakalářském, magisterském, inženýrském nebo doktorandském studiu a chceš se k nám přidat, uveď při zaslání členské přihlášky do poznámky, že jsi student a obdržíš statut člena zdarma!

Studentům nabízí:

- výměnu zkušeností s předními odborníky
- aktivní účast na dění v CzBA
- zapojení do národních a mezinárodních projektů
- účast na tematických akcích CzBA (zejména konference) se slevou
- zprostředkování odborných tuzemských i zahraničních kontaktů
- apod.
- Pokud Tě výše uvedené zaujalo, staň se naším členem!

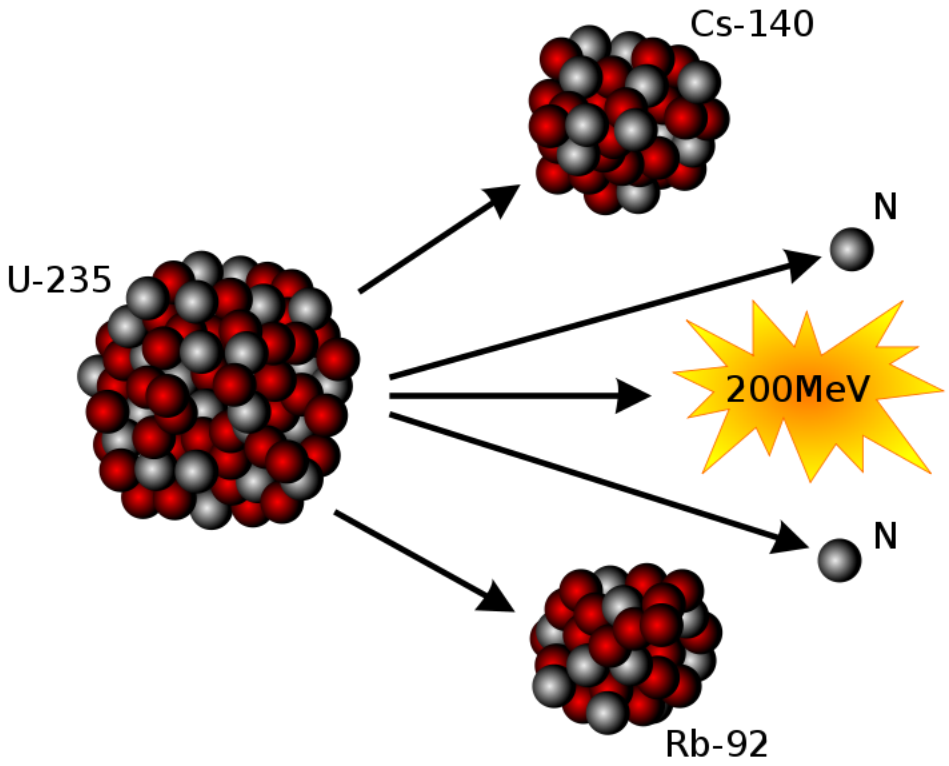
Jaderná energetika

= využití tepelné energie uvolněné štěpením atomových jader

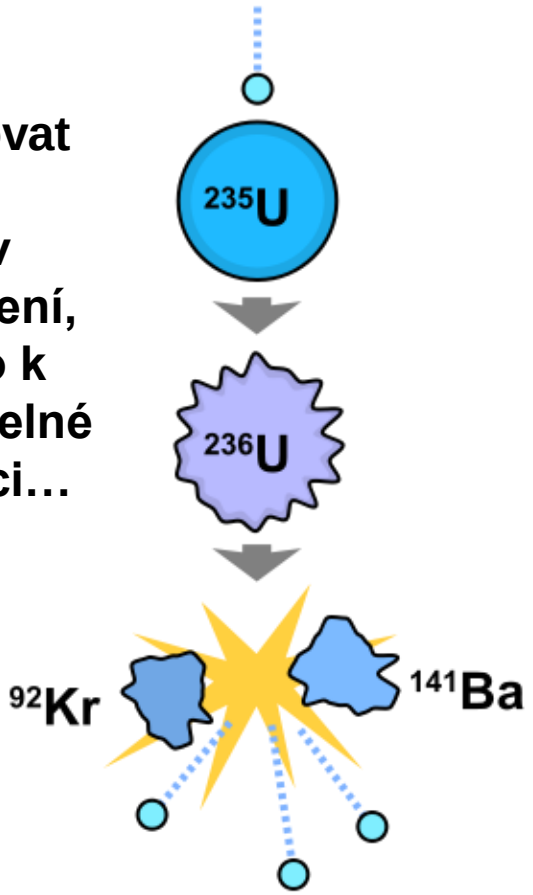




Využitelné jaderné štěpení:



Nutno regulovat množství neutronů v procesu štěpení, aby nedošlo k nekontrolovatelné jaderné reakci…

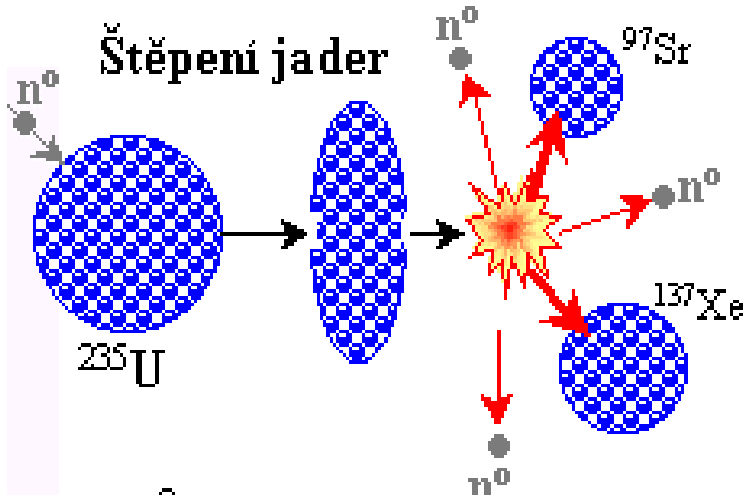


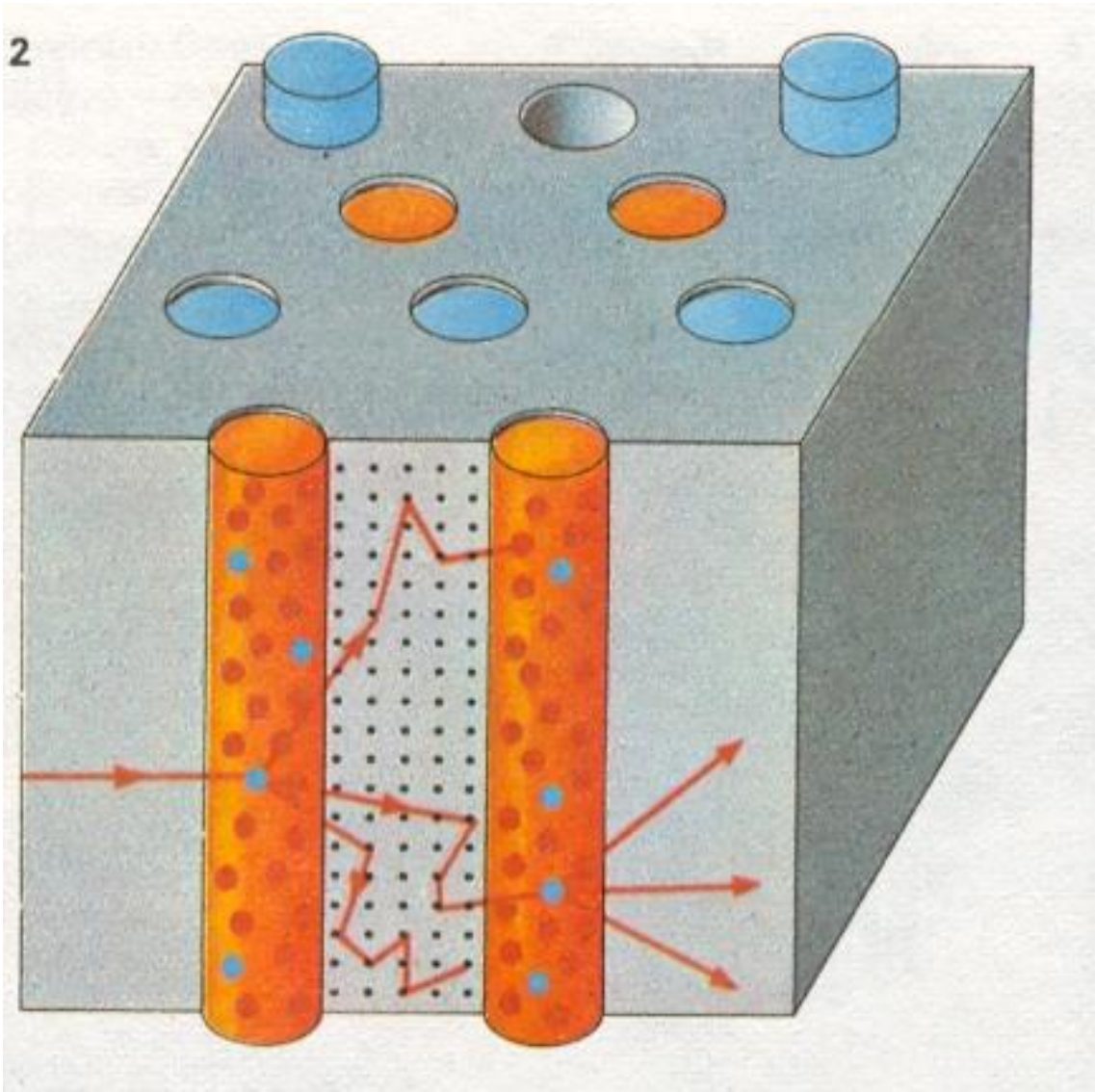
Při rozpadu atomových jader těžkých prvků se uvolňují neutrony, gama záření a neutrina.
Neutrony jsou zpomaleny, aby bylo možné jejich zachycení dalšími atomovými jádry, tím způsobí jejich následný rozpad, a tak to pokračuje řetězově dále.
Energie, kterou odebereme neutronům spolu se vstřebáním gama záření ohřívají chladící látku tzv. primárního okruhu. Ta předává svoje teplo v parogenerátoru do sekundárního okruhu, kde horká pára roztáčí turbíny vyrábějící elektrickou energii.

Důsledky nekontrolovaného jaderného štěpení:



Schéma činnosti reaktoru (kontrolované štěpení):





V souvislosti s možnostmi snížení antropogenních emisí CO_2 při získávání energie:

- **Přechod na jadernou energetiku (nutnost zvýšit kapacitu jaderných elektráren na 5-násobek současného stavu)**

- Přechod z uhlí na uhlovodíková paliva (CH_4)

Podíl na produkci CO_2 : 43% ropa, 37% uhlí, 20% zemní plyn (problematika těžby břidlicového plynu)

- Zvýšení účinnosti tepelných elektráren z dosavadních 40 na 60%

- Ukládání produkovaného CO_2 do geologických vrstev za spoluvyužití při zvýšení efektivnosti těžby ropy

- Náhrada fosilních paliv za obnovitelná paliva (úloha bioplynu)

Instalovaný výkon energ.zdrojů v ČR (Statistická ročenka ČR z 2024)

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů

16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Celkový instalovaný výkon	**MW**	**21 877**	**21 378**	**20 877**	**21 160**	**22 093**	***MW***	***Installed capacity, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	MW	12 786	12 385	11 875	11 792	11 901	*MW*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	MW	4 290	4 290	4 290	4 290	4 290	*MW*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	MW	175	.	.	.	.	*MW*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	MW	2 266	2 285	2 286	2 290	2 288	*MW*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	MW	282	339	339	339	342	*MW*	*Wind power plants*
solární elektrárny	MW	2 078	2 079	2 087	2 449	3 272	*MW*	*Solar power plants*

JE v ČR disponovaly v r. 2023 tvoří cca. 18 % inst.výkonu

Úloha energ.zdrojů v ČR: (Statistická ročenka ČR z 2024)

Energetika
Energy

16-4 Výroba elektřiny a ostatních energetických zdrojů
16-4 Production of electricity and other energy sources

Pramen: Český statistický úřad, Energetický regulační úřad, Ministerstvo průmyslu a obchodu

Source: *Czech Statistical Office, Energy Regulatory Office, Ministry of Industry and Trade*

Ukazatel	Měřicí jednotka	2015	2020	2021	2022	2023[1)]	*Unit*	*Indicator*
Výroba elektřiny celkem	**GWh**	**83 892**	**81 525**	**85 016**	**84 848**	**76 938**	***GWh***	***Electricity production, total***
v tom:								
parní a paroplynové elektrárny	GWh	51 102	45 051	47 813	47 476	39 507	*GWh*	*Steam and combined power plants*
jaderné elektrárny	GWh	26 841	30 043	30 731	31 022	30 410	*GWh*	*Nuclear power plants*
spalovací elektrárny	GWh	42	.	.	.	.	*GWh*	*Combustion plants*
vodní elektrárny	GWh	3 071	3 437	3 620	3 083	3 427	*GWh*	*Hydroelectric power plants*
větrné elektrárny	GWh	572	699	602	641	702	*GWh*	*Wind power plants*
solární elektrárny	GWh	2 264	2 294	2 249	2 626	2 892	*GWh*	*Solar power plants*

JE v ČR v r.2023 vyrobily skoro 40 % el.energie

Jaderná energetika

Viz.: http://www.sujb.cz/docs/Z18_1997Sb.pdf

ZÁKON č. 18/1997 Sb.

o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření

http://cs.wikipedia.org/

http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/nuklear.htm

http://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1_energie

Jaderná energetika

- **European Green Deal**: cílem bylo do r. 2050 dosáhnout CO_2 emisní neutrality

- **Dle statistik EU jaderné elektrárny uspoří ročně až 700 mil. tun CO_2 = produkce CO_2 provozem všech aut v EU**

Na světě v provozu zhruba 440 jaderných elektráren, produkují asi 16% veškeré elektrické energie

Na 1 kg paliva produkuje ohromné množství energie (prům. 33 000MWd/kg ^{235}U =

792 000 MWh/kg ^{235}U => SROVNEJ S cca.14MJ/kg = 3,9 MWh/kg hnědého uhlí)

Jaderná energetika

Výhody:

- **Prakticky neprodukuje CO_2.**
- **Dosahuje stabilně velkých výkonů**
- **Na 1 kg paliva produkuje ohromné množství energie (prům. 33 000MWd/kg ^{235}U = 792 000 MWh/kg ^{235}U)**
- **Zvládnutí jaderné technologie zvyšuje konkurenceschopnost průmyslu**
- **Obnovitelný zdroj?! v současné podobě ne, zásoby uranu (thoria) však vystačí Zemi na stovky (až tisíce) let, možnost využití plutonia?!**

Nevýhody:

- Nižší energetická účinnost v porovnání s tepelnými elektrárnami
- **Riziko havárie nebo násilné destrukce s nedozírnými následky => skutečné náklady na vyrobenou kWh???**
- **Nevyřešené odstraňování vznikajících radioaktivních odpadů.**

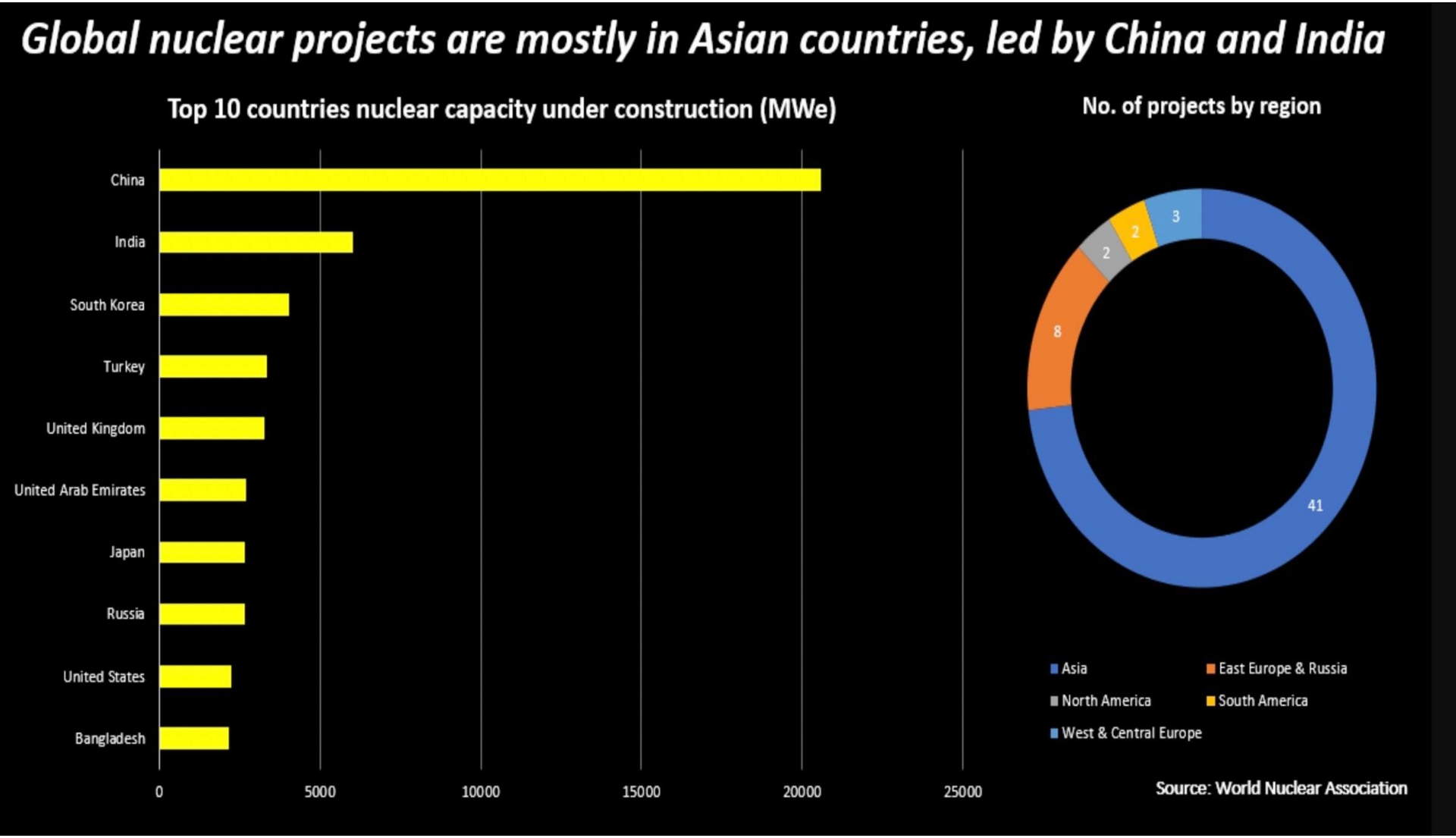
Rusko způsobilo, že jaderná energetika vstává z mrtvých (23. 8. 2022)

- Rusko způsobilo, že jaderná energetika vstává z mrtvých | Newstream
- Z nukleární energetiky se stává investiční megatrend. Nejen v Evropě, ale po celém světě se chystá řada jaderných projektů. Do boomu se dá investovat.
- Po ničivé havárii japonské jaderné elektrárny Fukušima před 11 lety to vypadalo, že nukleární energetika moc velkou budoucnost nemá. Kvůli tlaku veřejnosti tehdy řada států včetně Německa **rozhodla o odchodu od jaderné energie.**
- **V Británii oznámil odcházející premiér Boris Johnson** v dubnu novou rozsáhlou energetickou strategii, která požadovala vybudování až osmi nových jaderných elektráren – do roku 2050 by měly pokrýt 25 procent britské poptávky po elektřině. Francie chce spustit **14 nových reaktorů do roku 2050,** kvůli tomu chce zestátnit svou energetickou firmu EDF.

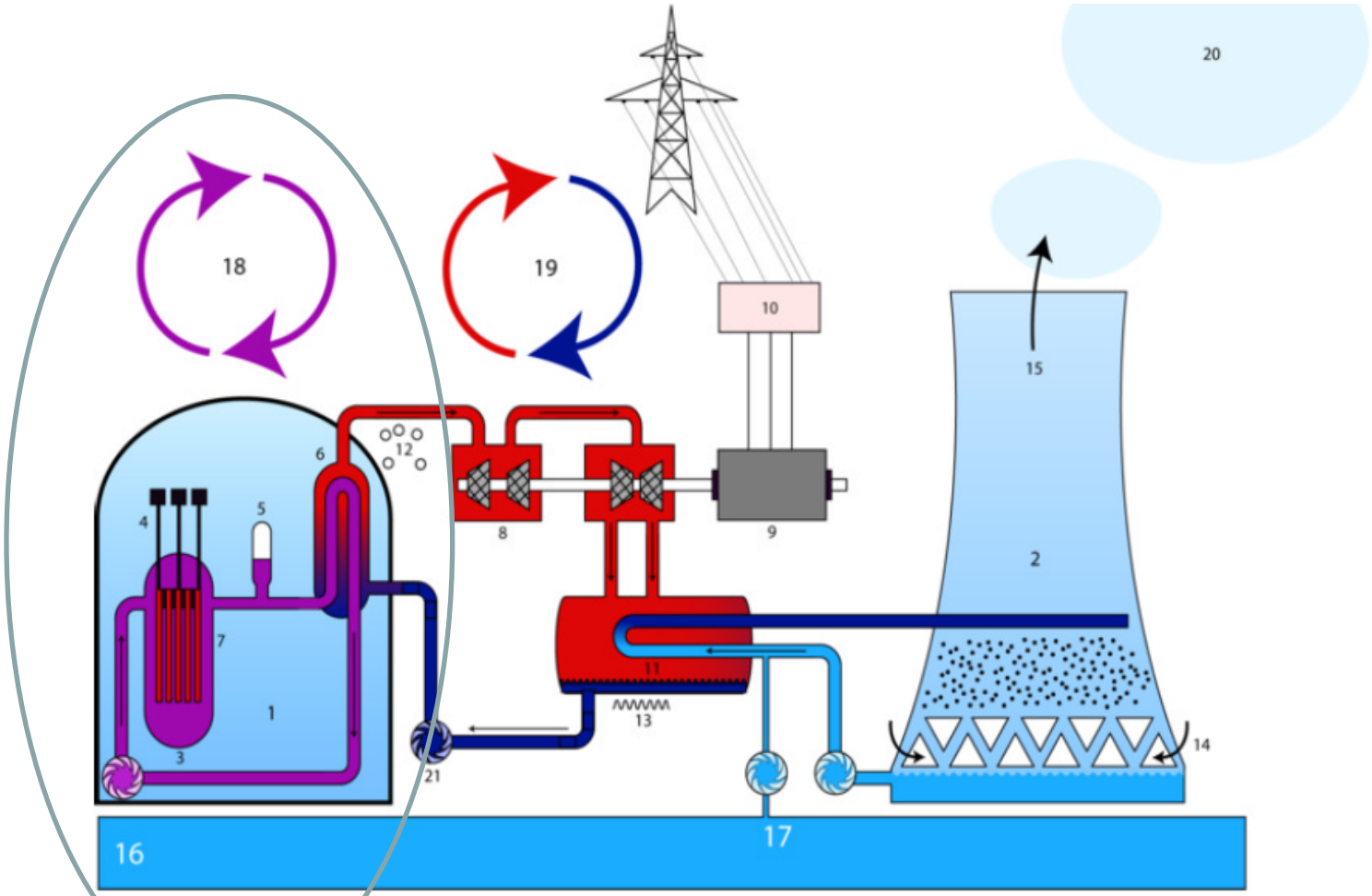
Rusko způsobilo, že jaderná energetika vstává z mrtvých (23. 8. 2022)

- Rusko způsobilo, že jaderná energetika vstává z mrtvých | Newstream
- Mezinárodní energetická agentura IEA uvedla, že **do roku 2050 se výroba z jaderných zdrojů zdvojnásobí**. „Průměrné náklady na elektřinu vyrobenou konvenční jadernou elektrárnou za dobu její životnosti jsou méně než poloviční oproti plynové elektrárně. Při současných cenách jsou srovnatelné s uhelnou energií," řekl analytik Alex Whitworth z Wood Mackenzie.

Připravované projekty JE ve světě:



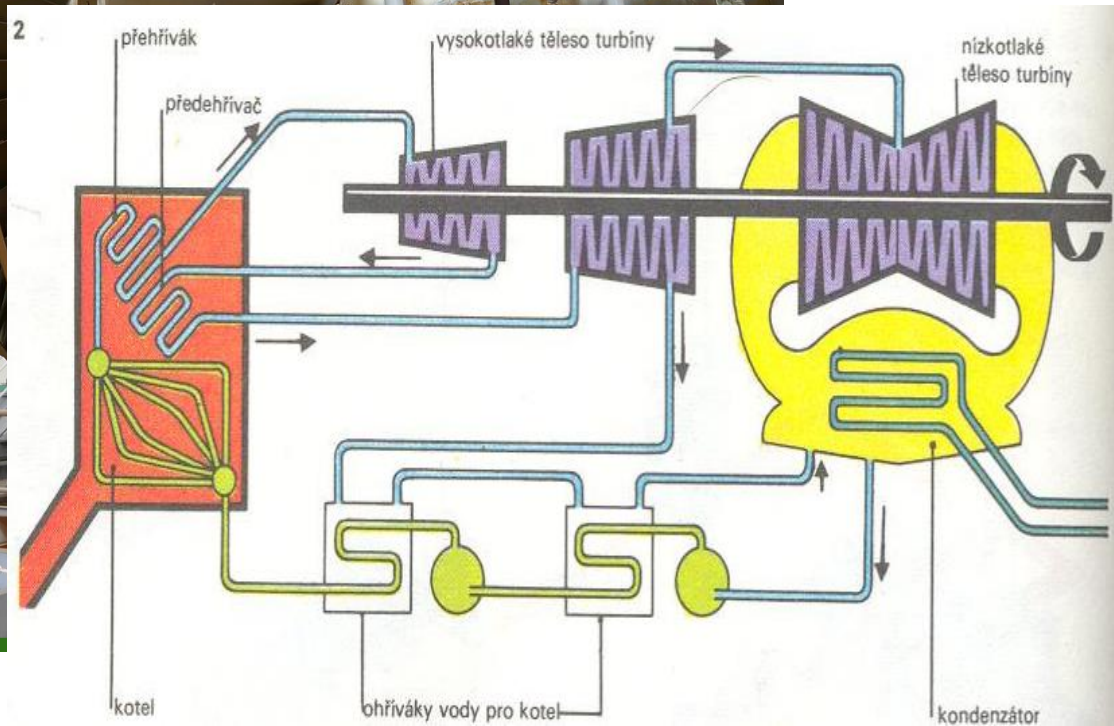
Zapojení jader.reaktoru do procesu výroby páry a elektrické energie, výroba páry v primárním a sekundárním okruhu:



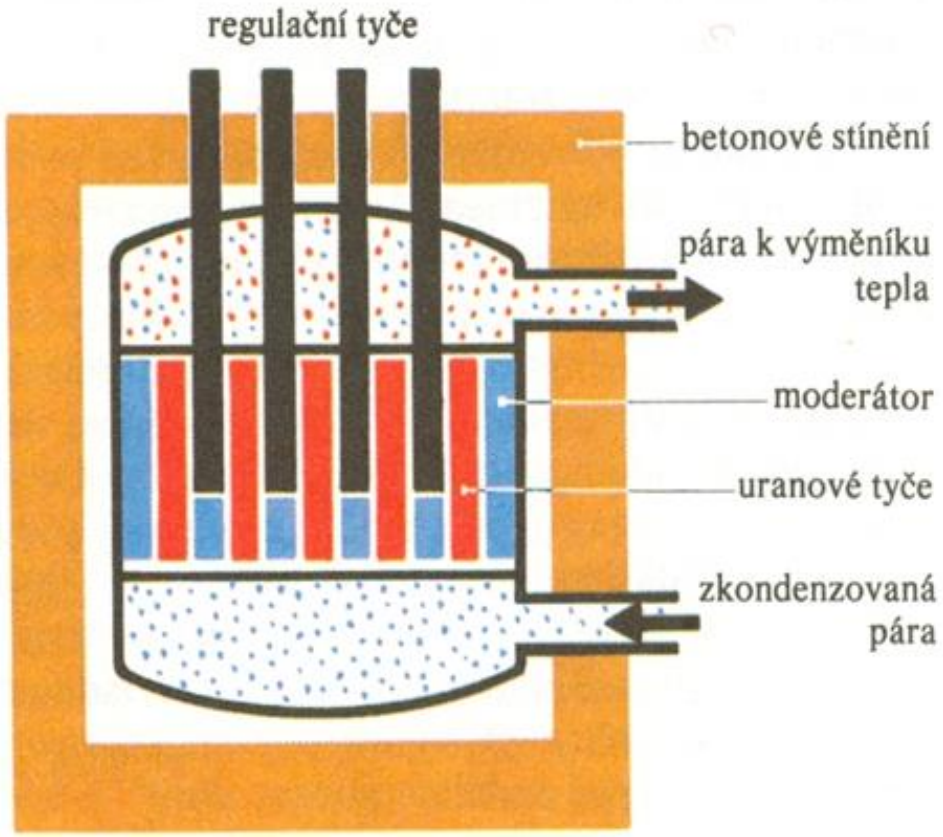
1. reaktorová hala, uzavřená v nepropustném kontejnmentu; 2. chladící věž; 3. tlakovodní reaktor; 4. řídící tyče; 5. kompenzátor objemu; 6. parogenerátor; 7. palivový zásobník; 8. turbína; 9. elektrický generátor; 10. transformační stanice; 11. kondenzátor sekundárního okruhu; 14. přívod vzduchu do chladící věže; 15. odvod teplého vzduchu a páry; 16. oběhové čerpadlo primárního okruhu; 17. napájecí čerpadlo chladícího okruhu; 18. primární okruh (voda pod vysokým tlakem); 19. sekundární okruh (červeně pára, modře voda); 20. oblaka vzniklá kondenzací vypařené chladící vody; 21. oběhové čerpadlo sekundárního okruhu

Na lopatky prvního stupně turbíny pára vstupuje s teplotou 280 °C a tlakem 6,3 MPa. Předá zde 40 % své energie. Následně se pára vysuší v separátorech, přihřeje v přihřívácích, a protože má ještě stále dost energie a využitelný tlak, vžene se do turbíny znovu, tentokrát do soustavy tří nízkotlakých stupňů.
Odstavená a vymontovaná parní turbína:





Skladba jaderného reaktoru:



Palivo dochází k jeho štěpení a uvolňuje se energie

Moderátor = pomocí srážek neutronů s jádry atomů snižuje kinetickou energii neutronů

Chladivo = tekutina odvádějící vznikající tepelnou energii ven z reaktoru

regulační zařízení=regulační tyče absorpcí neutronů umožňují udržovat výkon reaktoru na žádané hodnotě

stavební materiály=betonové stínění
tvoří ochranný obal paliva a moderátoru a dále vnitřní vestavby reaktoru

Při rozpadu atomových jader těžkých prvků se uvolňují neutrony, gama záření a neutrina.
Neutrony jsou zpomaleny moderátorem.
Energie, kterou odebereme neutronům spolu se vstřebáním gama záření ohřívají chladící látku tzv. primárního okruhu.

Hlavní rozdíl mezi konstrukci zbraní a jader. reaktorem jako energetickým zdrojem založeným na štěpení jader:

- **Nízká koncentrace štěpného izotopu**

(ve zbrani přes 90% obsahu, v reaktoru do 5% obsahu)

=> **v reaktoru použití** materiálu snižujícího energii neutronů (tzv. **moderátoru** = lehké atomy nepohlcující neutrony: C, H)

- **V reaktoru řízení štěpné reakce pohlcováním nadbytku produkovaných neutronů** vhodným materiálem (Cd, B)

- **účinný odvod štěpením vznikajícího tepla z reaktoru**

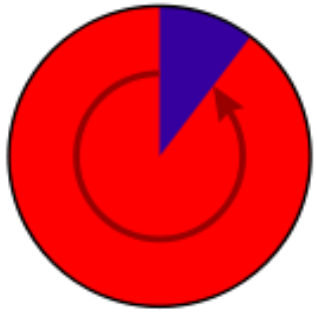
Poměr mezi množstvím energeticky využitelného nuklidu ^{235}U a „energeticky nevýznamného“ nuklidu uranu ^{238}U :



Natural uranium
> 99.2% U-238
0.72% U-235



Low-enriched uranium
(reactor grade)
3-4% U-235

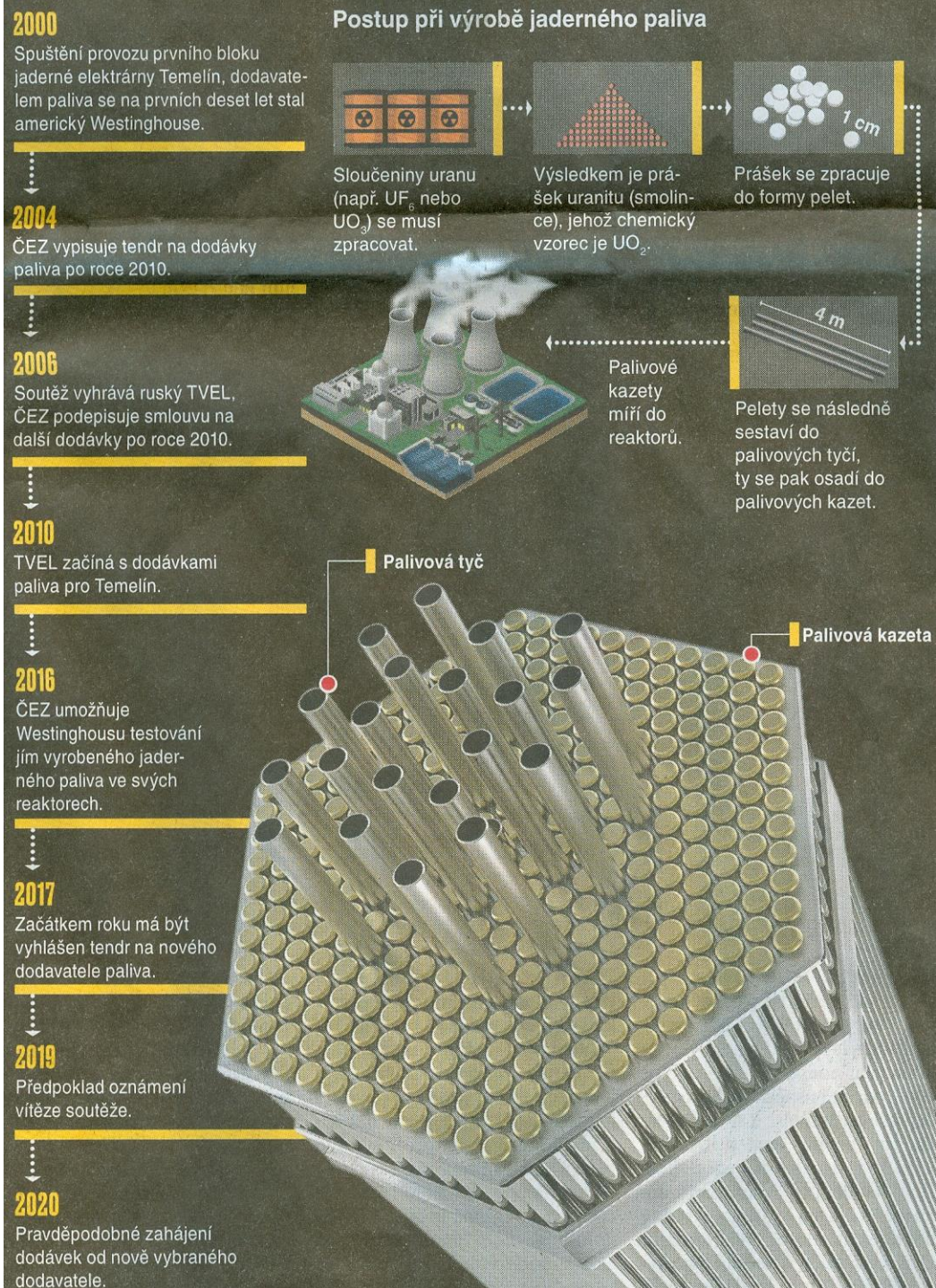


Highly enriched uranium
(weapons grade)
90% U-235

Přírodní uran je z rudy (smolince) izolován ve formě tzv. žlutého koláče (U_3O_8), který obsahuje pouze 0,72 % štěpitelného izotopu ^{235}U

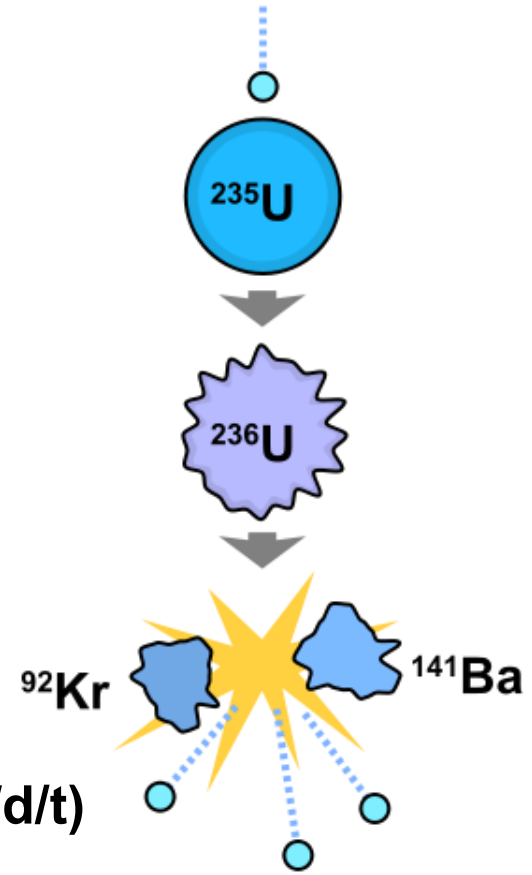
Ze smolince je připravován těkavý UF_6,který je podroben fyzikálnímu zpracování v procesu obohacování, přičemž obsah štěpitelného izotopu ^{235}U vzroste na 2-3 %.

Následně je UF_6 přeměňován na UO_2, který se používá jako jako jaderné palivo slisovaný ve formě tablet, které se ukládají do tyčí, jenž tvoří tělo palivové kazety.



Využívá jaderné štěpení:

Definice OZE podle českého zákona o životním prostředí je:
„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“



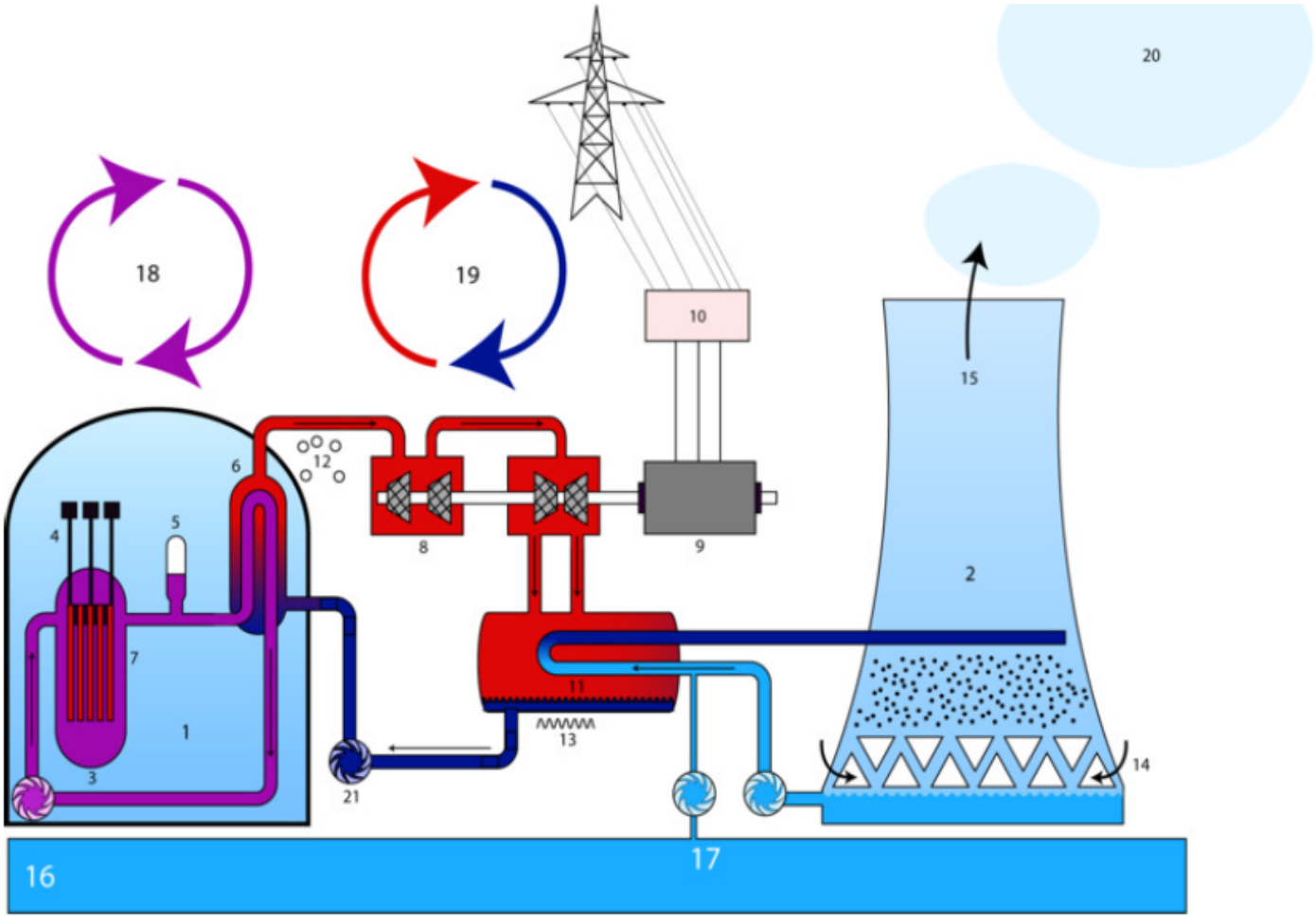
Původní palivo (uran)
3,2% ^{235}U

96,8% ^{238}U

Palivo po „vyhoření“(33tis.MWd/t)
0,76% ^{235}U
0,44% ^{236}U
2,0% štěp. produkty(Kr,Ba)

1,5% štěpné produkty
94,3% ^{238}U
0,9% ^{239}Pu
0,1% Np, Am, Cm

Zapojení jader.reaktoru do procesu výroby páry a elektrické energie, výroba páry v primárním a sekundárním okruhu:



1. reaktorová hala, uzavřená v nepropustném kontejnmentu; 2. chladící věž; 3. tlakovodní reaktor; 4. řídící tyče; 5. kompenzátor objemu; 6. parogenerátor; 7. palivový zásobník; 8. turbína; 9. elektrický generátor; 10. transformační stanice; 11. kondenzátor sekundárního okruhu; 14. přívod vzduchu do chladící věže; 15. odvod teplého vzduchu a páry; 16. oběhové čerpadlo primárního okruhu; 17. napájecí čerpadlo chladícího okruhu; 18. primární okruh (voda pod vysokým tlakem); 19. sekundární okruh (červeně pára, modře voda); 20. oblaka vzniklá kondenzací vypařené chladící vody; 21. oběhové čerpadlo sekundárního okruhu

Skladba jaderného reaktoru (II)

Primární okruh

- soubor zařízení, jejichž úkolem je řídit štěpnou řetězovou reakci a odvádět teplo při ní vznikající; hlavní částí primárního okruhu je reaktor

Sekundární okruh

- soubor zařízení, která přeměňují pohybovou energii páry na energii elektrickou; nejsou zde jaderná zařízení a nevyskytují se zde ani RA látky

Chladicí okruh

Dieselgenerátorová stanice

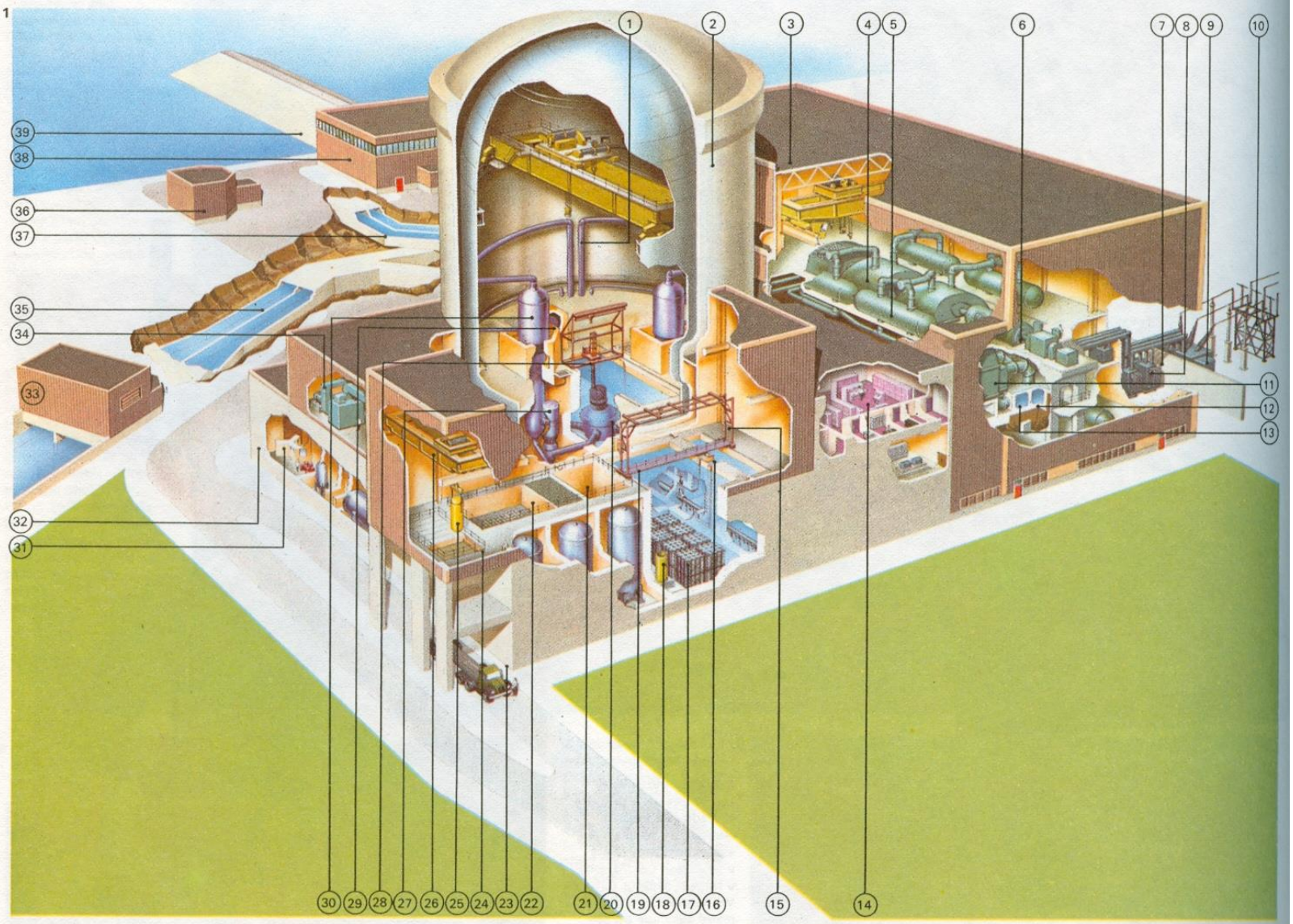
- Pro případ ztráty hlavního i rezervního elektrického napájení vlastní spotřeby je elektrárna vybavena nouzovými zdroji elektrické energie

Kontejnment

- primární okruh a další bezpečnostní a pomocná zařízení - jsou uzavřeny v ochranné obálce nazývané kontejnment
  - jsou vybaveny ventilem s radiačními filtry - po havárii lze přetlakovanou páru vypouštět kontrolovaně do ovzduší s tím, že naprostá většina RA látek bude zachycena na filtrech

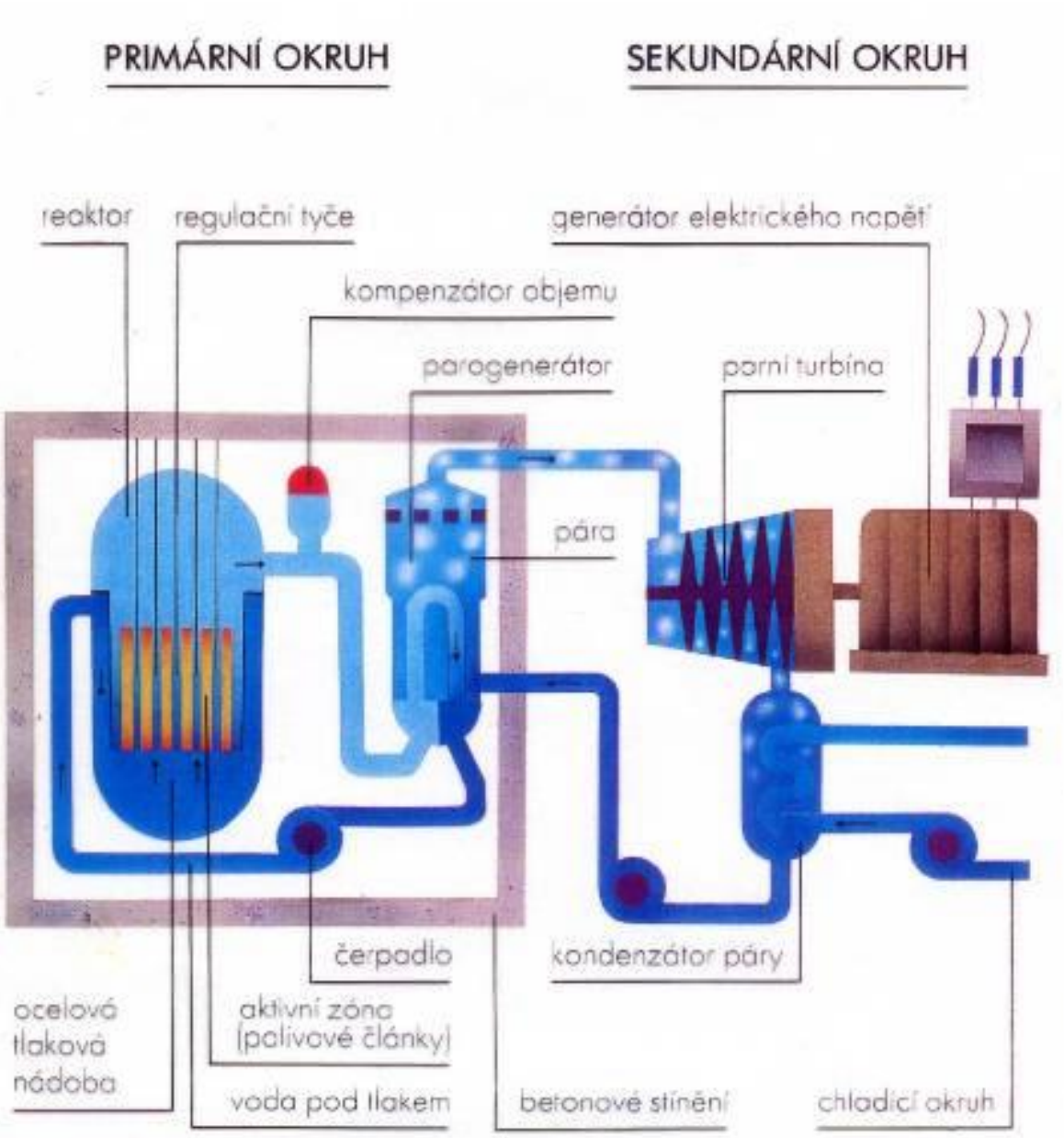
Na fotografii JE v SRN je kontejnment tvaru kopule:





1 Jaderné reaktory vyrábějí elektrický proud využitím tepla uvolněného při řízeném štěpení jader atomů uranu či jiných štěpných prvků. Teplo se užívá podobně jako v běžných tepelných elektrárnách, které vyrábějí vysokotlakou páru k pohonu turbogenerátorů spalováním uhlí nebo ropy. Jen zdroj tepla je odlišný. Reaktory potřebují značné množství chladicí vody. Jako chladivo přenášející teplo z reaktoru do výměníku tepla se užívá plynů či kapalin (u rychlých reaktorů tekutých kovů); například tato elektrárna Kori u jihokorejského Pusanu chladí vodou pod vysokým tlakem. Tlakovodní reaktory patří dnes mezi nejrozšířenější na světě. Jednotlivá zařízení jaderné elektrárny tvoří: [1] tlakovodní trubky; [2] budova reaktoru; [3] budova turbíny; [4] vysokotlaké těleso turbíny; [5] nízkotlaké těleso turbíny; [6] generátor; [7] požární stěna; [8] transformátory; [9] hlavní transformátor; [10] rozvodna; [11] výstup chladicí vody; [12] kondenzátor; [13] vstup chladicí vody; [14] dozorna; [15] most s vyhořelým palivem; [16] výtah s novým palivem; [17]mříž (rošt) na skladování vyhořelého paliva; [18] kontejner s vyhořelým palivem; [19] zakládání kontejnerů; [20] nádoba reaktoru; [21] dekontaminační šachta; [22] sklad s novým palivem; [23] prostor pro zavážení paliva; [24] komora pro manipulaci s palivem; [25] kontejner s vyhořelým palivem; [26] jeřáb na přepravu paliva; [27] čerpadlo reaktorového chladiva; [28] portál pro výměnu paliva; [29] kompenzátor objemu; [30] parní generátor; [31] sklad kontejnerů; [32] ložná plocha pro kontejnery s odpady; [33] odtok chladicí vody; [34] přídavné větrání; [35] chladicí voda z turbíny; [36] čerpací stanice mořské vody (tj. chladiva); [37] chladicí voda do turbín; [38] čerpací stanice chladicí vody; [39] vtokový tunel mořské vody.

V ČR výhradně používány VVER reaktory (PWR)



Typické parametry reaktoru VVER-1000:

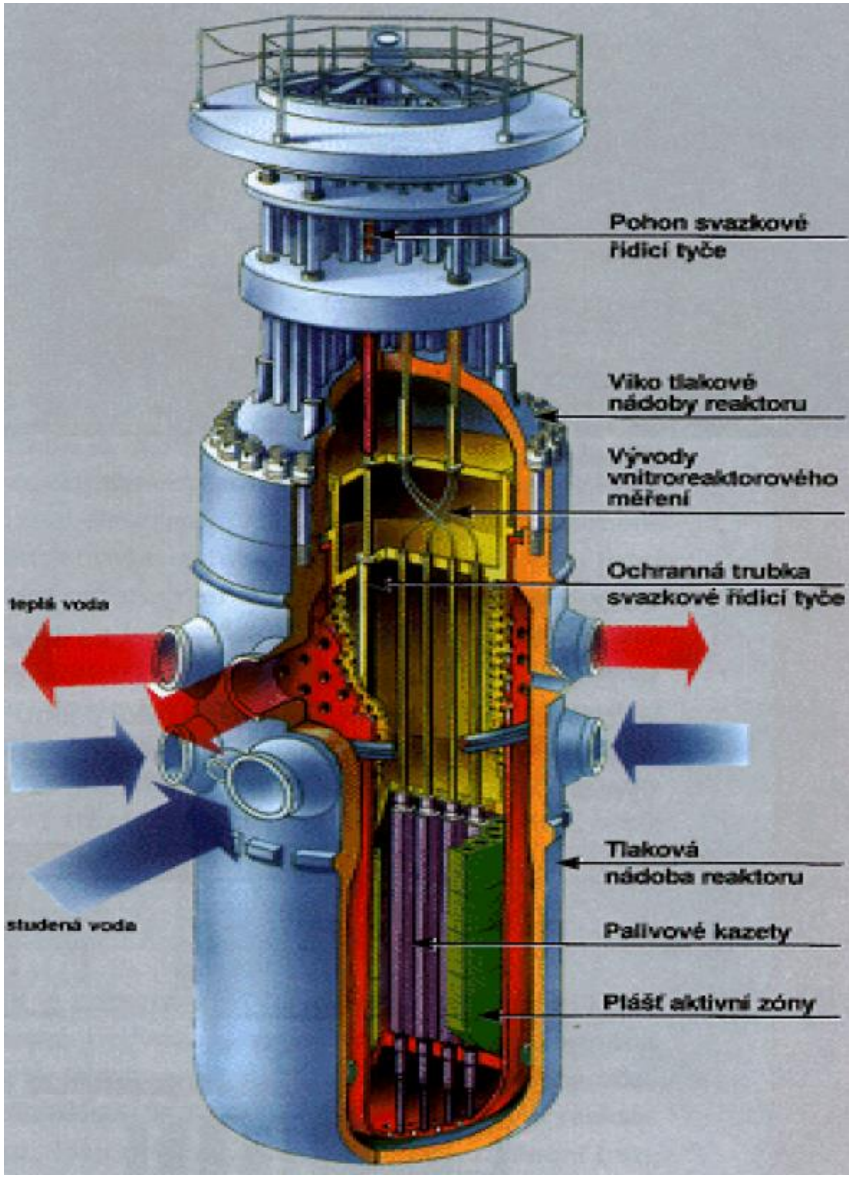
- obohacení U izotopem ^{235}U: 3.1% až 4.4%
- rozměry aktivní zóny: 3 m průměr a 3,5 m výška
- tlak vody: 15,7 MPa
- teplota vody na výstupu reaktoru: 324°C
- účinnost elektrárny: 32,7%
- množství paliva v reaktoru: 60 až 80 tun UO_2

Výhoda: při přehřátí primárního okruhu a vzniku páry dochází k samovolnému útlumu štěpné reakce

V ČR výhradně používány reaktory VVER:

- **Lehkovodní reaktory (např. VVER) s obohaceným uranem (o izotop ^{235}U)**

  Tzv. tlakovodní reaktor (PWR) (1957 – Shippingport, USA)
  - PWR - Pressurized light-Water moderated and cooled Reactor
  - VVER - Vodo-Vodjanoj Energetičeskij Reaktor) (ruský typ)
- **výborné autoregulační vlastnosti (vysoký záporný T koef. reaktivity)**
- jsou prostorově kompaktní
- **technickým limitem není ocelová tlaková nádoba, ale teplota povlaků palivových článků z hlediska dlouhodobých mechanických vlastností a koroze**



Problematika minimalizace možného dopadů provozu JE na ŽP

Nevýhody:

- **Nižší energetická účinnost v porovnání s tepelnými elektrárnami**

- Riziko havárie nebo násilné destrukce s nedozírnými následky => skutečné náklady na vyrobenou kWh???

- Nevyřešené odstraňování vznikajících radioaktivních odpadů.

Jaderná energetika?!

„Tradiční“ získávání elektrické energie:

Tepelná energie uvolněná štěpením paliva přemění vodu na přehřátou páru, která pohání turbínu připojenou k el. generátoru

- Platí pro ni termodynamické zákony:
- $$\eta_c = 1 - \frac{T_o}{T}$$
- T_o je teplota chladiče (kelviny, K)
- T je teplota ohřátého pracovního média (páry, plynu) (kelviny, K)

Klasická tepelná elektrárna má vyšší účinnost než jaderná (dáno teplotou produkované páry)

- Reaktor **JE Dukovany produkuje vodu s teplotou 296ºC**. Tlak vody za této teploty je 12,3 MPa.

- **JE Temelín produkuje vodu s teplotou 320ºC**. Tlak vody za této teploty je 16 MPa
- V sekundárním okruhu se pak tvoří pára pro pohon turbín.

Dle Carnotova zákona: $\eta_c = 1 - \frac{T_0}{T} = 1-(293/(273+300)= \mathbf{0,488}$

T_0 teplota pracovního média v chladiči (K), T média konajícího práci (K)

Pozn.: Klasické tepelné elektrárny v parních kotlích produkují páru do teploty 600ºC, která přímo pohání parní turbínu.

Tabulka 4.3 Parametry jaderných elektráren v ČR

Název	**Dukovany**	**Temelín**
Počet bloků	4	2
Typ reaktoru	VVER 440 V 213	VVER 1000
Tepelný výkon reaktoru	1375 MW	3000 MW
Vyváděný elektrický výkon	440 MW	981 MW
Počet palivových kazet	312	163
Počet palivových proutků v kazatě	126	312
Max. obohacení paliva ^{235}U	3,60%	5,00%
Vsázka paliva	42 t	92 t
Parní výkon parogenerátoru	452 t/hod	1470 t/hod
Jmenovitý výkon turbíny	220 MW	1000 MW
Otáčky turbíny	3000 ot/min	3000ot/min
výstupní napětí	15,75 kV	24 kV

JETE vyrobila přibližně 12 TWh a JE Dukovany 14,025 TWh elektrické energie elektrické energie, což představovalo > 30 % výroby elektřiny v Česku.

Problematika minimalizace možného dopadů provozu JE na ŽP

Nevýhody využití energie štěpení jader:

- Nižší energetická účinnost v porovnání s tepelnými elektrárnami

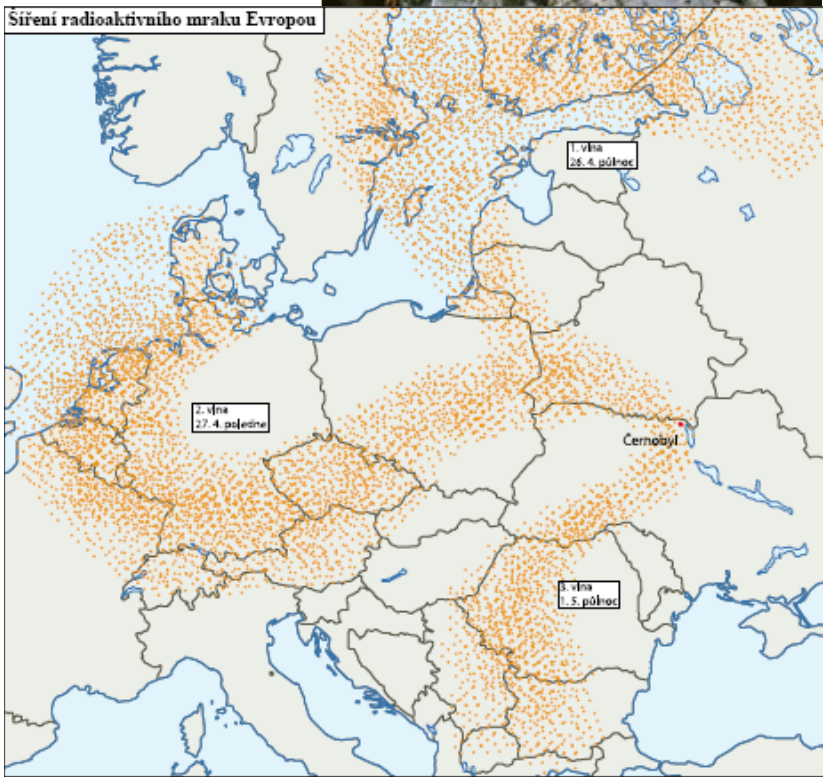
- **Riziko havárie nebo násilné destrukce s nedozírnými následky => Řešení = náhrada starších typů reaktorů spolehlivějšími typy + ochrana reaktoru kontejnmentem (a umístění do podzemních prostor)**

- Nevyřešené odstraňování vznikajících radioaktivních odpadů.

Černobylská havárie:



- Následky havárie v JE Černobyl:
- **Černobylská havárie** se stala 26. dubna 1986, v jaderné elektrárně na Ukrajině (tehdy část Sovětského svazu). Jde o nejhorší jadernou havárii v historii jaderné energetiky
- Během riskantního pokusu tehdy došlo k přehřátí a následné explozi reaktoru a do vzduchu se uvolnil radioaktivní mrak, který postupoval západní částí Sovětského svazu, Východní Evropou a Skandinávií.



- Byly kontaminovány rozsáhlé oblasti Ukrajiny, Běloruska a Ruska, což si vyžádalo evakuaci a přesídlení asi 200 000 lidí. Přibližně 60 % radioaktivního spadu skončilo v Bělorusku.

Reaktor používaný v Černobylu, ozn. LWGR

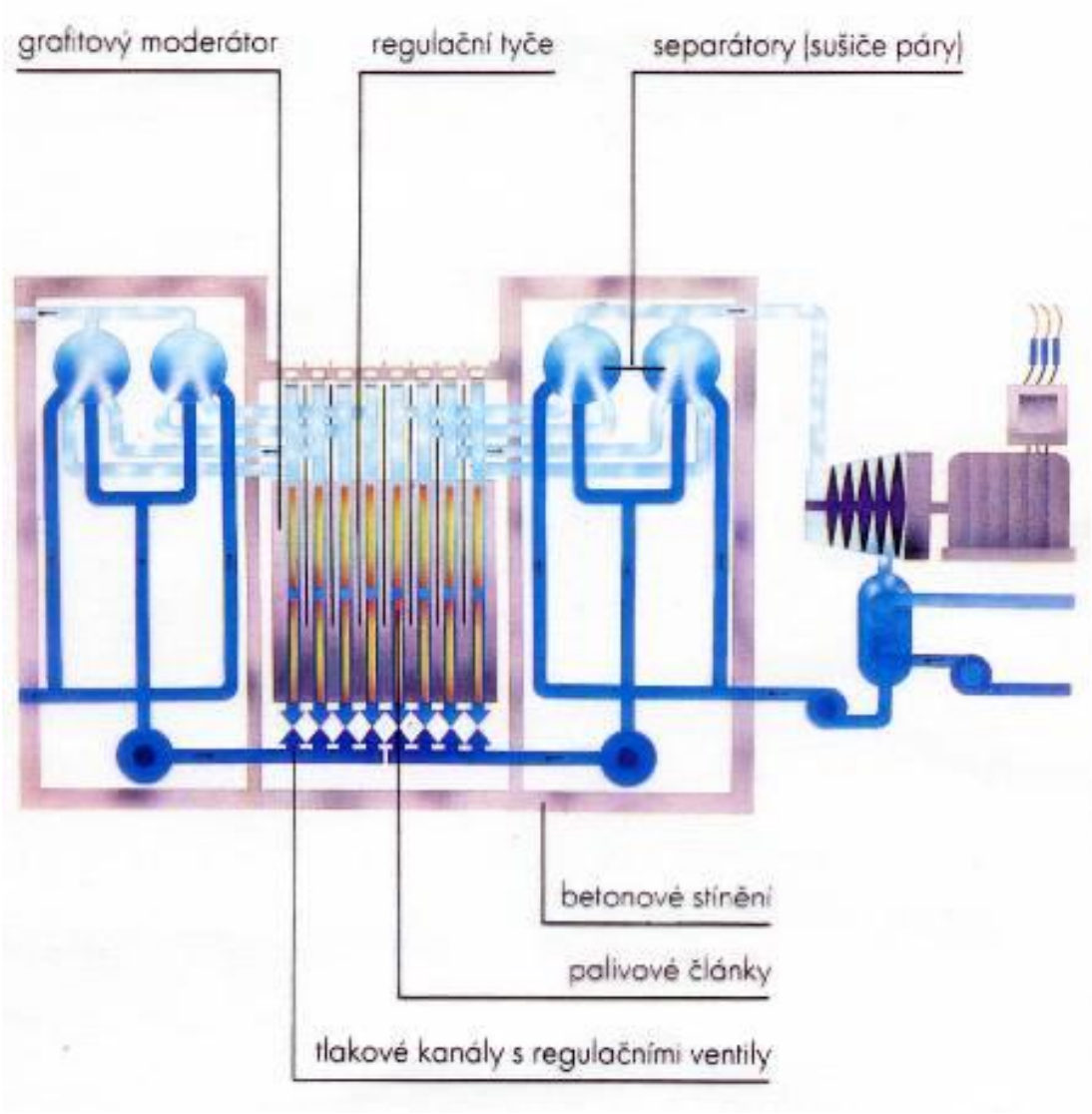
- používá se výhradně na území bývalého SSSR, další reaktory tohoto typu se již nestaví

- moderátorem je grafit (hořlavý), který obklopuje kanály

- palivové tyče jsou vloženy v kanálech, kudy proudí chladivo - lehká voda
- v tlakových kanálech (1600) přímo vzniká pára, která po oddělení vlhkosti pohání turbínu
- elektrárna je jednookruhová
- **v Černobylu nebyla ochranná obálka a ani systém řízení reaktoru neodpovídal bezpečnostním požadavkům IAEA**

- **tzv. inherentní nestabilita těchto reaktorů spočívá v tom, že dojde-li k růstu T a v kanálech roste počet bublinek páry, pak reaktivita a tím i výkon mají tendenci stoupat, na rozdíl od VVER reaktorů, u kterých by byla reakce tlumena**

Schéma RBMK (Reaktor Bolšoj Moščnosti Kanalnyj) používá se výhradně na území bývalého SSSR



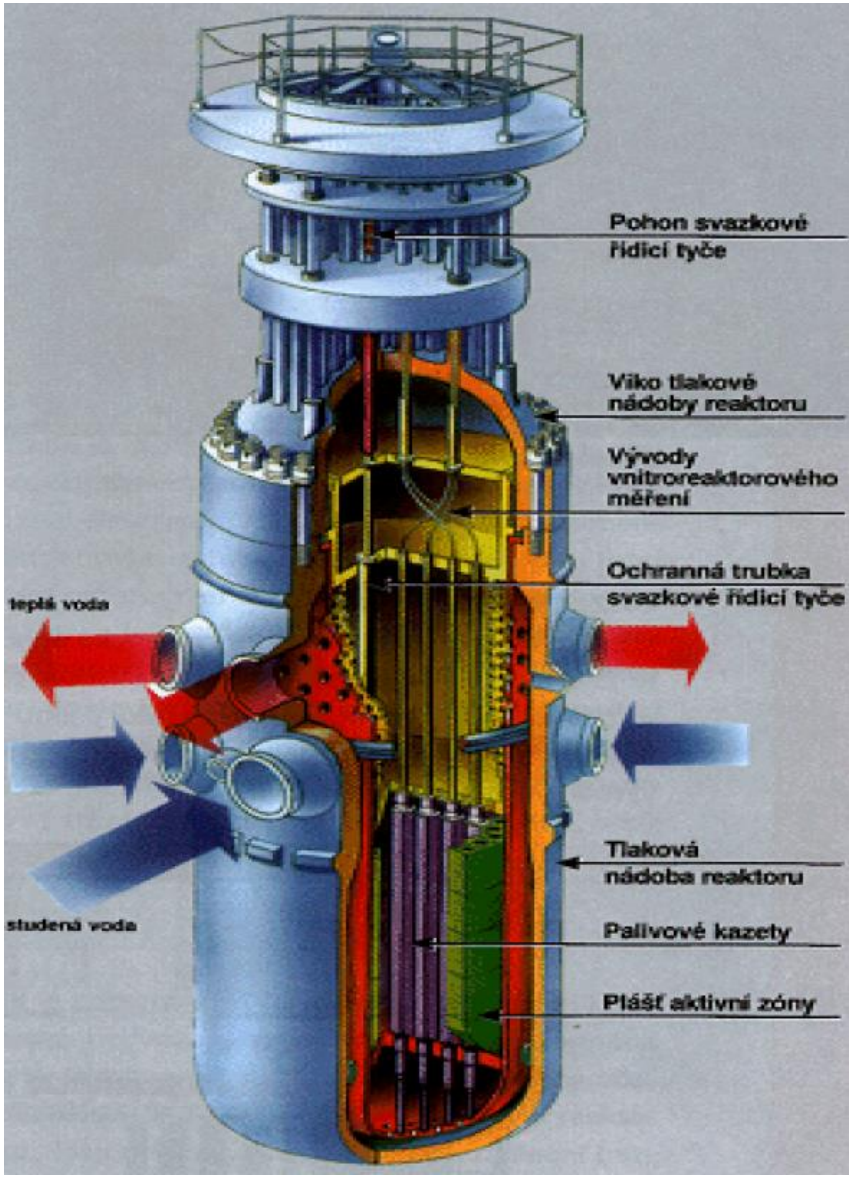
Typické parametry reaktoru RBMK (s výkonem 1000 MW):

- obohacení uranu izotopem ^{235}U: 1.8%
- množství paliva v reaktoru: 192 tun UO_2
- **moderátorem je grafit (hořlavý),** který obklopuje kanály
- rozměry aktivní zóny: 11.8 m průměr a 7 m výška
- počet kanálů: 1693
- tlak nasycené páry: 6.9 MPa
- teplota parovodní směsi na výstupu reaktoru: 284°C
- tepelná účinnost elektrárny: 31.3%

Náhrada starších typů reaktorů spolehlivějšími typy:

- **Lehkovodní reaktory (např. VVER) s obohaceným uranem (o izotop ^{235}U)**

  Tzv. tlakovodní reaktor (PWR) (1957 – Shippingport, USA)
  - PWR - Pressurized light-Water moderated and cooled Reactor
  - VVER - Vodo-Vodjanoj Energetičeskij Reaktor) (ruský typ)
- **výborné autoregulační vlastnosti (vysoký záporný T koef. reaktivity)**
- jsou prostorově kompaktní
- **technickým limitem není ocelová tlaková nádoba, ale teplota povlaků palivových článků z hlediska dlouhodobých mechanických vlastností a koroze**



Jader.havárie ve Fukušimě, od 11.3. 2011 až do 15.3.2011:







Havárie ve Fukušimě…

- **…začala 15 m vlnou tsunami, která poškodila všechna čerpadla zajišťující dodávku chladící vody do reaktorů (el.výkon 439 MWe)**
- štěpná reakce v reaktorech byla okamžitě zastavena

- Díky zbytkovému teplu uvolňovanému radioaktivním rozpadem produktů štěpení se **nechlazené jaderné palivo se začalo tavit**, vysoké teploty **vedly k tvorbě vodíku** rozkladem vodní páry **a explozím** (bloky 1-4) došlo k poškozením plášťů reaktorů, poškození bezpečnostní schránky (kontejnmentu)

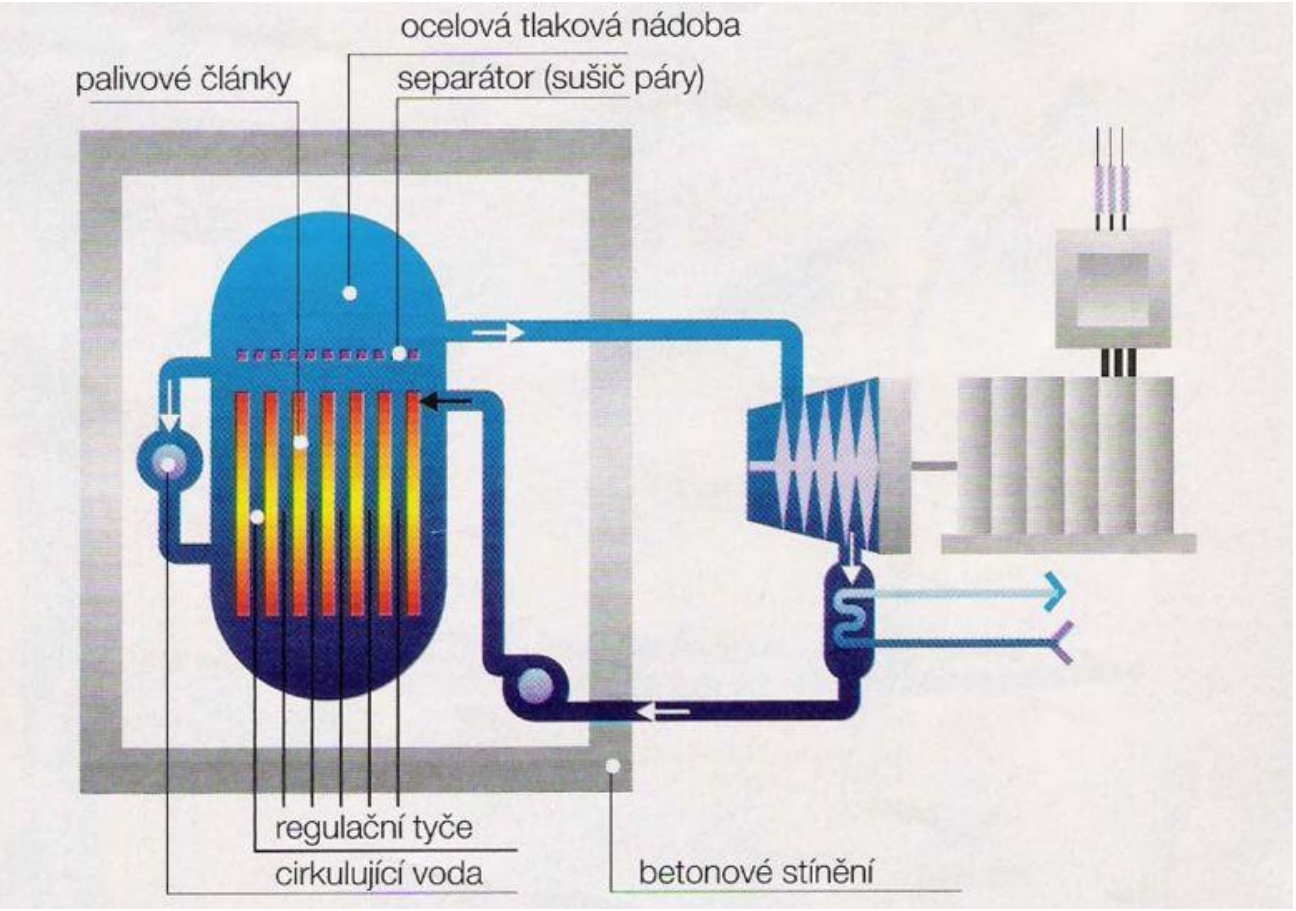
Blok reaktoru před a po destrukci:





Ve Fukušimě byly instalovány jaderné reaktory tzv. varného typu:

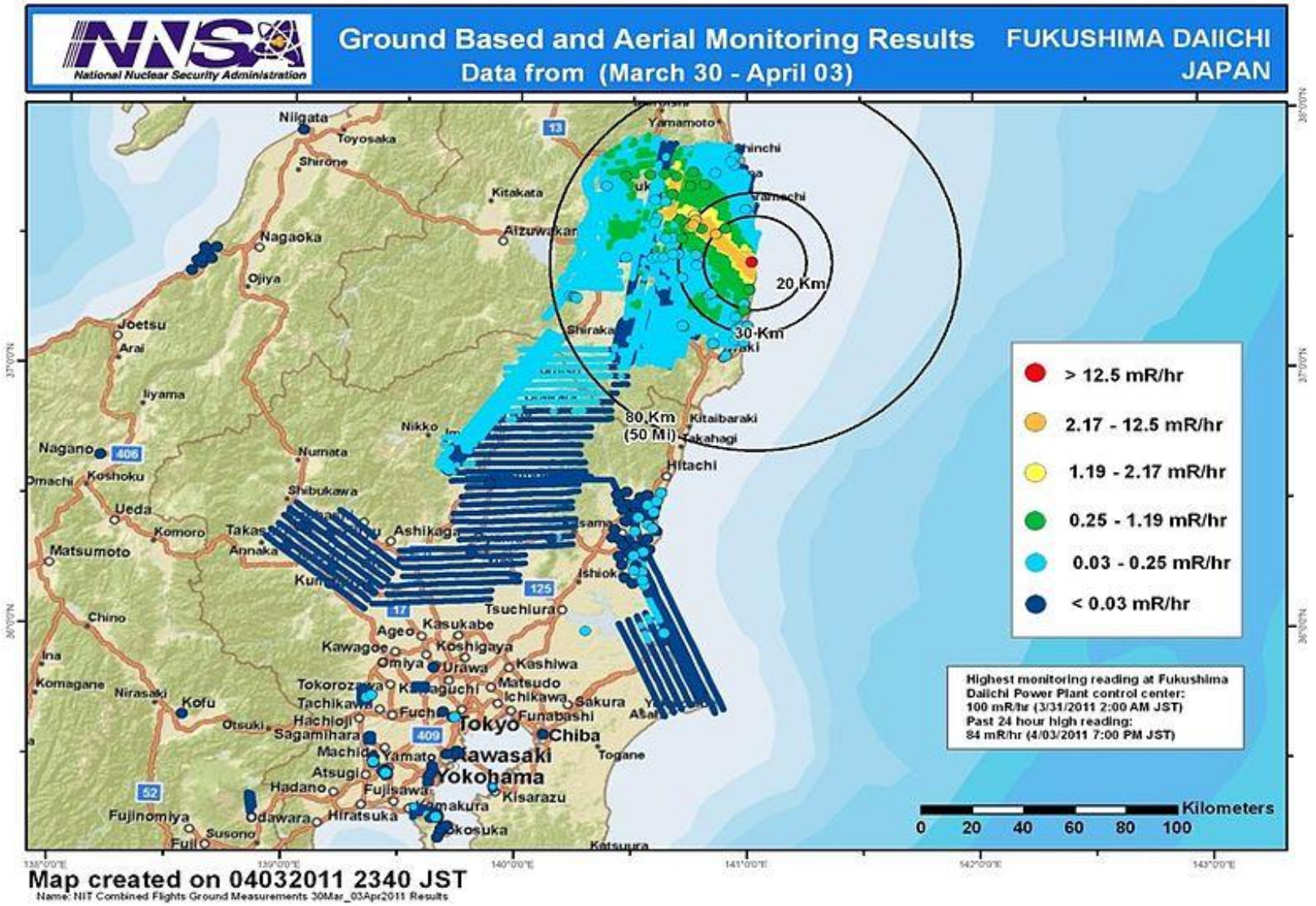
Schéma varného (BWR) reaktoru:



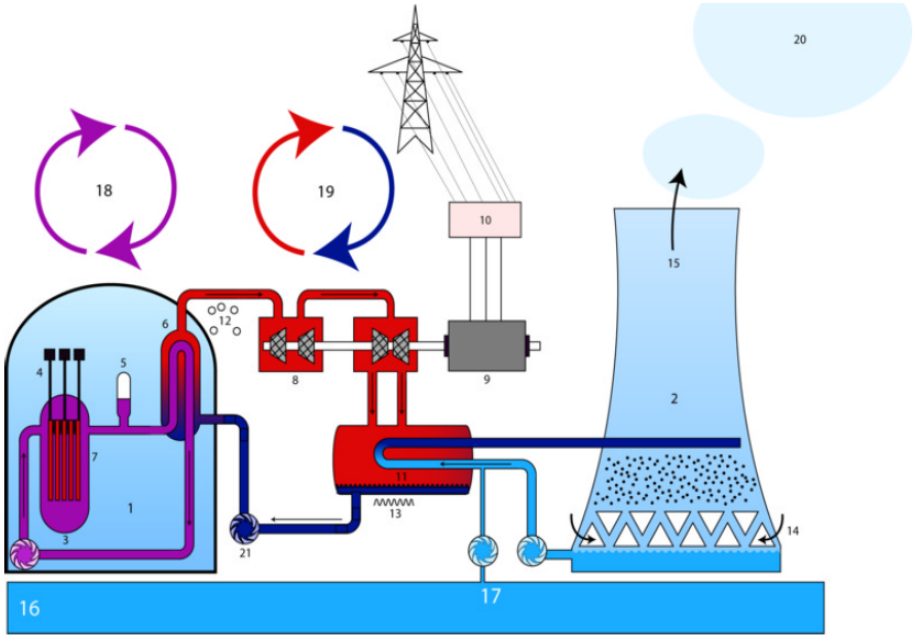
Typické parametry BWR (s výkonem 1000 MW):

- obohacení U izotopem ^{235}U: 2.1% až 2.6%
- rozměry aktivní zóny: 4.5 m průměr a 3.7 m výška
- tlak vody v reaktoru: 7 MPa
- teplota páry na výstupu z reaktoru: 286°C
- tepelná účinnost elektrárny: 33.3%
- množství paliva v reaktoru: 122.3 tuny UO_2

Oblasti postižené radioaktivním spadem:



Obecným problémem je uchlazení aktivní zóny reaktoru v případě havárie chladícího okruhu:



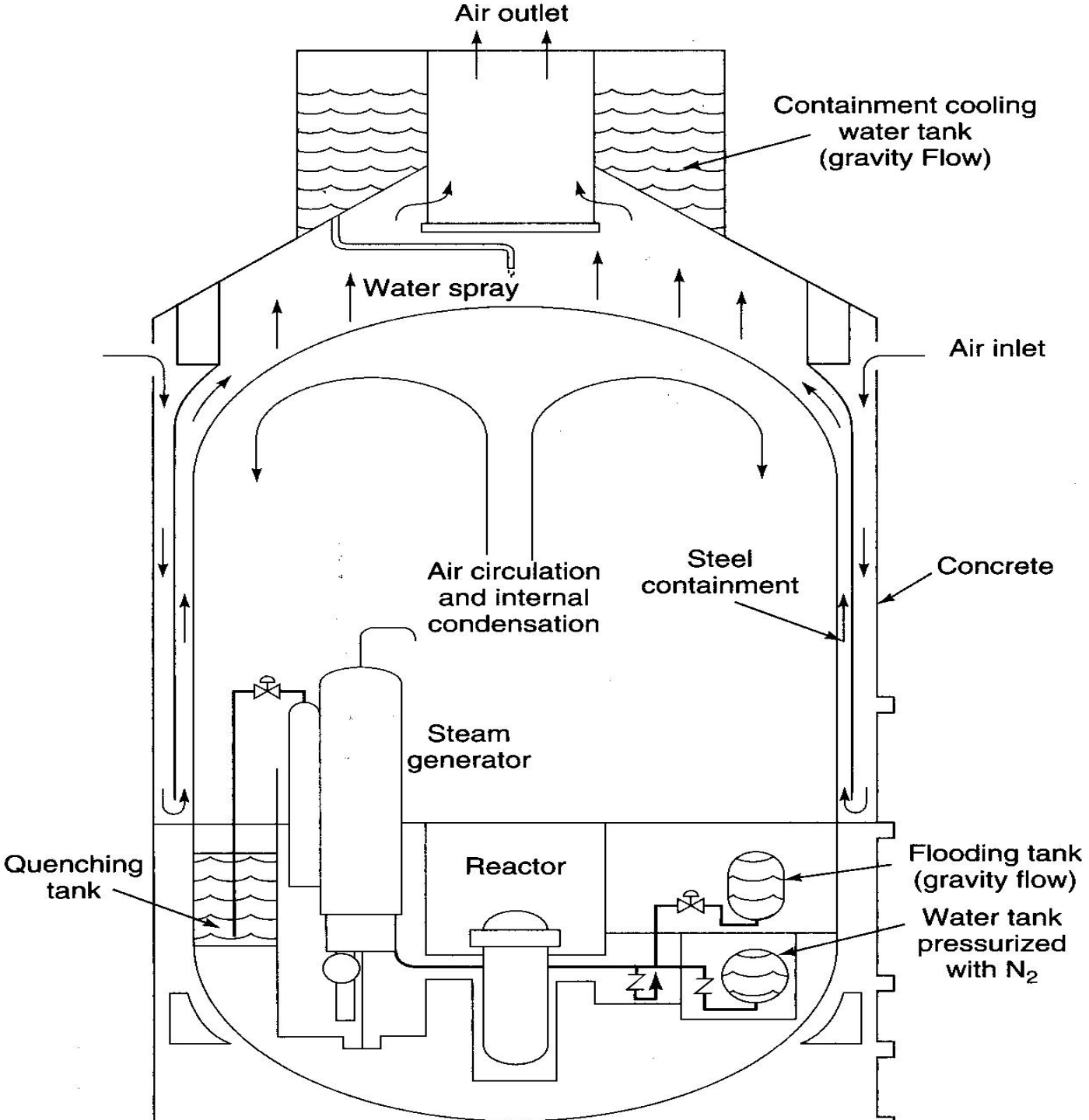
1. reaktorová hala, uzavřená v nepropustném kontejnmentu; 2. chladící věž; 3. tlakovodní reaktor; 4. řídící tyče; 5. kompenzátor objemu; 6. parogenerátor; 7. palivový zásobník; 8. turbína; 9. elektrický generátor; 10. transformační stanice; 11. kondenzátor sekundárního okruhu; 14. přívod vzduchu do chladící věže; 15. odvod teplého vzduchu a páry; 16. oběhové čerpadlo primárního okruhu; 17. napájecí čerpadlo chladícího okruhu; 18. primární okruh (voda pod vysokým tlakem); 19. sekundární okruh (červeně pára, modře voda); 20. oblaka vzniklá kondenzací vypařené chladící vody; 21. oběhové čerpadlo sekundárního okruhu

=> řešení = na střechu reaktoru vodojem s chladící vodou:

Otázka zvyšování bezpečnosti provozu JE:

Tlakovodní reaktor pokročilé generace s pasivním zabezpečením

(pro případ ztráty chladiva)



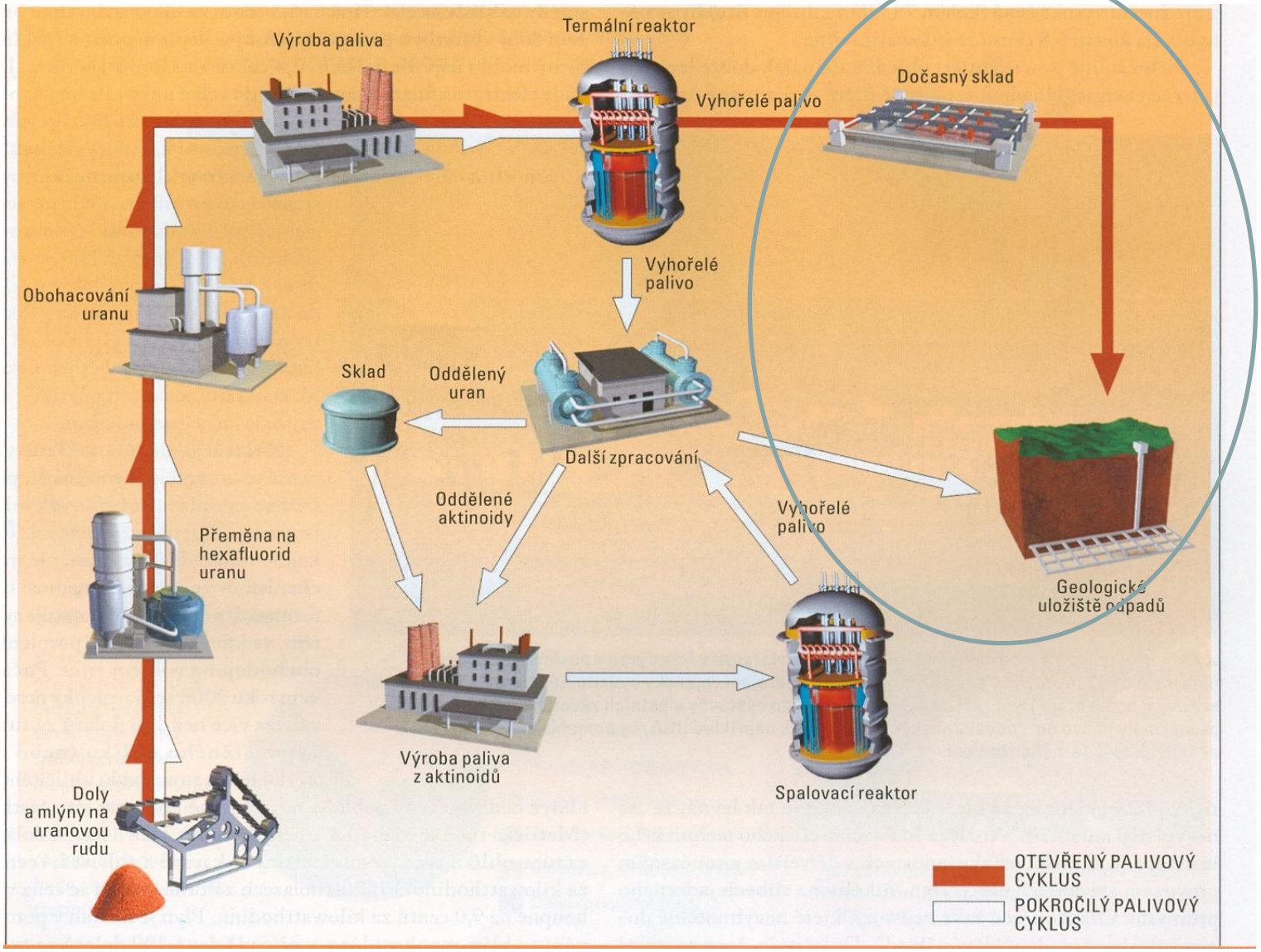
Problematika minimalizace možného dopadů provozu JE na ŽP

Nevýhody plynoucí z využití JE:

- Nižší energetická účinnost v porovnání s tepelnými elektrárnami
- Riziko havárie nebo násilné destrukce s nedozírnými následky => skutečné náklady na vyrobenou kWh???

- **Nevyřešené odstraňování vznikajících radioaktivních odpadů.**

Nakládání s vyhořelým jaderným palivem v ČR (využití tzv. otevřeného cyklu):



Koloběh jaderného paliva v ČR v otevřeném cyklu:

- 1. Otevřený cyklus = vytěžení → výroba paliva → energetické využití → uskladnění vyhořelého paliva



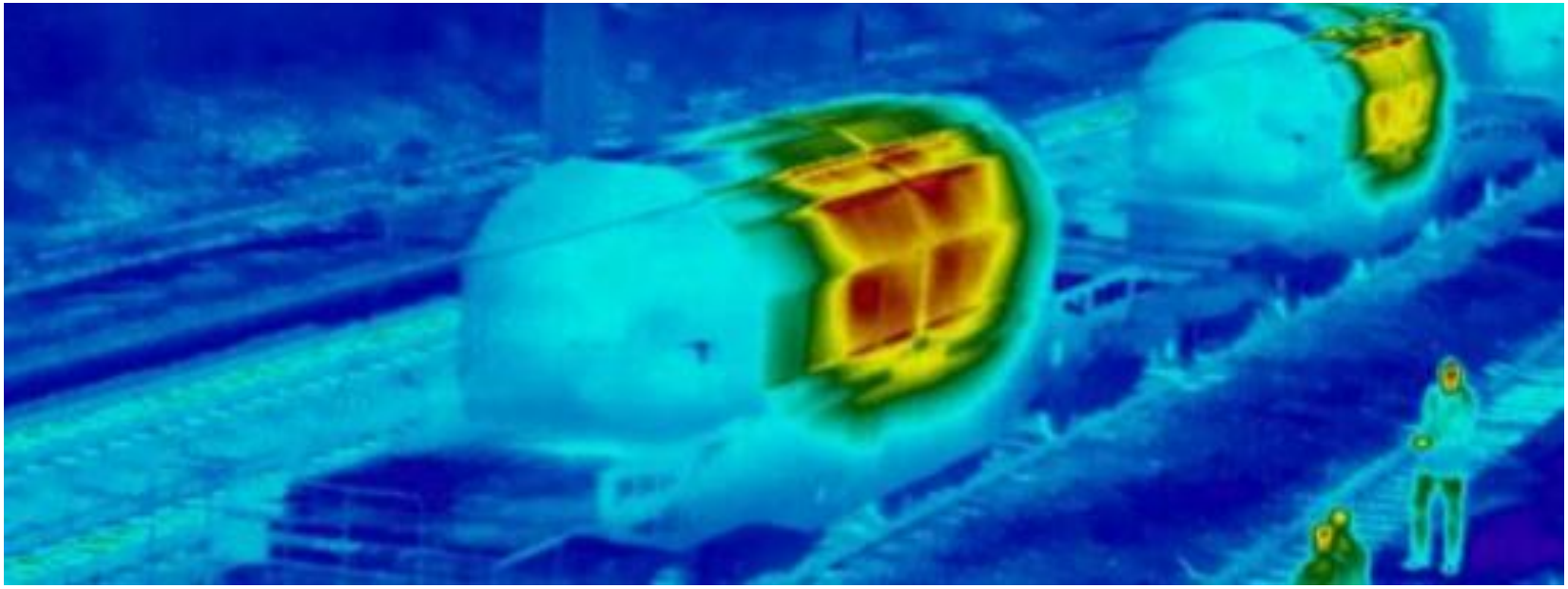
Zaplnění prvního meziskladu v areálu Jaderné elektrárny Dukovany. Použité palivo je uloženo v transportních a skladovacích kontejnerech typu Castor 440/84.



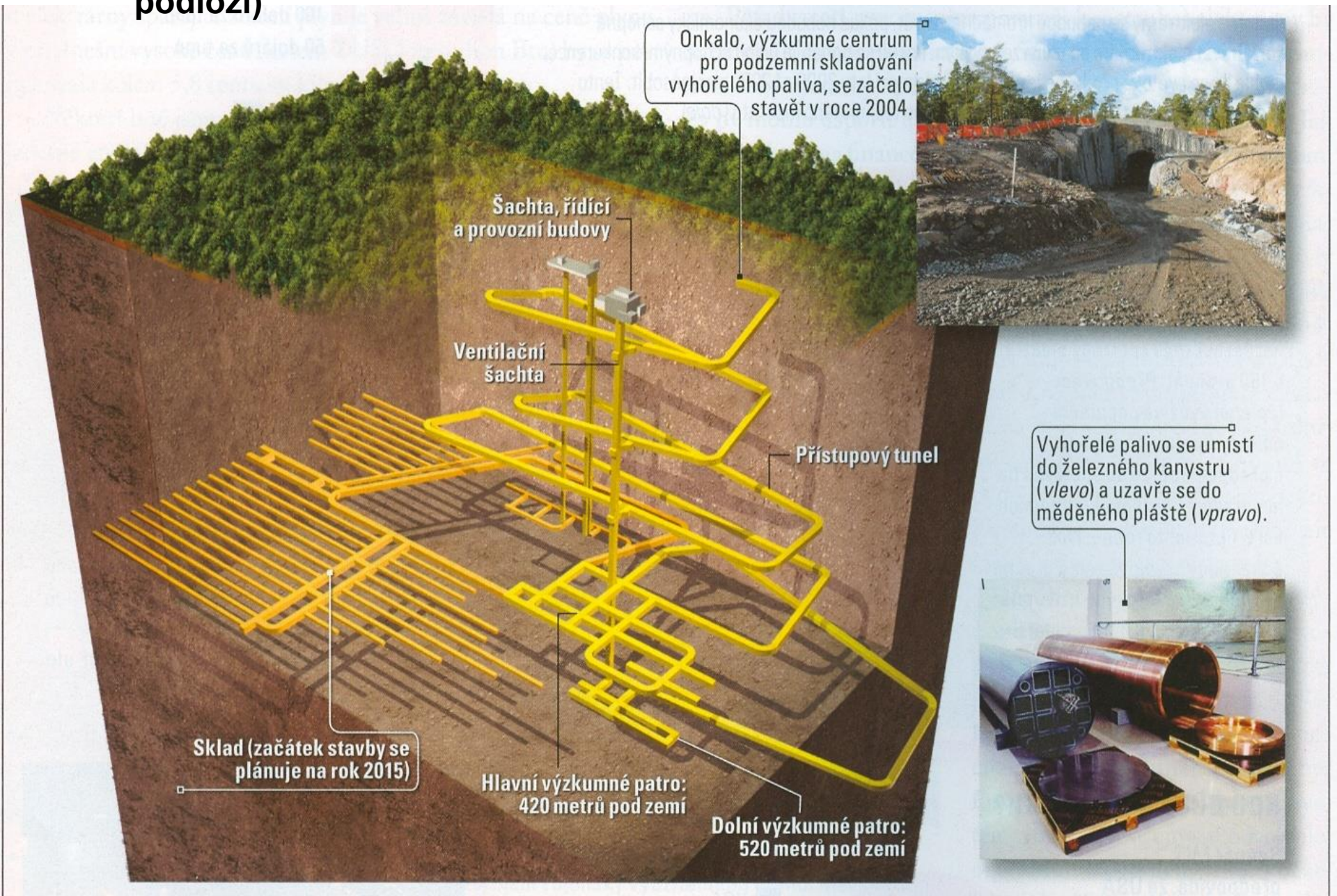
Mezisklad použitého jaderného paliva v Jaderné elektrárně Dukovany.

Vlevo budova meziskladu, který byl uveden do provozu v roce 1995 a pojme 600 t paliva, vpravo budova nového skladu (2006) s kapacitou 1340 t.

SRN, doprava vyhořelého jaderného paliva do meziskladu v Gorlebenu:



Finský vývoj podzemního trvalého ukládání vyhořelého paliva, předpokládané zahájení provozu 2020 (lokalita Onkalo, v žulovém podloží)



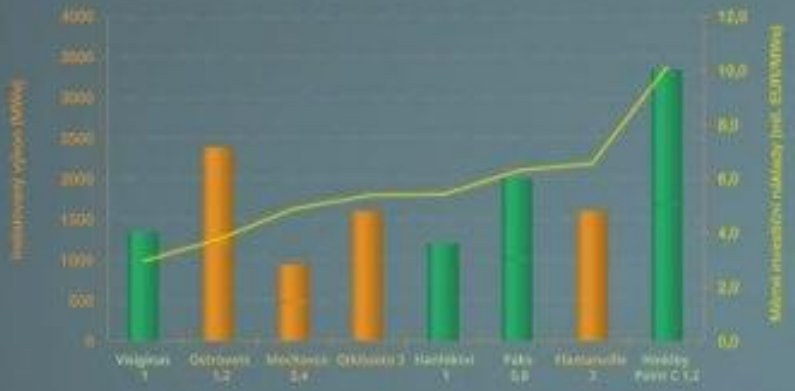
Výstavba nových JE ve světě:

http://www.novinky.cz/ekonomika/386941-rusove-postavi-jadernou-elektrarnu-v-egypte-jde-o-nejvetsi-projekt-od-asuanske-prehrady.html

- **Rusové** (fa. Rosatom) **postaví jadernou elektrárnu v Egyptě. Jde o největší projekt od Asuánské přehrady**
- Moskva a Káhira ve čtvrtek 19.11.2015 podepsaly smlouvu o výstavbě první jaderné elektrárny v Egyptě.
- elektrárna se čtyřmi bloky, každý s výkonem 1200 megawattů (pro srovnání, Temelín má dva bloky o výkonu 1055 MW).
- Rosatom se její dokončení předpokládá do roku 2022. Rusko zároveň poskytne Egyptu půjčku na pokrytí nákladů na výstavbu

Výstavba jaderných bloků v Evropě

O ENERGETICE.CZ





LEGENDA

- Ve výstavbě
- Schváleno
- Původní plán uvedení do provozu
- Aktuální plán uvedení do provozu
- Původní odhadované náklady (EUR)
- Aktuální odhadované náklady (EUR)

JE v GB:

EDF znovu revidovala harmonogram a rozpočet projektu jaderné elektrárny Hinkley Point C. Zahájení výroby elektrické energie z 1. bloku se nyní očekává v červnu 2026, o půl roku později, než bylo původně oznámeno v roce 2016. Zpoždění vyplývající z pandemie onemocnění COVID-19 také zvýší náklady projektu o 500 milionů liber (14,7 miliard korun) na celkových 23 miliard liber (677 miliard korun) při instalovaném výkonu 3200 MW.



Podpora výstavby JE ze strany EU:

- **Vítězství rozumu. Evropská komise nebude blokovat stavbu jaderných ani plynových elektráren**
- Zatím neveřejný návrh taxonomie zelených financí unikl do médií. Citují z něj například zpravodajské weby euractiv.com a montelnews.com. Příslušný návrh má Evropská komise představit v prosinci. Předsedkyně Evropské komise Ursula von der Leyen nicméně to hlavní prozradila na svém twitterovém účtu, když uvedla: „Potřebujeme víc obnovitelných zdrojů. Stejně tak potřebujeme stabilní zdroj, jádro, a po přechodnou dobu i plyn.“

Projaderný obrat v Německu? Polovina dotázaných odmítá rychlé odstavení jaderných bloků, *3.11.2021*

- Němci začínají brát na milost jaderné elektrárny.
- Účastníci průzkumu byli také **dotázáni na výstavbu nových reaktorů, a to za předpokladu, že by se tak dosáhlo potřebného snížení emisí oxidu uhličitého ekonomicky výhodnou cestou**.
- Celkem 44% dotázaných by výstavbu nových jaderných reaktorů uvítalo,
- naopak 42 % bylo proti.
- Německo v letech 2015 až 2019 odstavilo z provozu tři provozuschopné jaderné bloky o celkovém výkonu 3951 MW, během 2021-2022 vypne zbývajících šest reaktorů o celkovém výkonu 8113 MW.
- Nejmodernější JE Neckarwestheim 2 – měla sloužit do roku 2036. Zrychlené odstavování jaderných bloků je nejen neekonomické, ale také neekologické. Konkrétně v Německu vedlo ke zvýšení závislosti na spalování uhlí a zemního plynu a k vyšším emisím skleníkových plynů do ovzduší.

A co ČR? Vizualizace *nových bloků JE Temelín. Zdroj: ČEZ*



Tzv. modulární reaktory (SMR):

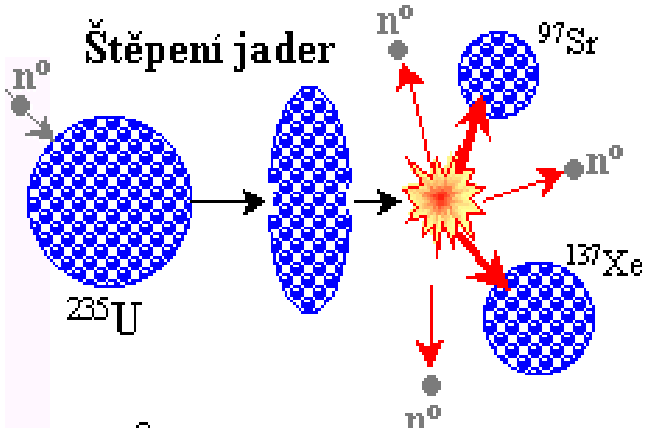
Klasifikace	IAEA	US DOE
Mini reaktory	**Nedefinováno**	**Do 50 MWe nebo 250 MWt**
Malé (small) reaktory	**Do 300 MWe**	**Do 1000 MWt**
Střední reaktory	300 – 700 MWe	1000 – 2000 MWt
Veké reaktory	Nad 700 MWe	Nad 2000 MWt

Možné rozložení investice: **Je možné postavit několik menších jednotek podle poptávky v průběhu několika let místo jednorázové dlouhodobé investice do velkého reaktoru.** Je však nutné poznamenat, že cena za instalovaný MW je u velkých reaktoru nižší, investici však nejde rozdělit do menších částí.

Rozvodná síť nemusí být naprojektovaná a postavená tak, aby k ní bylo možné připojit velký reaktor o velkém výkonu.

První český malý modulární jaderný reaktor byl právě patentován - ÚJV Řež, a. s. (ujv.cz)

Přeměna uranu v palivových tyčích v reaktoru:



Původní palivo (uran)

3,2% ^{235}U

96,8% ^{238}U

Palivo po „vyhoření“(33tis.MWd/t)

0,76% ^{235}U

0,44% ^{236}U

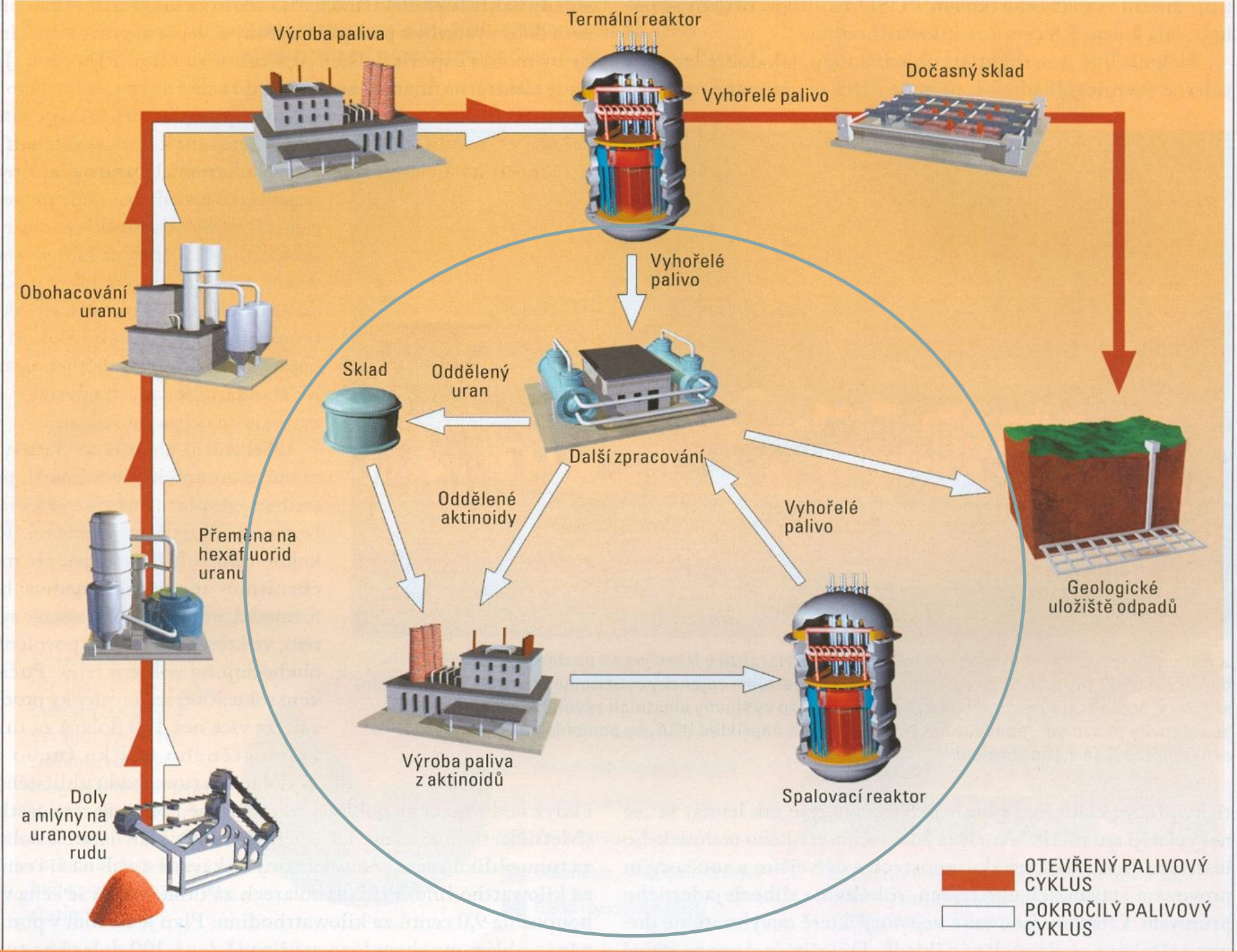
2,0% štěp. produkty(Sr, Xe, Kr,Ba)

1,5% štěpné produkty

94,3% ^{238}U

0,9% Pu

0,1% Np, Am, Cm


Výroba paliva
Termální reaktor
Vyhořelé palivo
Dočasný sklad
Obohacování uranu
Vyhořelé palivo
Sklad
Oddělený uran
Další zpracování
Oddělené aktinoidy
Vyhořelé palivo
Přeměna na hexafluorid uranu
Geologické uložiště odpadů
Výroba paliva z aktinoidů
Spalovací reaktor
Doly a mlýny na uranovou rudu
OTEVŘENÝ PALIVOVÝ CYKLUS
POKROČILÝ PALIVOVÝ CYKLUS

Štěpení jader jako obnovitelný zdroj energie ?!?

Definice OZE podle českého zákona o životním prostředí je:
Viz.:http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

?????

Využití pokročilého cyklu jaderného paliva

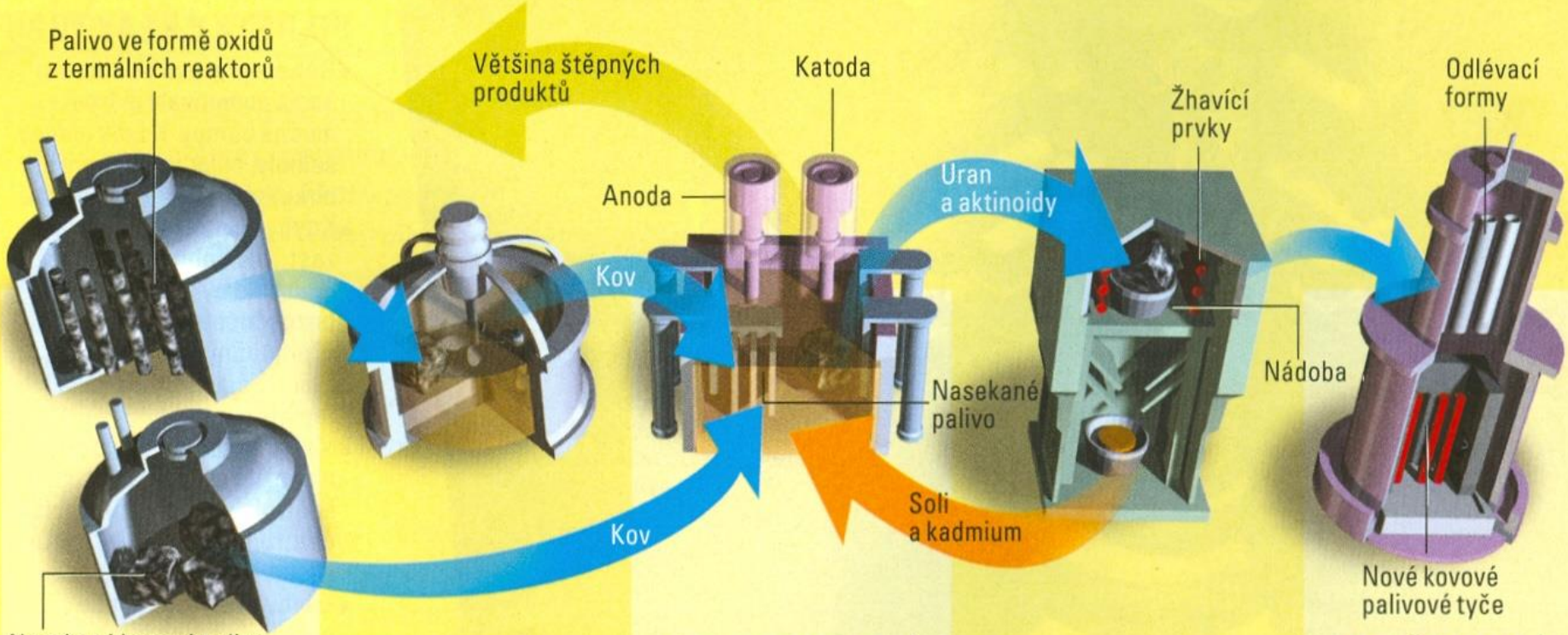
- Zvládly jaderné velmoci
- Vyžaduje menší prostor pro trvalé uložení, umožňuje využití vzniklých izotopů ^{139}Pu (z ^{238}U), ^{133}U (z ^{232}Th)
- Velmi drahé a náročné na provoz, rizika spojená s únikem radioaktivních plynů
- Zvládnutí technologie přepracování „vyhořelých“ palivových článků spolu s izolací Pu otevírá cestu k vlastní jaderné zbrani
- Palivové články rozpouštěny v konc. HNO_3

Nová možnost, high-tech = roztavení palivových článků a rafinace produktů štěpení elektrolýzou v tavenině:

NOVÝ ZPŮSOB OPAKOVANÉHO POUŽITÍ NUKLEÁRNÍHO PALIVA

Klíčem k pyrometalurgické recyklaci jaderného paliva je elektrolytická rafinace. V tomto procesu se oddělí skutečný odpad, štěpné produkty, od uranu, plutonia a dalších aktinoidů (těžkých radioaktivních prvků) ve vyhořelém palivu. Plutonium zůstane promíchané mezi aktinoidy, takže se nedá přímo využít pro vojenské účely.

Vyhořelé palivo dnešních termálních reaktorů (oxidy uranu a plutonia) by se nejprve zredukovaly na kov a kovový ochuzený uran a plutonium pro rychlé reaktory by šly přímo do elektrolytické rafinace. Elektrolytická rafinace připomíná elektrolytické pokovování: vyhořelé palivo na anodě se ponoří do chemické lázně; elektrický proud potom nanese uran a další aktinoidy na katodu. Extrahované prvky na katodě by se dále zpracovávaly, aby se odstranily zbytkové soli a kadmium pocházející z rafinace. Nakonec by se zbývající uran a aktinoidy odlily do nových palivových tyčí a soli a kadmium zrecyklovaly.



VYUŽITÍ: Použité jaderné palivo se může přepracovat na nové a zbytky se přetaví na vysoce odolnou sklovinu, která se teprve uloží jako odpad:



Štěpení jader jako obnovitelný zdroj energie

Definice OZE podle českého zákona o životním prostředí je:
Viz.:http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

?????

Srovnání nákladů na vyprodukování 1 kWh elektřiny:

Technologický vývoj => velké zvýšení výkonu a snížení cen zařízení na využívání alternativních zdrojů

- Cena získané elektrické energie(z r.2007):

20-25 centů za 1 kWh ze solárních článků

4-5 centů za 1 kWh z uhelných elektráren

5-7 centů za 1 kWh z plynových elektráren

6-9 centů za 1 kWh spalováním biomasy

2-12 centů za 1 kWh z jaderných elektráren

Zdroj: Scientific American

Štěpení jader jako obnovitelný zdroj energie

Definice OZE podle českého zákona o životním prostředí je:
Viz.:http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf

„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

?????

Pojem: Breeder reactor = množivý reaktor

- Běžně užívaný lehkovodní reaktor (VVER, PWR), který používá H_2O jako moderátor i chladivo, na 1 mol rozštěpených jader ^{235}U vyprodukuje 0,6 mol jader ^{239}Pu

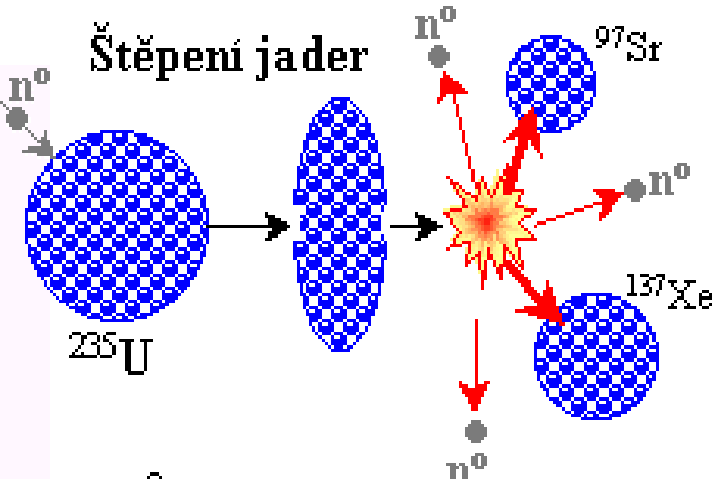
- Breeder vyprodukuje více než 1 mol ^{239}Pu (nebo ^{233}U kolizí neutronů s Th) na 1 mol rozštěpených jader ^{235}U (nebo ^{233}U)

Reaktory využívající tzv. tepelné neutrony (thermal breeder reactor, využívající moderátor)

- Používá D_2O jako chladivo a moderátor, která je drahá, ale nesorbuje neutrony (vyvíjí Indie)
- Nebo dokonce H_2O s upravenou geometrií aktivní zóny, viz. např. Shippingport Atomic Power Station, využívá směs oxidů ^{233}U a Th
- Reaktory využívající taveninu fluoridů

Rychlý množivý reaktor:

- **FBR** (Fast Breeder Reactor) = při svém provozu produkuje z ^{238}U více ^{239}Pu než kolik ho během provozu spotřebuje



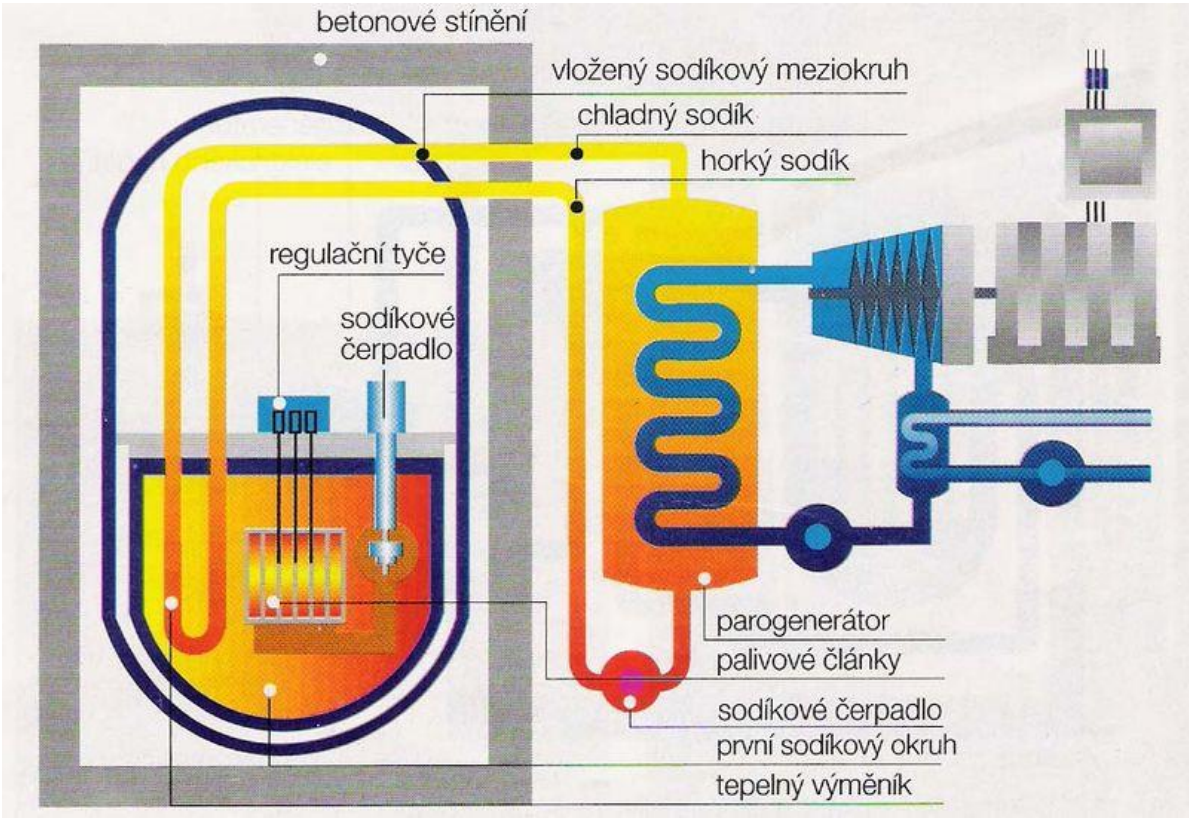
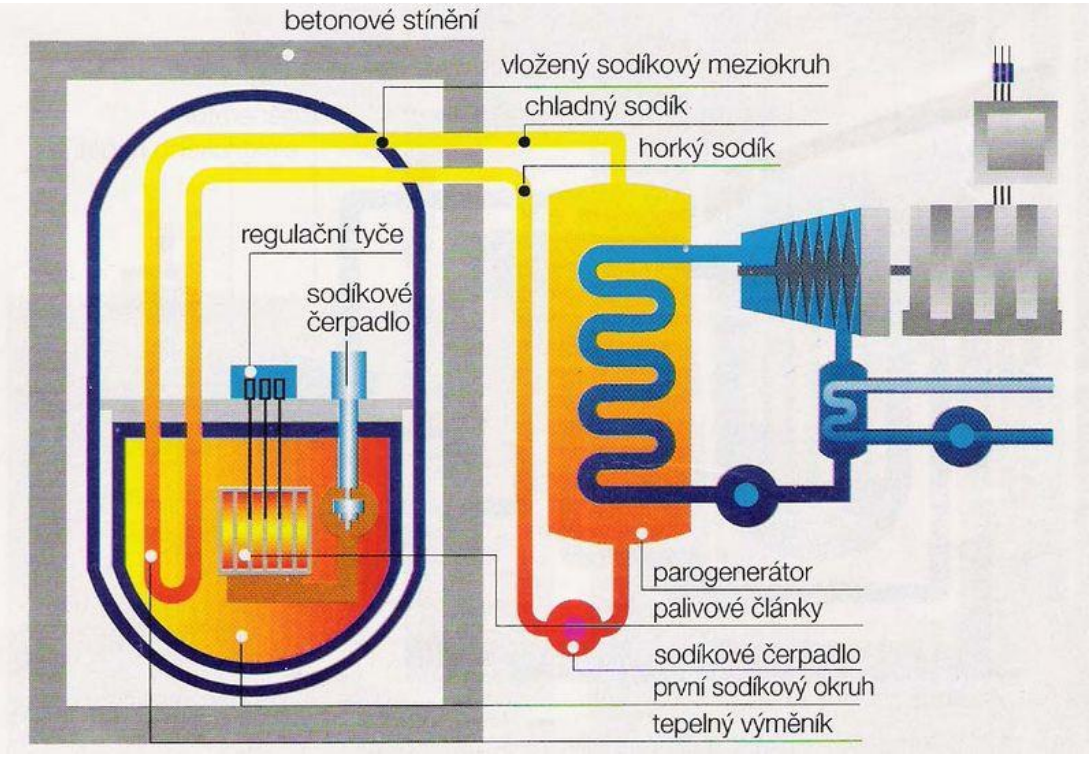


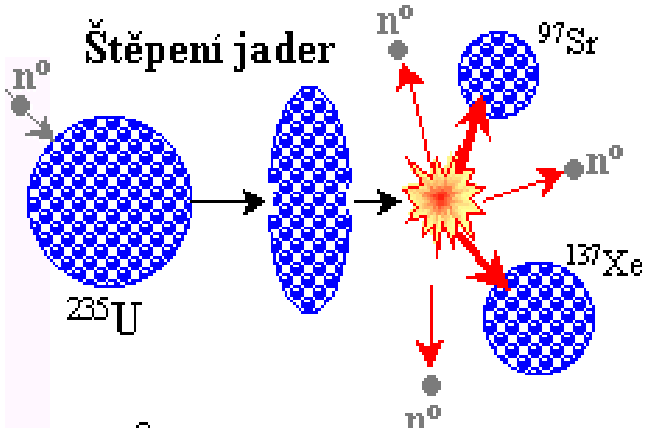
Schéma rychlého množivého reaktoru FBR (nemá moderátor):



Typické parametry reaktoru (s výkonem 1300 MW):

- palivo: obohacené 20% ^{239}Pu (či ^{238}U)
- rozměry aktivní zóny včetně plodivé oblasti:
  3.1 m průměr a 2.1 m výška
- tlak sodíku v reaktoru:
  0.25 MPa
- teplota sodíku na výstupu z reaktoru: 620°C
- tepelná účinnost elektrárny:
  42%
- množství paliva v reaktoru:
  31.5 tun směsi PuO_2/UO_2

Přeměna uranu v palivových tyčích v reaktoru:



Původní palivo (uran)

3,2% ^{235}U

96,8% ^{238}U

Palivo po „vyhoření“(33tis.MWd/t)

0,76% ^{235}U

0,44% ^{236}U

2,0% štěp. produkty(Kr,Ba)

1,5% štěpné produkty

94,3% ^{238}U

0,9% Pu

0,1% Np, Am, Cm

Rychlý množivý reaktor FBR (Fast Breeder Reactor)

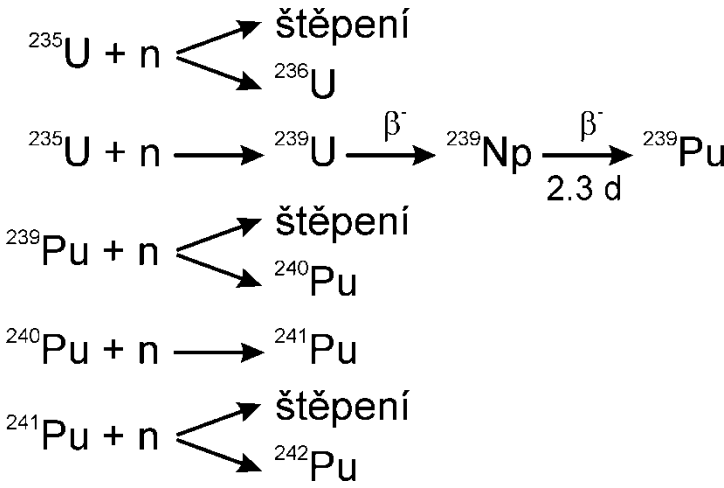
- **k udržení řetězové reakce tyto reaktory používají nezpomalené neutrony ⇒ reaktor nemá moderátor**
- **palivem je Pu ve směsi PuO_2 a UO_2 - obohacené na 20 až 50% ^{239}Pu (nebo ^{235}U)**
- **vysoké obohacení vede k intenzivnějšímu uvolňování tepla než u tepelných reaktorů (ca.10x víc) ⇒ plyn ani voda takové množství tepla nemohou odvádět, proto je chladivem Na**, který je při teplotách nad 100°C tekutý
- **Na** má mnohem lepší tepelnou vodivost i mnohem vyšší teplotu varu (téměř 900°C při atmosférickém tlaku) než voda
- **zásadním problémem sodíku je jeho velká chemická reaktivita** ⇒ musí se proto zajistit co nejbezpečnější oddělení **Na** okruhu od vody i vzduchu
- **Na** ze sekund. okruhu jde do parogenerátoru, kde v dalším okruhu ohřívá vodu na páru
- 1. demonstrační elektrárna v USA (1963 – E. Fermi)
- je postaven v Rusku (BN-600), ve Francii (Superphénix) a Velké Británii
- v USA, Německu a Japonsku byly demonstrační elektrárny tohoto typu

FBR - množivý reaktor, shrnutí:

- zvláštností rychlých reaktorů s Pu palivem je jejich **množivý charakter**⇒ při provozu těchto reaktorů vzniká více Pu, než se spotřebuje ke štěpení
  - při štěpení U vzniká přibližně 2,5 nových n, při štěpení ^{239}Pu rychlými n je to 3,02 n
  - průměrně 2 n se spotřebují na další štěpení a zbytek transmutuje U na Pu
    pro zvýšení výtěžku Pu je aktivní zóna obklopena tzv. **plodivou zónou**, která sestává z ochuzeného uranu

Nevýhody oproti PWR:

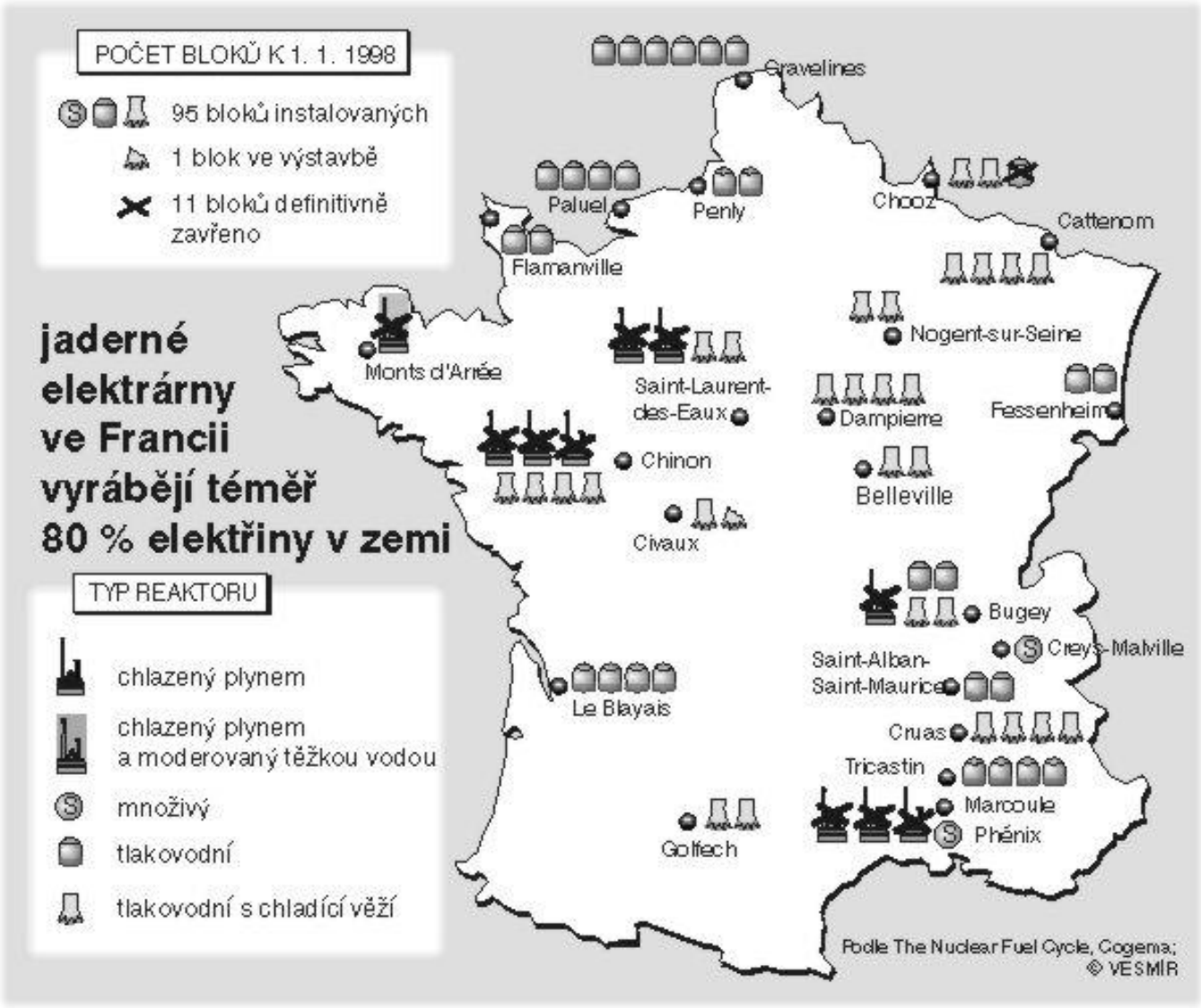
- zatím drahá výroba
- nebezpečí zneužití Pu pro vojenské účely
- velká hustota štěpitelných prvků
- z daného objemu se uvolňuje velké množství tepla
- únik sodíku představuje nebezpečí požáru
- rychlé n podstatně zkracují odezvu reaktoru na vnější vlivy (i na ovládání)



Výhody:

- Na má vyšší teplotu varu, než při jaké ochlazuje reaktor ⇒ v primárním okruhu není velký přetlak
- vynikající tepelná vodivost Na zajišťuje dostatečné havarijní chlazení reaktoru

Jaderné elektrárny ve Francii:



Provozované reaktory množivého typu:

- Rusko - třetí blok Bělojarské jaderné elektrárny (BN-600) o elektrickém výkonu 600 MWe (tepelný výkon 1470 MWth)
- Francie
  - pokusný reaktor Phénix o výkonu 233 MWe, odpojen od elektrické sítě v roce 2009
  - jednobloková demonstrační elektrárna s rychlým množivým reaktorem Superphénix o výkonu 1200 MWe, reaktor odstaven v roce 1997
- Velká Británie - ??
- Japonsko - pokusný reaktor Monju o výkonu 280 MWe, provoz pozastaven po požáru v roce 1995
- Ve Velké Británii, USA, Německu a Japonsku též byly provozovány demonstrační elektrárny tohoto typu.

Aktualita k rychlým reaktorům:

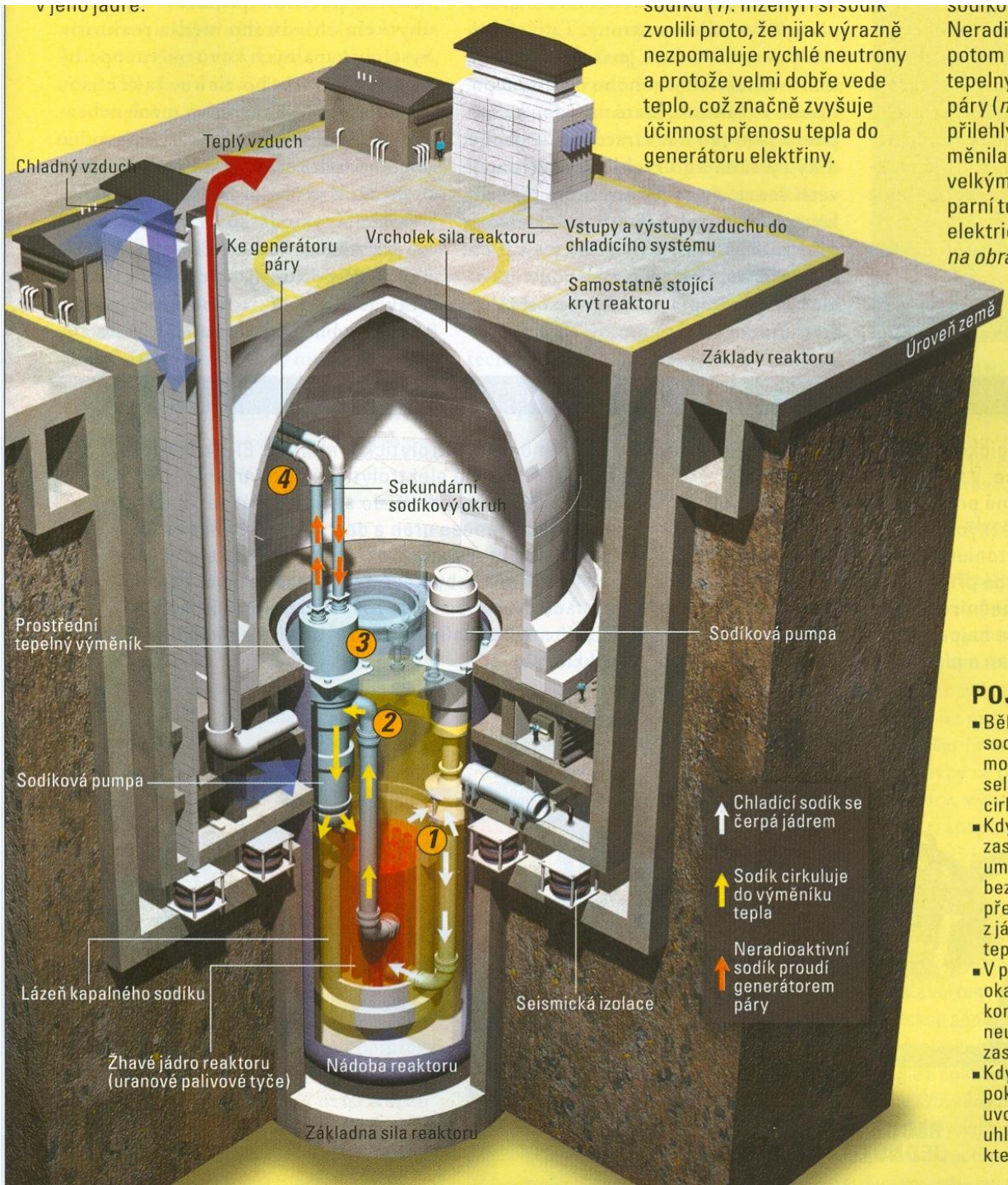
- Rusové dokončili modernizaci rychlého reaktoru v elektrárně v Bělojarsku. Nový reaktor, chlazený sodíkem, běží od srpna - Ekonomický deník (ekonomickydenik.cz)
- **Rusové dokončili modernizaci rychlého reaktoru v elektrárně v Bělojarsku. Nový reaktor, chlazený sodíkem, běží od srpna**
- Pracovníci dceřiné společnosti Rosatomu Ural Atomenergoremont (UralAER) dokončili generální opravu hlavních komponent na třetím bloku Bělojarské jaderné elektrárny ve Sverdlovské oblasti Ruska. Rychlý reaktor BN-600 byl uveden do provozu v roce 1981

Možný způsob provozování rychlého jaderného reaktoru:

v jeho jádře.

sodíku (*1*). Inženýři si sodík zvolili proto, že nijak výrazně nezpomaluje rychlé neutrony a protože velmi dobře vede teplo, což značně zvyšuje účinnost přenosu tepla do generátoru elektřiny.

sodíkového okruhu. Neradioaktivní sodík (*4*) by potom teplo přivedl na finální tepelný výměník /generátor páry (*není na obrázku*), v jehož přilehlých trubkách by se voda měnila v páru. Horká pára pod velkým tlakem by pak roztáčela parní turbíny poháněj ící elektrické generátory (*nejsou na obrázku*).



POJISTKY REAKTORU

- Během provozu by chladící sodík pumpovaly jádrem mocné pumpy. Kdyby pumpy selhaly, chladící médium by cirkulovalo vlivem gravitace.
- Kdyby se pumpy chlazení zastavily nebo porouchaly, umožnilo by speciální bezpečnostní zařízení únik přebytečných neutronů z jádra, čímž by se snížila jeho teplota.
- V případě nouze by do jádra okamžitě zapadlo šest kontrolních tyčí pohlcujících neutrony, čímž by se reaktor zastavil.
- Kdyby řetězové reakce pokračovaly, do jádra by se uvolnily tisíce kuliček z boridu uhlíku pohlcující neutrony, které jádro zaručeně vypnou.

Těžba uranu

Získávání štěpného materiálu

Těžba uranu ve světě:

Svět. cena přír. uranu ve formě U_3O_8 koncentrátu cca. 2100Kč/kg

Ložiska uranu ve světě:
Bulharsko, Španělsko (ukončeno v 90.letech 20.st.)

ČR v okolí Dolní Rožínky (100%produkce EU)

Kazachstán (5tis.t/r, výhledově 10tis.t uranu/r.)
Kanada, Austrálie, Namibie, Niger.

Roční spotřeba přírodního uranu v EU:

32 tis. tun

Těžba uranové rudy v ČR

Metodou in-situ (dosud v Kazachstánu a v Austrálii): rozpouštění ložiska v H_2SO_4 ukončena, ve Stráži pod Ralskem **v roce 2006 při sanaci následků chemické těžby na ložisku získáno 47 t uranu** (jako vedl.produktu)

Hornickým způsobem:

do poloviny 90. let 20. století byla těžba ukončena na všech dosud těžených ložiskách s výjimkou hl.dolu Rožná, okr.Žďár n. Sáz.). Těžba z hloubky 1200m. **V roce 2006 činila těžba na ložisku Rožná 400 t uranu** při průměrné kovnatosti rudy 0,29 % uranu (Ve světě se těží ložiska s obsahem nad 0,03% U_3O_8).

Spotřeba JE Dukovany a Temelín je cca. 600t přír. uranu/rok

Usnesením vlády ČR byla těžba a úprava uranových rud na ložisku Rožná prodloužena na dobu neurčitou za předpokladu její ekonomické výhodnosti a minimalizace vlivu těžby a úpravy uranových rud na životní prostředí.
V průběhu těžby vytvářeny finanční rezervy pro sanační práce po ukončení hornických aktivit v této oblasti.
Na Českolipsku zásoby uranu cca. 115 tis.t, (od r. 1945 se v ČR vytěžilo celkem 110 tis.t uranu)


Těžba uranu
Úpravny uranu
V provozu do r. 1999
Zrušeno do r. 1999
Krížanov
Stráž pod Ralskem
Hamr
Jáchymov
Hájek
Dyleň
Horní Slavkov
Zadní Chodov
Vítkov
Trutnov
Javorník - Zálesí
Praha
Příbram
Předbolice
Licoměřice - Březinka
Chotěboř
Škrdlovice
Slavkovice - Petrovice
Rožná
Dolní Rožínka
Olší
Okrouhlá Radouň
Mydlovary
Brno
Uranová mapa České republiky

Zpracování uranové rudy v ČR:

Kyselé loužení smolince v přítomnosti ox. činidla:

$$\mathbf{UO_2 + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow UO_2SO_4 + 2FeSO_4}$$

Spotřeba ca. 20-60kg H_2SO_4 na 1t rozemleté horniny

Oddělení uranu z roztoků na iontoměničích

Srážení uranu z kyselých roztoků (odstr.Fe, SO_4^{-2}):

$$2UO_2SO_4 + 6NH_3 + 3H_2O \rightarrow (NH_4)_2U_2O_7 + 2(NH_4)_2\ SO_4$$

Výroba tzv. yellow cake U_3O_8, pyrolýzou při 750^{O}C:

$$9\ (NH_4)_2U_2O_7 \rightarrow 6U_3O_8 + 14NH_3 + 15H_2O + 2N_2$$

Způsoby těžby

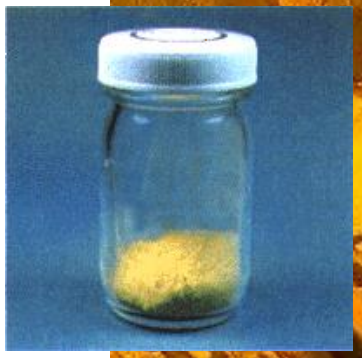
- ✓ hornickým způsobem
- ✓ loužením in situ

Hornický způsob

- ✓ povrchová těžba
- ✓ hlubinná těžba (okolí Příbrami

↓

velké odvaly hlušiny (haldy);
38 v ČR



Úprava uranové rudy

- ✓ drcení
- ✓ několikastupňová chemická přeměna (kyselé či alkalické loužení)
- ✓ ionexové výměníky (Mo, Va, Se, Fe, Pb,..)
- ✓ konečný produkt = „žlutý koláč“

kaly (kalojemy, odkaliště)



Přírodní uran, zastoupení izotopů:

^{234}U	0.006%
^{235}U	0.714%
^{238}U	99.280%

V dnešní době běžně používané jaderné palivo v JE vyžaduje tzv. obohacení, tj. zvýšení obsahu izotopu ^{235}U v jaderném palivu

Přirodní jaderný reaktor

Francouzi při těžbě uranu v Gabunu zjistili v uranové rudě nízký obsah ^{235}U a vysoký obsah přeměněných štěpných produktů

Přírodní jaderný reaktor v Oklo, Gabon:



PŘÍRODNÍ JADERNÉ REAKTORY byly nalezeny pouze v africkém státě Gabonu, v uranových dolech Oklo a sousedním Okelobondo a na lokalitě zvané Bangombe, asi 35 kilometrů vzdálené.

POVRCHOVÝ DŮL uranové rudy v Gabonu odhalil více než tucet oblastí, kde kdysi probíhalo jaderné štěpení.

Měrné náklady na výrobu elektřiny v jaderných elektrárnách:

Těžba a izolace uranu: 25,8% nákladů

Obohacení uranu: 15,1%

Výroba (přepracování) palivových článků: 12,7%

Uložení odpadu: 46,4%

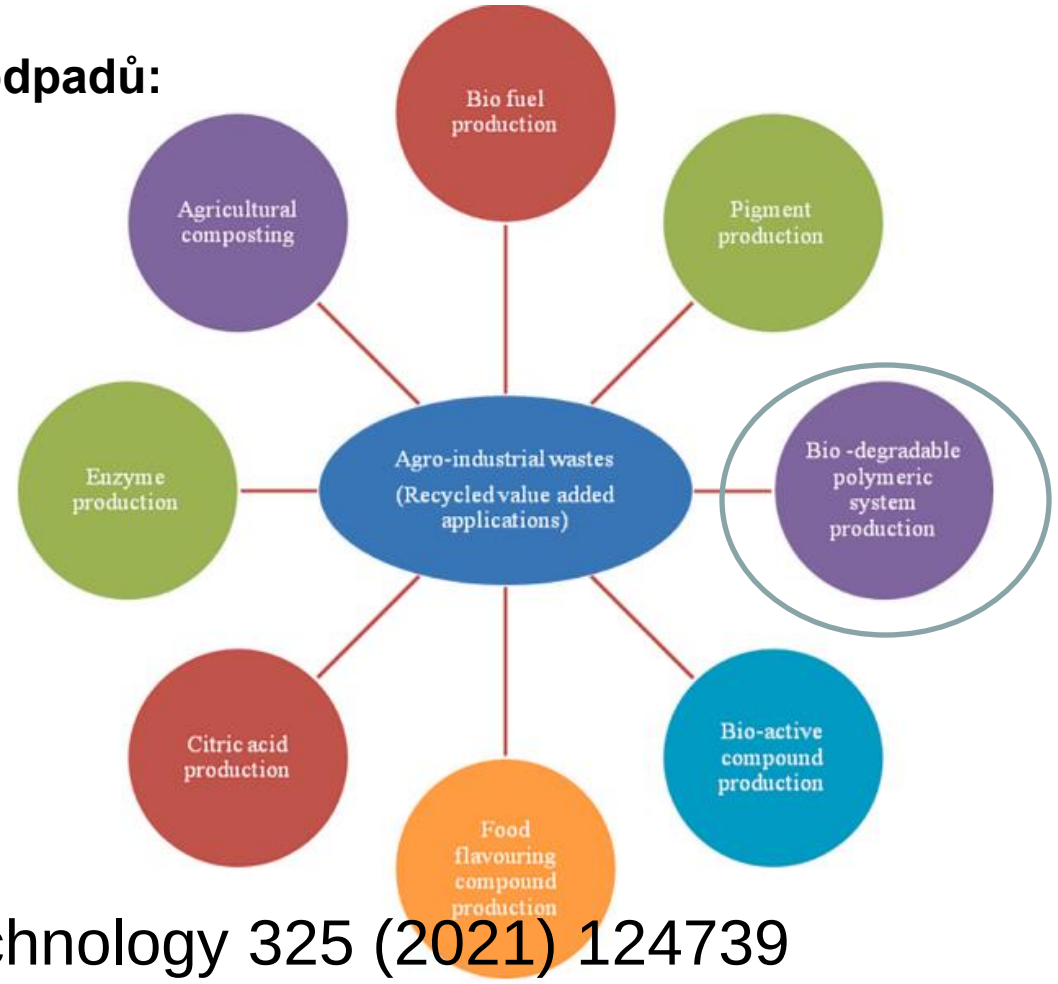
Elektrická energie získaná v jaderné elektrárně je levnější než z tepelných elektráren s odsiřováním kouřových plynů

Průmyslové suroviny na bázi biomasy

Biomasa může být užitečná nejen pro produkci energie…

Viz. přednášky č. 6-7, tj. přímé využití biomasy jako paliva a získávání bioplynu anaerobním rozkladem biomasy

Možnosti surovinového využití bioodpadů:



P. Rai et al.: Bioresource Technology 325 (2021) 124739

Fig. 2. Agro-industrial wastes: schematic depiction of recycled value-added applications.

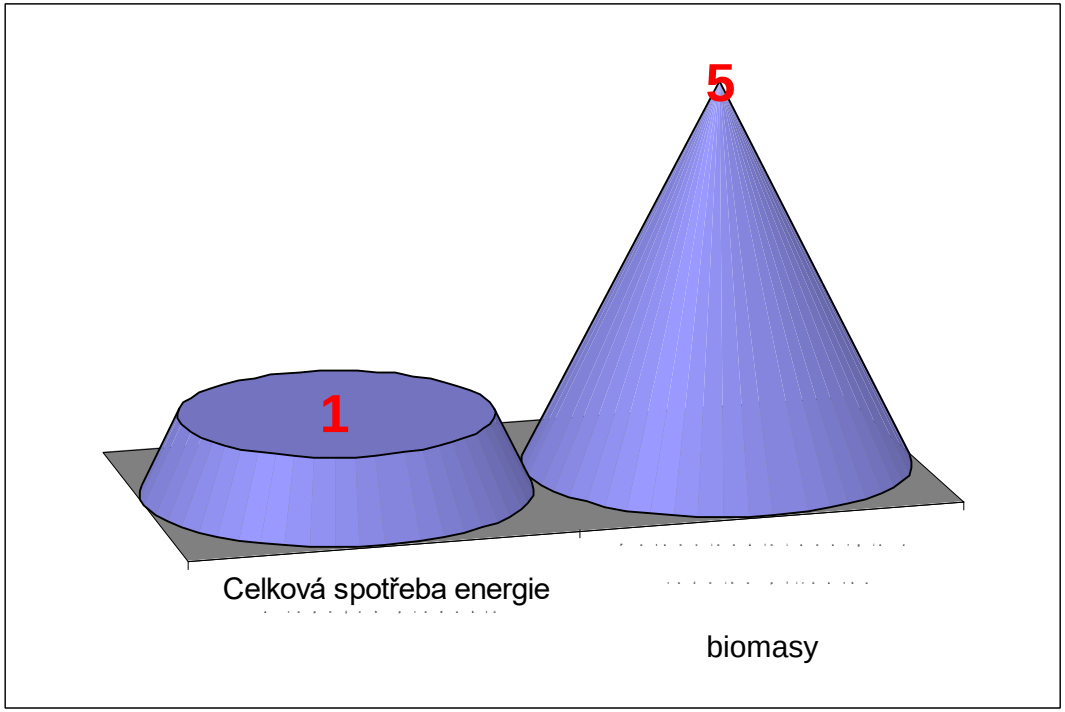
Problematika produkce průmyslových surovin z obnovitelných zdrojů

Biomasa na rozdíl od jiných zdrojů energie (slunce, vítr, jaderné štěpení, …) **může být přímo přeměněna na petrochemické suroviny** = **uhlovodíky a jejich deriváty pro výrobu kaučuků, plastů a textilních vláken, motorových paliv, kosmetických přípravků,…**

Viz. Biorefineries…

GLOBÁLNÍ ENERGETICKÝ POTENCIÁL BIOMASY

Doc. J. Lederer: Konferenc e ICCT



FOTOSYNTÉZA: $6\,CO_2 + h\nu + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

BIOMASA – PŘEVÁŽNĚ SACHARIDY, LIGNIN A ROSTLINNÉ OLEJE

roční produkce 100 biliónů tun obnovitelných zdrojů







Jaké je zastoupení jednotlivých složek produkované biomasy:

Zastoupení technicky důležitých složek v produkované biomase:

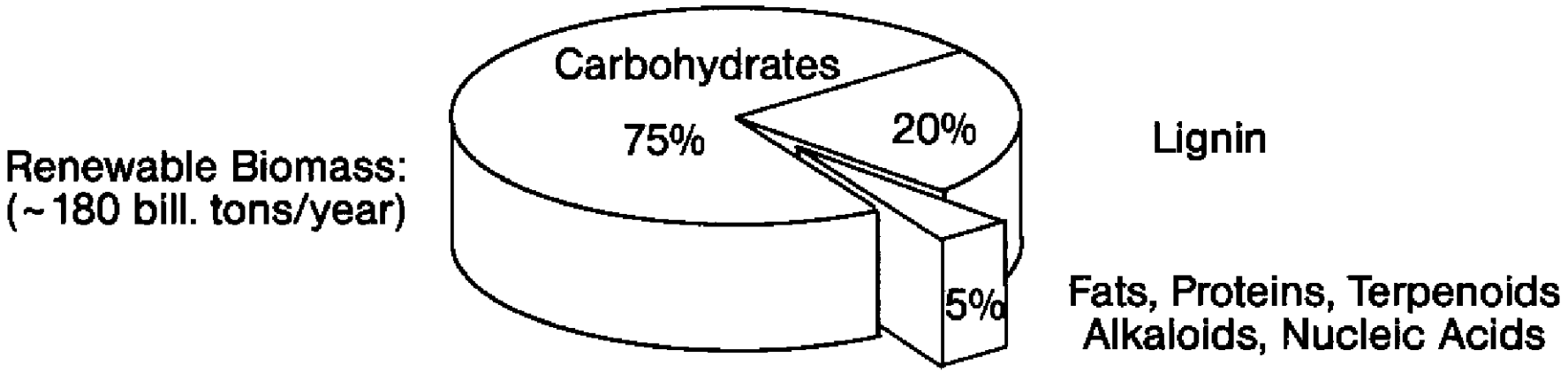
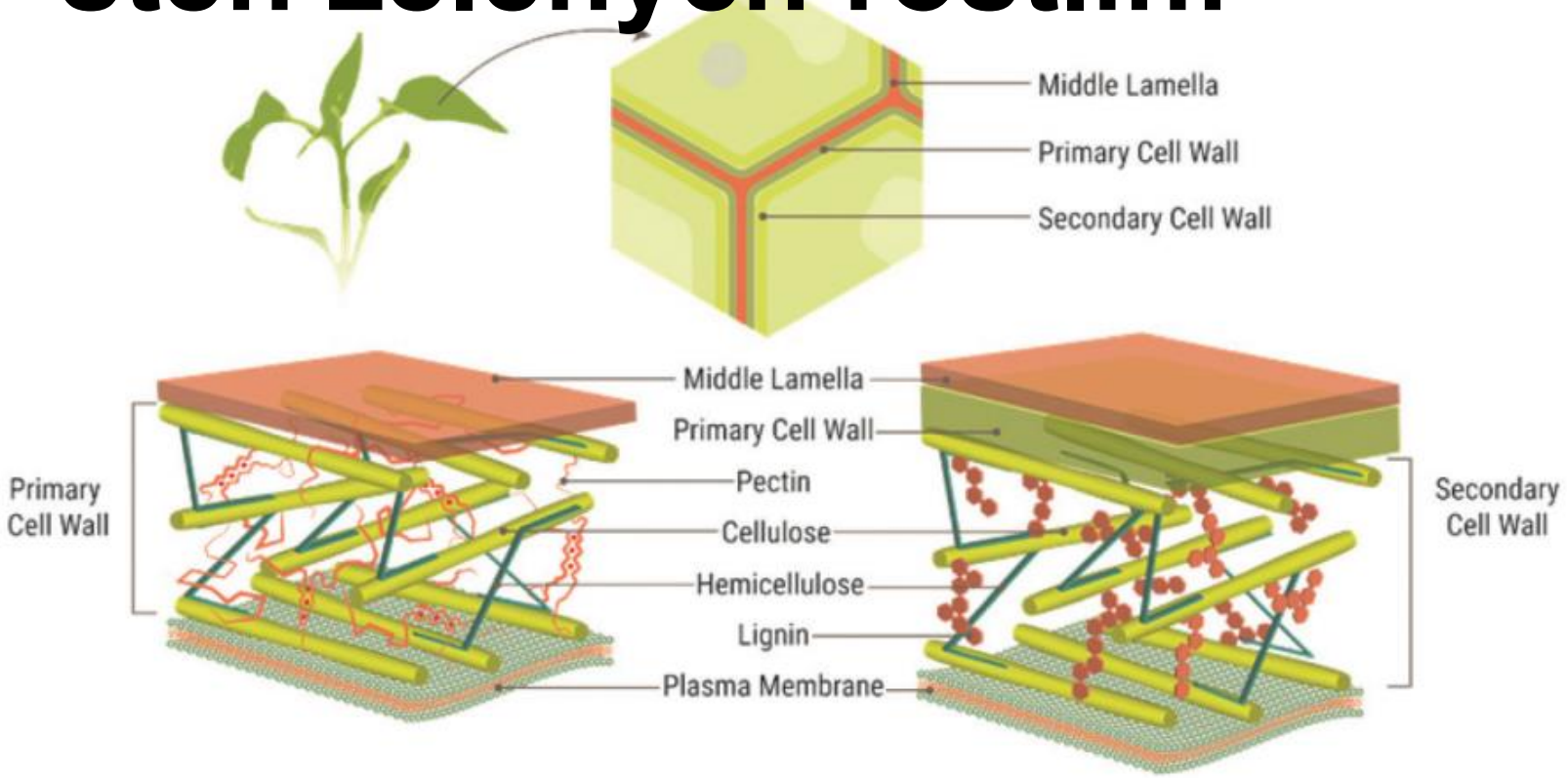


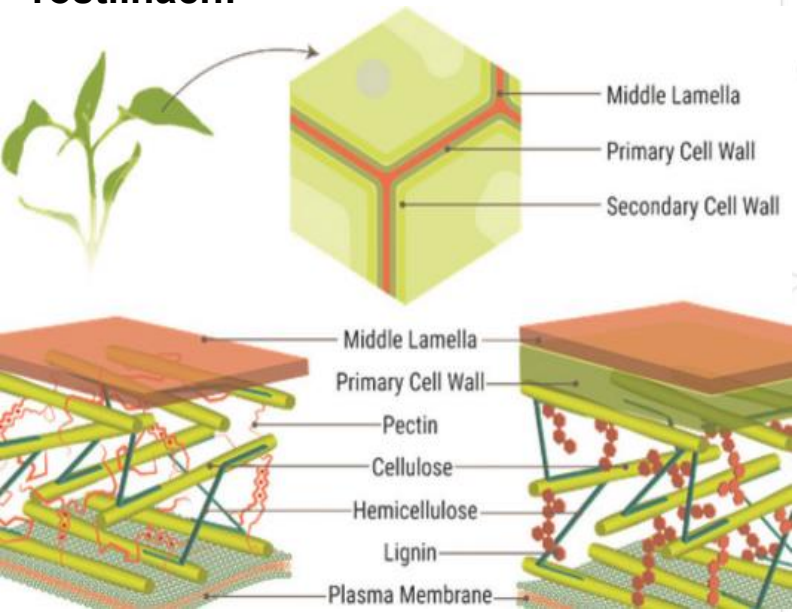
Fig. 1.1 Distribution of types of natural products in biomass.

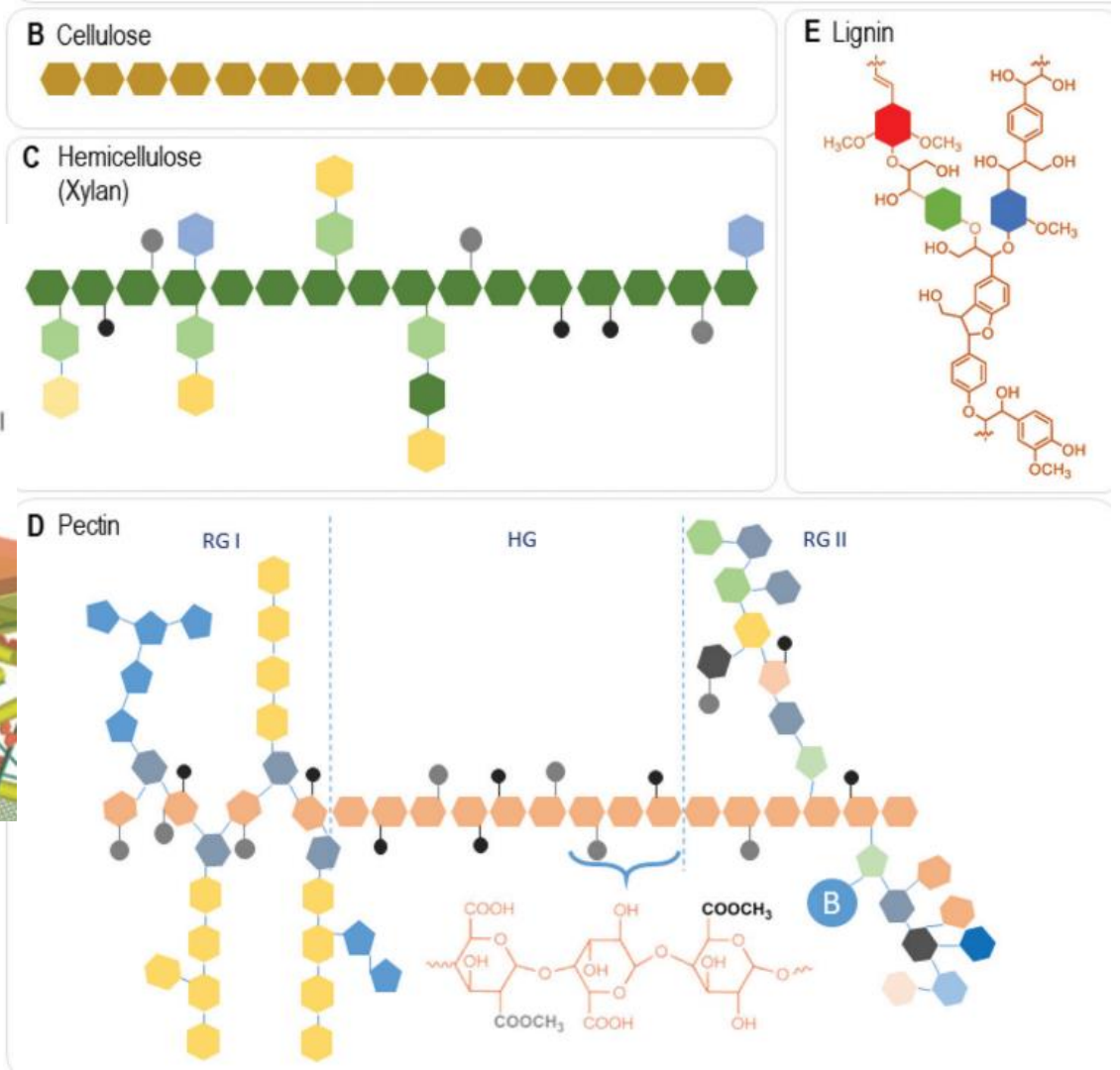
Stavební jednotky buněčných stěn zelených rostlin:



Green Chem. 2022, DOI: 10.1039/d1gc03904k

Schématická struktura jednotlivých biopolymerů vyskytujících se v zelených rostlinách:





Green Chem. 2022, DOI: 10.1039/d1gc03904k

Rozdíl ve složení fosilních surovin a biomasy:

Fossil Resources:

HYDRO-CARBONS

C_nH_{2n+2}

oxygen-free, lacking functional groups



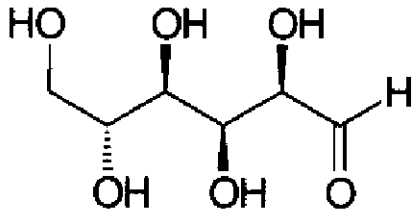
n-Hexane

Renewable Resources:

CARBO-HYDRATES

$C_n(H_2O)_n$

overfunctionalized with hydroxyl groups



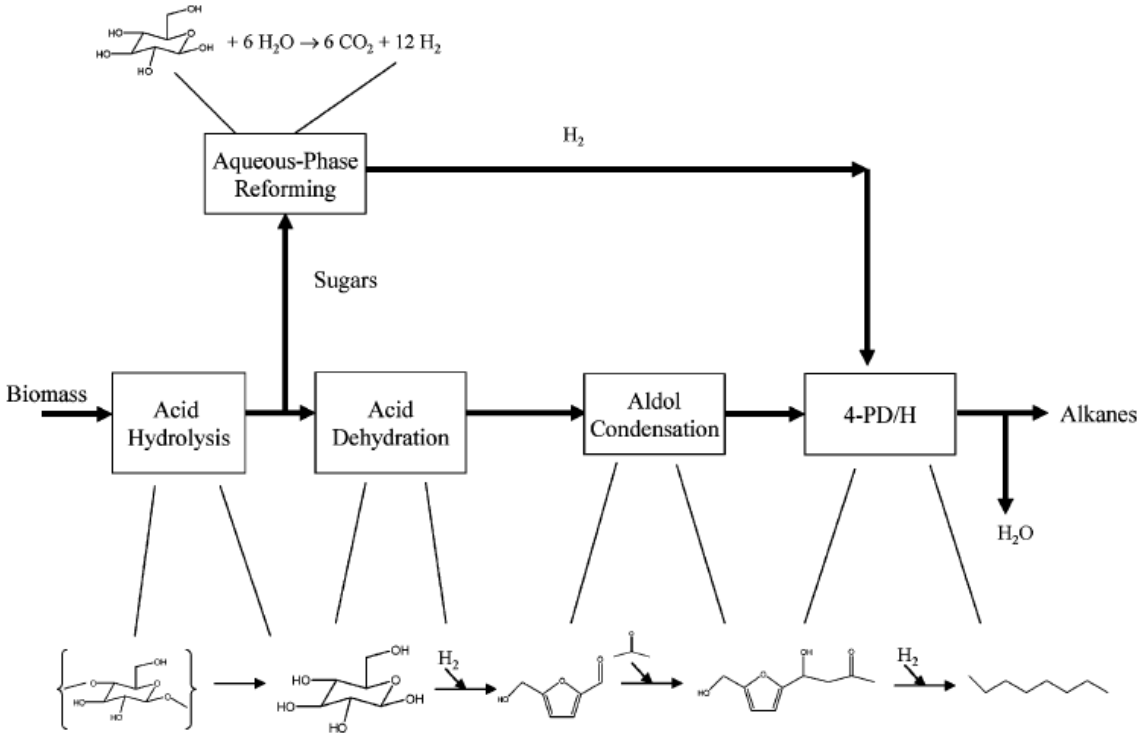
D-Glucose

=> Nutnost přeměny sacharidů na jednodušší sloučeniny

Srovnání cen produkce cukrů a jejich derivátů s cenou produkovaných základních chemikálií:

		World production [a] (metric t year^{-1})	Price [b] (€ kg^{-1})
Sugars	Sucrose	140 000 000	0.20
	D-Glucose	30 000 000	0.30
	Lactose	295 000	0.60
	D-Fructose	60 000	1.00
	Isomaltulose	70 000	2.00
	Maltose	3 000	3.00
	D-Xylose	25 000	4.50
	L-Sorbose	60 000	7.50
Sugar alcohols	D-Sorbitol	650 000	1.80
	Erythritol	30 000	2.25
	Xylitol	30 000	5.00
	D-Mannitol	30 000	8.00
Sugar-derived acids	Citric acid	1 500 000	1.00
	D-Gluconic acid	100 000	1.40
	L-Lactic acid	150 000	1.75
	L-Tartaric acid	35 000	6.00
	L-Ascorbic acid	80 000	8.00
Amino acids	L-Glutamic acid	1 500 000	1.20
	L-Lysine	740 000	2.00
Petrochemicals	Ethylene	90 000 000	0.40
	Propylene	45 000 000	0.35
	Benzene	23 000 000	0.40
	Terephthalic acid	12 000 000	0.70
	Aniline	1 300 000	0.95
	Acetaldehyde	900 000	1.10
	Adipic acid	1 500 000	1.70
Solvents	Methanol	25 000 000	0.15
	Toluene	6 500 000	0.25
	Acetone	3 200 000	0.55

Výroba uhlovodíků z biomasy s využitím kysele katalyzovaných přeměn s následnou hydrogenací:



Self-sustaining biomass-refinery for conversion of biomass into liquid alkanes using aqueous-phase processing.

(Bio)chemické procesy pro biorafinerie:

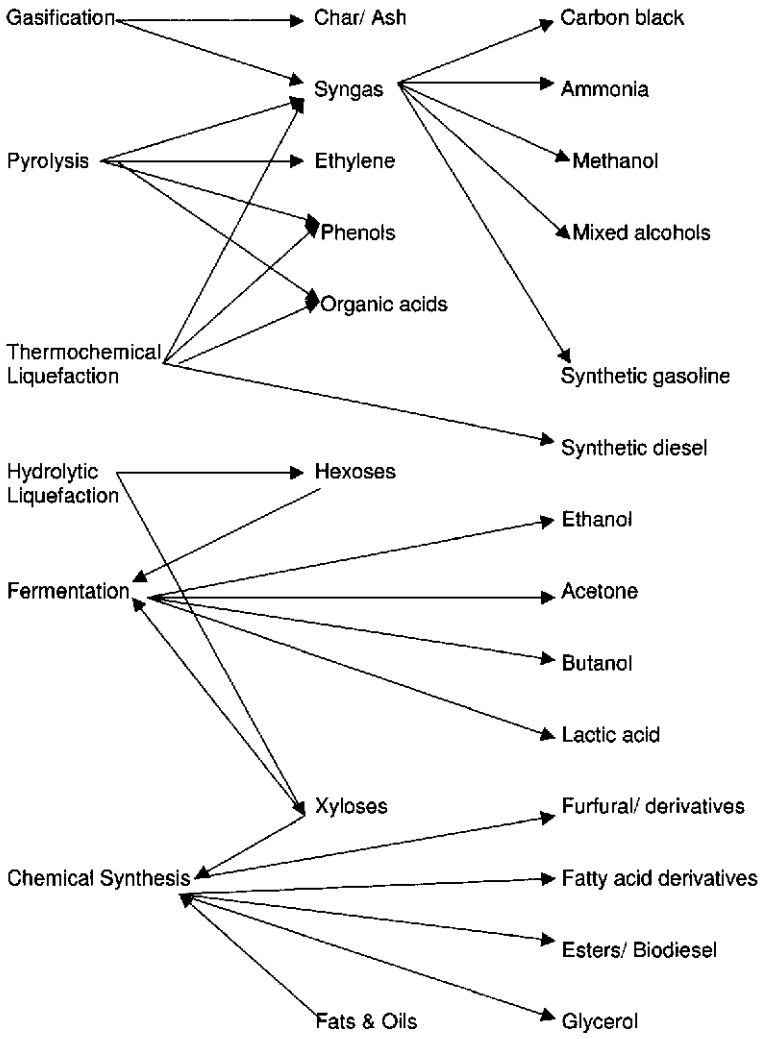


Fig. 5.2 Biomass-derived industrial organic chemicals.

Průmyslové suroviny na bázi biomasy, získávání biopolymerů

…a s tím související možnost využití biomasy nejen jako průmyslové suroviny (biopolymeru), ale i jako energetického zdroje…

Znázornění toků plastových materiálů:

Odhadem zhruba 3 % odpadu končí v oceánech…

P. Rai et al.: Bioresource Technology 325 (2021) 124739

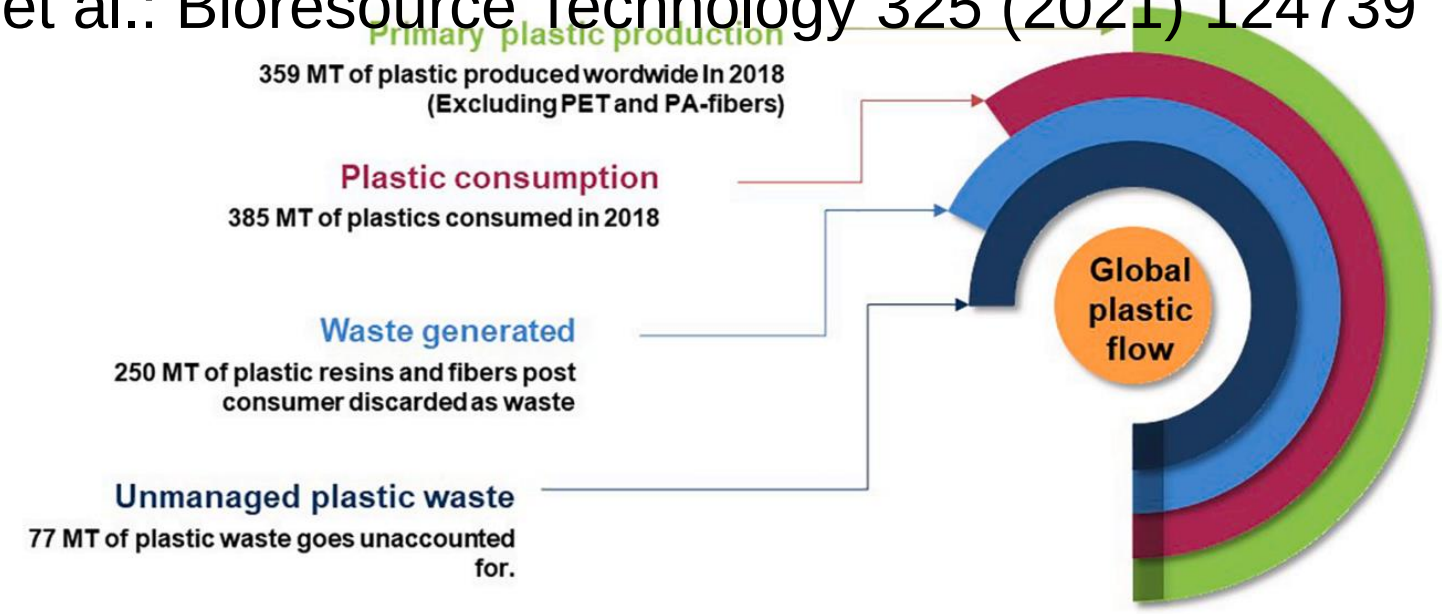


Fig. 1. Global flow of plastic material for the year 2018, including cumulative data sourced from 44 countries and regions covering 80% of global GDP.

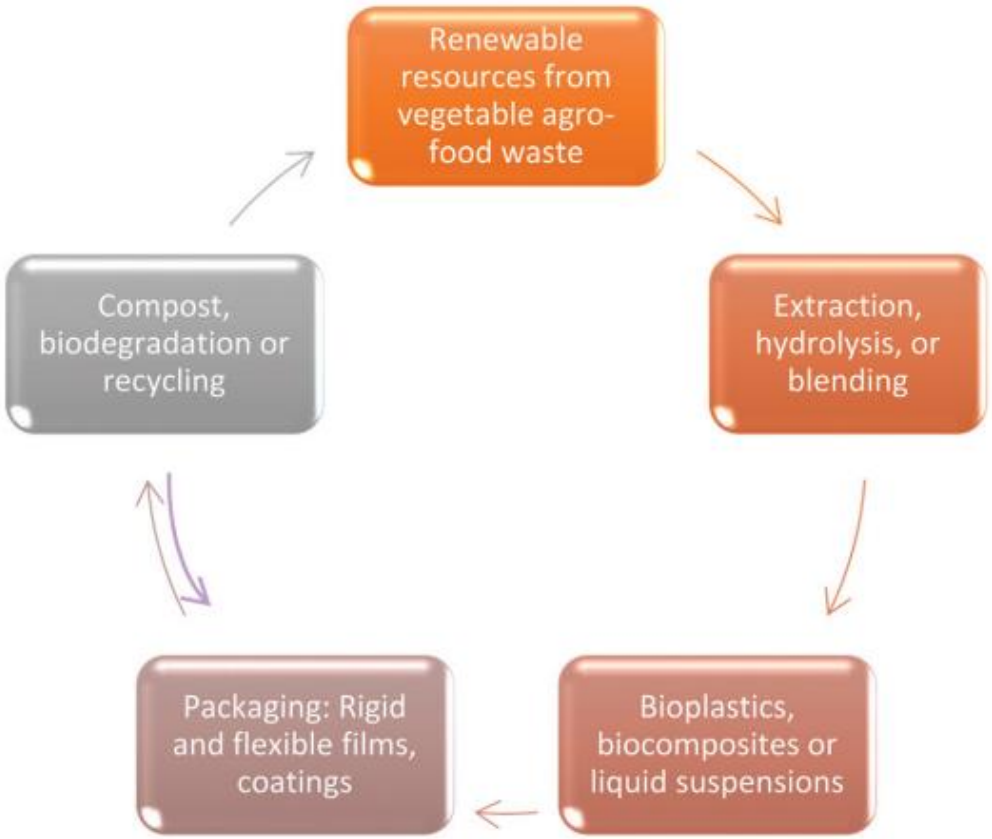
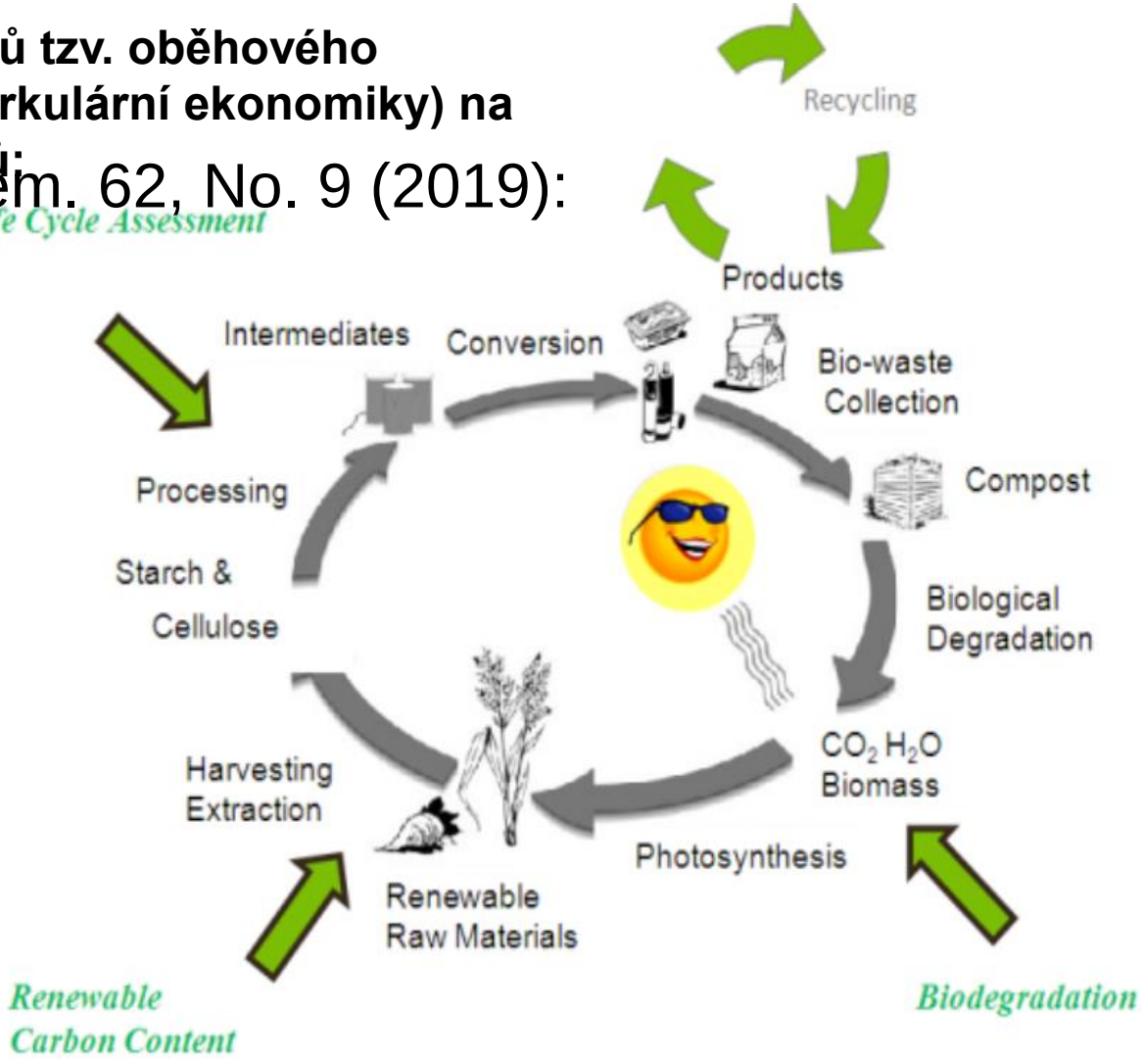


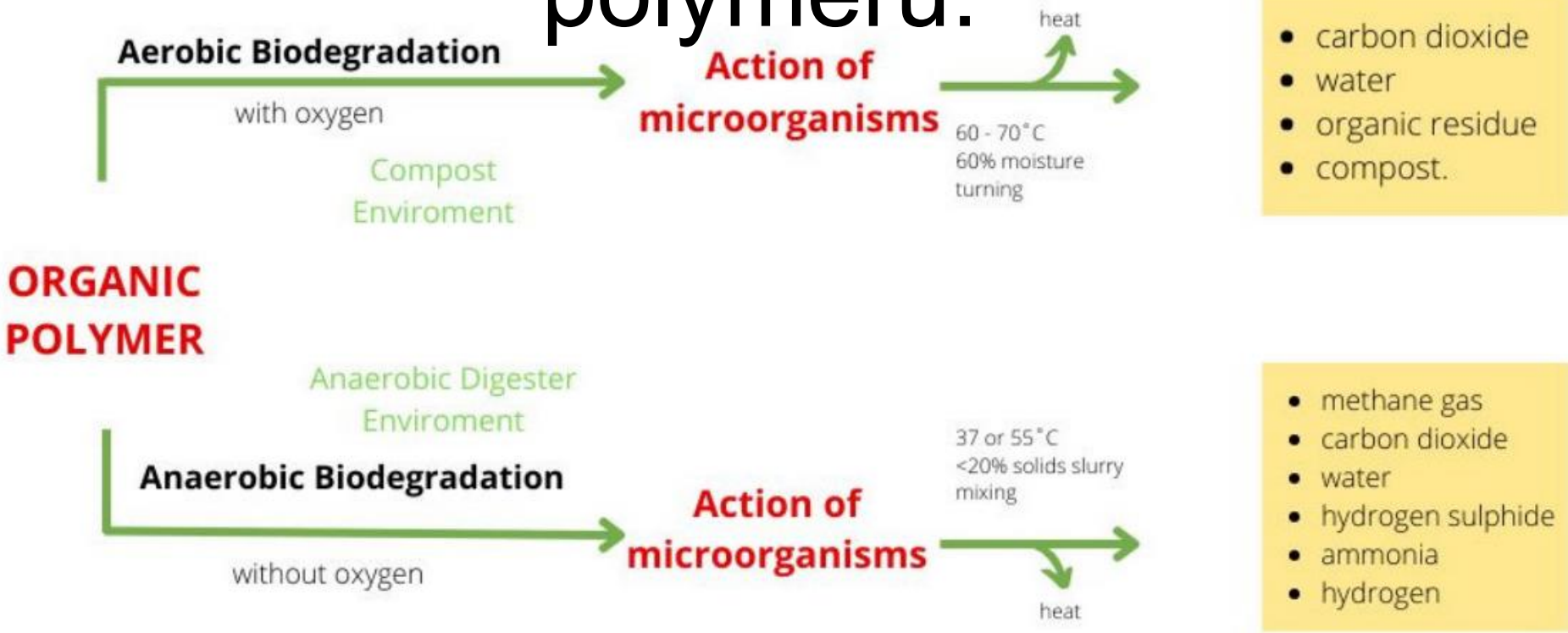
Fig. 1 Life cycle of an ideal system for packaging based on the circular economy of agro-food waste.

Aplikace principů tzv. oběhového hospodářství (cirkulární ekonomiky) na použití polymerů:

Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):



Možné způsoby biodegradace polymerů:



L. Liu et al.: Nano Today 52 (2023) 101973.

Pojem „biopolymer“:

- The term biopolymer refers to natural polymers produced by or derived from living organisms such as plants and microorganisms, as opposed to synthetic polymers [87].

[87]. A. Mohanty, Ma Misra, G. Hinrichsen: Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: an overview. Macromol. Mater. Eng., 276 (2000), pp. 1-24.

Mohamed E. Hassan, Jun Bai, De-Qiang Dou: Biopolymers; Definition, Classification and Applications. Egypt.J.Chem. Vol. 62, No. 9. pp. 1725 - 1737 (2019).

Biopolymer – Wikipedia

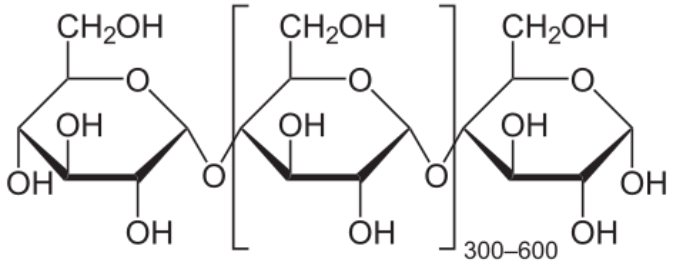
Biopolymers are natural polymers produced by the cells of living organisms.

Průmyslové suroviny na bázi biomasy, získávání biopolymerů

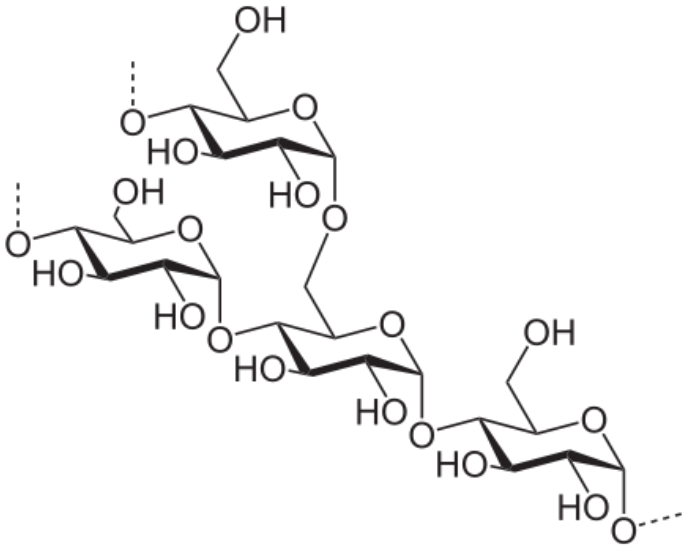
(škrob, polyhydroxybutyrát, polylaktidy a další polyestery), problematika zpracování živných roztoků z biotechnologických výrob

Srovnání nejběžnějších přírodních polysacharidů, chemická struktura škrobu:

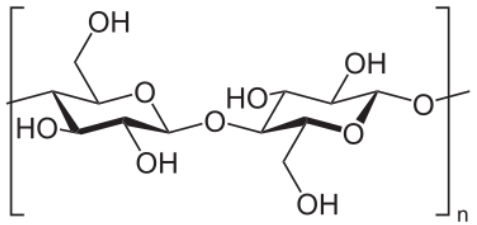
Struktura amylosy:

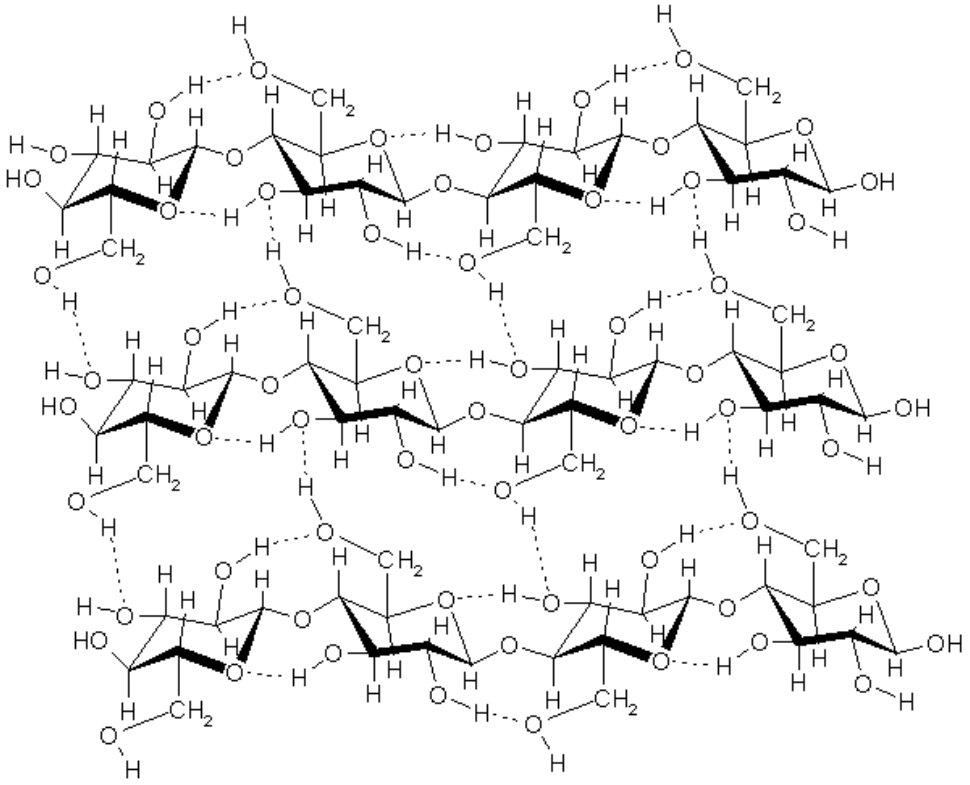


Struktura amylopektinu:



Srovnání nejběžnějších přírodních polysacharidů, struktura celulózy:





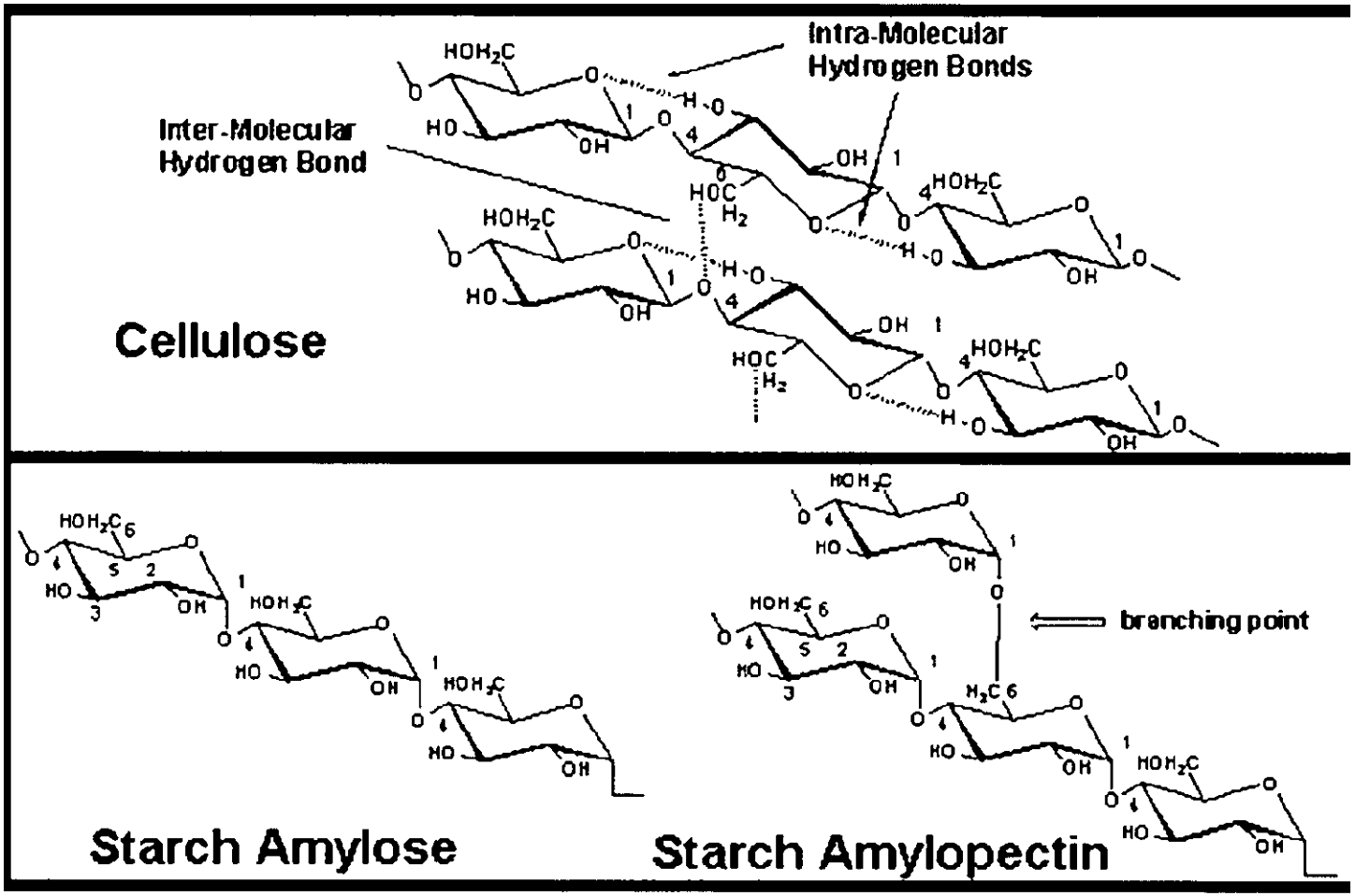


Fig. 7.1 Physical structures of cellulose and of starch amylose and amylopectin.

Rozdělení biopolymerů:

Viz.: Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

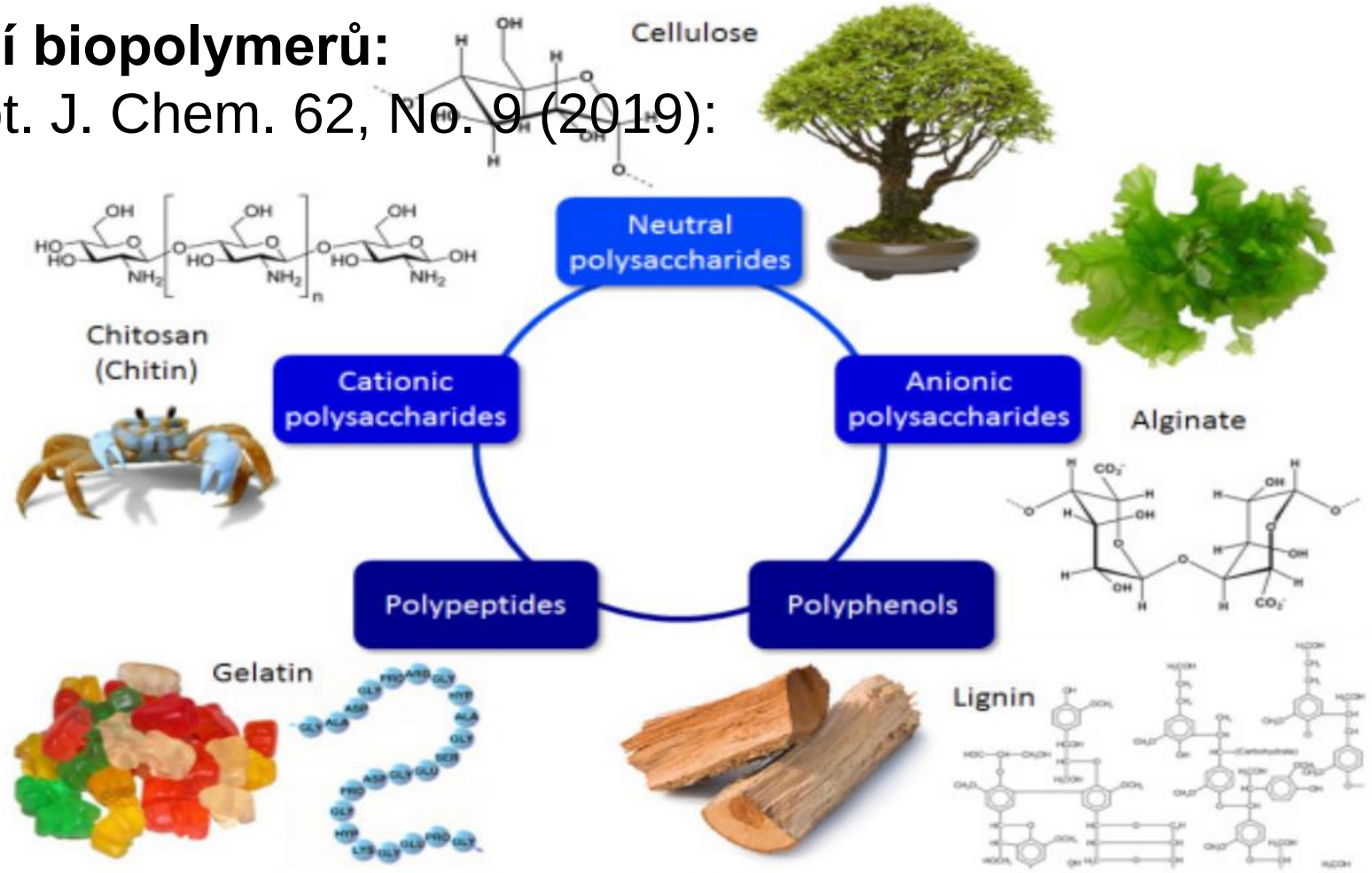


Fig. 1. Natural renewable biomaterials.

Co z biomasy (kromě energie) v současnosti získáváme:

- Konstrukční a textilní materiály (dřevo, přírodní vlákna)
- Papír a lepenka
- Chemikálie (celulóza)
- **Potraviny a chemikálie potřebné pro potravinářský průmysl (obvykle na bázi škrobu)**
- Složky kosmetických přípravků (extrakty zelených řas, látky vonné)
- Léčiva (taxol, morfium, cannabinoidy)

Tradičně rozšířené jsou polymery na bázi glukosy:

- **Škrob**
- **Celulosa**
- …
- **Na ně navazují polymery produkované produkty biochemických přeměn glukosy (či sacharózy):**
- **PLA,** tj. kyseliny polymléčné, získávané ze suroviny vzniklé jako vedlejší produkt při výrobě cukru – melasy. Tu lze kromě jiného (např. jako obohacení krmiva hospodářských zvířat) s výhodou využít i jako výchozí surovinu k výrobě PLA. Název materiálu, PLA, polylaktid, vznikl jako zkratka anglického Polylactic acid (kyselina polymléčná). Zdrojem kyseliny polymléčné je zde zbytkový sacharid ve formě glukosy a sacharosy.

Biodegradabilní polymery:

Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

Polyestery získávané i z obnovitelných zdrojů:

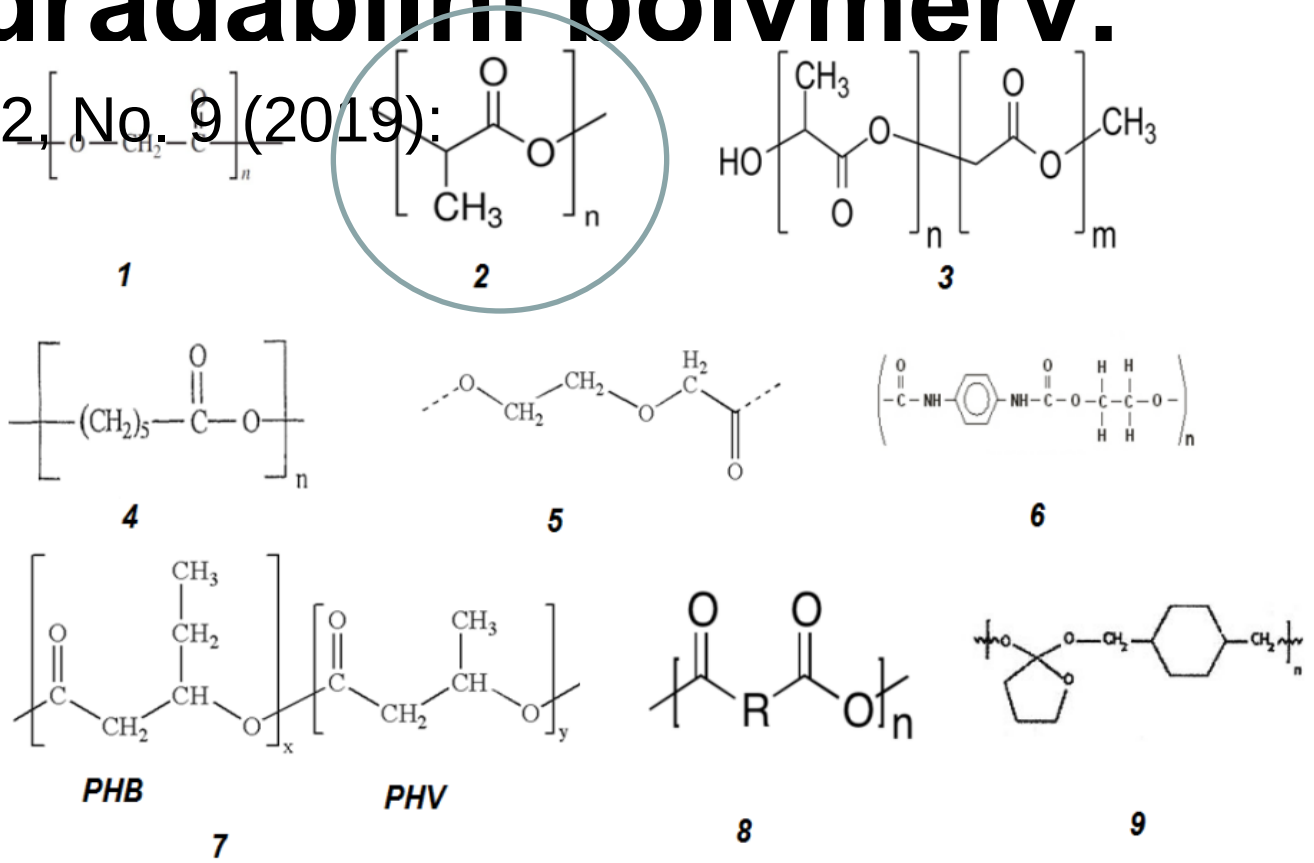


Fig. 3. Biodegradable synthetic polymers; 1: Polyglycolide Acid; 2: Polylactide Acid; 3: Poly (lactide-co-glycolide); 4: Polycaprolacton; 5: Poly dioxanone; 6: Polyurethane; 7: Polyhydroxybutyrate, polyhydroxyvalerate; 8: Polyanhydried; 9: Poly(ortho esters).

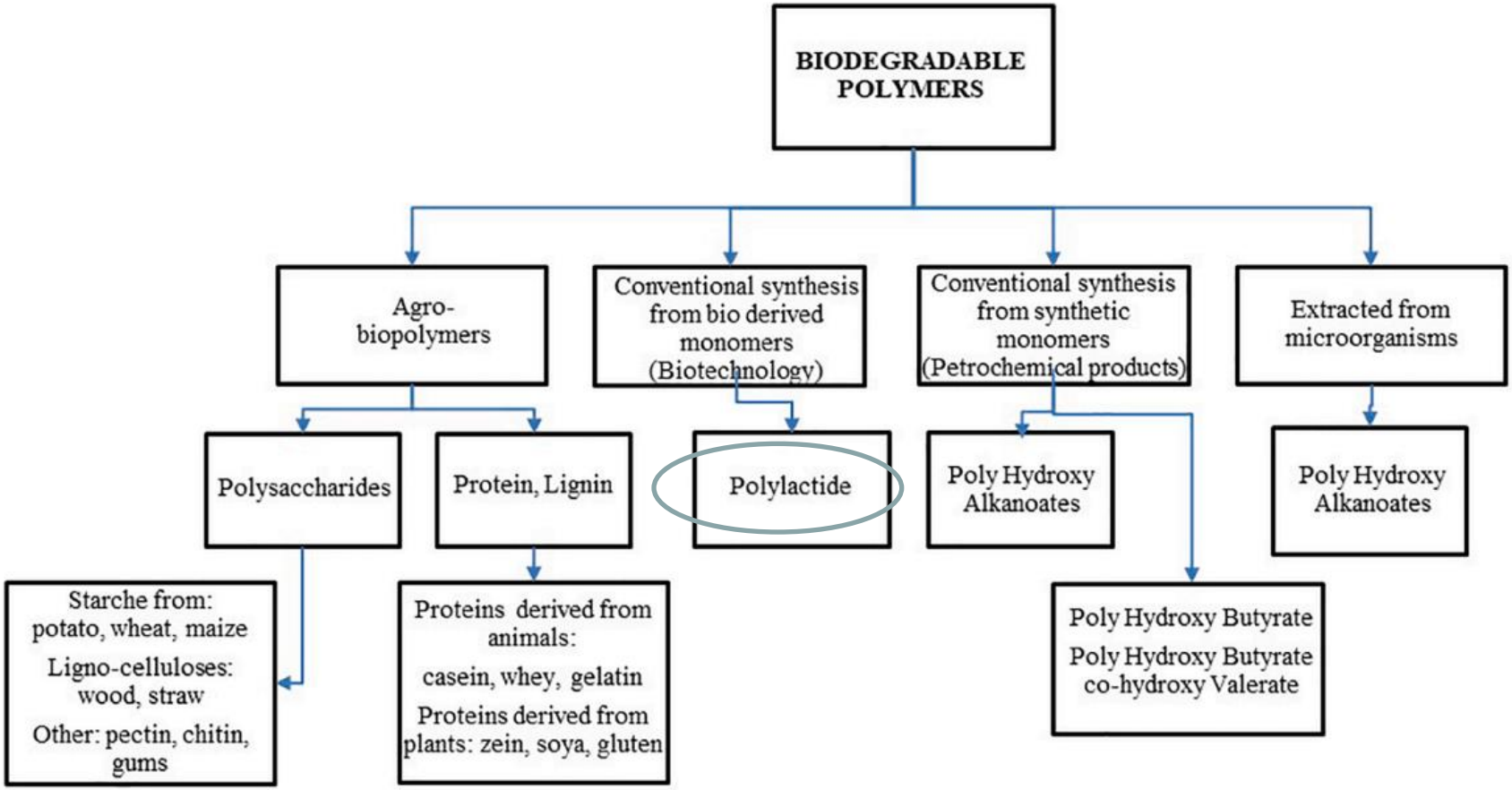


Fig. 3. Classification system of biodegradable polymers based on their origin.

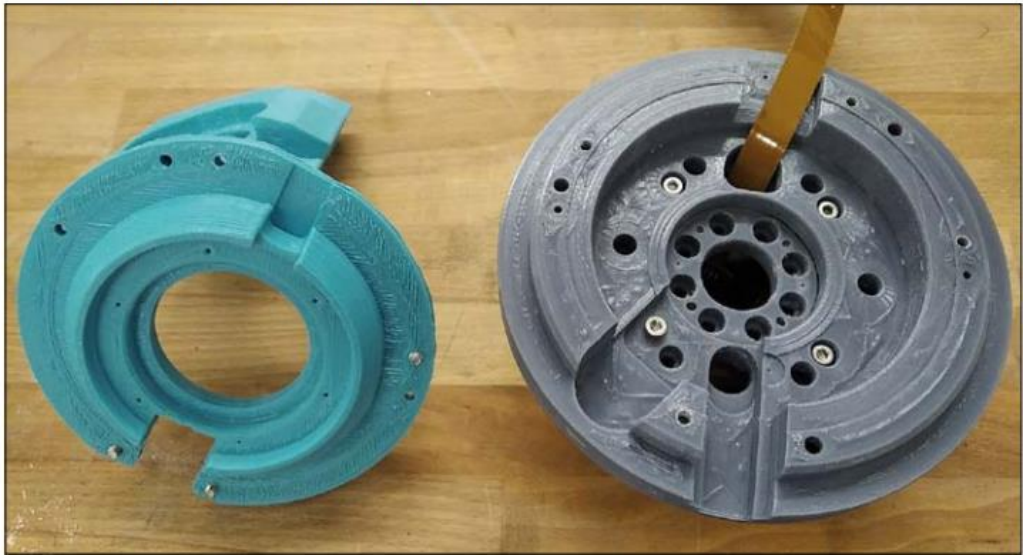
Polymléčná kyselina (polymer PLA)

PLA, polylaktid, vznikl jako zkratka anglického Polylactic acid (kyselina polymléčná).

Obr. 3. Rám obličejového štítu



Obr. 4. Prototypy vyrobené 3D tiskem PLA



Cargill Dow
NatureWorks PLA

Poly lactic acid
kyselina polymléčná
(PLA)




síťovina obsahující škrob
pro balíčky až do 2,5 kg

PLA

http://www.cukr-listy.cz/on_line/2023/PDF/264-267.pdf

- **PLA, tj. kyselina polymléčná, získávaná ze suroviny vzniklé jako vedlejší produkt při výrobě cukru – melasy**.
- **Pro přípravu PLA jsou proto využívány např. kukuřice či brambory**, **u nichž je hydrolýzou škrobu získávána glukosa** (hl.složka melasy)





Získávání škrobu:

- Pěstování potravinářských škrobnatých plodin (ob







Problematika hydrolýzních reakcí pro získání monosacharidů ze škrobu a celulózy

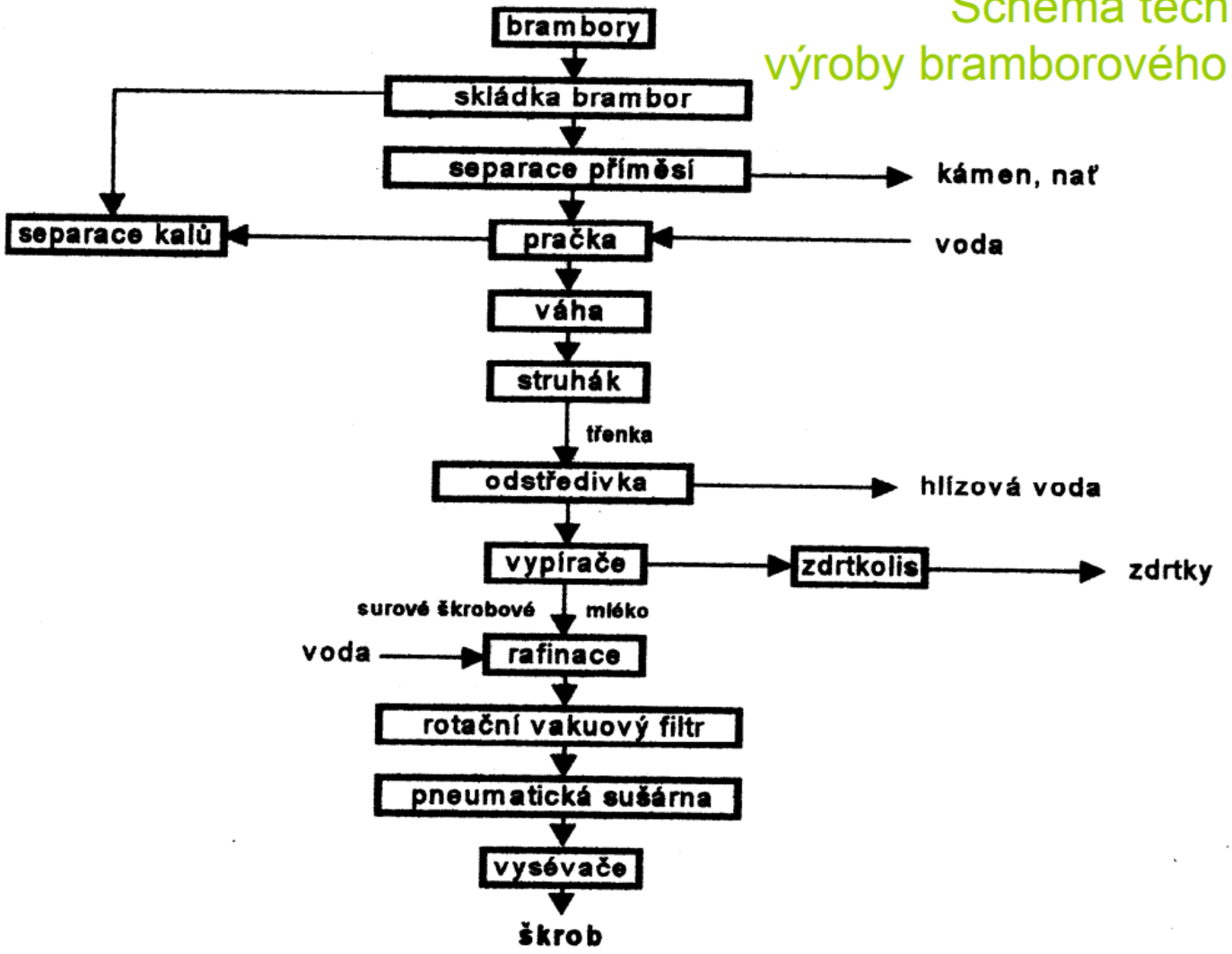
Hydrolýza škrobu probíhá za srovnatelných podmínek asi 100 x rychleji než hydrolýza celulózy

Získávání škrobu z brambor:

- Mechanické zbavení slupky z hlíz
- Rozemletí (narušení buněčných stěn) = uvolnění škrobu s účinností až 97%
- Síření = dávkování SO_2 jako redukčního činidla pro zamezení nežádoucí přeměny přítomných fenolických látek na barevné chinony
- Oddělení přítomných proteinů dekantací po předchozí koagulaci (srážením, vločkováním) vyvolané okyselením
- Škrob oddělován na centrifugách, rafinován a následně odvodněn (čistota 99%)

Marie Vávrová, Jan Žižka: Výroba bramborového škrobu v Čechá

Schéma technologie výroby bramborového škrobu



Přeměna škrobu na jednoduché cukry

- **hydrolýza**:
- Chemická (kyselá)
- Enzymatická

Hydrolyzáty škrobu:

- sirupy
- sirupy v prášku
- **krystalická glukosa nebo maltosa**

Glukosové a glukosofruktosové sirupy:

- **Glukózové sirupy jsou v podstatě vyčištěné koncentrované vodné roztoky glukózy, získané kyselou nebo enzymatickou hydrolýzou škrobu.**
- Stupeň zcukření je přibližně vyjádřen hodnotou dextrózového ekvivalentu (DE).
- Při úplné hydrolýze je stupeň zcukření DE = 100.
- Obvyklý stupeň zcukření sirupu odpovídá DE 38 až 48 %.

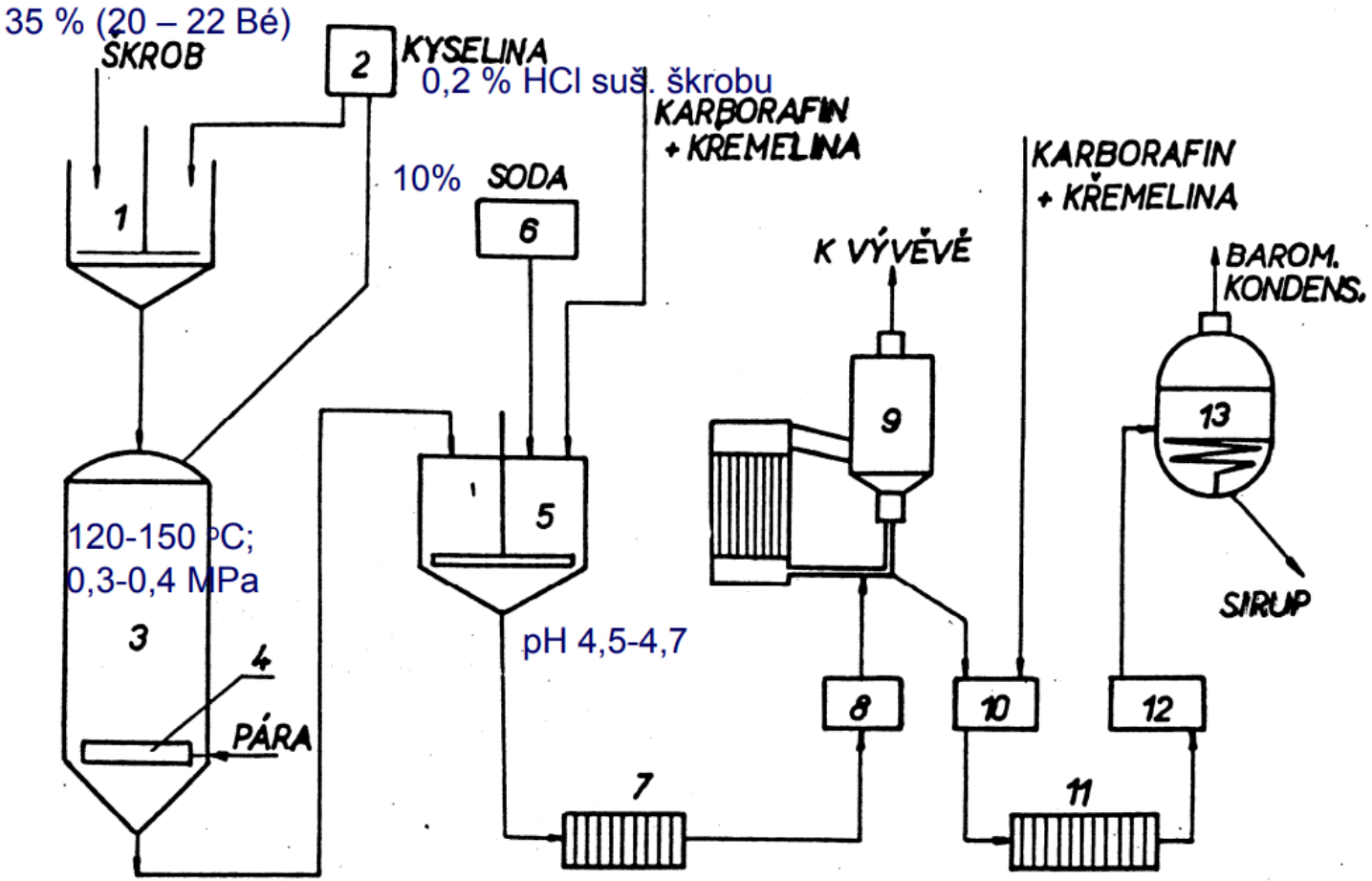
Glukosofruktosové se vyrábějí z glukózového sirupu, přičemž se za katalýzy glukosoisomerasou část glukosy isomerizuje na fruktosu.

Výsledný sirup se nazývá isoglukóza nebo HFCS (High Fructose Corn Sirob) nebo HFS.

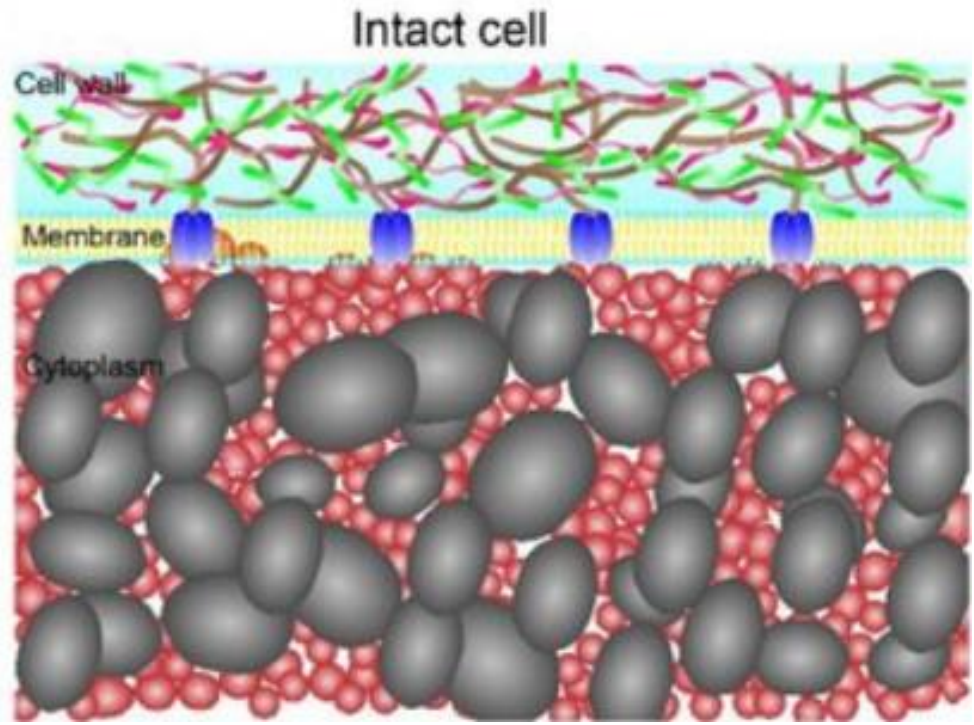
Označení glukózofruktózových sirup ů HFS se často doplňuje číselným údajem, který informuje o obsahu fruktosy v sušin ě, nap ř. HFS 42, HFS 55 apod.

Výroba na bázi kyselé hydrolýzy

1 – zapouštěcí káď, 2,6 – zásobník HCl a sody,
3 – konvertor, 4 – topný systém, 5 – neutralizační káď, 7,11 – kalolis,
8,10,12 – zásobní nádrž, 9,13 - odparka



Kulturní plodiny s obsahem škrobu, rostlinná buňka (brambory, kukuřice, pšenice, …)



Chi C, Shi M, Zhao Y, Chen B, He Y andWang M (2022) Dietary compounds slow starch enzymatic digestion: A review. Front. Nutr. 9:1004966.

PLA

http://www.cukr-listy.cz/on_line/2023/PDF/264-267.pdf

- PLA, tj. kyselina polymléčná, získávaná ze suroviny vzniklé jako vedlejší produkt při výrobě cukru – melasy.
- melasu lze kromě jiného (např. jako obohacení krmiva hospodářských zvířat) s výhodou využít i jako výchozí surovinu k výrobě PLA.

- Zdrojem kyseliny polymléčné je zbytkový sacharid ve formě glukosy a sacharózy, proto se **pro výrobu kyseliny polymléčné uplatňuje i cukrová řepa**

Cukrová řepa jako zdroj PLA:

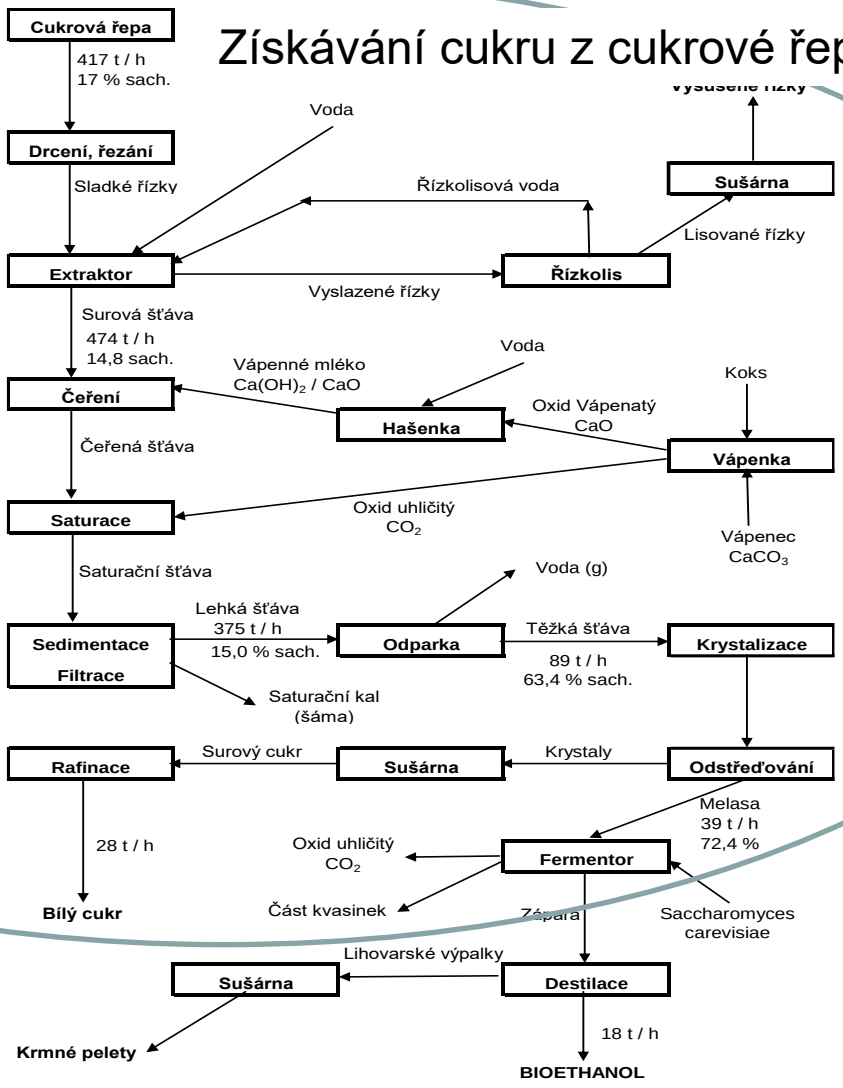
- Nepotravinářské využití cukrové řepy roste a do budoucna lze očekávat její rostoucí význam při produkci biodegradabilních plastů (4).

4. Pulkrábek, J.; Bečková, L.; Švachula, V.: Uhlíková stopa při pěstování cukrové řepy. Listy cukrov. řepař., 2020, s. 146–151.

Cukrová řepa v přeneseném pojetí funguje jako výkonná sluneční elektrárna, produkující a uskladňující získanou energii ve své biomase. Podle belgických údajů Raffinerie Tirlemontoise jeden hektar cukrové řepy každoročně převádí **30 t CO_2 na 13 mil. l kyslíku**. Čtyřikrát více než jeden hektar lesa!
Přitom podle Klenka et al. (2) dosahuje **uhlíková stopa pěstování cukrové řepy 242–771 kg CO_2 na 1 t cukru**

2. Klenk, I. et. al.: The Product Carbon Footprint of EU beet sugar. Zuckerind., 137, 2012 (3), s. 169–177.

Získávání cukru z cukrové řepy:



Kyselina mléčná jako výchozí surovina pro PLA:

- **Kyselina mléčná** může být vyráběna chemickou syntézou či biotechnologickou fermentací, která je v současné době preferována a využívá se u výroby PLA z 90 % (1).

1. Vijayakumar, J.; Aravindan, R.; Viruthagiri T.: Recent trends in the production, purification and application of lactic acid. Chem. and biochem. eng. quarterly, 22.2, 2008, s. 245–264.

- **Biotechnologická produkce kyseliny mléčné** spočívá ve fermentaci, tedy kvašení sacharidů, obsažených ve výchozím polotovaru, za určité teploty a pH prostředí pomocí anaerobních bakterií, jejichž druh je volen v závislosti na druhu zpracovávaného sacharidu a požadované formě kyseliny mléčné (2).

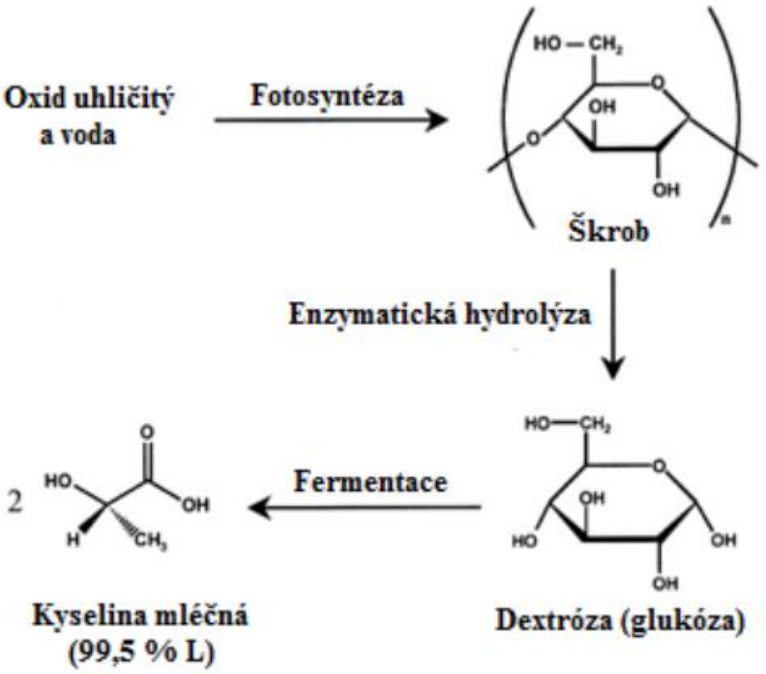
2. Kim, J. et al.: Lactic Acid for Green Chemical Industry: Recent Advances in and Future Prospects for Production Technology, Recovery, and Applications. Fermentation, 8, 2022 (11), s. 609; [online] https://www.mdpi.com/2311-5637/8/11/609.

Glukozový sirup nebo melasa na k.mléčnou:

- **Fermentace tzv. mléčným kvašením** je anaerobní proces (bez přístupu vzduchu) při němž bakterie vyrábějí z jednoduchých cukrů (zejména mono-, di- a oligosacharidů) kyselinu mléčnou.

[11]AZAPAGIC, Adisa, Slobodan PERDAN a R CLIFT. Sustainable in practice: case studies for engineers and scientists [online]. Hoboken, NJ: John Wiley, s. 250-282, 2004 [cit. 2014-04-12]. ISBN 04-708-5609-2.

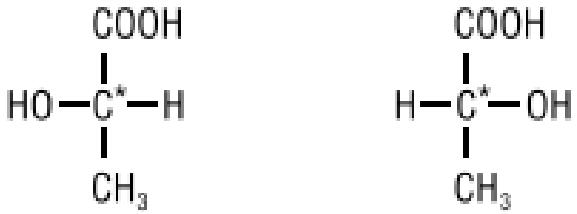
Výroba kyseliny mléčné z obnovitelných zdrojů:



Kyselina mléčná se přirozeně vyskytuje ve formě dvou optických izomerů, a to jako L-kyselina mléčná a D-kyselina mléčná (Obr. 1.), lišících se vzájemně schopností stáčet rovinu polarizovaného světla.
Pro využití v potravinářském a farmaceutickém průmyslu je volena L-kyselina mléčná, kterou lidský organismus dobře vstřebává.
D-kyselina mléčná je pro tyto účely nevhodná kvůli škodlivým účinkům zvýšené hladiny D-izomeru na lidský organismus (1, 2).

1. Vijayakumar, J.; Aravindan, R.; Viruthagiri T.: Recent trends in the production, purification and application of lactic acid. Chem. and biochem. eng. quarterly, 22.2, 2008, s. 245–264.
2. 2. Kim, J. et al.: Lactic Acid for Green Chemical Industry: Recent Advances in and Future Prospects for Production Technology, Recovery, and Applications. Fermentation, 8, 2022 (11), s. 609; [online] https://www.mdpi.com/2311-5637/8/11/609.

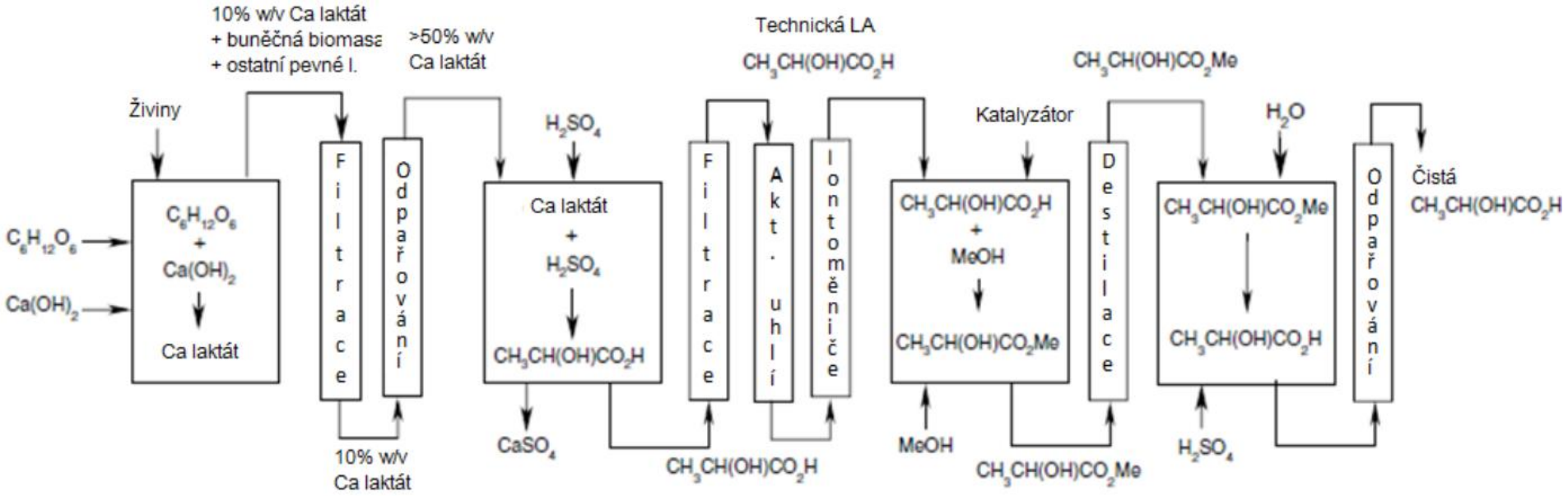
Obr. 1. L-kyselina mléčná (vlevo) a D-kyselina mléčná (vpravo) kde C je chirální (tj. asymetrický) atom uhlíku (1)*



Glukozový sirup nebo melasa biotechnol. na k.mléčnou:

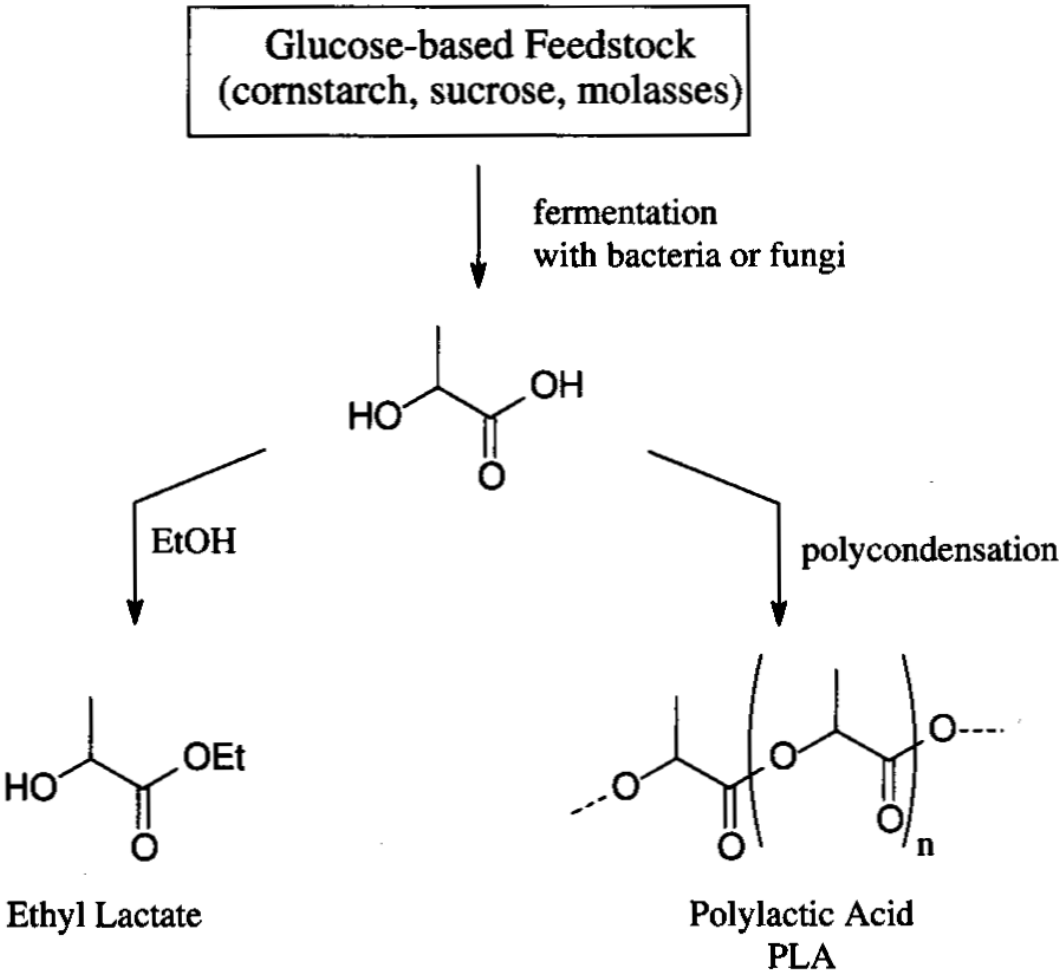
- **Fermentace glukosy tzv. mléčným kvašením** je anaerobní proces (bez přístupu vzduchu) při němž bakterie vyrábějí z jednoduchých cukrů (zejména mono-, di- a oligosacharidů) kyselinu mléčnou.

[11]AZAPAGIC, Adisa, Slobodan PERDAN a R CLIFT. Sustainable in practice: case studies for engineers and scientists [online]. Hoboken, NJ: John Wiley, s. 250-282, 2004 [cit. 2014-04-12]. ISBN 04-708-5609-2.



Obr. 5: *Schéma výrobního procesu kyseliny mléčné fermentací [11]*

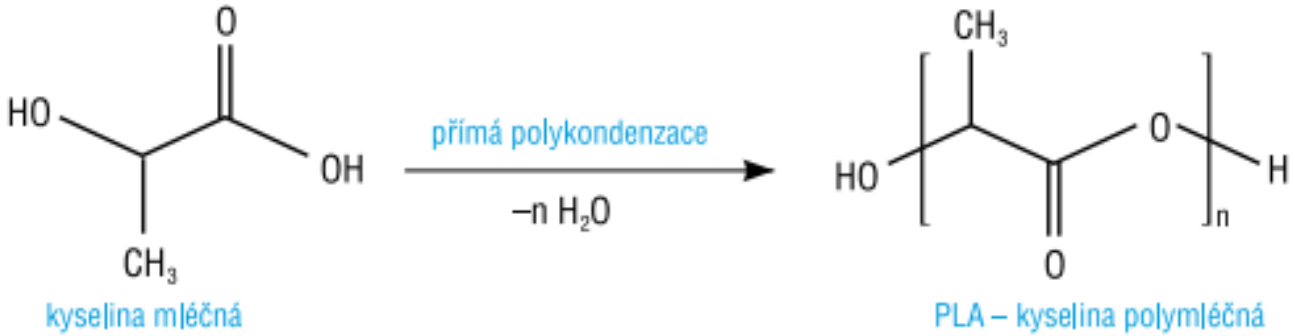
Schéma výroby PLA z přírodních zdrojů glukosy:



Scheme 1.2 Production and uses of lactic acid.

Polymerace kyseliny mléčné:

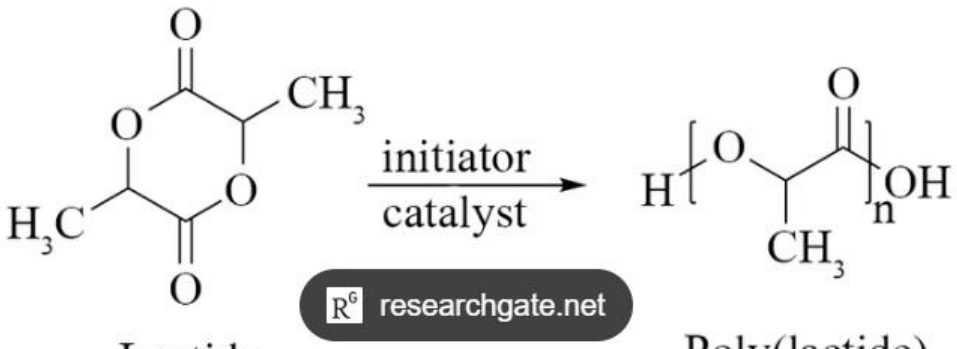
- Polymerizace se provádí přímou kondenzací anebo tzv. Ring-opening polymerizací (ROP), při níž z cyklického dimeru kyseliny mléčné, laktidu, otevíráním kruhů vzniká polylaktid.
- kyselina mléčná je polymerizací zpracována na kyselinu polymléčnou:



- Nejjednodušší metodou je přímá polykondenzace, kdy po odstranění vody z roztoku kyseliny mléčné a vytvoření prepolymerů (dimerů a trimerů), dochází k polykondenzaci v tavenině za vzniku výsledné kyseliny polymléčné.
- Tato metoda je sice nejlevnější, ale její úskalí tkví v problematickém postupném odebírání vody z taveniny, v riziku vedlejších reakcí negativně ovlivňujících vlastnosti polymeru a v nízké molekulové hmotnosti výsledného produktu.

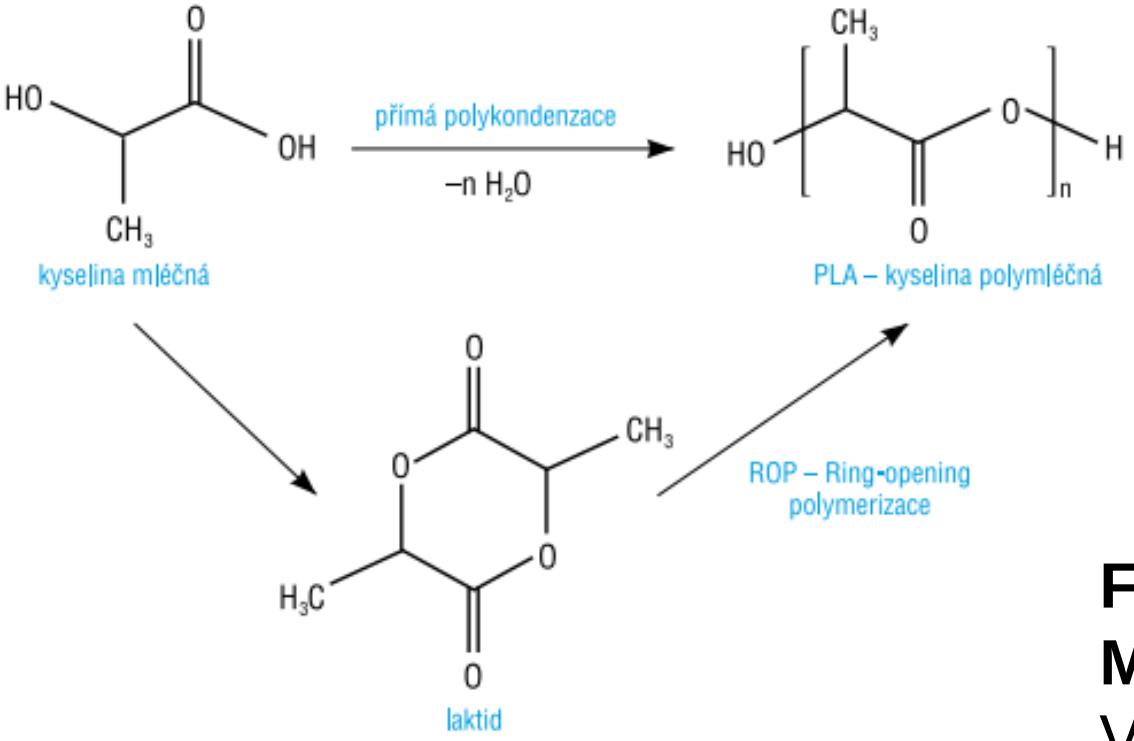
Ring-opening polymerizace (ROP), při níž z cyklického dimeru kyseliny mléčné, laktidu, otevíráním kruhů vzniká polylaktid

- Ring-opening polymerizace je v průmyslu upřednostňována, neboť vede k výrobě PLA s vysokou molekulovou hmotn



7. Singh review on barrie ers, 12, 2020 (5), s. 1095.

Obr. 2. Polymerizace kyseliny mléčné (7)



Obr. 5. Povrch 3D tištěných dílů z PLA



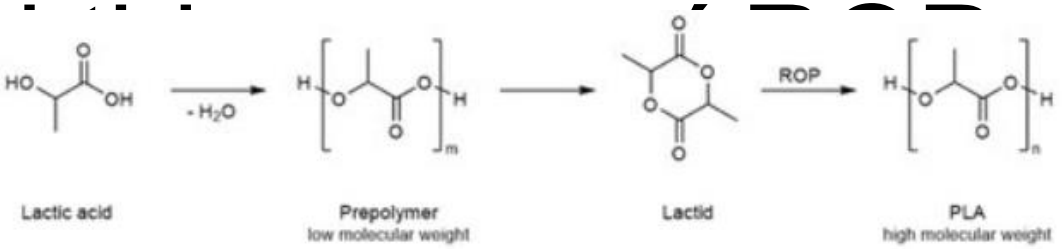
FDM (Fused Deposition Modeling):

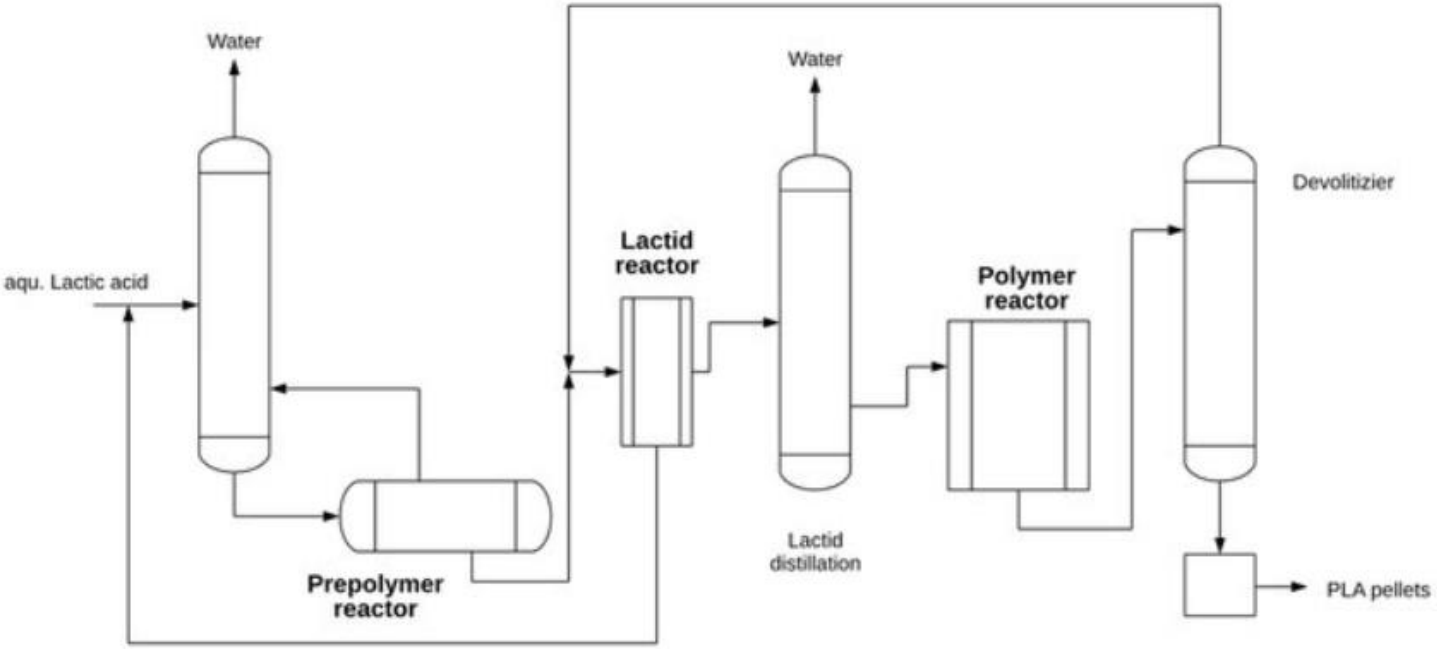
Výhodou je relativně nízká cena této metody 3D tisku (11) a vysoká dostupnost 3D tiskáren

7. Singha, S.; Hedenqvist, M. S.: A review on barrier properties of poly (lactic acid)/clay nanocomposites. Polymers, 12, 2020 (5), s. 1095

11. Batista, M. et al.: State

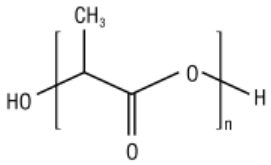
Získávání PLA z kyseliny mléčné
pře





Freeland, B.; McCarthy, E.; Balakrishnan, R.; Fahy, S.; Boland, A.; Rochfort, K.D.; Dabros, M.; Marti, R.; Kelleher, S.M.; Gaughran, J.: A Review of Polylactic Acid as a

PLA



PLA – kyselina polymléčná

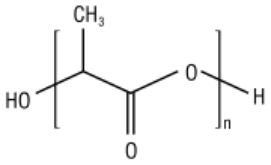
- Kyselina polymléčná byla poprvé syntetizována Wallacem Carotherem již v roce 1932 v laboratořích DuPont (8).

8. DeStefano, V.; Khan, S.; Tabada, A.: Applications of PLA in modern medicine. Engineered Regeneration, 2020 (1), s. 76–87.

- Význam PLA postupně rostl a rozšiřovalo se spektrum použití. V roce 1966 byla vydána první zpráva o biokompatibilitě PLA v živých organismech včetně biologické rozložitelnosti (9).

9. Blasi, P.: Poly (lactic acid)/poly (lactic-co-glycolic acid)-based microparticles: an overview. J. Pharm. Investig., 49, 2019 (4), s. 337–46.

PLA

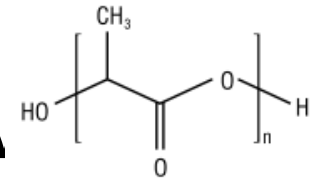


PLA – kyselina polymléčná

- **Velkou předností materiálu PLA je průhlednost s vysokou propustností viditelného světla a zejména biologická odbouratelnost**.
- **Nevýhodou limitující masové využití PLA namísto běžných polymerů je vyšší cena (10).**

10. Wang, H.; Sun, X.; Seib, P.: Mechanical properties of poly (lactic acid) and wheat starch blends with methylenediphenyl diisocyanate. J. Appl. Polym. Sci., 94, 2002 (6), s. 1257–1262.

- **Tato situace se však postupně mění a s dotační politikou EU, se zvyšujícími se cenami fosilních zdrojů či jejich přísnější regulací se tento rozdíl bude pravděpodobně snižovat.**

\ 

n PLA:

PLA – kyselina polymléčná

- **PLA je polymerem, který je svými mechanickými vlastnostmi (tuhost, pevnost v tahu) srovnatelný se syntetickými polymery, jako je například polypropylen (PP), polyethylen (PE) či polyethylentereftalát (PET)** (10).

10. Wang, H.; Sun, X.; Seib, P.: Mechanical properties of poly (lactic acid) and wheat starch blends with methylenediphenyl diisocyanate. J. Appl. Polym. Sci., 94, 2002 (6), s. 1257–1262.

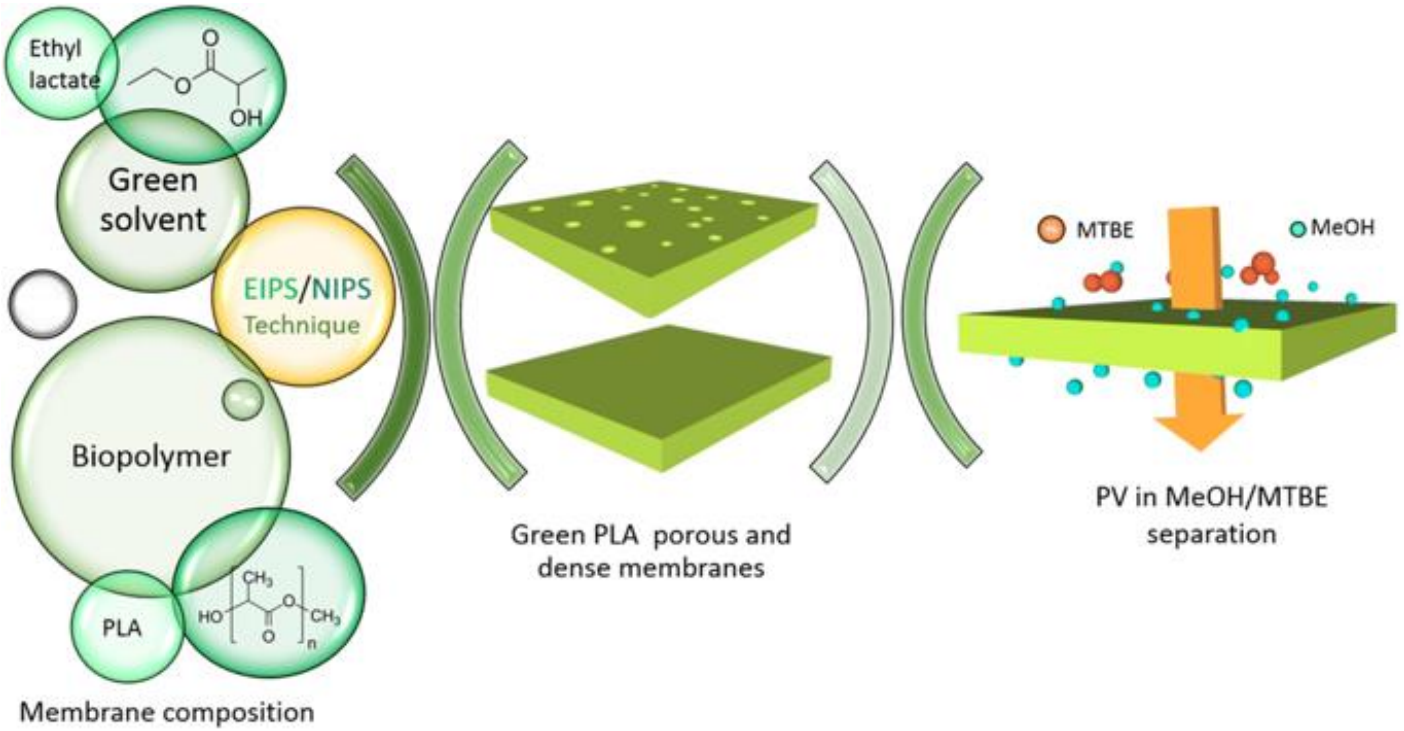
- **Na rozdíl od těchto výše uváděných syntetických polymerů však nezatěžuje PLA životní prostředí po tak dlouhou dobu.**
- **V době, kdy výrobci čelí tlaku na snižování spotřeby nedegradabilních polymerů vyrobených z ropy (fosilního zdroje) i tlaku na omezování emisí CO_2 (11) a z toho plynoucímu tlaku na eliminaci v přírodě neodbouratelných plastových obalů, stoupá využití alternativních obalových materiálů, ale i náhrada běžných plastových výrobků produkty z obnovitelných zdrojů s vysokou recyklovatelností.**

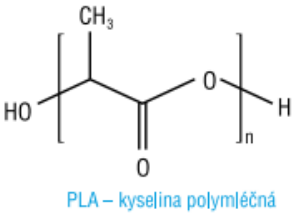
11. Batista, M. et al.: State of the art of the fused deposition modeling using PLA: improving the performance. Additive and subtractive manufacturing, Berlin, Boston, 2019; s. 59–112.

Př. high-tech využití PVA:

Preparation and characterization of green polylactic acid (PLA) membranes for organic/organic separation by pervaporation

- Francesco Galiano, Abdulsattar H. Ghanim, Khalid T. Rashid, Tiziana Marino, Silvia Simone, Qusay F. Alsalhy, Alberto Figoli: *Clean Technologies and Environmental Policy* **volume 21**, pages109–120(2019)



Výhody ap  PLA:

PLA – kyselina polymléčná

- Výhodou oproti běžným polymerům ropného původu je u bioplastů až o 65 % nižší energetická náročnost výroby a zároveň zdravotní nezávadnost, neboť do jejich výroby nevstupuje ropa ani jiné chemické přídavné látky s negativními účinky na lidský organismus (2).

2. Kim, J. et al.: Lactic Acid for Green Chemical Industry: Recent Advances in and Future Prospects for Production Technology,

Cenová bariéra

standardní polymery
0,80 – 1,80 EUR/kg

bio polymery
1,50 – 3,50 EUR/kg

Ekonomika výroby PLA:

Production costs for bioplastics is largely defined by production scale and costs of raw materials.

Typically, production costs of bioplastics are 3 to 4 times higher than petroleum-based alternatives [154]. Techno-economic analysis reports have shown that production costs for PLA can vary widely with scale, from a peak of € 3.56/kg using a small capacity plant producing 10,624 t/yr to € 0.91/kg for a larger production facility offering a manufacturing capacity of 100,000 t/yr [155].

It has been reported that the minimum sale price of PLA is € 3/kg [158], indicating that large-scale production of 100,000 t/yr is required to produce economically viable biopolymers.

Given that the global production capacity of PLA worldwide is currently estimated at 0.46 Mt/yr (2021) and expected to grow to 0.79 Mt/yr by 2026 [50], economies of scale will ensure that PLA production is economically viable in years to come.

154. Kourmentza, C.; Plácido, J.; Venetsaneas, N.; Burniol-Figols, A.; Varrone, C.; Gavala, H.N.; Reis, M.A. Recent advances and challenges towards sustainable polyhydroxyalkanoate (PHA) production. Bioengineering 2017, 4, 55. [CrossRef]

155. Wellenreuther, C.; Wolf, A.; Zander, N. Cost Structure of Bio-Based Plastics: A Monte-Carlo-Analysis for PLA; HWWI Research Paper: Hamburg, Germany, 2021.

156. Crutchik, D.; Franchi, O.; Caminos, L.; Jeison, D.; Belmonte, M.; Pedrouso, A.; Val del Rio, A.; Mosquera-Corral, A.; Campos, J.L. Polyhydroxyalkanoates (PHAs) production: A feasible economic option for the treatment of sewage sludge in municipal wastewater treatment plants? Water 2020, 12, 1118. [CrossRef]

157. Leong, Y.K.; Show, P.L.; Lan, J.C.-W.; Loh, H.-S.; Lam, H.L.; Ling, T.C. Economic and environmental analysis of PHAs production process. Clean Technol. Environ. Policy 2017, 19, 1941–1953. [CrossRef]

158. Kwan, T.H.; Hu, Y.; Lin, C.S.K. Techno-economic analysis of a food waste valorisation process for lactic acid, lactide and poly (lactic acid) production. J. Clean. Prod. 2018, 181, 72–87. [CrossRef

Biodegradabilní polymery:

Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

Polyestery získávané i z obnovitelných zdrojů:

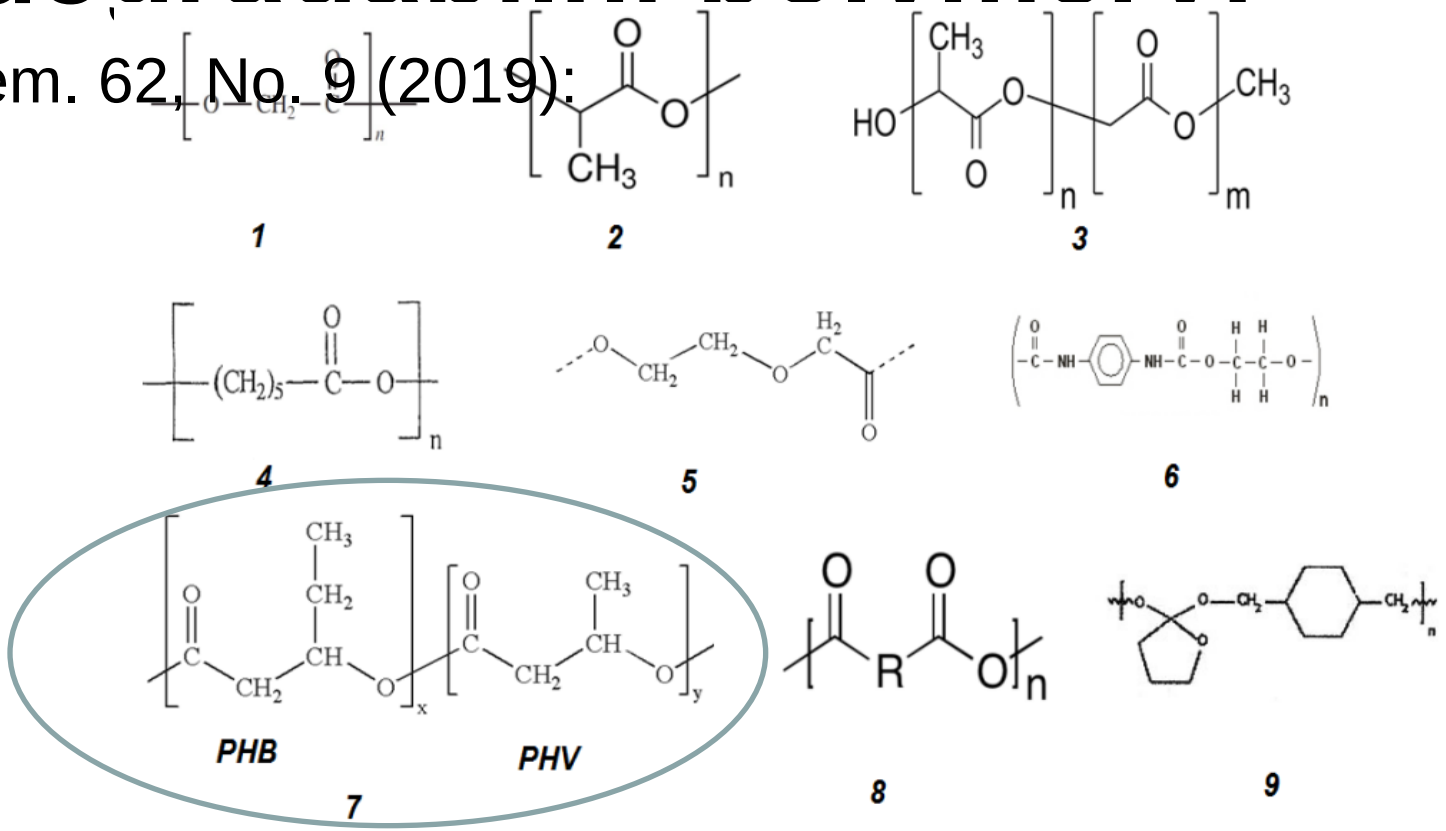


Fig. 3. Biodegradable synthetic polymers; 1: Polyglycolide Acid; 2: Polylactide Acid; 3: Poly (lactide-co-glycolide); 4: Polycaprolacton; 5: Poly dioxanone; 6: Polyurethane; 7: Polyhydroxybutyrate, polyhydroxyvalerate; 8: Polyanhydried; 9: Poly(ortho esters).

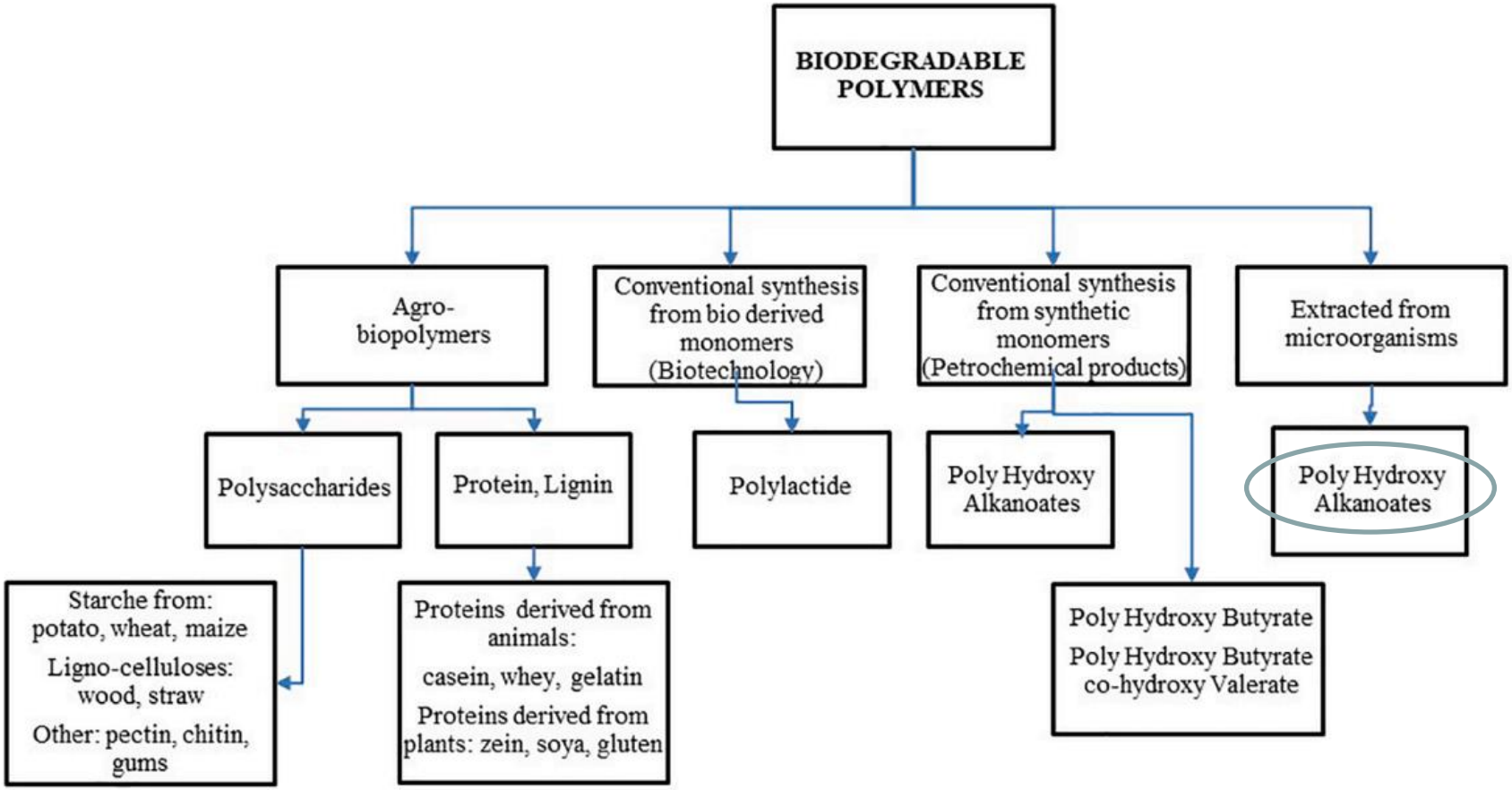


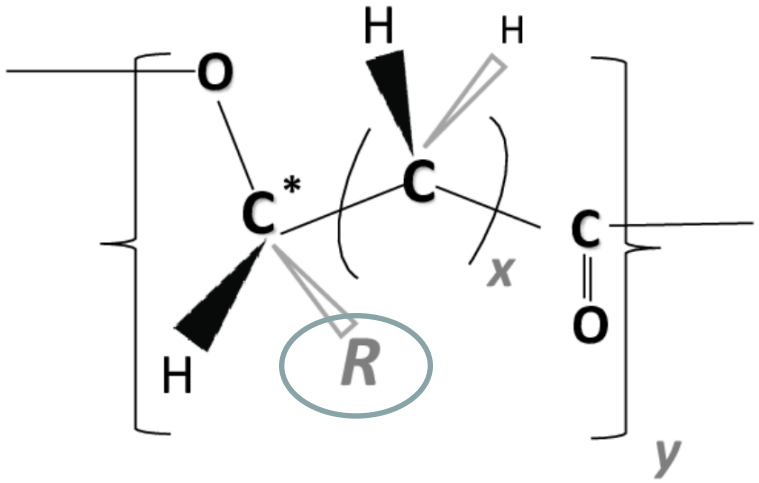
Fig. 3. Classification system of biodegradable polymers based on their origin.

Polyhydroxybutyrát (PHB)

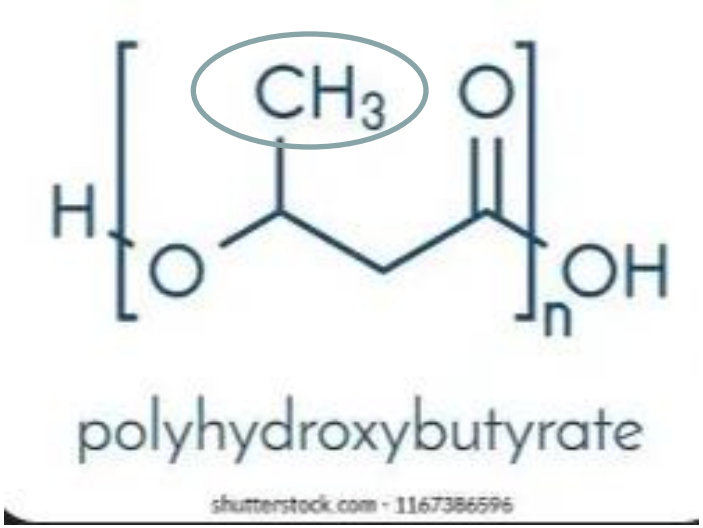
…a další polyhydroxyalkanoáty (PHA) jsou biopolymery intracelulárně produkované jako bakteriální zásobní zdroje uhlíku a energie

Důvodem pro produkci PHB je odpověď buněk na stres

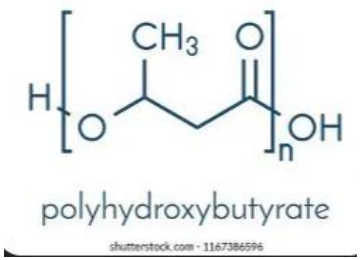
Polyhydroxyalkanoáty jsou polyestery obsahující různé hydroxylované kyseliny jako monomerní jednotky



Obrázek 1 – obecná struktura polyhydroxyalkanoátů [4]



PHB:



- Je mikroorganismy biochemicky produkován díky enzymu PHA syntáze
- jeho monomerem je kyselina 3-hydroxybutanová
- Řetězce obsahující do 200 monomerních jednotek lze nalézt téměř ve všech druzích organizmů – od mikrobů až po lidské buňky.
- Nejvhodnějšími substráty pro růst a produkci PHB bývají sacharidy

Odpadní biomasa jako zdroj vhodného substrátu (tj. zdroje organického uhlíku potřebného pro biochemickou produkci PHB):

- nejlepší výsledky pro produkci PHB prokazuje galaktóza a manóza v roli substrátů.
- velice vhodné využití kávové sedliny pro biotechnologickou produkci PHB, jako odpadu bohatého na galaktomanany.

Možnosti využití kávové sedliny (spent coffee grounds):

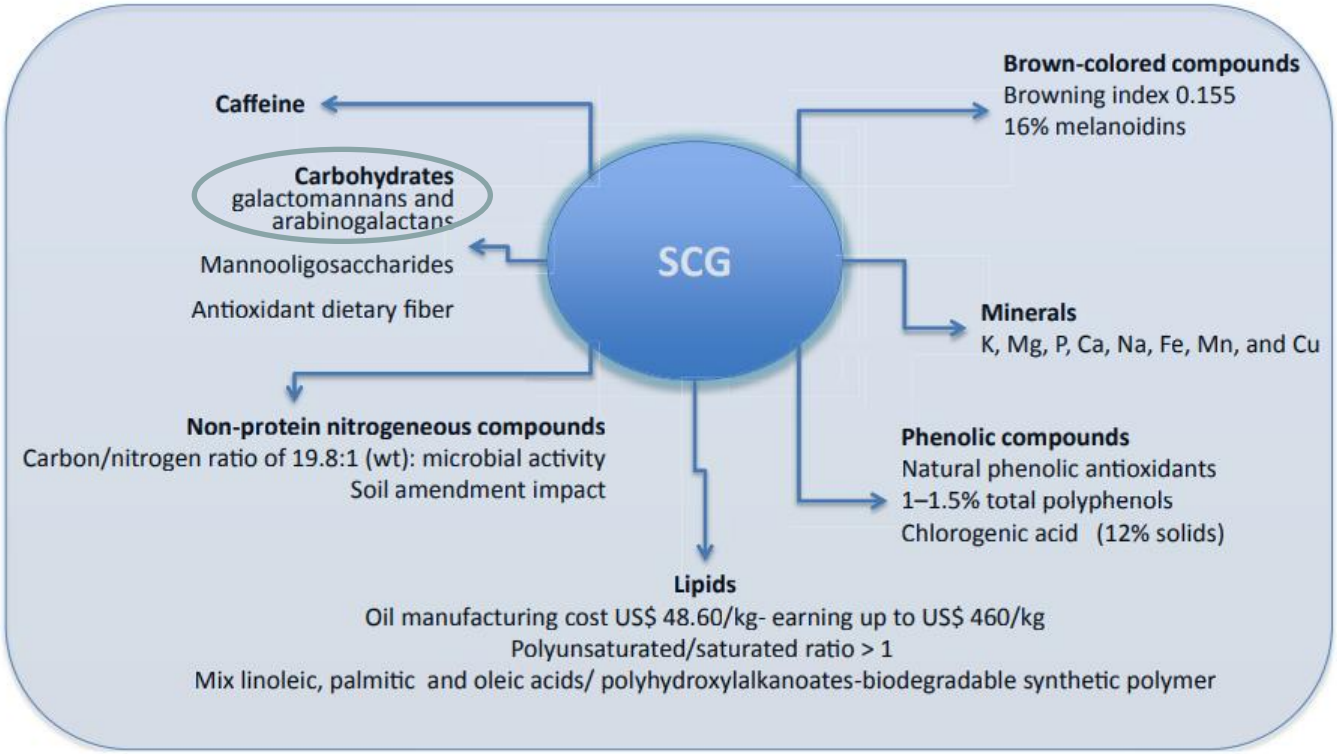
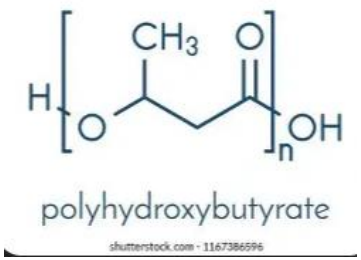


Fig. 2. Value-added products/sustainability of the coffee agro-industry.

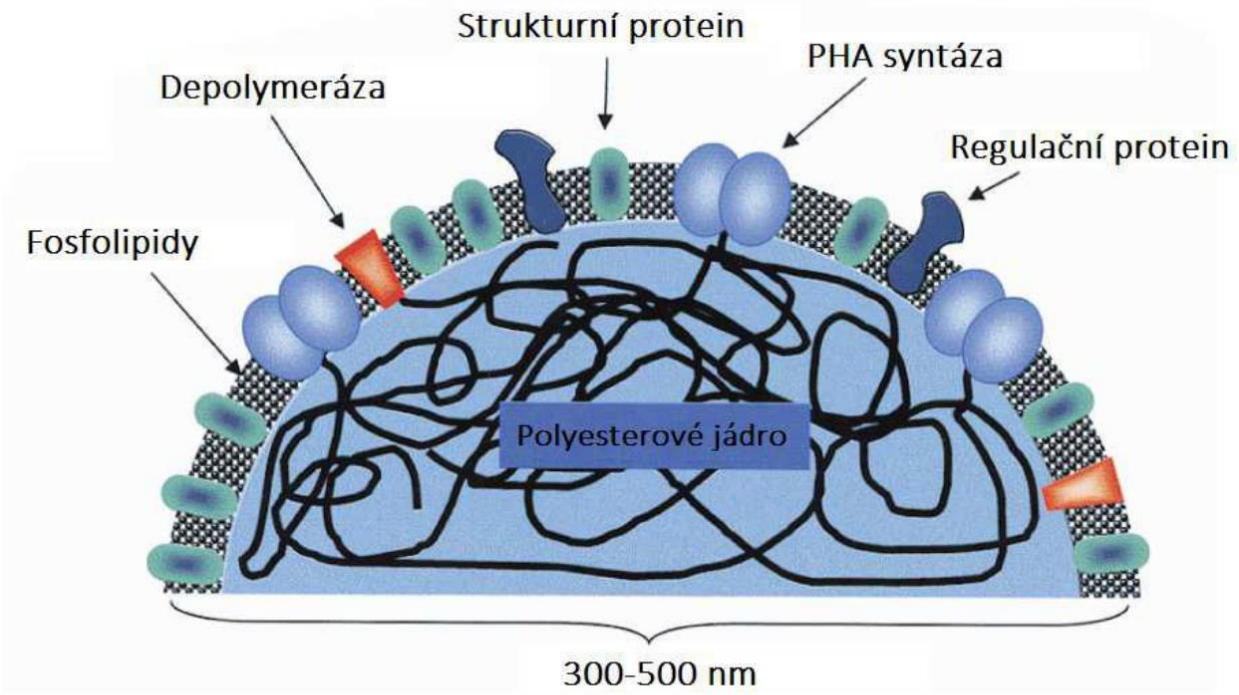
R. Campos-Vega et al. / Trends in Food Science & Technology 45 (2015) 24-36

PHB:



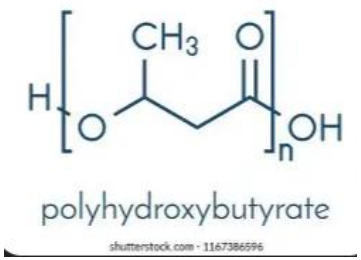
Za optimálních podmínek biotechnologické kultivace dosahuje hmotnost PHB ½ hmotnosti buňky:

J.Vodička: POLYHYDROXYALKANOÁTY JAKO METABOLITY PROKARYOT



Obrázek 3 – Struktura PHA granule [21]

PHB:



- **Přednosti PHB**:
- svými mechanickými vlastnostmi je podobný polypropylenu
- Výhodou PHB je jeho odolnost proti vlhkosti, optická čistota a dobré jsou také jeho piezoelektrické vlastnosti.
- PHA je krystalické, pevné v tahu, ale křehké

- **Nevýhodou** tohoto polymeru spočívají především v jeho nízké termické stabilitě – teplota rozkladu je přibližně 200 °C, tedy velmi blízká bodu tání

(1) Selected bacteria are used for prefermentation; the cells are grown at 30°C in a stream of air in a mineral medium with glucose as a carbon-source. The cells multiply after 24 hours and reach approximately a cell density of 20g/l. This is called prefermentation.
(2) The cells continue to multiply and after 40-80 hours reach a cell density of 100 g/l. PHB occurs as discrete granules with diameters of (0.3-1 μm) in cells as storage material. At the end of the fermentation process, the cell has a dry mass 80% in the form of PHB. For 1 kg PHB: approximately 2.8 kg of sugar are needed.

There are two isolation processes:
(1) The extraction method: mechanical loads destroy the cells' walls and then the polymer is solved in chloroform or another solvent like methyl chloride, 1,2-dichloroethane, pyridine and propylene carbonate. The remains of the cell must be separated by centrifugation and filtration of the solvent.
(2) Enzymatic method: enzymes at 37°C destroy the cell wall.

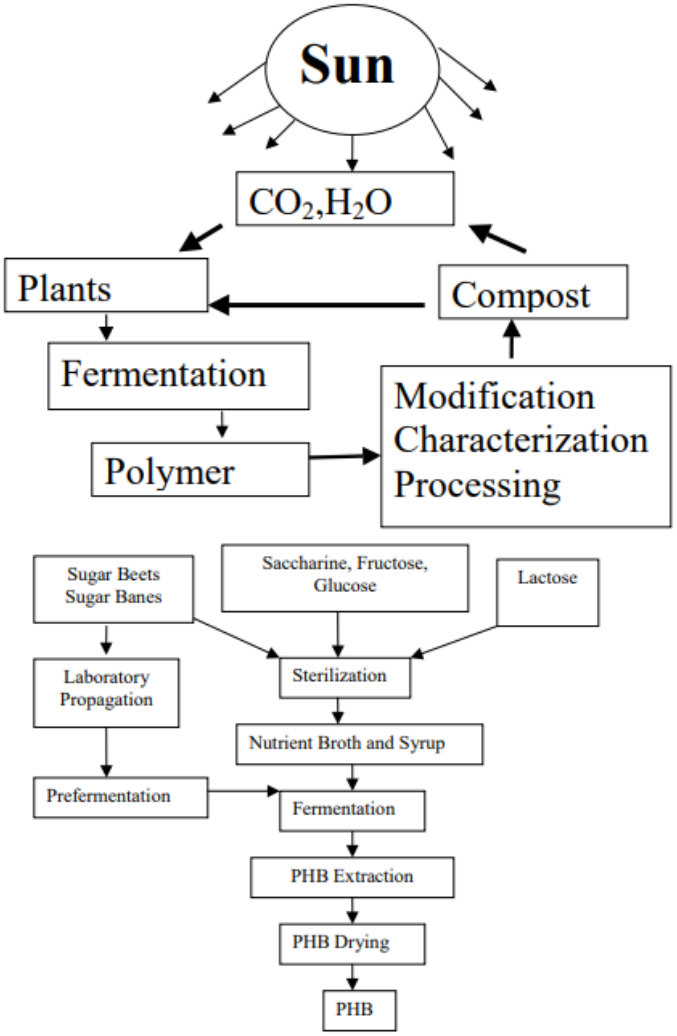
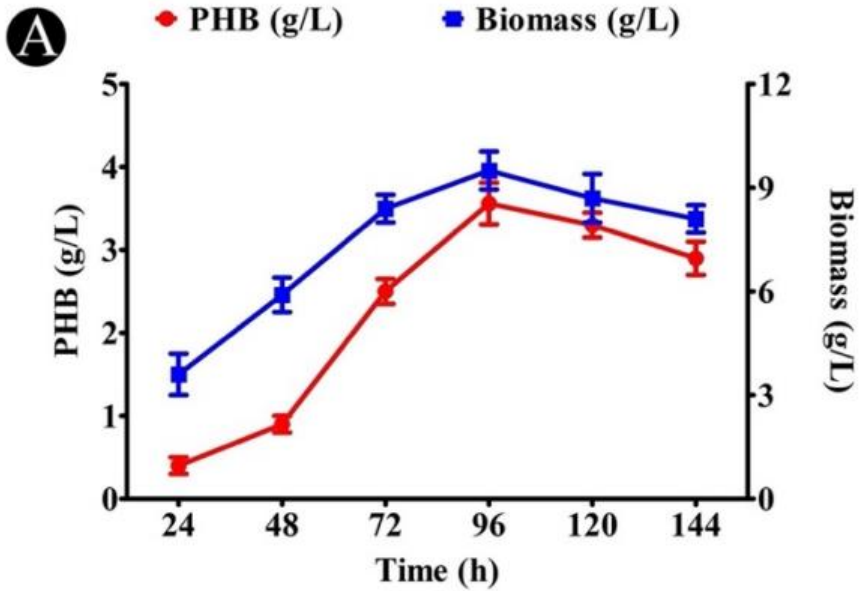


Figure **1.2**: The life cycle of PHB is a cycle process.

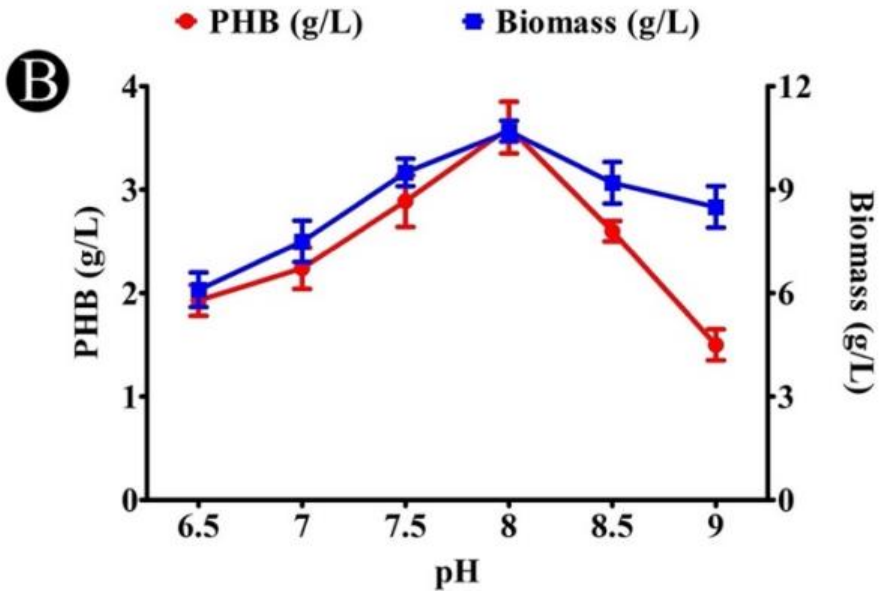
Faktory ovlivňující mikrobiální produkci PHB:

Adnan, M. et al.: Polymers 2022, 14, 3982

Vliv doby kultivace:



Vliv pH:

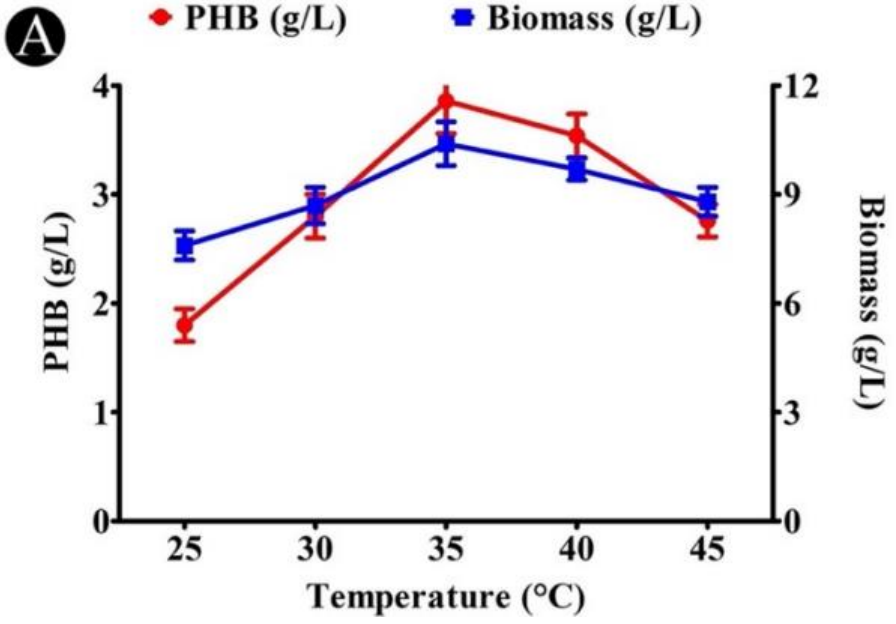


(A) Effect of incubation time on PHB production by A. indicus strain B2; (B) effect of pH on PHB production by A. indicus strain B2

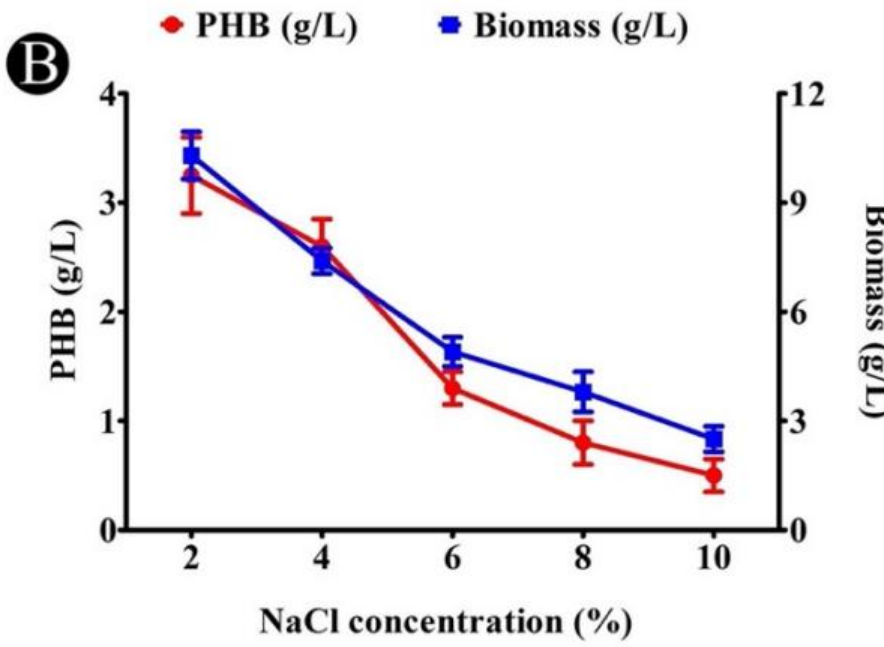
Faktory ovlivňující mikrobiální produkci PHB:

Adnan, M. et al.. Polymers 2022, 14, 3982

Vliv teploty:



Vliv zasolení:



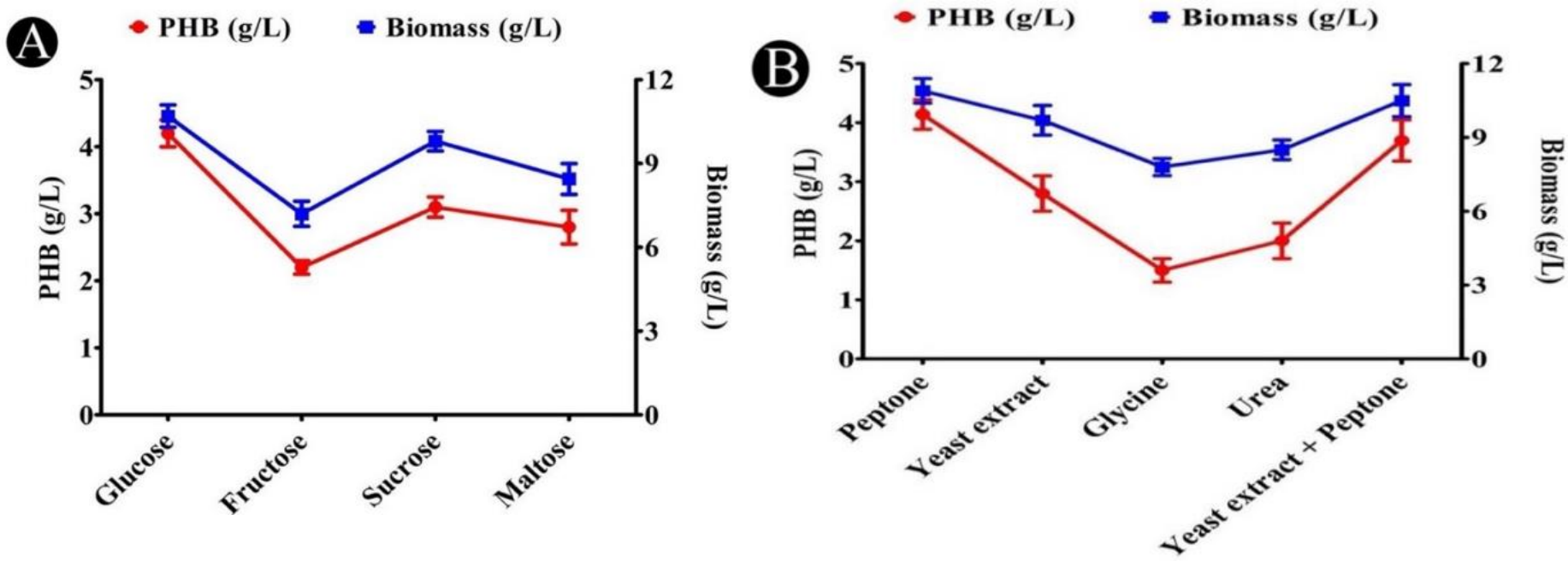
(A) Effect of temperature on PHB production by A. indicus strain B2; (B) effect of NaCl conc. on PHB production by A. indicus strain B2

Faktory ovlivňující mikrobiální produkci PHB:

Adnan, M. et al.. Polymers 2022, 14, 3982

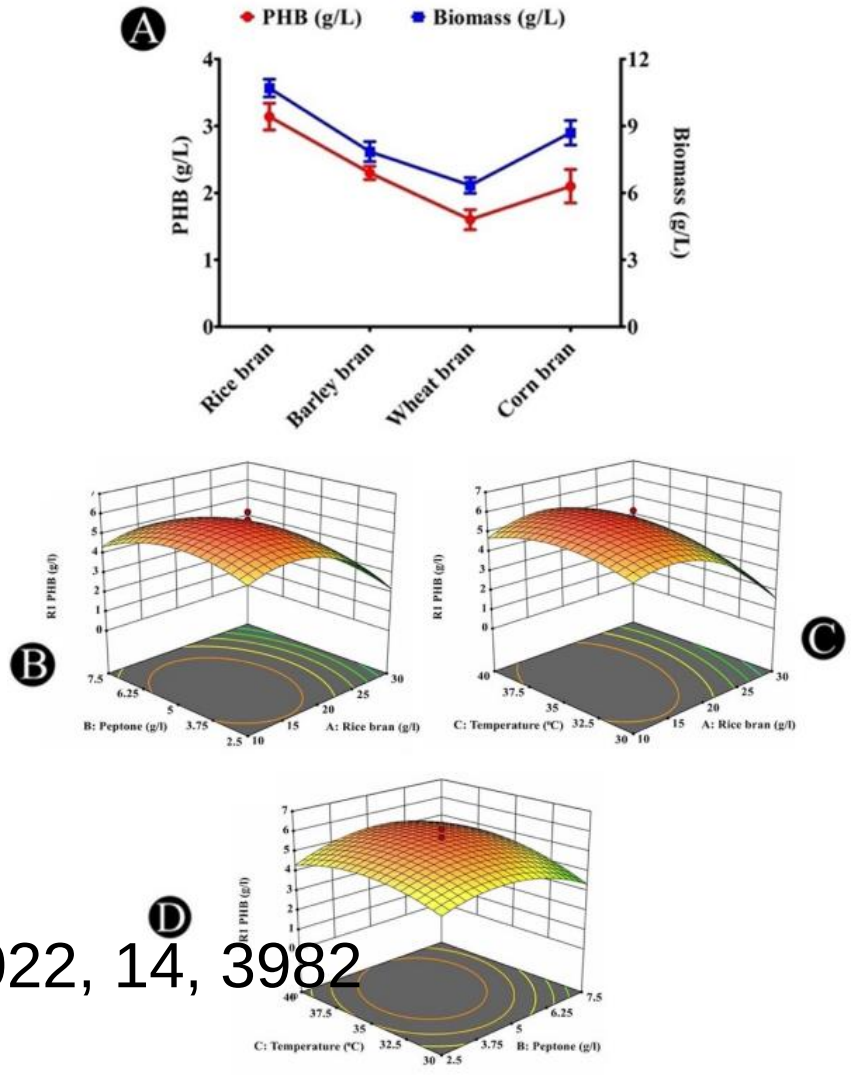
Vliv zdroje uhlíku:

Vliv zdroje org. dusíku:



(A) Effect of carbon source on PHB production by A. indicus strain B2; (B) effect of source of Norg. on PHB production by A. indicus strain B2

(A) Effects of different cheap agricultural wastes on the PHB production by A. indicus strain B2; (B–D) 3D surface plots representing PHB production from culture broth of A. indicus strain B2 as affected by cultural conditions: (B) rice bran and peptone; (C) rice bran and temperature; (D) peptone and temperature. The red dots indicate the optimal values of the variables taken in the study at which the highest accumulation of PHB was observed at that particular point.



Adnan, M. et al.: Polymers 2022, 14, 3982

Rizika využití organického odpadu pro získávání PHA-based potrav. obalů:

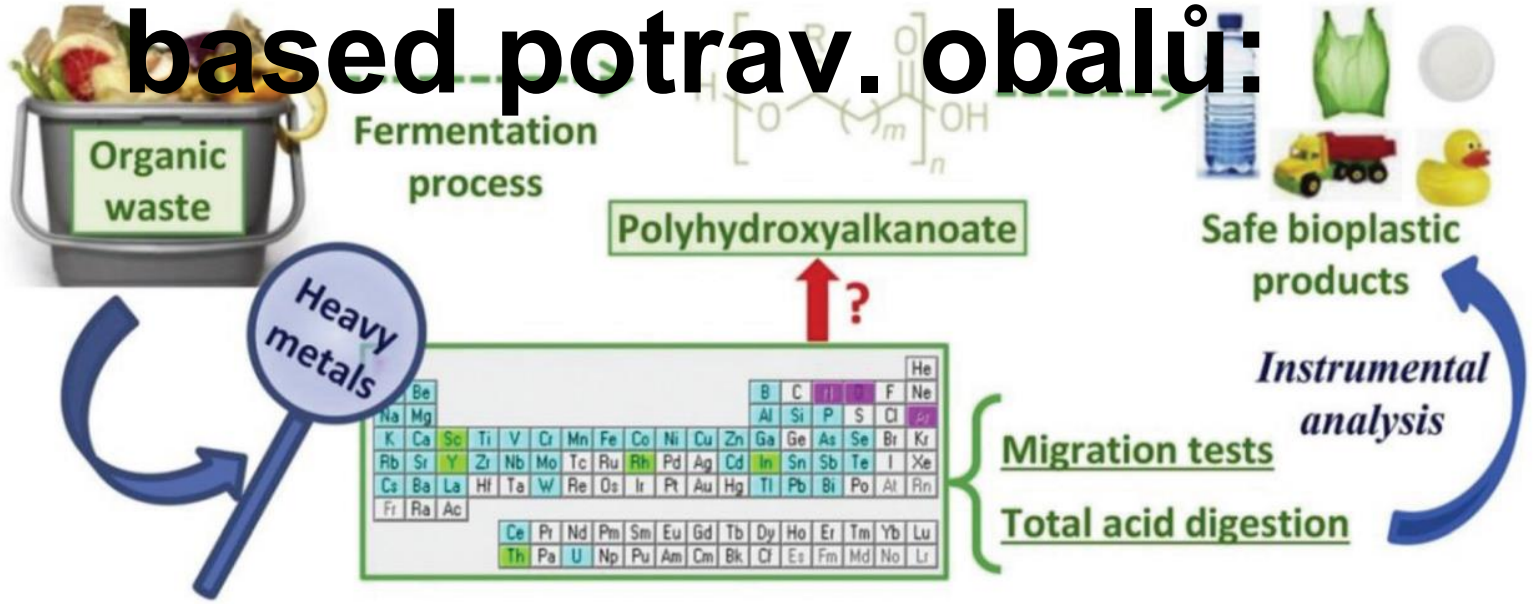


Fig. 14 Boundaries (inputs and outputs) of the system under the circular economy framework in polymeric processes. Schematic representation of polyhydroxyalkanoate production. Reproduced from ref. 289 with permission from Elsevier, copyright 2020.

289 M. L. Astolfi, E. Marconi, L. Lorini, F. Valentino, F. Silva, B. S. Ferreira, S. Canepari and M. Majone, Chemosphere, 2020, 259, 127472.

Cena PHA (PHB a dalších):

- **PHA as an alternative bioplastic has production costs ranging between € 1.1 per kg [156] to € 5.24 per kg [157] (using an exchange rate of 1 USD = 0.9138 EUR on 15 March 2022).**

157. Freeland, B.; McCarthy, E.; Balakrishnan, R.; Fahy, S.; Boland, A.; Rochfort, K.D.; Dabros, M.; Marti, R.; Kelleher, S.M.; Gaughran, J.:

A Review of Polylactic Acid as a

Cenová bariéra

standardní polymery
0,80 – 1,80 EUR/kg

bio polymery
1,50 – 3,50 EUR/kg

Intenzivní biochemická produkce biopolymerů vyžaduje optimální prostředí pro růst mikroorganismů produkujících tyto polymery:

- Živné roztoky jsou svým složením optimalizovány tak, aby pěstované mikroorganismy dosahovaly maximální produkce požadovaného produktu, v diskutovaném případě biopolymeru

- Živné roztoky musí obsahovat:
- Potřebné makro- a mikroelementy (N, P, K,

Jako inokulum bylo připraveno následující živné médium:

• Pepton	15 g
• Kvasniční extrakt	3 g
• NaCl	80 g
• Glukóza	1 g
• Destilovaná voda	1000 ml

Pro kultivaci a produkci PHA bylo použito následující minerální médium:

• $(NH_4)_2SO_4$	3 g
• KH_2PO_4	1,02 g
• $Na_2HPO_4 \cdot 12\ H_2O$	11,1 g
• $MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$	0,2 g
• NaCl	80 g
• Glukóza	20 g
• Roztok stopových prvků (MES)	1 ml
• Destilovaná voda	1000 ml

J.Vodička:
POLYHYDROXY ALKANOÁTY JAKO METABOLITY PROKARYOT ADAPTOVANÝCH NA EXTRÉMNÍ

Složení roztoku stopových prvků použitého v minerálním médiu:

- $FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$ 9,7 g
- $CaCl_2 \cdot 2\ H_2O$ 7,8 g
- $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ 0,156 g
- $CoCl_2 \cdot 6\ H_2O$ 0,119 g
- $NiCl_2 \cdot 6\ H_2O$ 0,118 g
- $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$ 0,1 g
- 0,1 M HCl 1000 ml

Problematika dalšího využití vod z biotechnologické produkce PHA:

- Složení živných roztoků se výrazně liší od většiny vod vyskytujících se v ŽP

=> takové technologické vody nutno upravit do podoby, v jaké již je možné čistit v komunálních biologických čističkách odpadních vod (BČOV)

=> snížit vysoké koncentrace fosforečnanů, amonných iontů, …

Jako inokulum bylo připraveno následující živné médium:

- Pepton 15 g
- Kvasniční extrakt 3 g
- NaCl 80 g
- Glukóza 1 g
- Destilovaná voda 1000 ml

Pro kultivaci a produkci PHA bylo použito následující minerální médium:

- $(NH_4)_2SO_4$ 3 g
- KH_2PO_4 1,02 g
- $Na_2HPO_4 \cdot 12\ H_2O$ 11,1 g
- $MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$ 0,2 g
- NaCl 80 g
- Glukóza 20 g
- Roztok stopových prvků (MES) 1 ml
- Destilovaná voda 1000 ml

J.Vodička: POLYHYDROXY ALKANOÁTY JAKO METABOLITY PROKARYOT ADAPTOVANÝCH NA EXTRÉMNÍ

OV z biotechnologické produkce PHA vytváří nové výzvy pro vývoj technologií čištění vod

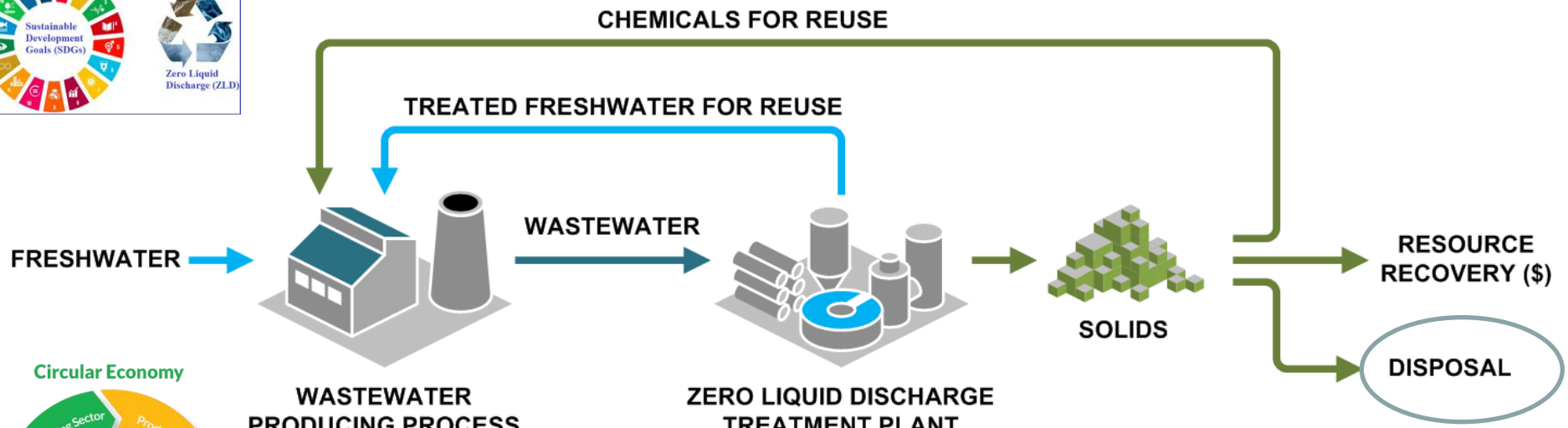
- Lze tyto OV využít např. v zemědělství (hydroponické pěstování)?
- Pokud je nelze dále použít, jakými postupy odstranit vysoké koncentrace solí a organických látek?
- Nebudou metody odstraňování solí a organických látek z OV vnášet do „vyčištěných“ vod sekundární znečištění?
- Jaké budou náklady na čištění a recyklaci těchto vod?

Princip filozofie „Zero liquid discharge“:

Viz např.: **https://en.wikipedia.org/wiki/Zero_liquid_discharge**







DODÁVKY ENERGIE jen zprac. koncentrátu

??? ?

Prodiskutované biodegradabilní polymery:

Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

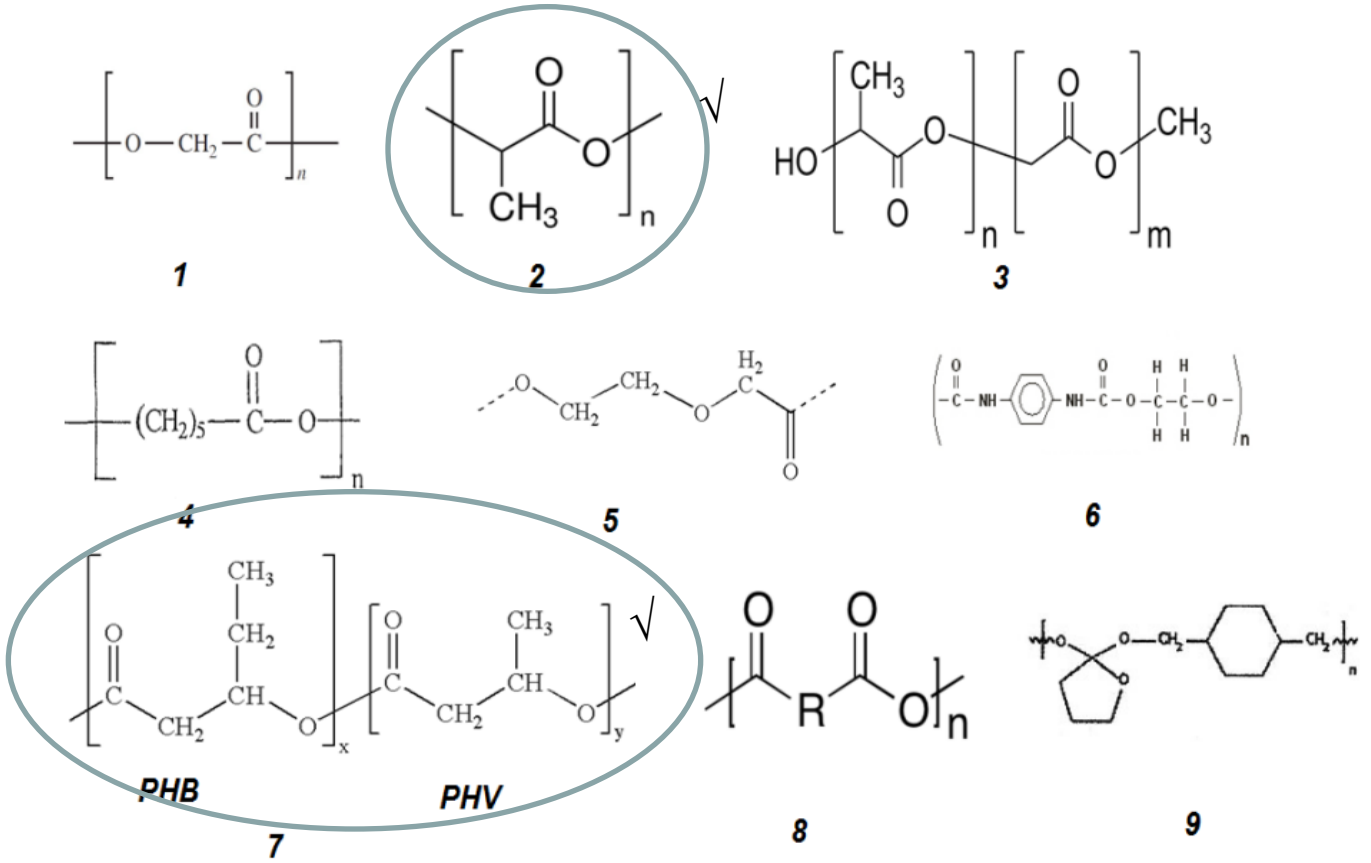


Fig. 3. Biodegradable synthetic polymers; 1: Polyglycolide Acid; 2: Polylactide Acid; 3: Poly (lactide-co-glycolide); 4: Polycaprolacton; 5: Poly dioxanone; 6: Polyurethane; 7: Polyhydroxybutyrate, polyhydroxyvalerate; 8: Polyanhydried; 9: Poly(ortho esters).

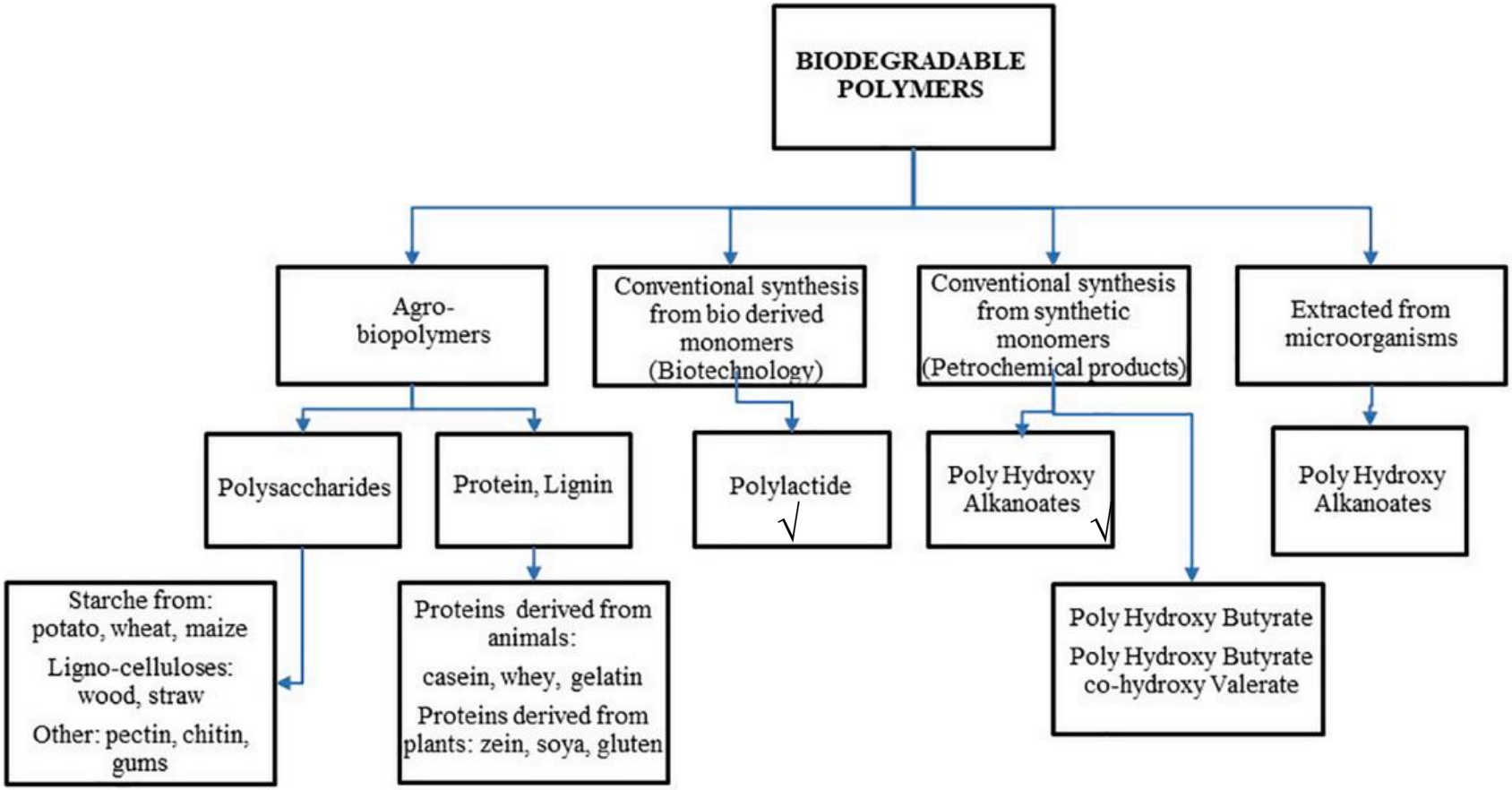


Fig. 3. Classification system of biodegradable polymers based on their origin.

Možnosti průmyslového využití škrobu

Modifikované škroby a jejich průmyslové využití, viz. Evžen Šárk robu (VŠCHT)







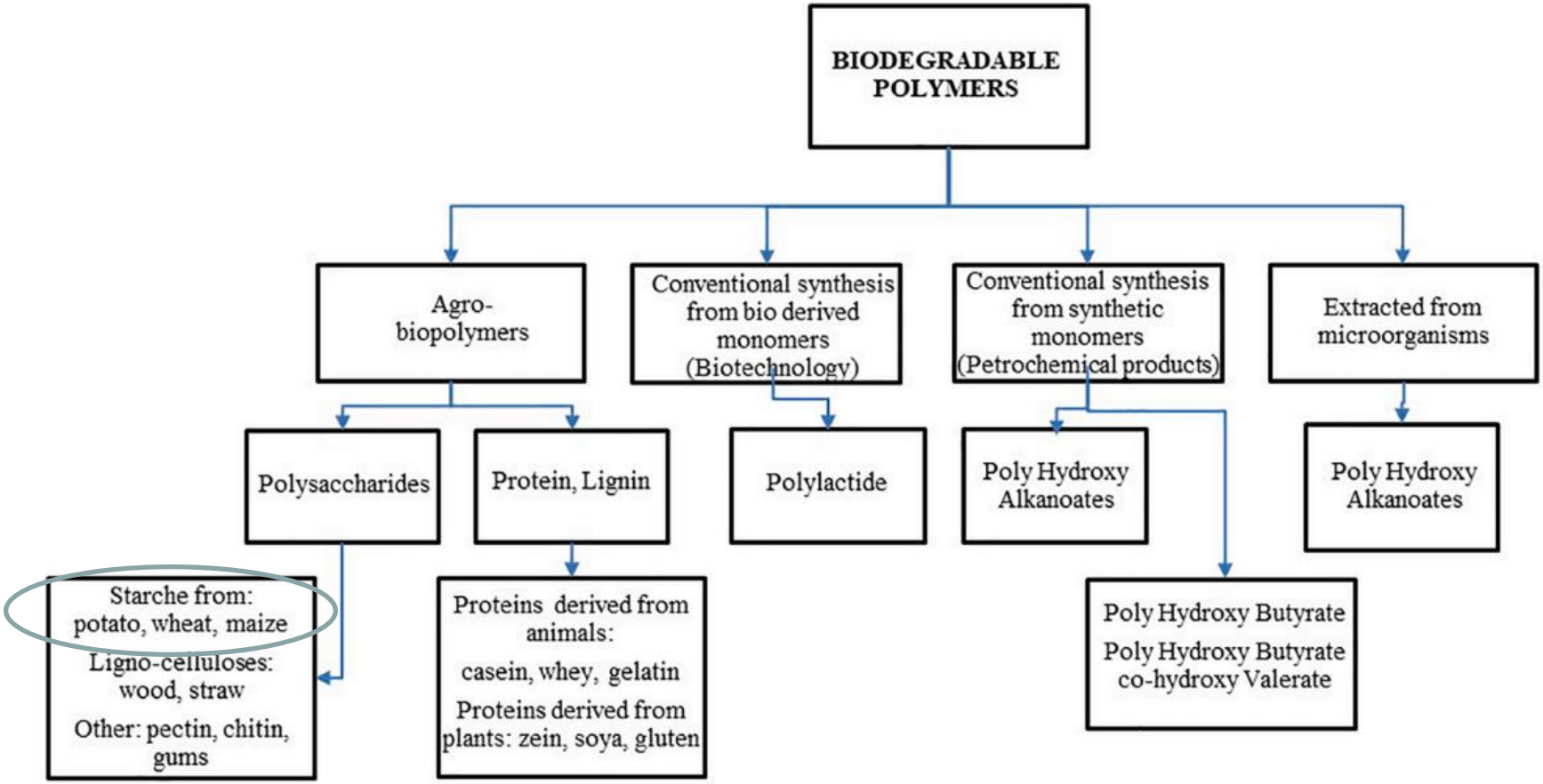


Fig. 3. Classification system of biodegradable polymers based on their origin.

Získávání škrobu z brambor:

1) výkup brambor podle škrobnatosti (uskladnění); **odstranění nečistot** (doprava plavicími kanály)

2) **strouhání** (rozbití co nejvíce buněk - cca 85 %; zbylý vázaný škrob není využit); vzniká třenka

3) **síření** = sycení vodné suspenze s SO_2 jako redukčního činidla pro zamezení nežádoucí přeměny přítomných fenolických látek na barevné chinony, aby brambory netmavly

4) **vypírání škrobu** z třenky, získává se surové škrobové mléko + zdrtky (= vyloužená třenka), které se využívají pro krmení (čerstvé, sušené nebo silážované)

5) **odstranění vlákniny** na vypíračích a sítech, vzniká další surové škrobové mléko + zdrtky

6) **rafinace škrobového mléka**, jeho koncentrování; odstranění vody usazováním

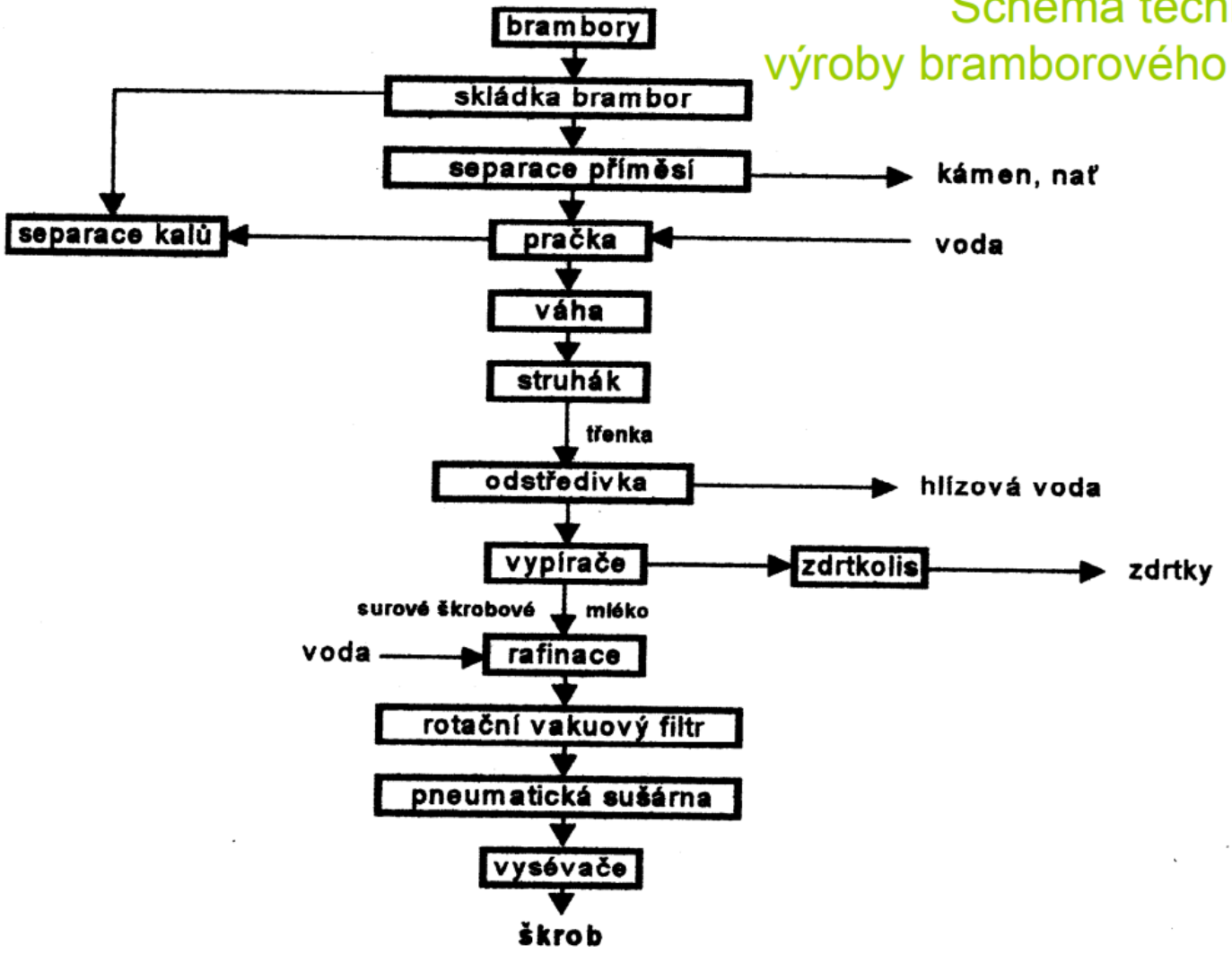
7) **zahušťování a odstřeďování**; trojí praní škrobu v „lavérech“, usazování; škrob obsahuje 50 % vody

8) předsoušení škrobu na 35 % vlhkosti + vlastní sušení na 20 % vlhkosti

9) oddělení odpadní krupice (při sušení vznikají konglomeráty - spojená zrníčka, ta se roztírají), zisk vlastní bramborové moučky (pytlování, expedice)

Marie Vávrová, Jan Žižka: Výroba bramborového škrobu v Čechá

Schéma technologie výroby bramborového škrobu



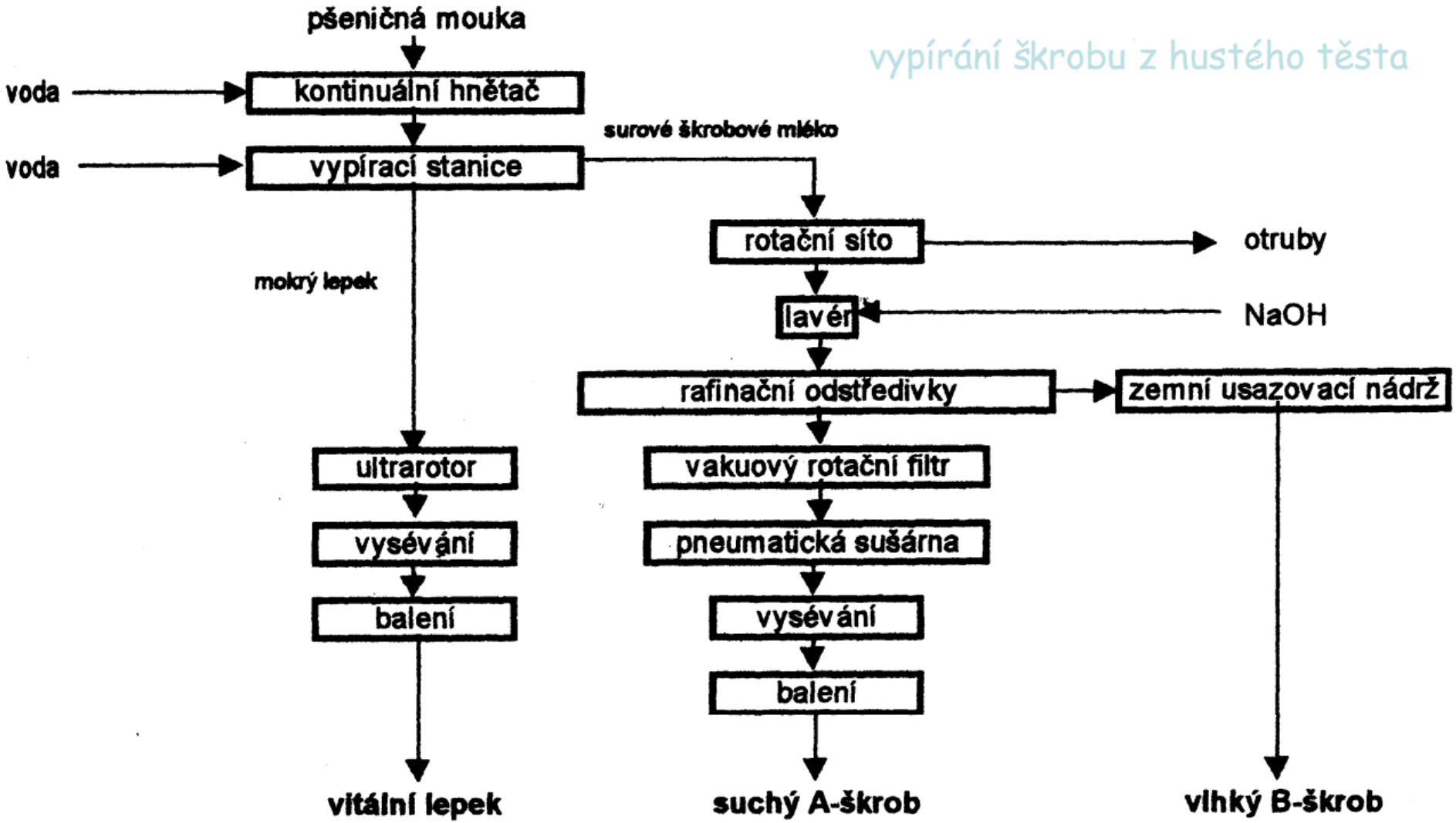
Výroba pšeničného škrobu v ČR:

- V České republice se vedle bramborového škrobu ve dvou výrobnách ještě škrob pšeničný.
- Ročně se vyrobí cca 18 tis. t pšeničného škrobu.
- pšeničný škrob se buď prodává samostatně pro další průmyslové zpracování, nebo se přepracovává na:
- maltodextrin,
- sirupy
- modifikované pšeničné škroby
- Vedlejším výrobkem při výrobě pšeničného škrobu je pšeničný lepek.

Výroba pšeničného škrobu v ČR:

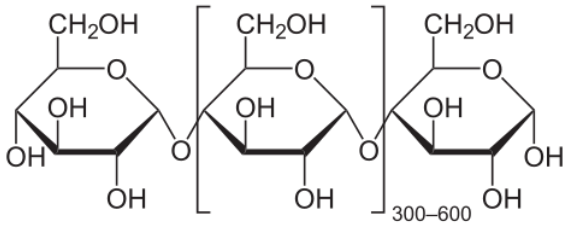
- **Klasický způsob**:
- 1) těsto s 50 % vody se hněte 10-20 minut až přestane lepit; odležení těsta 15-20 minut
- 2) **sprchování těsta vodou v pračkách**; odtéká syrové mléko, zbude lepek (užití na lepidla na kůže a knihy nebo v pekárenství); vypírá se 3×; 3. voda (málo škrobu) se znovu používá na vypírání
- 3) **odstranění otrub ze škrobového mléka** (využití na krmení); zahušťování, praní → pšeničný škrob krystalový (20−40 μm) + nekvalitní škrob jádrový (6−8 μm); odstraňuje se (využití v lihovarech)
- 4) **předsoušení**, pak vlastní sušení až na 14 % vlhkosti · ze 100 kg pšenice: 45 − 55 kg krystalového škrobu, 10 − 12 kg jádrového škrobu a 16 kg lepku
- **Alkalický způsob:**
- 1) rozpouštění bílkovin (lepku) slabým KOH (NaOH) 40 minut při 40 ◦C
- 2) neutralizace; oddělení škrobu na centrifuze

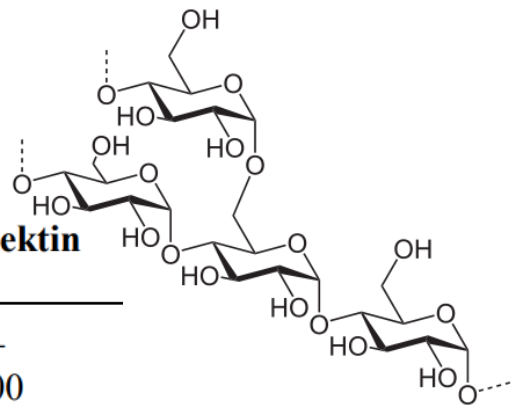
vypírání škrobu z hustého těsta



Výroba kukuřičného škrobu:

- Výroba kukuřičného škrobu:
- 1) máčení zrn (48 hodin, 50-52 ◦C) → bobtnání; odstranění klíčku (drcení, vyplavení)
- 2) rozetření, uvolnění škrobu z buněk (škrob, gluten, vláknina [oddělí se]); vypírání slabou kyselinou siřičitou
- 3) rafinace, odstranění glutenu usazením (gluten se využije pro polévková koření)
- 4) předpírání škrobu, filtrace, sprchování vodou; předsušení, sušení na 14 % vlhkosti; rozemílání · výroba celý rok z uskladněné kukuřice; využití celé sušiny; kyselé nebo alkalické prostředí





Vlastnost	**Amylosa**	**Amylopektin**
Počet glukosových jednotek	obilné škroby 1 000 - 2 000; bramorový až 4 500	50 000 – 1 000 000
Molární hmotnost	$10^5 – 10^6$	$10^7 – 10^8$
Glykosidické vazby	převážně (1,4)- α-D-	(1,4)- α-D-, (1,6)- α-D-
Reakce s jódem	barva modrá	barva červenofialová
Náchylnost k retrogradaci	velká	malá
Produkty působení β-amylasy	maltosa	maltosa, β-hraniční dextrin
Produkty působení glukoamylasy	D-glukosa	D-glukosa
Tvar molekuly	v podstatě lineární	rozvětvený
Obsah P (%)	0,03	0,2

Biomasa pro potravinářský průmysl a kosmetiku, aplikace škrobu v EU:

Roční produkce škrobu:

Svět: 48,5 mil. t

EU: 8,5 mil. t

Využití:

Potravinářské (50-54%):

- Zahušťování pokrmů 24%
- Nápoje a cukrovinky 29%

Nepotravinářské (46-50%):

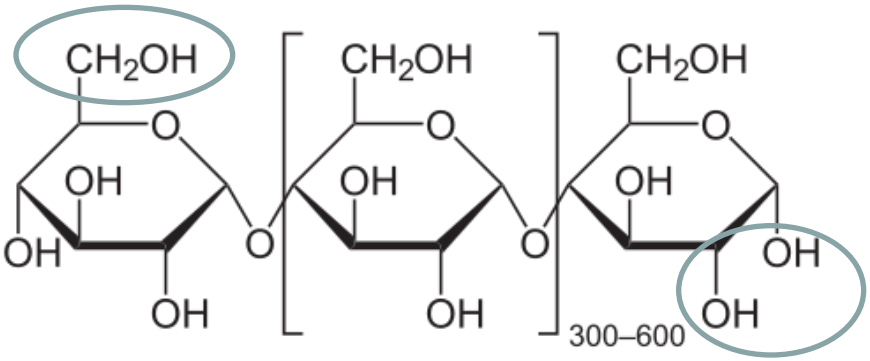
- Úprava papíru, textilu (30 %)
- Lepidla (do 10 %)
- Výroba chemikálií a léčiv (> 10 %)

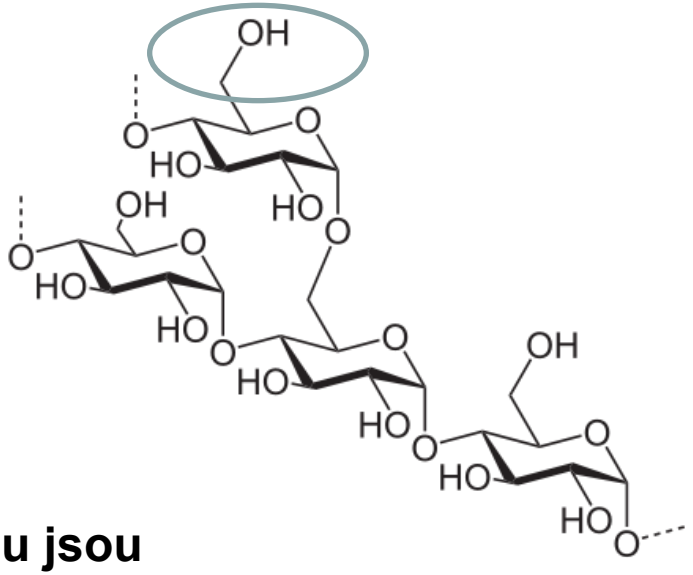
Výroba škrobu v ČR a ve světě:

- V ČR se vyrábí přibližně 70 % škrobu z brambor, 20 % z kukuřice, 10 % z pšenice
- **ve světě**: 65 % z kukuřice, 25 % brambory, 5 % pšenice, 1 % rýže, 4 % maniok, batáty...
- V České republice se výroba dosahuje špičkově až 49 tis. t bramborového škrobu ve dvou výrobnách (průměrná škrobnatost brambor 20,11 %) s výnosem přes 6,5 t škrobu/ha.

- Výrobky ze škrobu:
- 1) **modifikované škroby**: chemickou úpravou se mění vlastnosti - rozpustnost, viskozita
- 2) **škrobové hydrolyzáty** - škrobové sirupy a dextríny
- 3) **pravé deriváty škrobu** - škrobové estery: bobtnavý škrob (pro pudinky, krémy - bez vaření), rozpustný škrob, pudinkový škrob (ochucuje se, přibarvuje, aromatizuje), dextríny, škrobový sirup (pro cukrovinky, likéry, konzervárenství), škrobový cukr - glukóza, maltózový sirup

Škrob a výrobky na bázi modifikovaného škrobu





Hydroxylové skupiny v amylose i amylopektinu jsou vhodné
k chemické modifikaci…

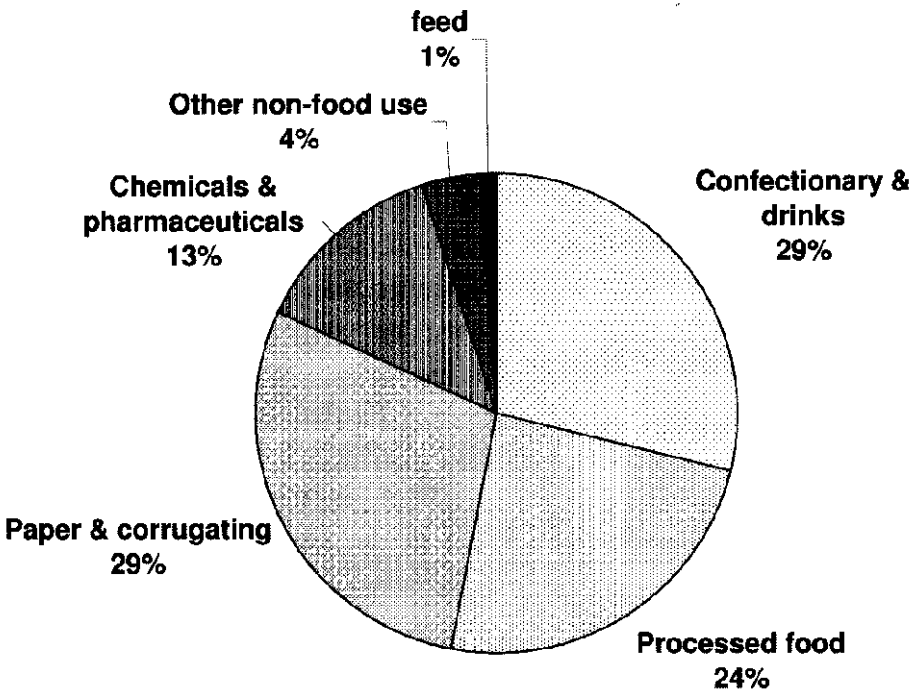
Vědci vyvíjejí bio-fólie z látek podobných škrobu. Rozložitelný materiál může nahradit plasty nejen v zemědělství

Vědci vyvíjejí bio-fólie z látek podobných škrobu. Rozložitelný materiál může nahradit plasty nejen v zemědělství - Ekolist.cz

5.9.2025 05:39 | PRAHA (Ekolist.cz)

Table 2.3 Starch use by product in EU and US in 2000 (million tons).

	EU	US
Ethanol	0.1	10.1
Isoglucose/HFCS	0.3	7.9
Other syrup-based products	3.6	3.2
Native and modified starches	4.5	3.6



Výrobky ze škrobu:

- produkty frakcionace škrobu (amylosa, amylopektin)
- • dextriny
- **(chemicky) modifikované škroby**
- substituované škroby
- hydrolyzáty škrobu

Modifikované škroby:

- **oxidované**
- chemicky degradované
- enzymově degradované
- termicky modifikované a extrudované

Oxidované škroby:

- Oxidace polysacharidových hydroxylových skupin působením silného oxidačního činidla (např. chlornanem sodným NaClO)

Specifická vlastnost oxidovaných škrobů:

Oxidované škroby jsou při vysoké koncentraci vodné suspenze charakteristické velmi nízkou viskozitou při vaření a naopak vysokou viskozitou při ochlazování (vznikne gel)

Uplatnění:

- **Moramyl OXB = bramborový** – v papírenství (klížení, vytvrzování, úprava povrchu pro tisk, natírání papíru) – 80-85 % aplikací

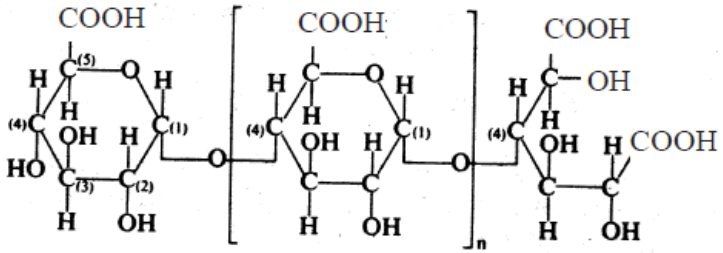
Moramyl OXP = pšeničný - při výrobě sádrokartonových desek

•**Další použití:** zahušťovadlo, stabilizátor, kuchyňské koření, želé v cukrovinkách, mražené krémy, zlepšuje vaznost těsta, obalování ryb a masa, pomocná látka ve farmacii, textilní průmysl (šlichtování – vlákno předtím, než jde na tkaní se obalí, apretury, tisk), škrobení prádla, zlepšení mechanických vlastností kůže, izolace

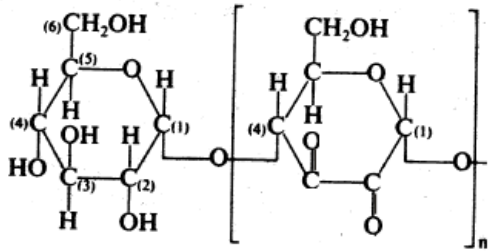


Průběh oxidace polysacharidového řetězce amylosy:

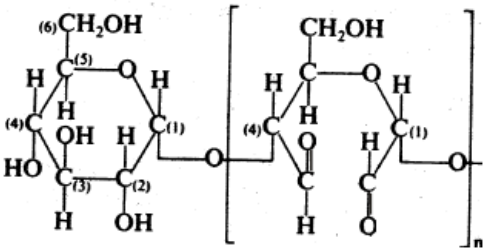
I



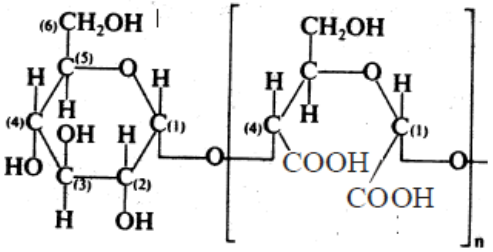
II



III



IV



spojena vždy s určit
depolymerací

Šaržová výroba oxidovaného škrobu

1 – reakční nádoba (duplikátor), 2 – zásobní nádrž na škrobové mléko 20 – 24 Bé (35 – 45 %)

3 – zásobník na 3% NaOH, 4 – zásobník na NaClO,
5 – zásobník na Na_2SO_3, 6 – zásobník HCl

7 – sběrná rafinační nádrž,
8 – rafinační odlučovače,
9 – difusní nádoby,
10 – vakuový filtr, 11 – sušárna, 12 vysévání,pytlování

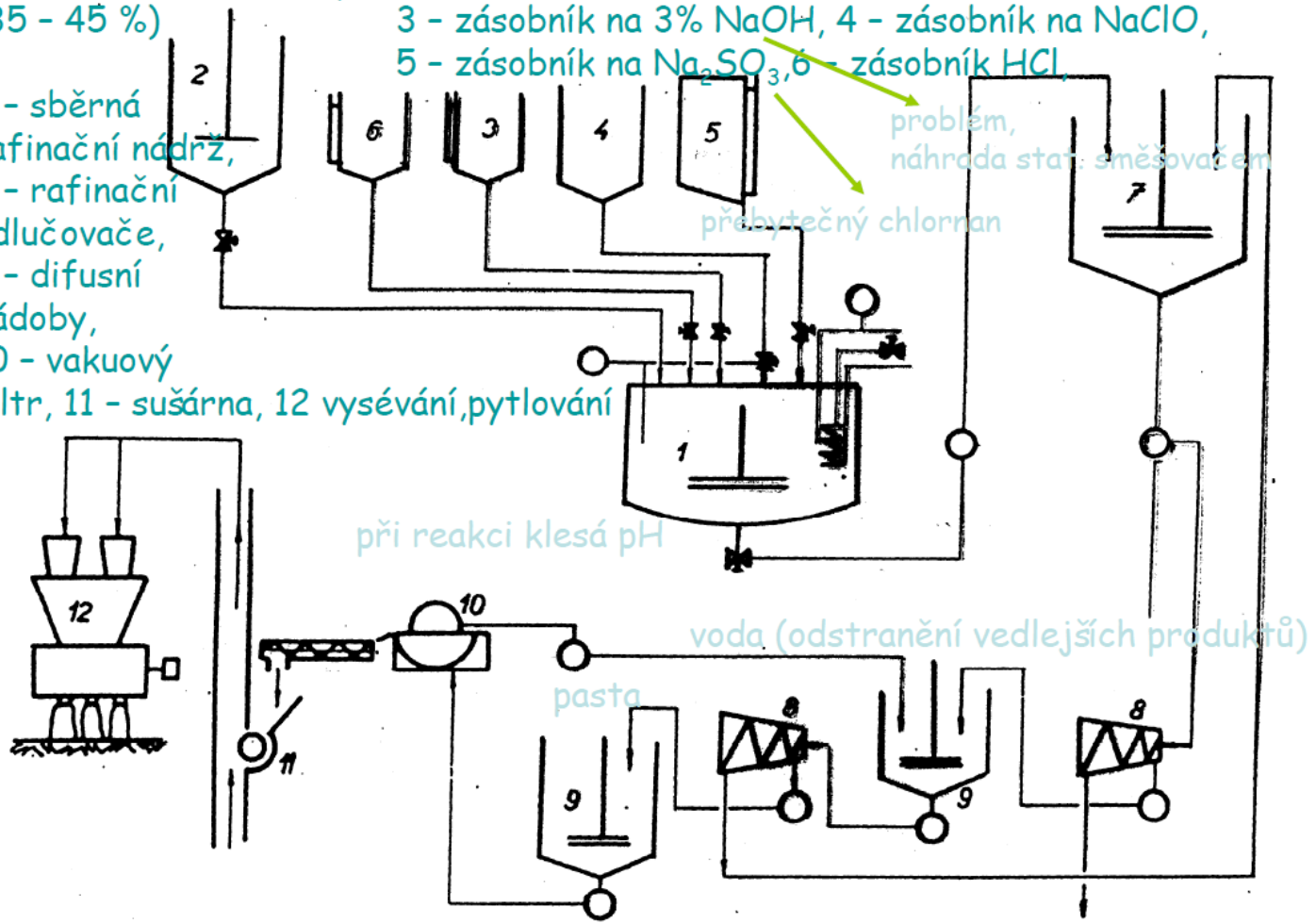
problém, náhrada stat. směšovačem

přebytečný chlornan

při reakci klesá pH

voda (odstranění vedlejších produktů)

pasta



Výrobky ze škrobu:

- produkty frakcionace škrobu (amylosa, amylopektin)
- • dextriny
- (chemicky) modifikované škroby
- **substituované škroby**
- hydrolyzáty škrobu

Substituované škroby:

- ethery
- estery
- zesítěné škroby

Substitučními reakcemi na OH skupinách polysacharidových řetězců škrobů lze dosáhnout:

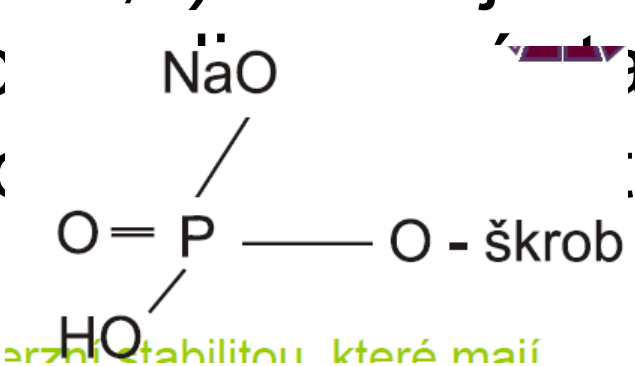
- Změny hydratační vlastnosti (rozpustnost)

- **Změny v retrogradaci** (škrobový gel po čase mění strukturu a reologické vlastnosti, vznik dvoufázového systému pevná látka/kapalina), další tvorba intermolekulárních vodíkových vazeb (přednostně u amylopektinu)
- **disperzní stabilitu (reologické vlastnosti)**
- **chemické vlastnosti**

stupeň substituce DS = počet substituovaných skupin na jednu glukosovou jednotku škrobu, v praxi nejvíce používány 0,01 - 0,5; (maximální hodnoty okolo 1)

Škrobové estery:

- E 1410 Fosforečnanový monoester škrobu (monoškrobfosfát):
- (i při relativně nízkém stupni substituce 0,02-0,1) vznikají viskózní roztoky s dob ...abilitou ani... ...ter





Škrobové estery:

- E 1450 Škrobový oktenyljantaran (oktenylsukcinát) sodný = zahušťovadlo, stabilizátor

TRECOMEX TWELVE, TRECOMEX TWELVE 02:

- - zlepšují konzistenci paštik, masových konzerv nebo masových směsí
- - zvyšují vaznost tuku ve výrobku
- - zlepšují ekonomiku výroby (nahrazují žloutky)

OPASET 2070:

- **-** palačinky,
- těstoviny
- - podporuje
- elasticitu těsta
- - vytváří povrch
- odpuzující vlhkost

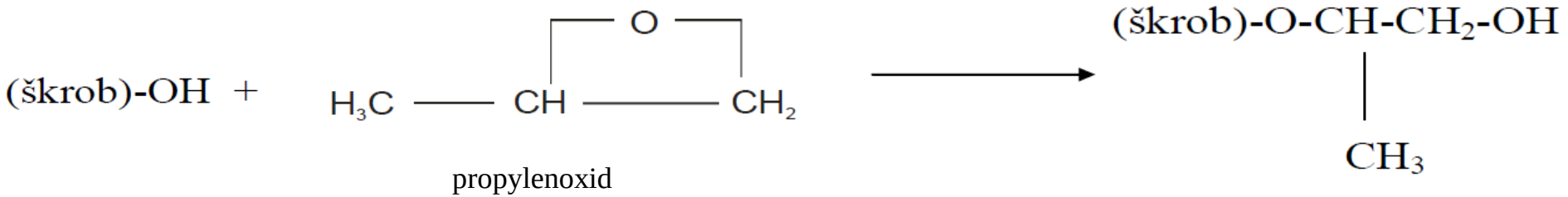


Škrobové ethery:

- společným znakem je etherový můstek na původně hydroxylových skupinách polysacharidového řetězce škrobu
- otevírání oxiranových kruhů, nukleofilní substituce,
- alkylace (Williamsonova syntéza);
- Adice -OH skupin škrobu na nenasycené sloučeniny (Michaelova adice)

Škrobové ethery:

E 1440 Hydroxypropylškrob
(hydroxypropylether škrobu)



propylenoxid

Zesítěné škroby:

- vznikají esterifikační nebo etherifikační reakcí, přičemž vznikají příčné vazby (intermolekulární nebo intramolekulární vazby)
- intermolekulární vazby spojují škrob do zesítěných struktur

(škrob)-O-R-O-(škrob)

E 1412 Fosforečnanový diester škrobu (diškrobfosfát): zahušťovadlo, stabilizátor

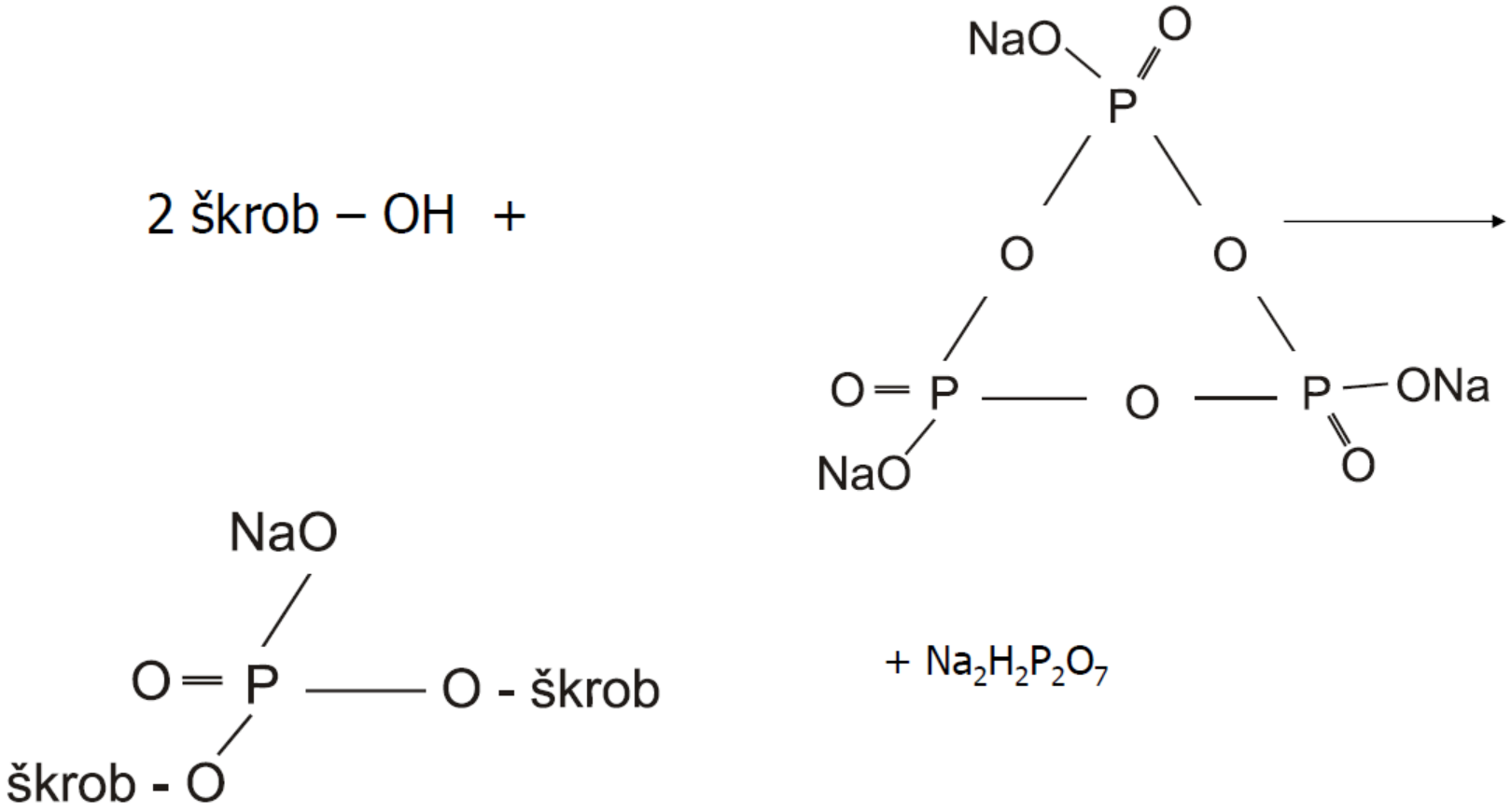
Moramyl ZB = bramborový – modifikovaný škrob rozpustný za studena

– mas. konzervy, paštiky, masové směsi, majonézy, náplně

Moramyl ZBH = bramborový – modifikovaný škrob rozpustný za tepla

- marmelády, dresingy, masná výroba

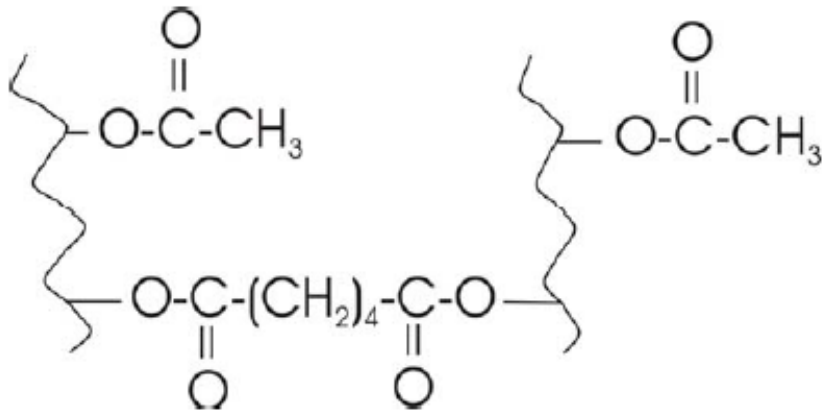
E 1412 Fosforečnanový diester škrobu (diškrobfosfát): zahušťovadlo, stabilizátor



E 1422 Acetylovaný škrobový adipát (adipan) - rozpustný za tepla = zahušťovadlo, stabilizátor

Moramyl AD-BH = bramborový - odolný vůči retrogradaci, marmelády, kečupy

Moramyl AD-PH = pšeničný - stabilizátor, zahušťovadlo, dressingy, marmelády, kečupy



E 1442 Hydroxypropyl – škrobový difosforečnan (hydroxypropylether zesíťovaného fosfátu škrobu)

- zahušťovadlo, stabilizátor

TRECOMEX AET4:

- paštiky, masové konzervy nebo do masových směsi
- - zabraňuje uvolňování masové šťávy ve výrobcích
- - zvyšuje stabilitu a kompaktnost paštik, masových
- konzerv nebo masových směsí
- - zabraňuje vzniku nepřípustných rosolovitých útvarů
- - zlepšuje ekonomiku výroby
- palačinky, těstoviny
- - vytváří hladkou texturu
- - zlepšují texturu palačinek a těstovin
- - vytváří povrch odpuzující vlhkost

Klíčové oligo- a monosacharidy dostupné z biomasy a jejich průmyslové využití

Jaké je zastoupení jednotlivých složek produkované biomasy:

Zastoupení technicky důležitých složek v produkované biomase:

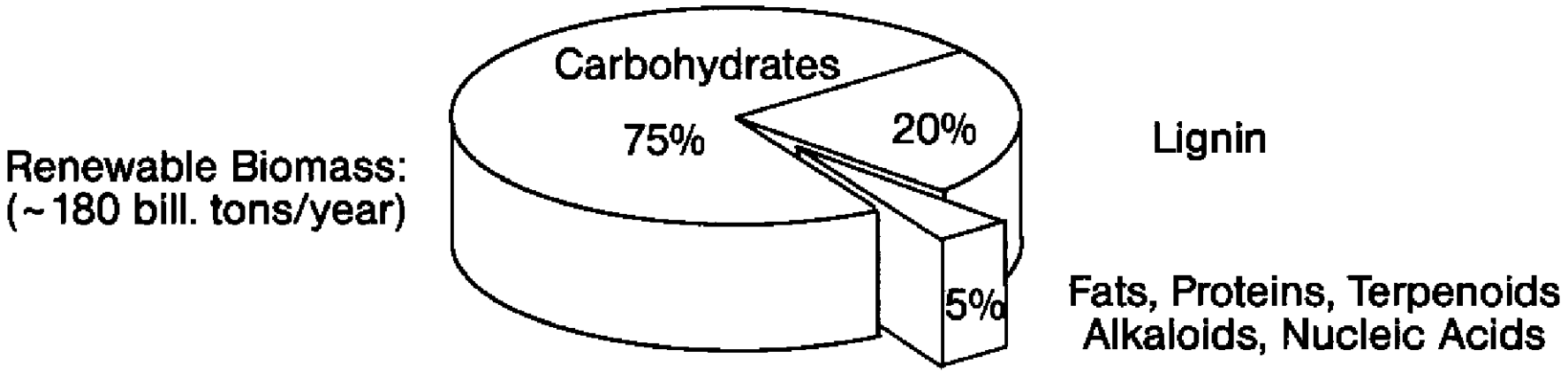


Fig. 1.1 Distribution of types of natural products in biomass.

Rozdíl ve složení fosilních surovin a biomasy:

Fossil Resources:

HYDRO-CARBONS

C_nH_{2n+2}

oxygen-free, lacking

functional groups



n-Hexane

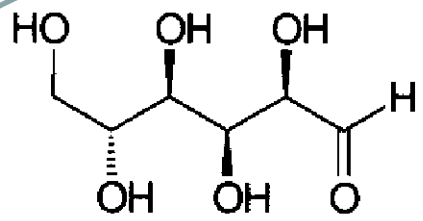
Renewable Resources:

CARBO-HYDRATES

$C_n(H_2O)_n$

overfunctionalized

with hydroxyl groups



D-Glucose

=> Nutnost přeměny sacharidů na jednodušší sloučeniny

Srovnání cen produkce cukrů a jejich derivátů s cenou produkovaných základních chemikálií:

		World production [a] (metric t year^{-1})	Price [b] (€ kg^{-1})
Sugars	Sucrose	140 000 000	0.20
	D-Glucose	30 000 000	0.30
	Lactose	295 000	0.60
	D-Fructose	60 000	1.00
	Isomaltulose	70 000	2.00
	Maltose	3 000	3.00
	D-Xylose	25 000	4.50
	L-Sorbose	60 000	7.50
Sugar alcohols	D-Sorbitol	650 000	1.80
	Erythritol	30 000	2.25
	Xylitol	30 000	5.00
	D-Mannitol	30 000	8.00
Sugar-derived acids	Citric acid	1 500 000	1.00
	D-Gluconic acid	100 000	1.40
	L-Lactic acid	150 000	1.75
	L-Tartaric acid	35 000	6.00
	L-Ascorbic acid	80 000	8.00
Amino acids	L-Glutamic acid	1 500 000	1.20
	L-Lysine	740 000	2.00
Petrochemicals	Ethylene	90 000 000	0.40
	Propylene	45 000 000	0.35
	Benzene	23 000 000	0.40
	Terephthalic acid	12 000 000	0.70
	Aniline	1 300 000	0.95
	Acetaldehyde	900 000	1.10
	Adipic acid	1 500 000	1.70
Solvents	Methanol	25 000 000	0.15
	Toluene	6 500 000	0.25
	Acetone	3 200 000	0.55

Cukrová řepa jako zdroj sacharosy:

- Nepotravinářské využití cukrové řepy roste a do budoucna lze očekávat její rostoucí význam při produkci biodegradabilních plastů (4).

Cukrová řepa v předsevzetí projektu funguje jako výkonná sluneční elektrárna, produkující a uskladňující získanou energii ve své biomase. Podle belgických údajů Raffinerie Tirlemontoise jeden hektar cukrové řepy každoročně přeměňuje 30 t CO_2 na 13 mil. kyslíku. Čtyřikrát více než jeden hektar lesa!

Přitom podle Klenka et al. (2) dosahuje **uhlíková stopa pěstování cukrové řepy 242–771 kg CO_2 na 1 t cukru**

4. Pulkrábek, J.; Bečková, I.; Svachula, V.: Uhlíková stopa při pěstování cukrové řepy. Listy cukrov. řepař., 2020, s. 146–151.

2. Klenk, I. et. al.: The Product Carbon Footprint of EU beet sugar. Zuckerind., 137, 2012 (3), s. 169–177.

(Bio)chemické procesy pro biorafinerie:

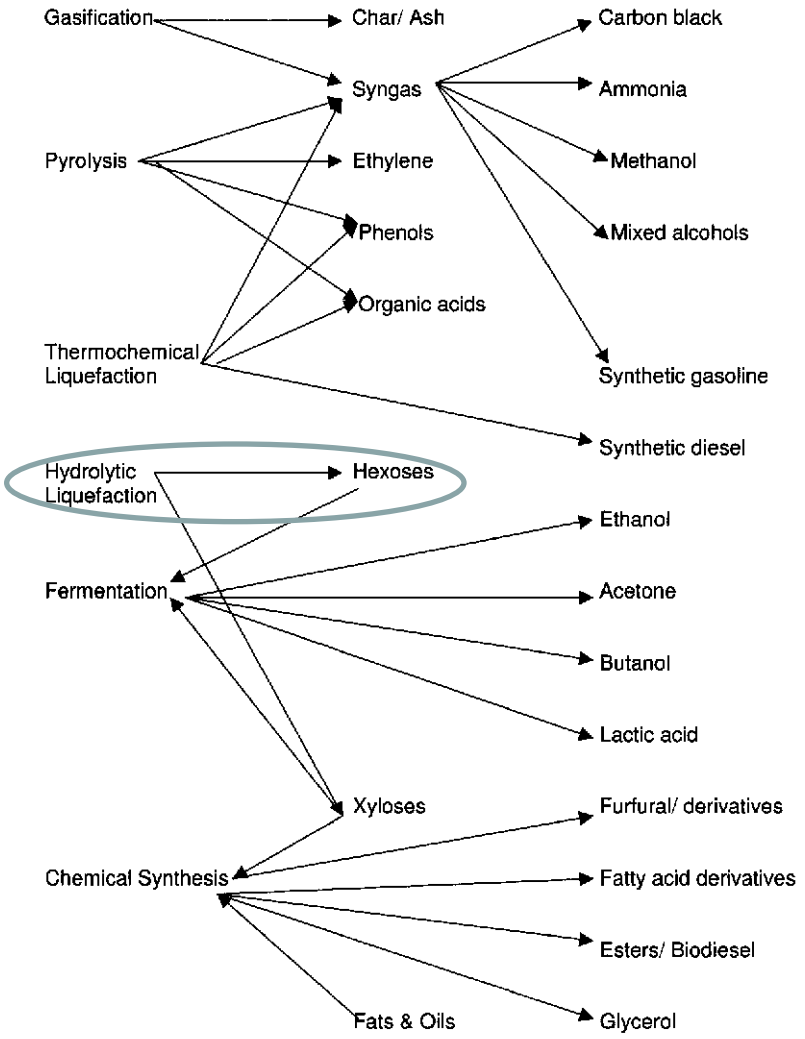
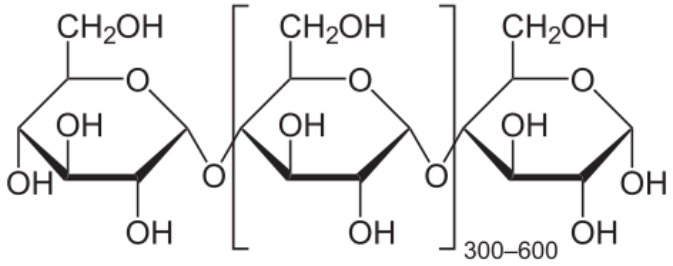


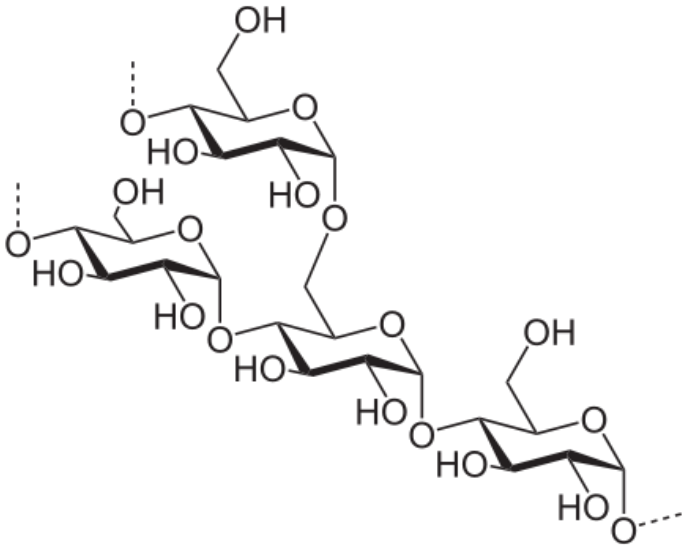
Fig. 5.2 Biomass-derived industrial organic chemicals.

Srovnání nejběžnějších přírodních polysacharidů, chemická struktura škrobu:

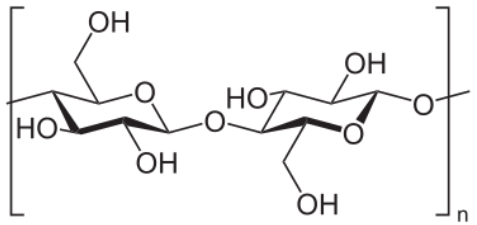
Struktura amylosy:

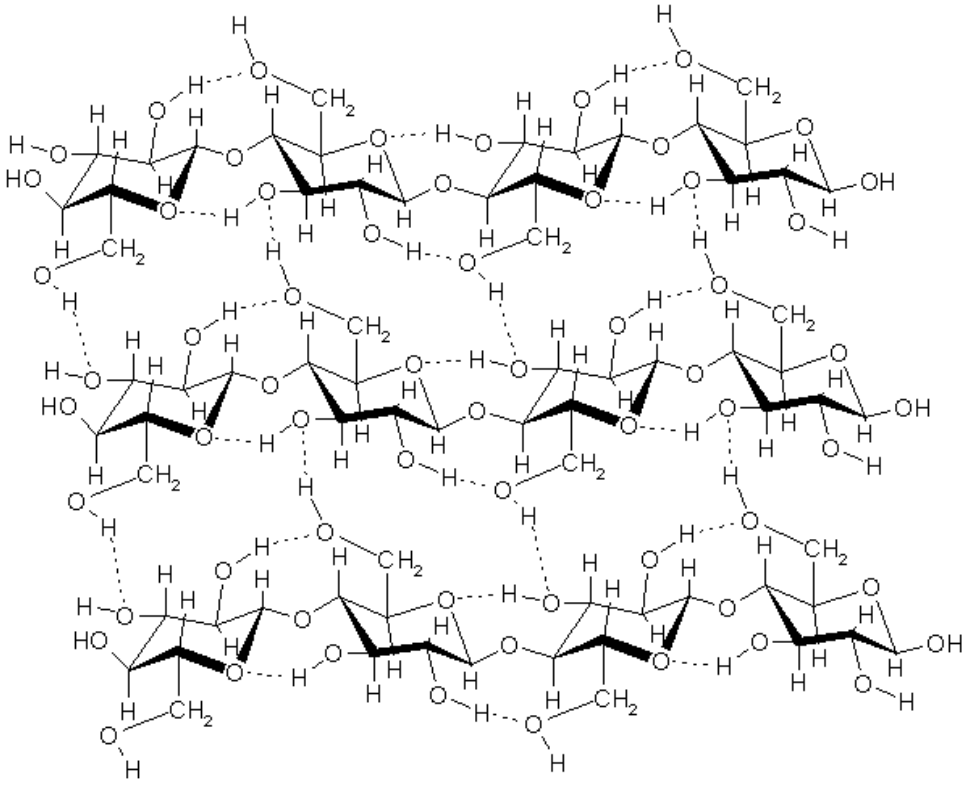


Struktura amylopektinu:



Srovnání nejběžnějších přírodních polysacharidů, struktura celulózy:





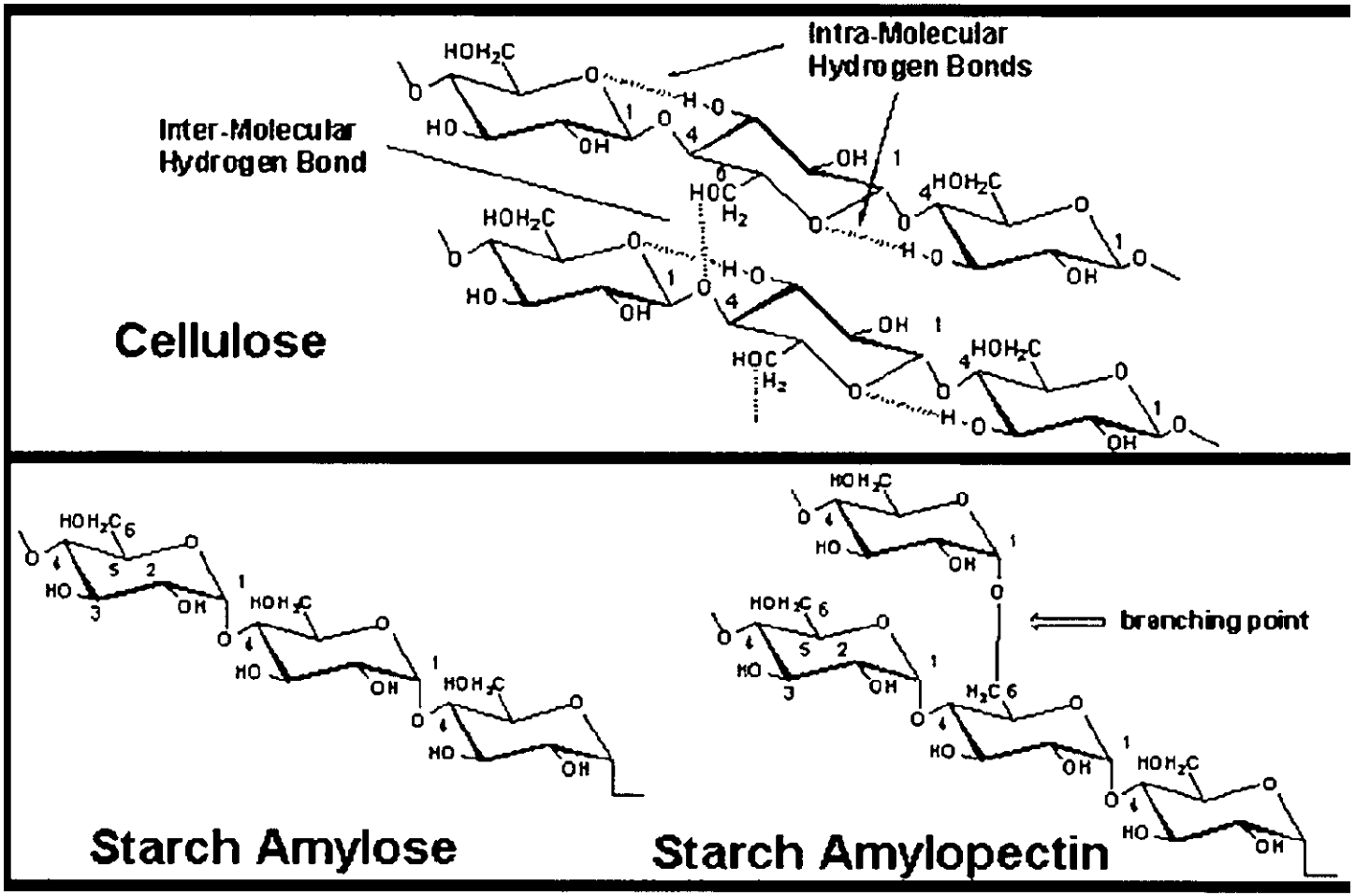


Fig. 7.1 Physical structures of cellulose and of starch amylose and amylopectin.

Rozdělení biopolymerů:

Viz.: Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

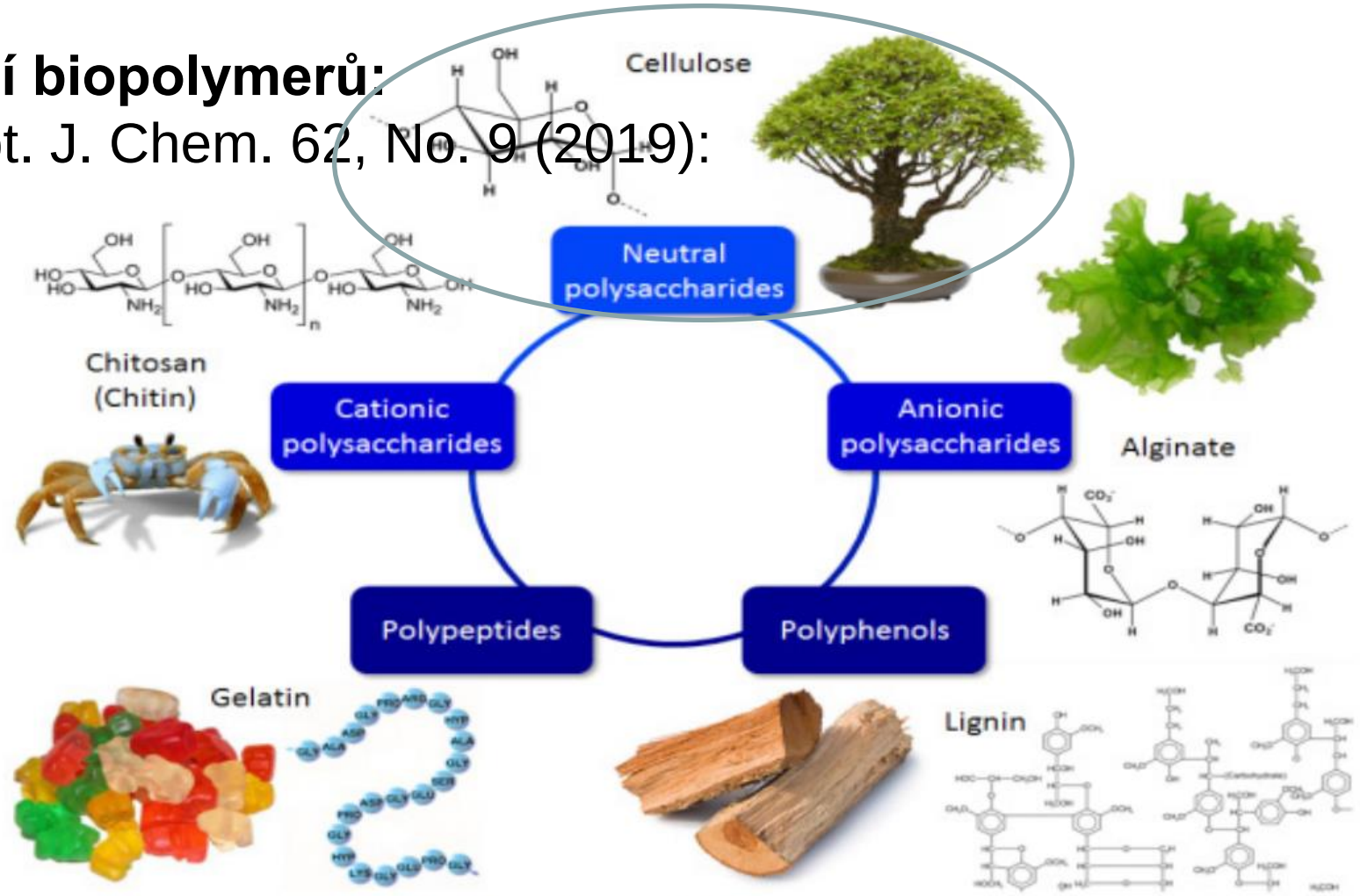
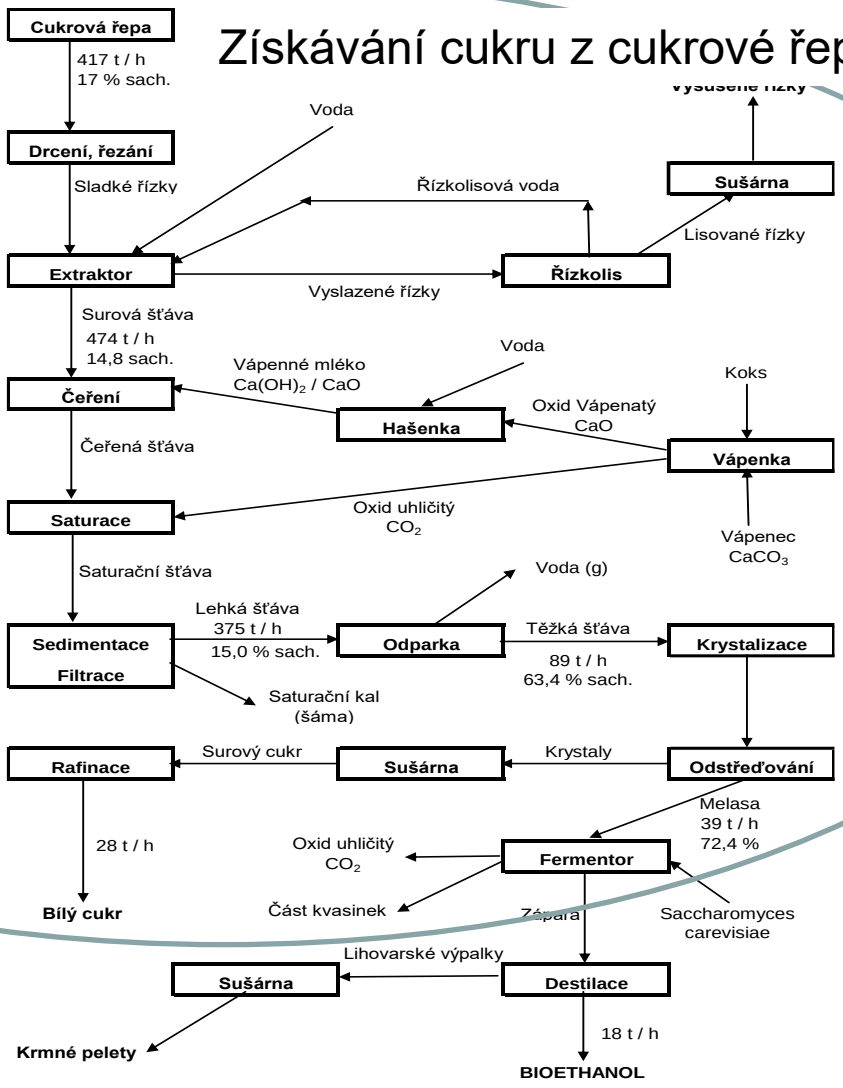
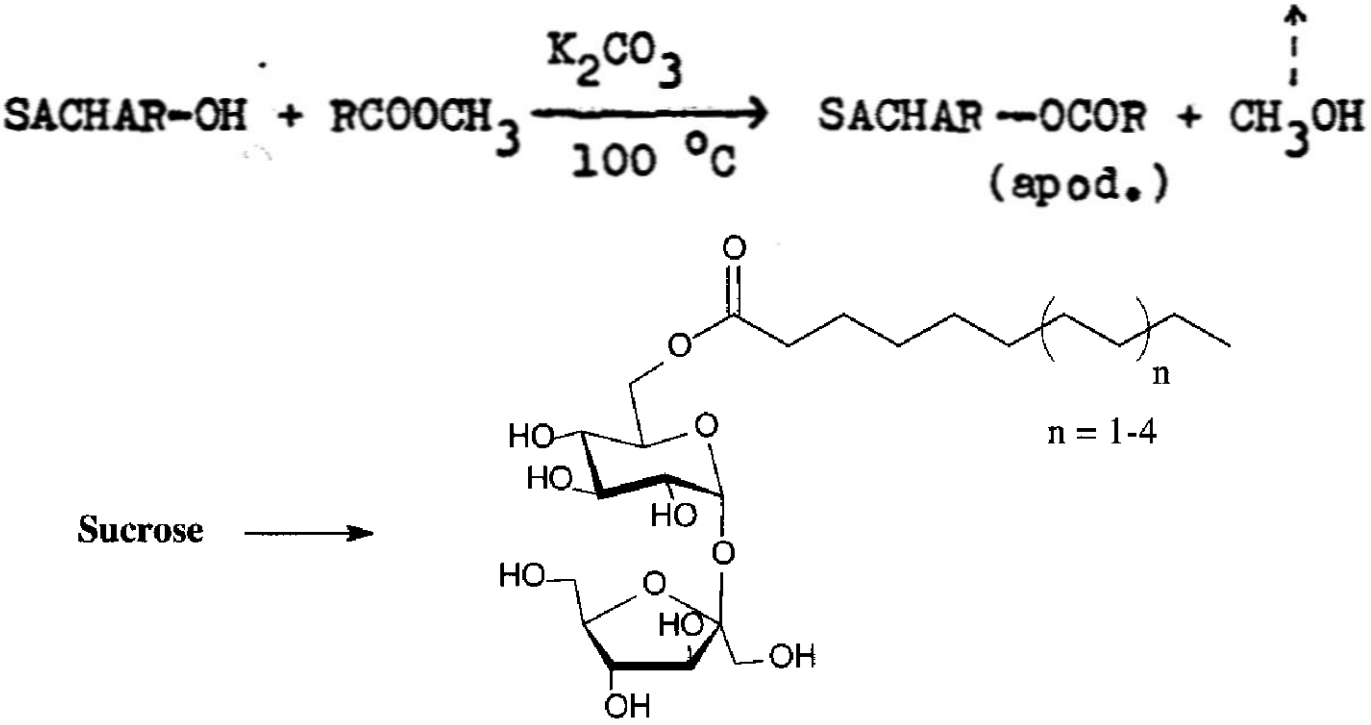


Fig. 1. Natural renewable biomaterials.

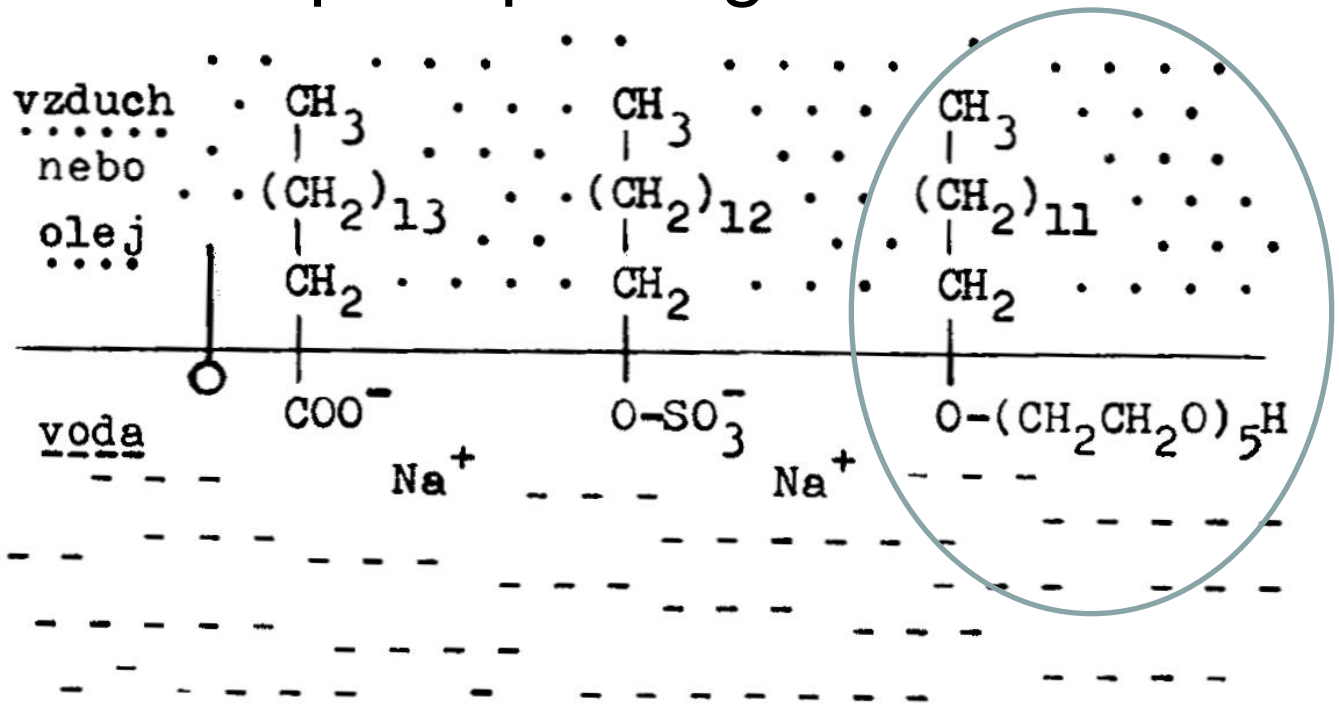
Získávání cukru z cukrové řepy:



Přeměna cukrů na cukroestery = tenzidy pro potravinářský průmysl (např. šlehačky ve spreji)
Využití esterifikace a reesterifikace



Ukázka principu fungování tenzidů:



Obr.1. Znázornění orientace molekul tenzidů na fázovém rozhraní

Získávání glukosy a fruktosy

Škrob jako výchozí obnovitelný zdroj

Přeměna škrobu na jednoduché cukry

- **hydrolýza**:
- Chemická (kyselá)
- Enzymatická

Hydrolyzáty škrobu:

- sirupy
- sirupy v prášku
- **krystalická glukosa nebo maltosa**

Glukosové a glukosofruktosové sirupy:

- **Glukózové sirupy jsou v podstatě vyčištěné koncentrované vodné roztoky glukózy, získané kyselou nebo enzymatickou hydrolýzou škrobu.**
- Stupeň zcukření je přibližně vyjádřen hodnotou dextrózového ekvivalentu (DE).
- Při úplné hydrolýze je stupeň zcukření DE = 100.
- Obvyklý stupeň zcukření sirupu odpovídá DE 38 až 48 %.

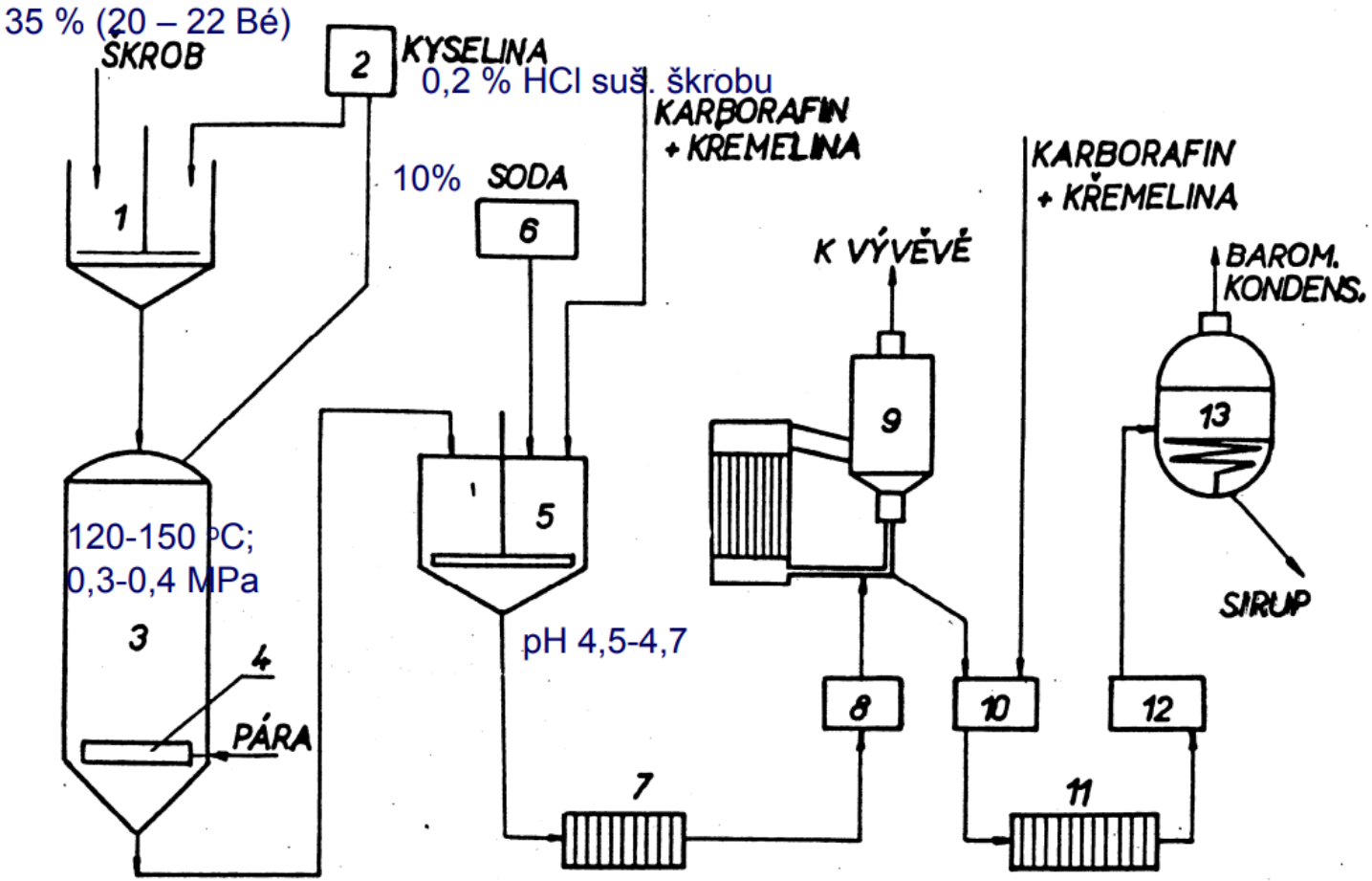
Glukosofruktosové se vyrábějí z glukózového sirupu, přičemž se za katalýzy glukosoisomerasou část glukosy isomerizuje na fruktosu.

Výsledný sirup se nazývá isoglukóza nebo HFCS (High Fructose Corn Sirob) nebo HFS.

Označení glukózofruktózových sirupů HFS se často doplňuje číselným údajem, který informuje o obsahu fruktosy v sušině, např. HFS 42, HFS 55 apod.

Výroba na bázi kyselé hydrolýzy

1 – zapouštěcí káď, 2,6 – zásobník HCl a sody,
3 – konvertor, 4 – topný systém, 5 – neutralizační káď, 7,11 – kalolis,
8,10,12 – zásobní nádrž, 9,13 - odparka



Využití glukosy:

- **Sladidlo**:

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 76/2003, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony, ve znění vyhlášky č. 43/2005

- chemické transformace
- fermentační transformace
- farmaceutické aplikace
- aplikace v kosmetice
- aplikace ve stavebnictví, při úpravě kůží, v tabákovém průmyslu aj.

Využití glukosy:

- důležitý zdroj energie pro lidský organismus (potraviny, cukrovinky, nápoje, sirupy – konkurence s cukrem, lékařství)
- krystalická glukóza může být součástí instantních výrobků
- zmrzlina či mražené krémy vyrobené s pevnou glukózou jsou pevnější a tužší a dají se lépe ukusovat; glukóza zabraňuje tvorbě krystalků a zrnitosti
- použití škrobových (glukózových a HFS) sirupů při výrobě mraženého ovoce - je možno dosáhnout uchování tvaru zmrazeného ovoce, dochází ke snížení bodu zmrazování a snižuje se cena výrobku

Maltosové sirupy:

- výroba enzymatickou cestou
- převažující složkou v sušině je maltosa
- Aplikační možnosti, vlastnosti
- pekařství - zlepšují podmínky fermentace, vytváří se zlatohnědá kůrka, vzniká rovnoměrná pórovitost a dobrá chuť výrobků
- viskozita – lepidla, barvy
- zpomalení vysychání – beton
- prodloužení životnosti řezaných květin
- fermentační výroby

Problematika hydrolýzních reakcí pro získání monosacharidů ze škrobu a celulózy

Hydrolýza škrobu probíhá za srovnatelných podmínek asi 100 x rychleji než hydrolýza celulózy

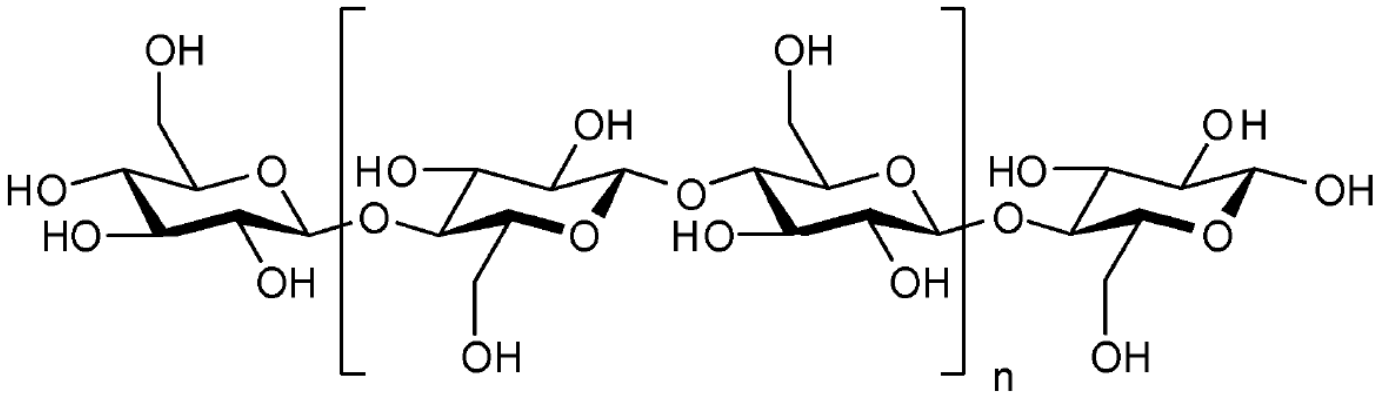
Energetické plodiny 2. generace

- Využívání rychlerostoucích rostlin s vysokou produkcí lignocelulózy

- **Uvolnění celulózy z lignocelulózové matrice a její hydrolýza na glukózové jednotky je technologicky náročná**

=>Nevýhoda:o 50% vyšší cena glukózy z celulózy ve srovnání s produkcí ze škrobu

Celulóza jako polysacharid je v rostlinách mnohem více rozšířená než škrob



Cellulose

V USA ozdobnice (Miscanthus giganteus)

množství biomasy z ozdobnice z roční produkce umožní vyrobit asi 2,5x ethanolu, než jaké můžeme získat zpracováním rostlinné hmoty ze stejné výměry kukuřice

V polních pokusech v Illinois pěstovali výzkumníci ozdobnici a proso v sousedních parcelách.

Ozdobnice potvrdila, že je minimálně dvakrát produktivnější než proso





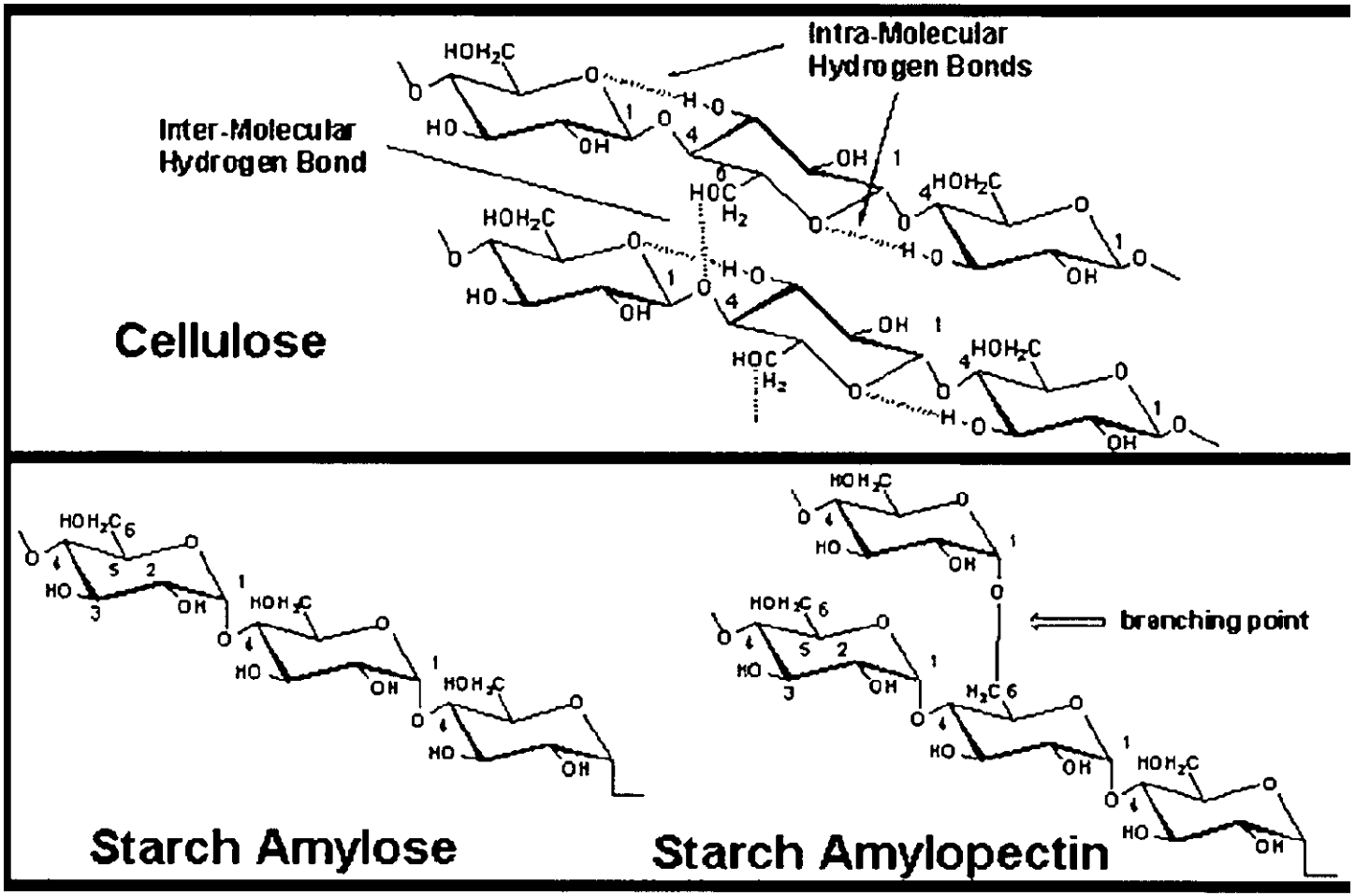
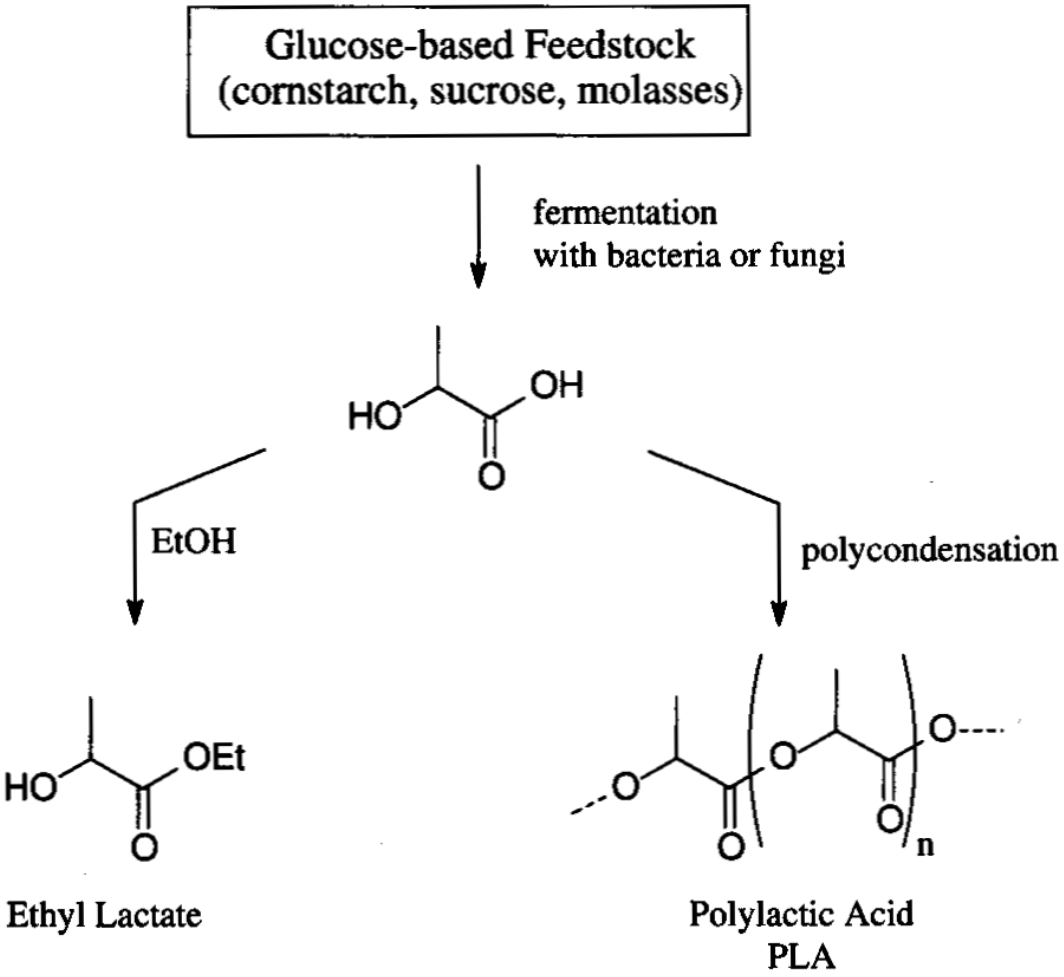


Fig. 7.1 Physical structures of cellulose and of starch amylose and amylopectin.

Schéma výroby PLA z přírodních zdrojů glukosy:



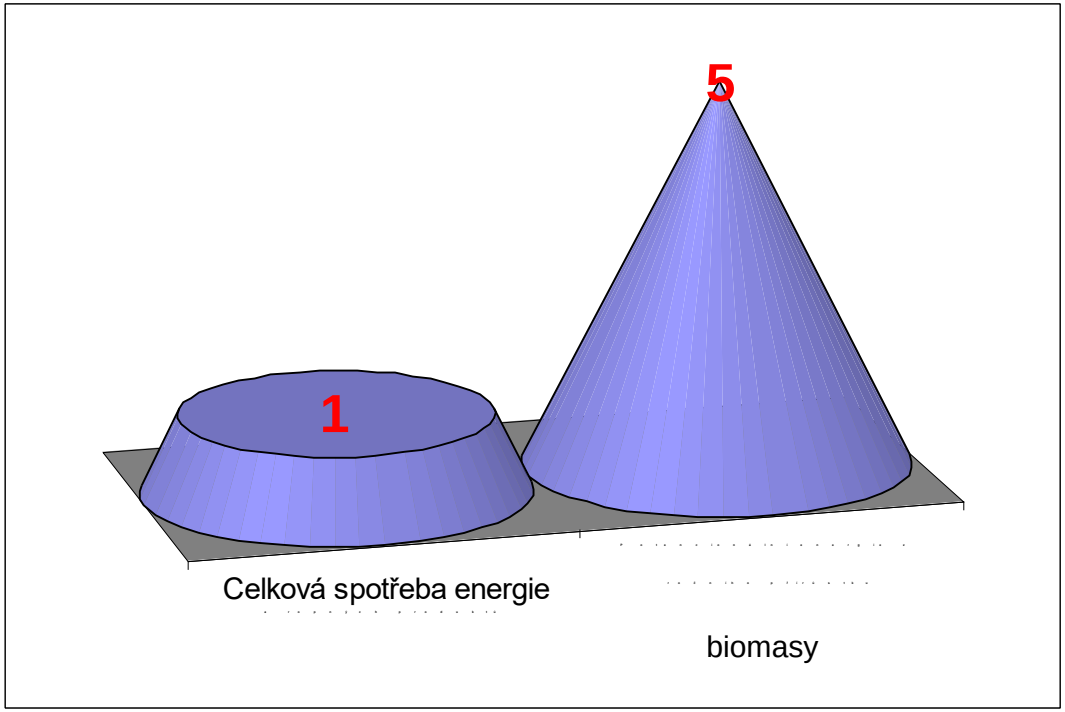
Scheme 1.2 Production and uses of lactic acid.

Průmyslové suroviny na bázi lignocelulosové biomasy

Rychle rostoucí rostliny jako zdroj dostupných obnovitelných surovin

GLOBÁLNÍ ENERGETICKÝ POTENCIÁL BIOMASY

Doc. J. Lederer: Konferenc e ICCT



FOTOSYNTÉZA: $6\,CO_2 + h\nu + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

BIOMASA – PŘEVÁŽNĚ SACHARIDY, LIGNIN A ROSTLINNÉ OLEJE

roční produkce 100 biliónů tun obnovitelných zdrojů







Jaké je zastoupení jednotlivých složek produkované biomasy:

Zastoupení technicky důležitých složek v produkované biomase:

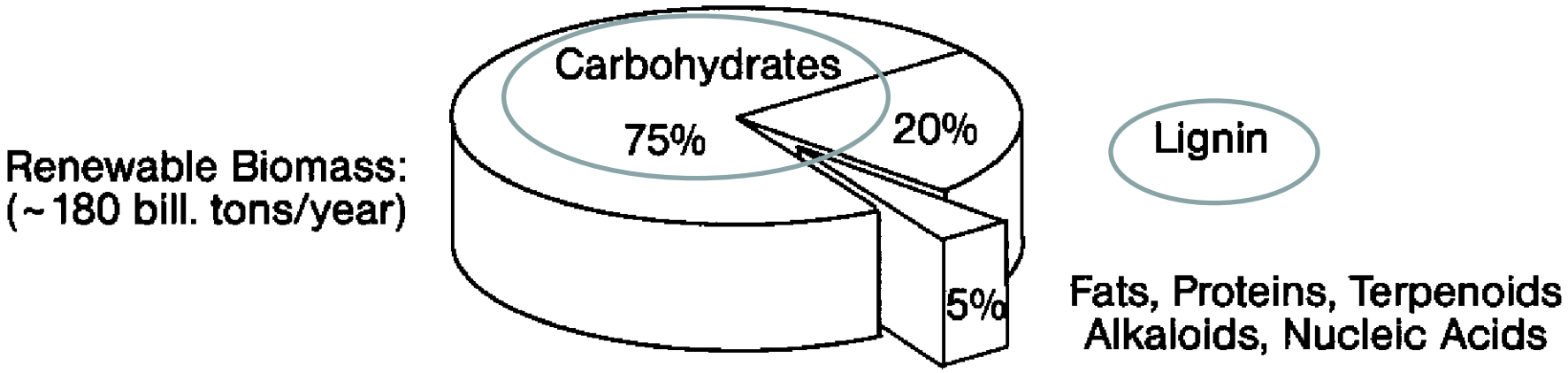


Fig. 1.1 Distribution of types of natural products in biomass.

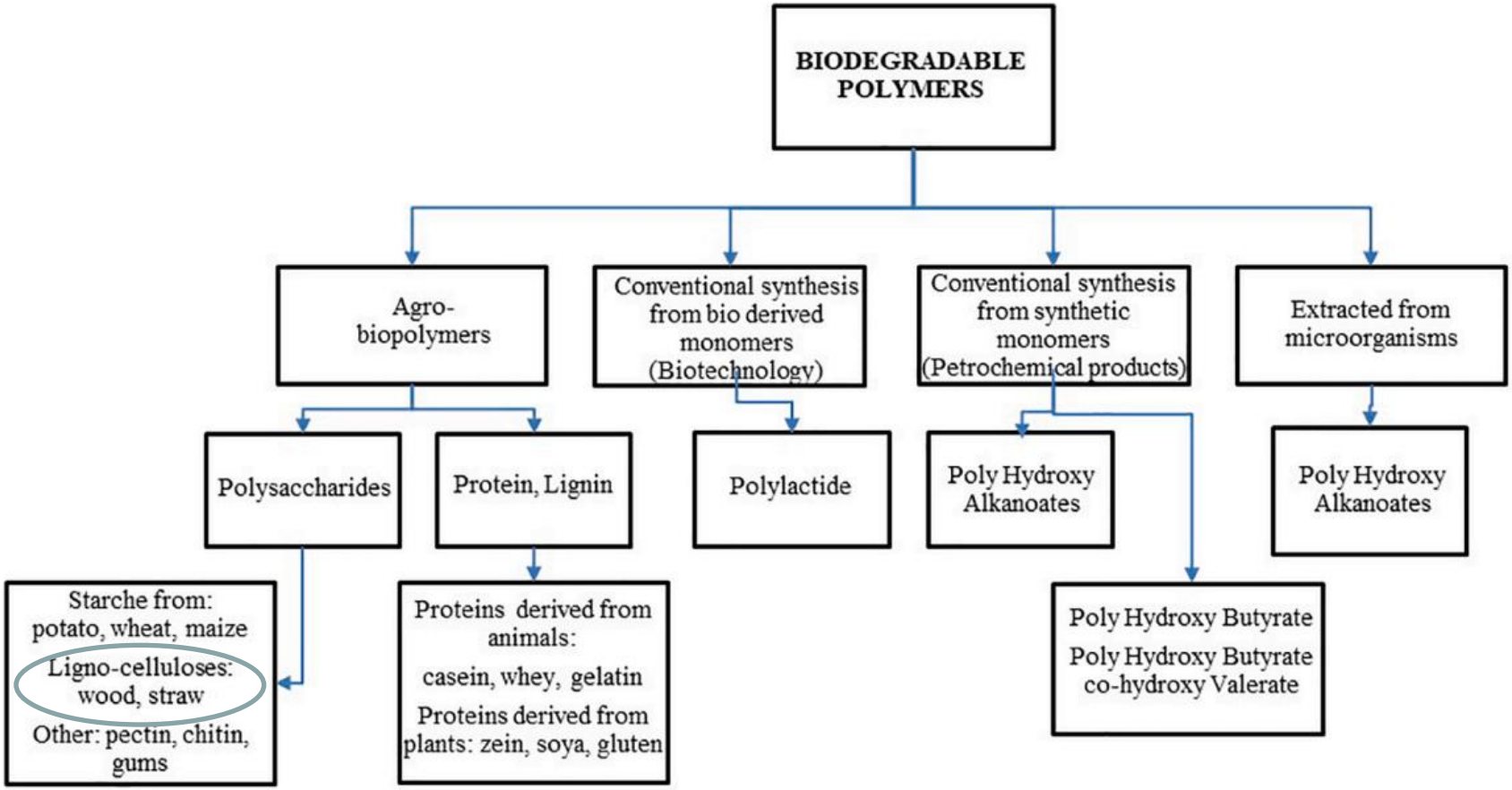


Fig. 3. Classification system of biodegradable polymers based on their origin.

Rozdělení biopolymerů:

Viz.: Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

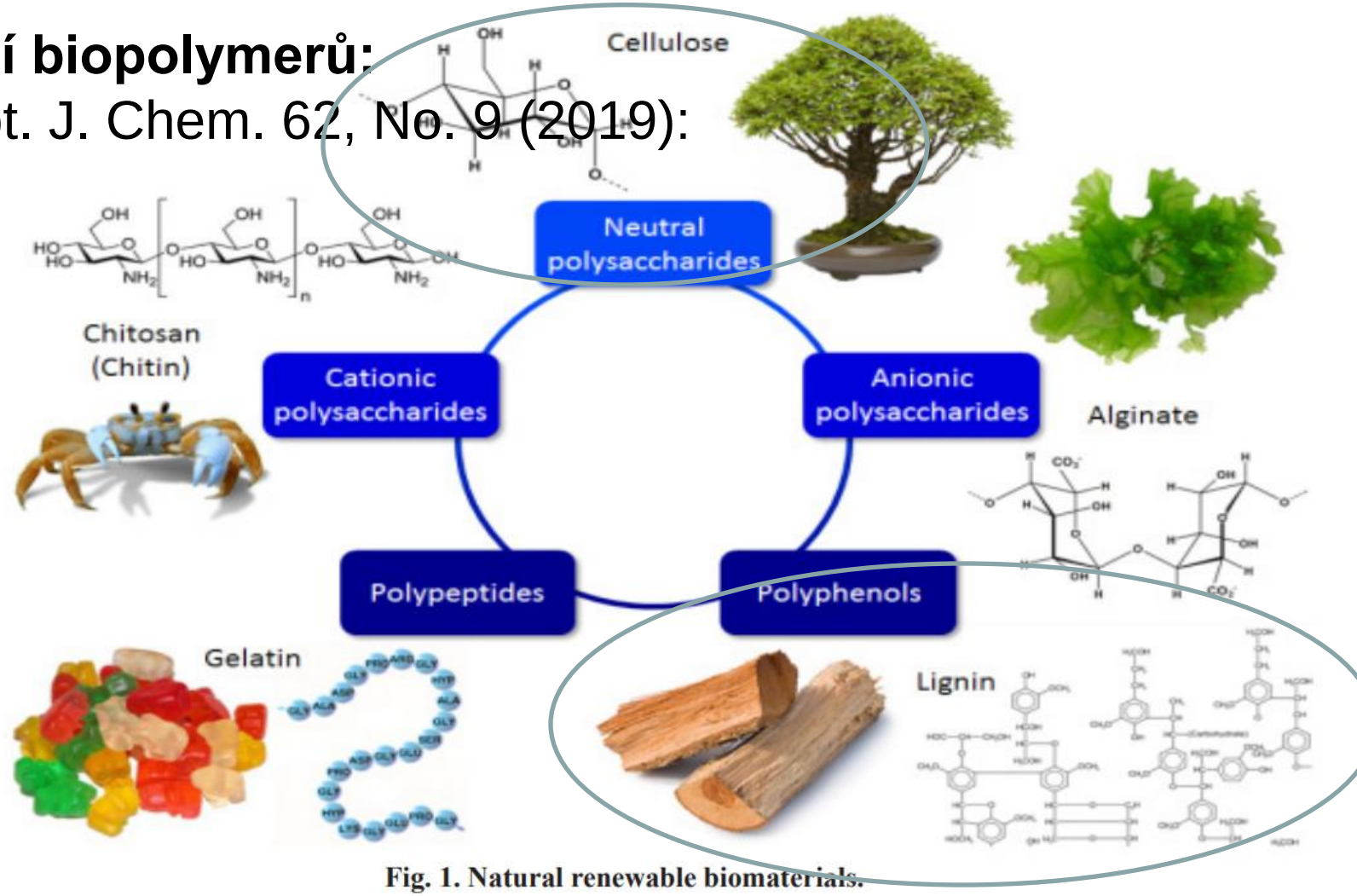


Fig. 1. Natural renewable biomaterials.

Plodiny 2.generace:

- **Plodiny bohaté na celulosu.**

Výhody:

1. Obvykle rostou rychleji a jsou méně náročné na pěstování
2. Vhodné na výrobu papíru a celulosy

Nevýhoda = energeticky náročná přeměna celulosy na jednoduché cukry

- **šťovík**
- **konopí**
- **Topoly a vrby**
- **Křídlatka**
- a další (tzv.sloní tráva, **ozdobnice** = Miscanthus giganteus 18 MJ/kg sena), …)

Topoly a vrby:

= víceleté rychle rostoucí dřeviny, kultury na 20-30 let pěstování

3- nebo 6-letý cyklus sklizně (obmýtí), lze použít 2-10 let periodu

Roční přírůstky u topolu ca. 15-21 t/ha a vrba kolem 9-10 t/ha sušiny

Pěstování vyžaduje:

dostatečnou půdní vlhkost (mírné klima s min. ročním úhrnem srážek 500 mm)

Termín výsadby březen-duben (teplota půdy vyšší než 5^{o}C)

Opatření proti plevelům jen v prvním roce

Nejméně každých 6 let kontrola pH a obsahy Mg, P a K v půdě

Spotřeba anorg. živin na 10 t sušiny:

37 kg N

14 kg P_2O_5

31 kg K_2O

76 kg CaO

8 kg MgO



Japonský topol:

= klon topolu černého a topolu Maximovicze označovaný jako J-104 a J-105.

Plantáže se sklízejí v tzv. velmi krátkém obmýtí, které se v našich podmínkách pohybuje **mezi 3-6 roky**. Pokud bude tedy **celková doba existence plantáže 15 -25 let**, znamená to, že **bude sklizena 4-8 krát**.

Roční přírůstek tohoto topolu je 2,5 - 4 m za rok v závislosti na závlaze (**za 4-6 let průměr kulatiny cca 25cm**)

Stromu vyhovuje nadmořská výška do 550 m a vlhčí půda (dobře odvodňuje podmáčené plochy), přežije dvouměsíční zaplavení a vypořádá se i s delším obdobím relativního sucha (65 %). Strom v podstatě nepotřebuje zvlášť úrodnou půdu ani hnojení







Křídlatka japonská nebo česká

Pochází z Japonska, do Evropy byla dovezena v roce 1825 jako okrasná rostlina. Ukázala se (spolu s bolševníkem a dalšími rostlinami) jako **mimořádně agresívní invazní rostlina**, která dokáže potlačit většinu původní vegetace a rychlým tempem se rozšiřovat.





Volně roste na březích vodních toků, na okrajích lesů a keřových skupin, **kolem cest, železničních náspů**. Má ráda vlhčí půdu.

PROBLÉM = regulace !!!

Rekordman: Paulownia elongata

Paulownia elongata cv. Super je rychle rostoucí dřevina původem z Kanady

Roční přírůstky až 30 t/ha (Kanada), nárůst až 7m/2 roky, po 12 let kmen

Ø = 40 cm

Roste i na suchých písčitých a kamenitých půdách

Má dobře zpracovatelné, tvrdé dřevo, na vzduchu vysychá za 30 dní, tavitelnost popele nad 1000^{o}C

Výhřevnost: 18,9-19,9 MJ/kg

Plantáže 500-1500 ks/ha





http://cs.wikipedia.org/wiki/Paulovnie

- Rod zahrnuje 6 nebo 7 druhů. **Všechny druhy se vyskytují v Číně**, **paulovnie Fortunova** (*Paulownia fortunei*) **přesahuje i do Laosu a Vietnamu**. Paulovnie rostou v nížinných i horských lesích až do nadmořské výšky 3000 m
- Paulovnie jsou atraktivní a nápadné okrasné dřeviny.
- **Většina druhů není v našich podmínkách zimovzdorná.**

- Ve sbírkách Pražské botanické zahrady v Tróji je pěstována **paulovnie Fargesova** (*Paulownia fargesii*), v Arboretu Zámpach **paulovnie protáhlá** (*Paulownia elongata*).

- **Paulovnie je rychle rostoucí rostlina, tedy je prakticky využitelná v energetice jako zdroj palivového dřeva. To navíc nemá suky, proto je ceněné dřevaři,** a zároveň se v něm vyskytuje jen málo pryskyřice, což paulovnii činí vhodnou pro výrobu ethanolu.

- **Paulovnie jsou teplomilné dřeviny vyžadující výživnou a a dosti vlhkou hlinitou půdu.** Stanoviště je třeba mít chráněné před mrazivými větry, které způsobují zmrznutí násady květenství. Stromy rostou zpočátku velmi bujně a plné mrazuvzdornosti dosáhnou až tehdy, když se růst zpomalí a začnou nasazovat tenčí a ne tak dužnaté přírůstky.

- **Rozmnožují se ze semen.** Tobolky se sbírají přímo ze stromů ještě před jejich otevřením. Mladé rostliny je třeba na zimu přikrývat. **Vegetativně lze paulovnie množit zimními kořenovými řízky, tyto rostliny ale mají slabý kořenový systém.**

Šťovík Rumex OK 2

= ukrajinský kříženec šťovíku zahradního a tjanšanského

Trvanlivost 10 let

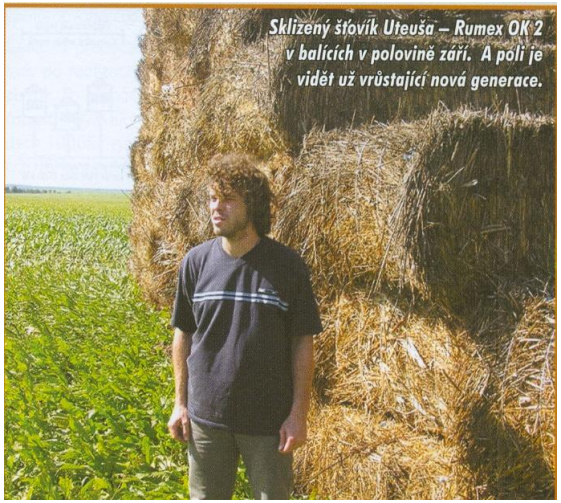
V ČR bylo oseto přes 1200 ha

Cena osiva: 2800 Kč/ha (vystačí osít 1x za 10 let)

Cíl: **výnosy 7-10 t/ha**



1. Šťovík v plné zralosti, začátek července



Sklizený šťovík Uteuša – Rumex OK 2 v balících v polovině září. A poli je vidět už vrůstající nová generace.

Konopí seté (Cannabis sativa)

Dříve v ČR pěstováno pro technické účely na 10 tis. ha, v r.2007 jen 1600 ha

Povinnost pěstitele hlásit pěstování na celním úřadě při sadbě nad 100 m^2

St. podpora: 3000 Kč/ha (v r.2007); viz. www.szif.cz

Výnosy: **6-7 t/ha stonku (z toho 0,5-1,2 t vlákna, 0,7-1,4 t semen)**

Cena semen na osev: 19-25 Kč/kg (7-9 kg/ha)

Vyžaduje úrodnou půdu; **Spotřeba vody 1,5-2x více než obilniny**



Výhřevnost 16,5-18 MJ/kg při 9%ní vlhkosti



Ozdobnice obrovská = Miscanthus Giganteus:



V USA ozdobnice (Miscanthus giganteus)

množství biomasy z ozdobnice z roční produkce umožní vyrobit asi 2,5x ethanolu, než jaké můžeme získat zpracováním rostlinné hmoty ze stejné výměry kukuřice

V polních pokusech v Illinois pěstovali výzkumníci ozdobnici a proso v sousedních parcelách.

Ozdobnice potvrdila, že je minimálně dvakrát produktivnější než pro





Výnosy ozdobnice:

Tab. 3. Výnosy sušiny ozdobnice (t/ha) sklízené na podzim na stanovišti v Praze-Ruzyni v závislosti na roku a hnojení N. Year and N fertilization effects on dry matter yields of miscanthus (t/ha) harvested in autumn at Prague-Ruzyně site.

Rok	Hnojení N				
	N0	N1	N2	N3	Průměr
1. rok	1.319	-	-	-	1.319
2. rok	7.165	5.554	8.867	4.094	6.420
3. rok	17.793	15.512	20.547	19.966	18.454
4. rok	21.997	23.117	25.333	21.617	23.016
5. rok	18.044	19.769	22.045	18.176	19.508
6. rok	30.069	30.462	30.879	32.625	31.009
7. rok	23.575	24.327	31.060	24.309	25.818
8. rok	20.467	25.398	26.593	27.275	24.933
9. rok	29.729	29.027	29.306	26.594	28.664
10. rok	14.703	14.959	18.536	19.248	16.862
Průměr 2-10	20.394	20.903	23.685	21.545	21.632
Průměr 4-10	22.655	23.866	26,250	24.463	24,259

Poznámky: N0=0 kg/ha, N1=50 kg/ha, N2=100 kg/ha, N3=150 kg/ha dusíku

Co z biomasy (kromě energie) v současnosti získáváme:

- Konstrukční a textilní materiály (dřevo, přírodní vlákna)
- **Papír a lepenka**
- **Chemikálie (celulóza)**
- Potraviny a chemikálie potřebné pro potravinářský průmysl (obvykle na bázi škrobu)
- Složky kosmetických přípravků (extrakty zelených řas, látky vonné)
- Léčiva (taxol, morfium, cannabinoidy)

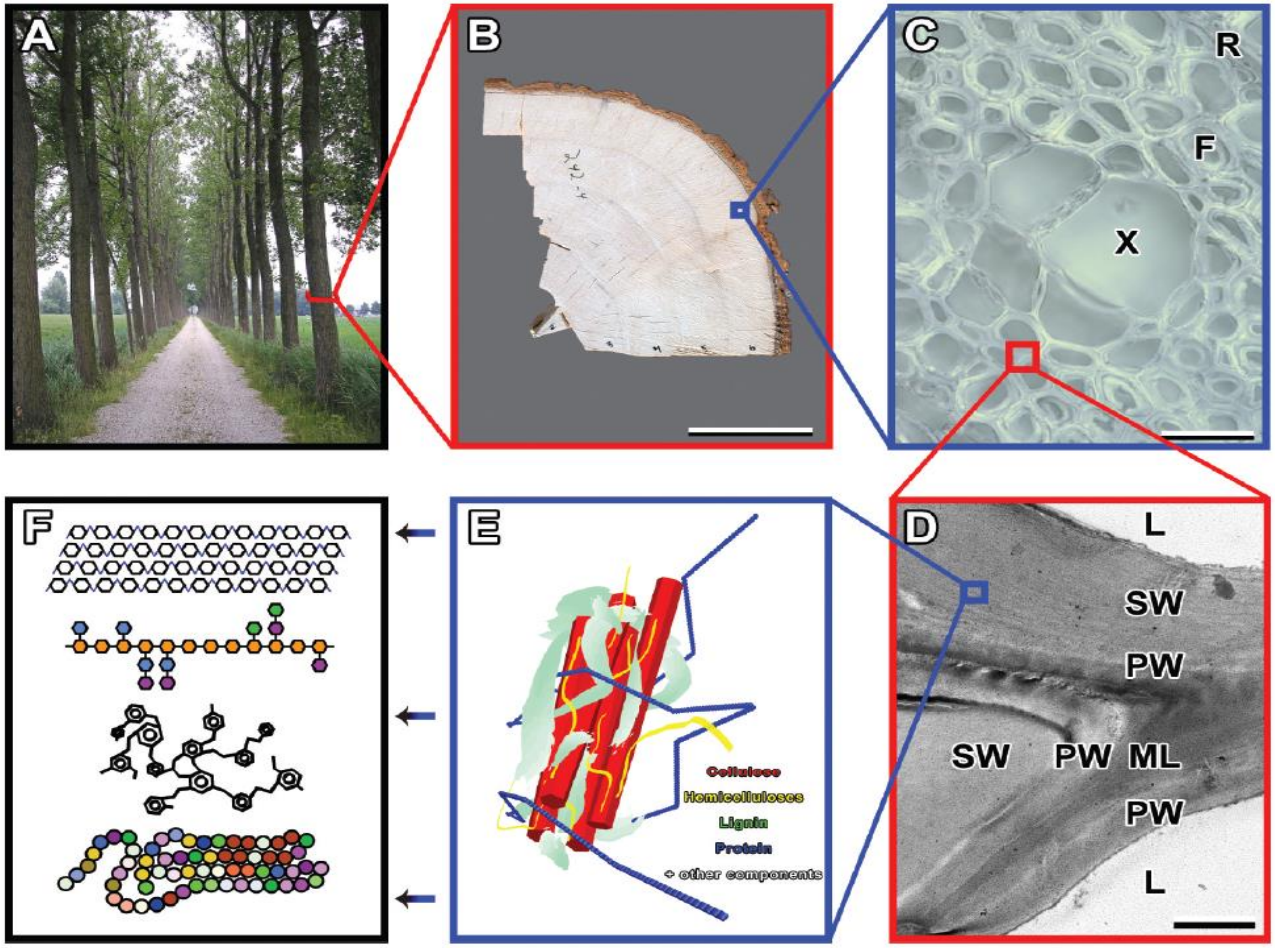
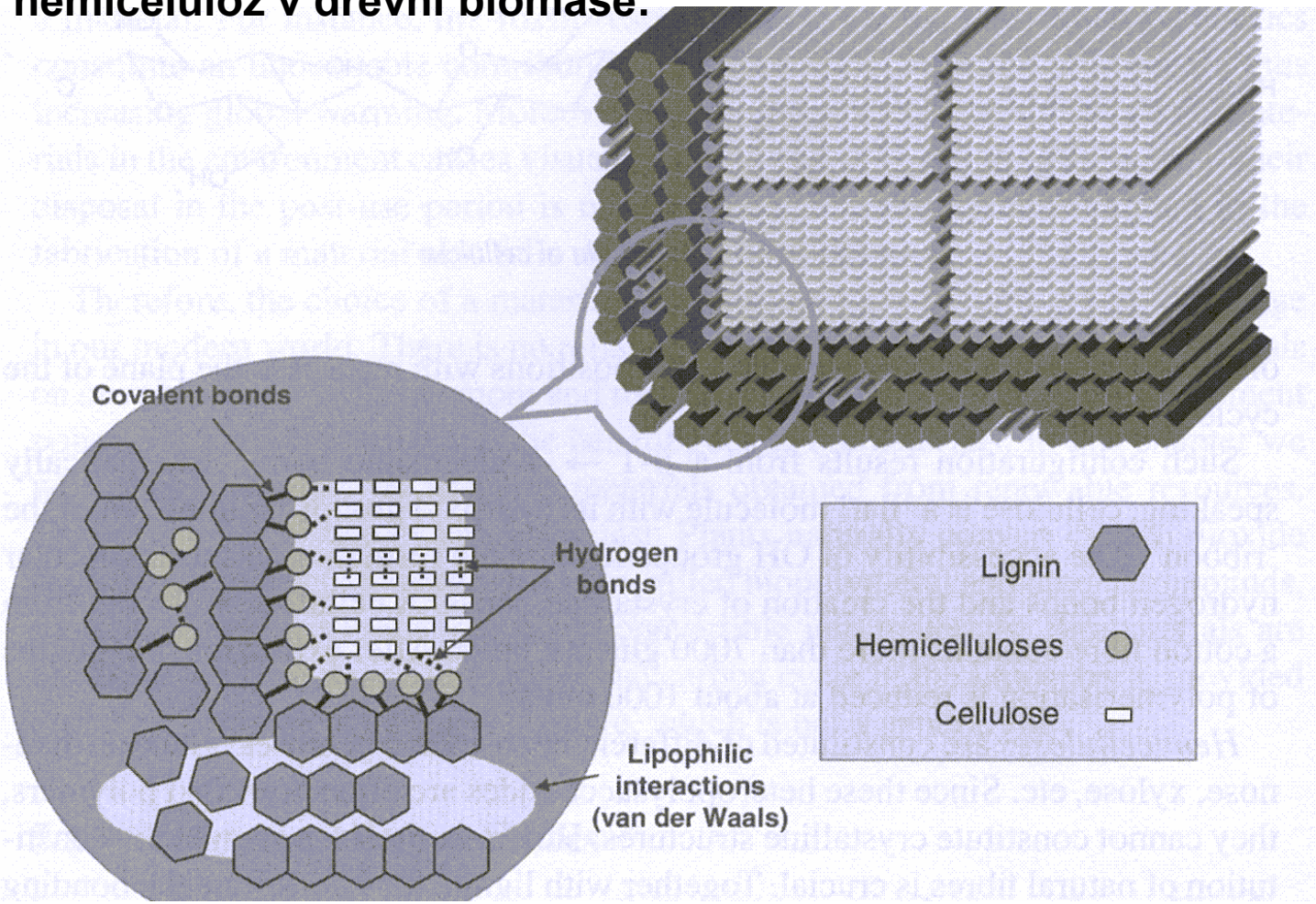
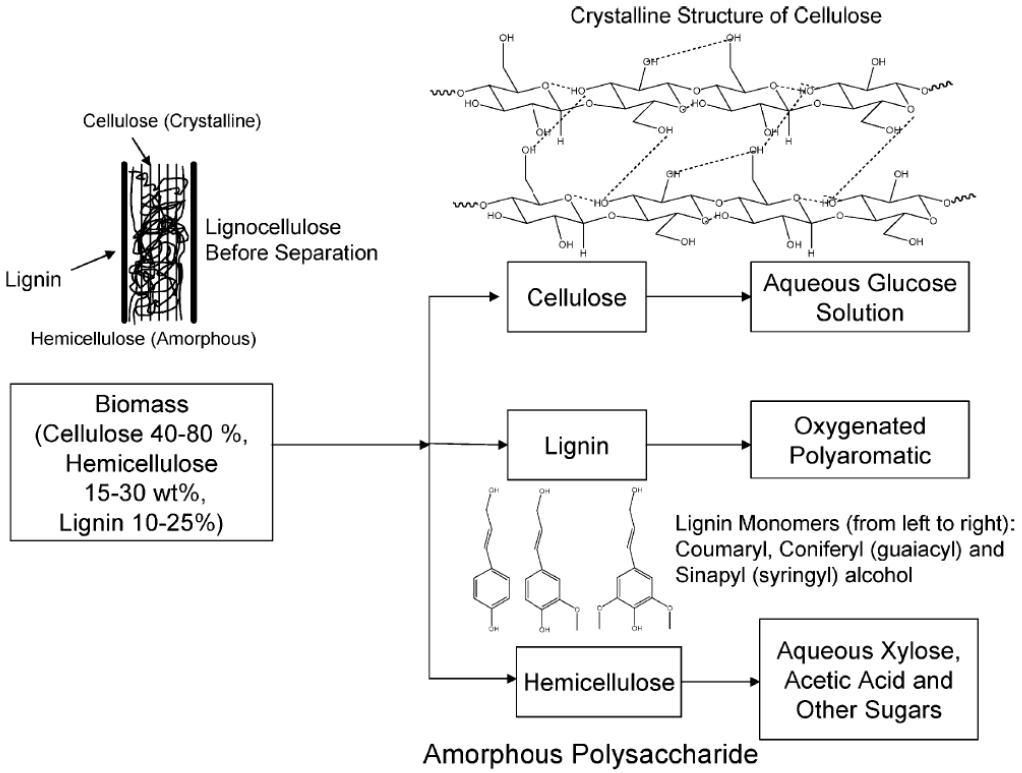


Figure 1. Scale-down through biomass from the organismal to the molecular level. (A) *Populus* sp. in The Netherlands. (B) This study's source of poplar wood. (C) Light micrograph of a cross-section of the unembedded poplar sample. Wood cell type examples: X, xylem element; F, wood fiber; R, ray parenchyma. (D) Transmission electron micrograph of a poplar xylem/fiber cell corner; SW, secondary cell wall; PW, primary cell wall; ML, middle lamella; L, cell lumen. (E) Artistic representation of the plant cell wall macromolecular structure. Red, cellulose microfibrils; yellow, hemicelluloses and pectins; green, lignin; blue, structural proteins. (F) Artistic representation of plant cell wall polymers (from top): cellulose, hemicellulose, lignin, and protein (not shown: pectins and ions). Scale bars: (B) 5 cm, (C) 100 μm, and (D) 2 μm.

Schéma propojení ligninu a celulózy prostřednictvím hemicelulóz v dřevní biomase:



Složky běžné fytomasy a jejich zákl. stavební jednotky + možnosti jejich transformace na užitečné suroviny:



Structures of different biomass fractions (lignocellulose, cellulose, lignin and hemicellulose) before and after reactions.

Struktura celulózy a způsob jejího zabudování v rostlině

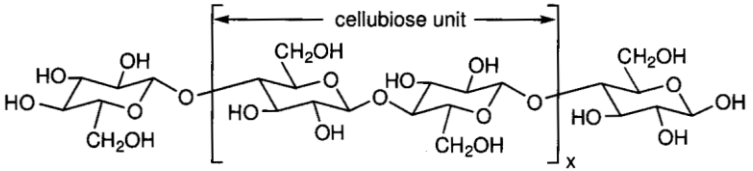
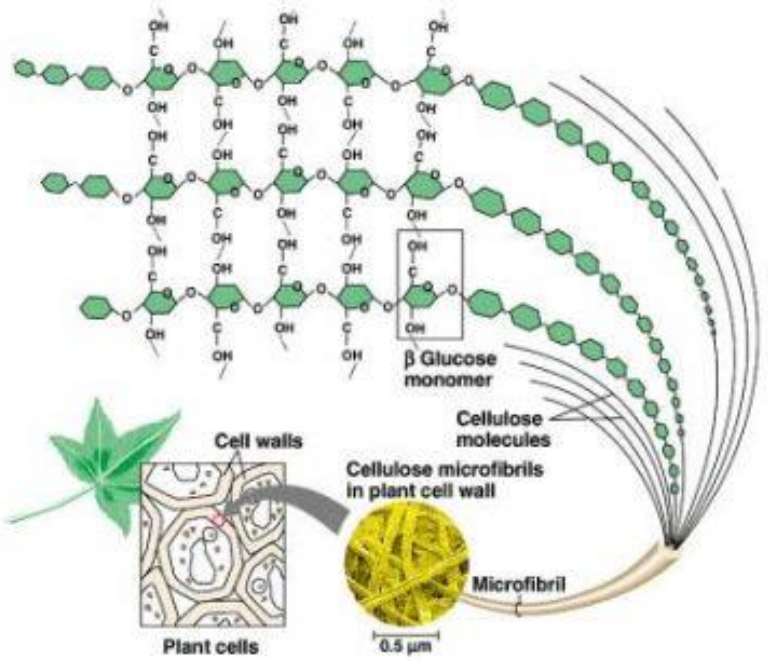


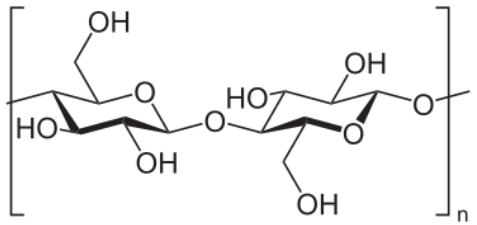
Fig. 3.5 Section of the chemical structure of cellulose.

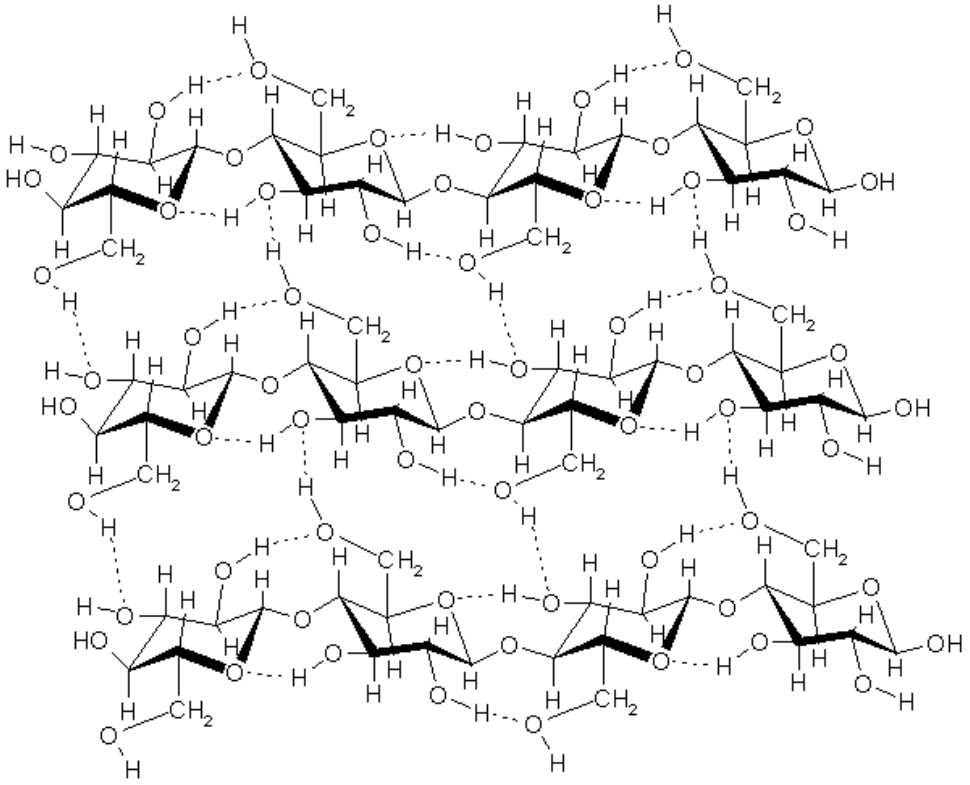
↑

Celulóza je typická makromolekulární látka, která se vyskytuje v přírodě ve všech rostlinách a **tvoří kostru buněčných stěn dřevních buněk.** O**bsah celulózy ve dřevě je 40 – 50%.** Její funkcí ve dřevě je



Srovnání nejběžnějších přírodních polymerů, struktura celulózy:





Struktura hemicelulóz:

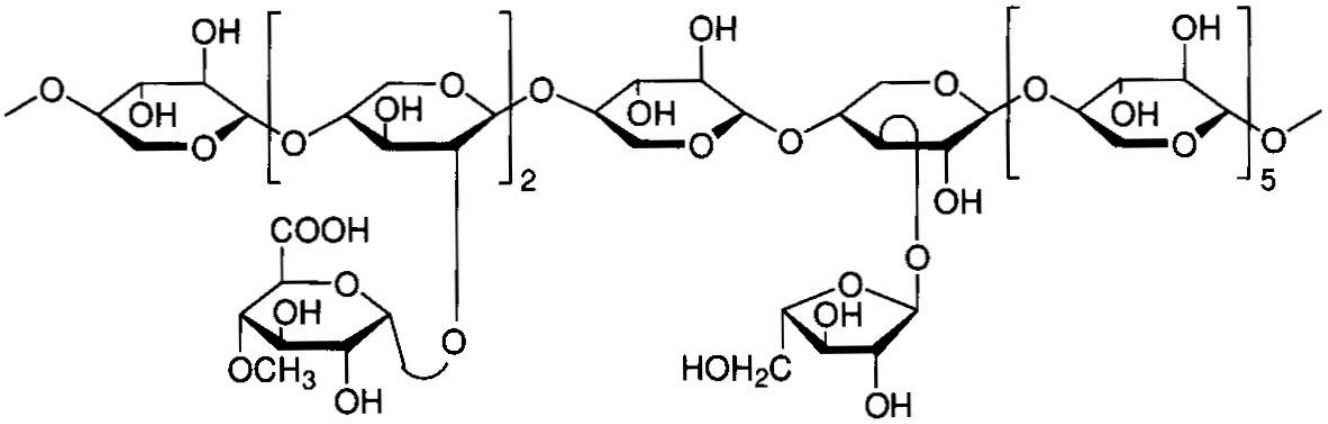
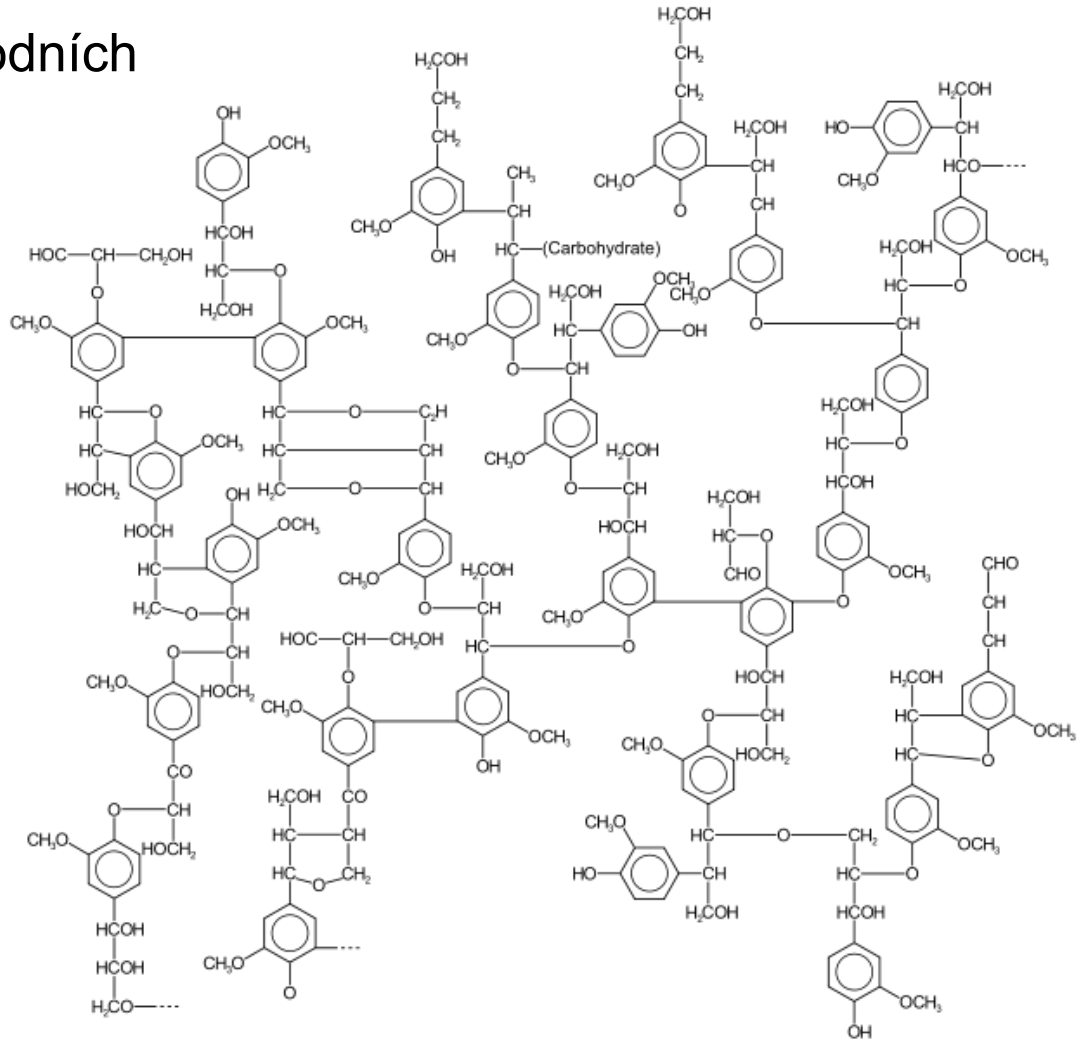


Fig. 3.6 Selection of arabino-4-*O*-methyl-glucuronoxylan hemicellulose [54].

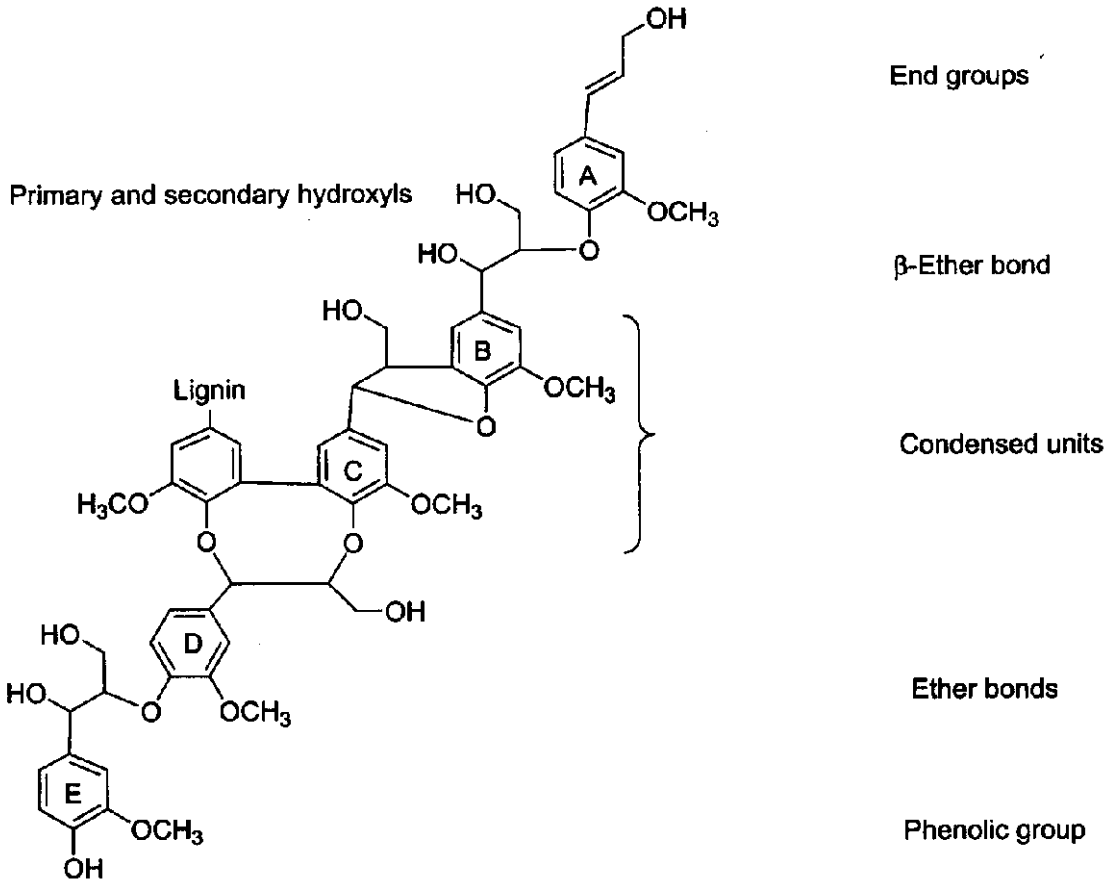
Hemicelulózy jsou amorfní, lineární, **málo rozvětvené polysacharidy**. Jsou uloženy ve vnitřní části buněčné stěny. Dřevo obsahuje **20 – 35 % hemicelulóz** a jejich obsah je vyšší v listnatých dřevinách.

Srovnání nejběžnějších přírodních polymerů, struktura ligninu:



Idealizovaná struktura ligninu:

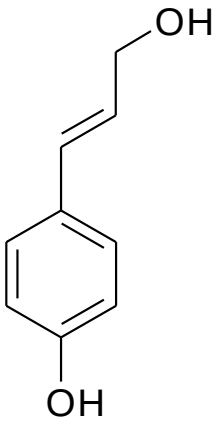
…je nejdůležitější z látek, které podmiňují dřevnatění stěn buněk. **Lignin tvoří 15 - 35% dřevní hmoty** a jeho obsah je vyšší u



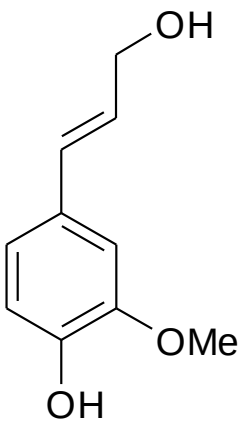
Scheme 4.1 Important structural features in lignins.

1.Chemické složení ligninu

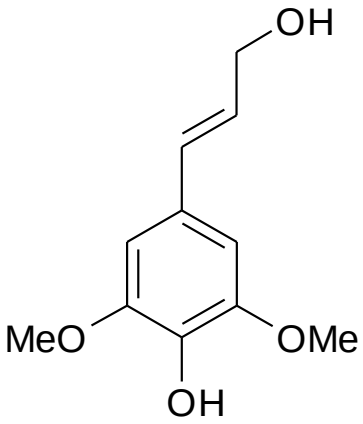
Lignin je vysokomolekulární, polyfenolická, amorfní látka. Jeho ákladní stavební jednotkou jsou deriváty fenylpropanonu:



p- kumaryl alkohol



koniferyl alkohol



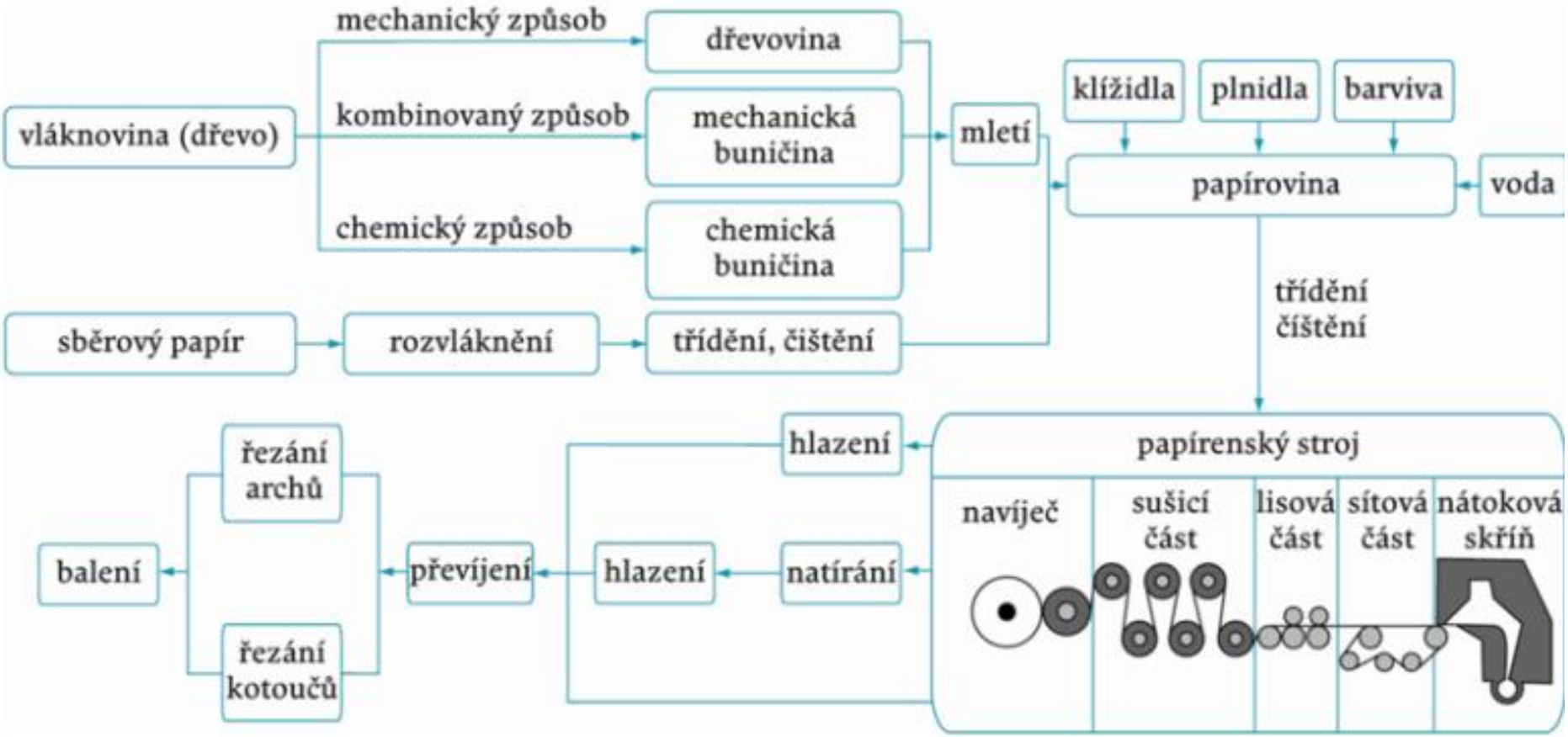
sinapyl alkohol

Lignin postrádá pravidelnou strukturu a opakující se jednotky, které nacházíme u jiných přírodních polymerů jako je např. celulóza.

Ligniny **ve dřevě jehličnatých dřevin** označovány jako ***guajacyl ligniny*** => obsahují **koniferyl alkohol (až 95 %) + p - kumaryl alkohol (do 5 %)**

Ligniny **ve dřevě listnatých dřevin** označovány jako ***guajacyl – syringylové ligniny*** => obsahují **koniferyl alkohol + synapyl alkohol** – vysoká variabilita v jejich zastoupení v závislosti na konkrétním druhu dřeviny

Schéma výroby papíru:



Výroba vlákniny
Pro výrobu samotného papíru je nezbytné získat **vlákna celulózy** = **vlákninu**. Tu lze získat:
•**z jednoletých rostlin** – bavlna (98 % celulózy), len, konopí, juta,
•**z víceletých rostlin** – jehličnaté a listnaté dřeviny, nejvhodnější je dřevo jehličnatých stromů – smrku a borovice,
•**ze sběrového papíru** – nejvhodnější je odpad přímo z výrob, méně vhodný je tříděný sběr.

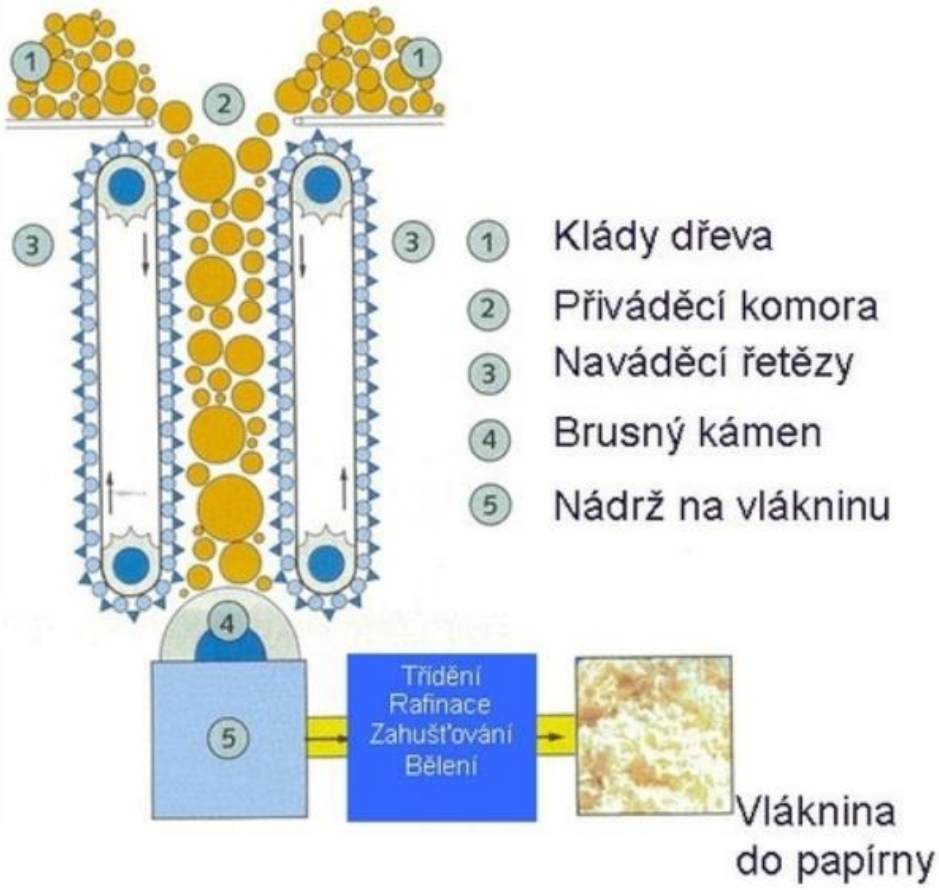
Sběrový papír je druhotnou surovinou, která se vrací zpět do výroby. Může pocházet z průmyslového sběru (sběrový papír a odpad papíru při jeho výrobě a zpracování) nebo z komunálního sběru (ze sběren, třídění papíru).

Do některých **speciálních typů papíru** (mapový, ceninový, bankovní) se vedle vláken ze dřeva přidávají **textilní vlákna**. Nejčastěji se používají vlákna lnu, bavlny a konopí.

Vlákninu nejčastěji získáváme ze dřeva **jehličnatých stromů** (smrkové dřevo), přičemž lze vyrobit různé typy vlákniny: dřevovina, polobuničina, buničina. Jednotlivé typy vlákniny se navzájem liší způsobem výroby (mechanicky či chemicky) a také svými vlastnostmi. Jakými způsoby lze vlákninu ze dřeva získat?

Způsoby získání vlákniny ze dřeva:
Mechanický způsob
Vlákniny jsou získávány mechanickou cestou (**broušením**). Vlákna se rozrušují pouze mechanicky, proto vzniklá vláknina obsahuje všechny složky dřeva: celulózu, hemicelulózu, lignin a ostatní. Takto získanou vlákninu nazýváme **dřevovina**.

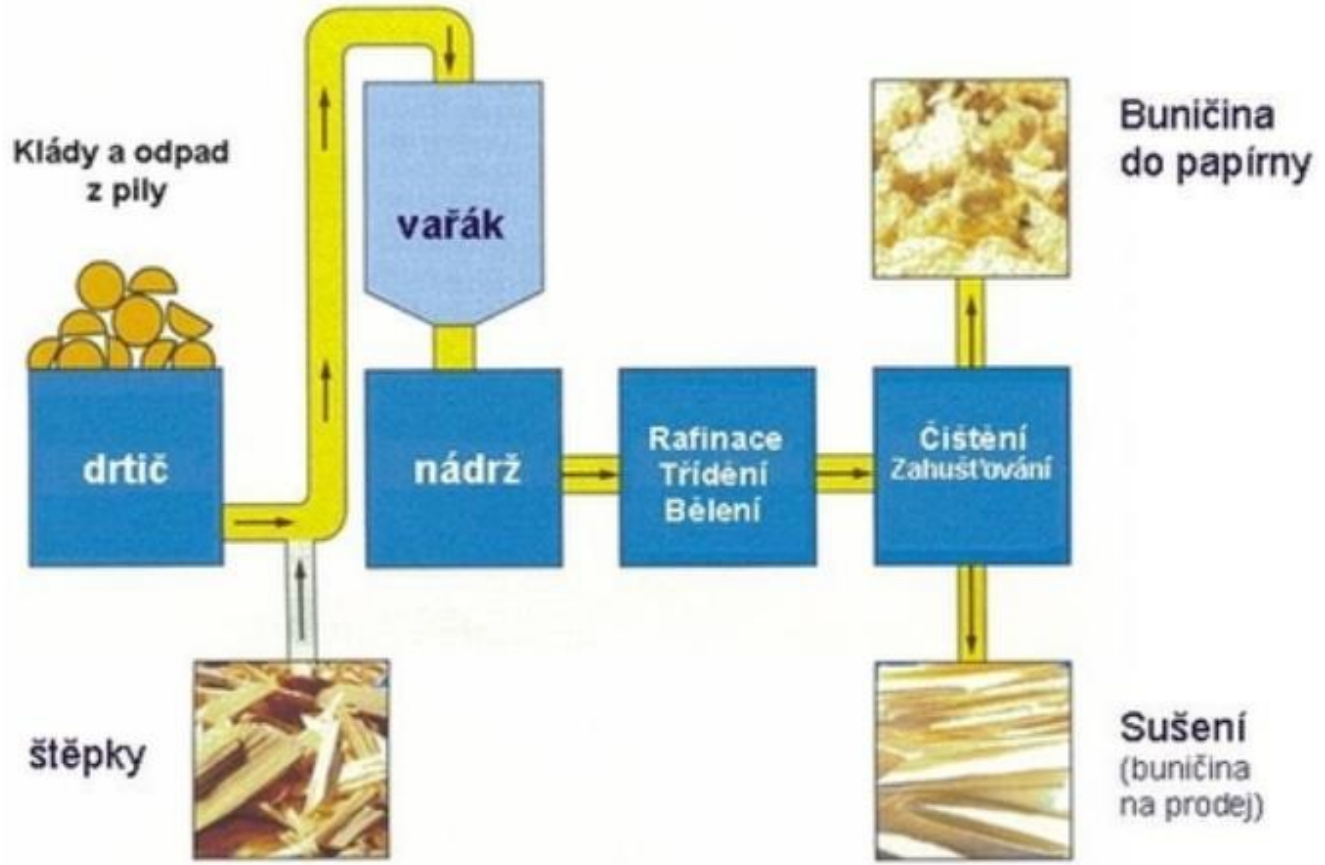
V důsledku obsahu ligninu v dřevovině dochází ke žloutnutí takto vyrobeného papíru.
Papír je méně kvalitní, ale velmi pevný. Ze dřevoviny se vyrábí lepenky, kartony a balicí papíry.



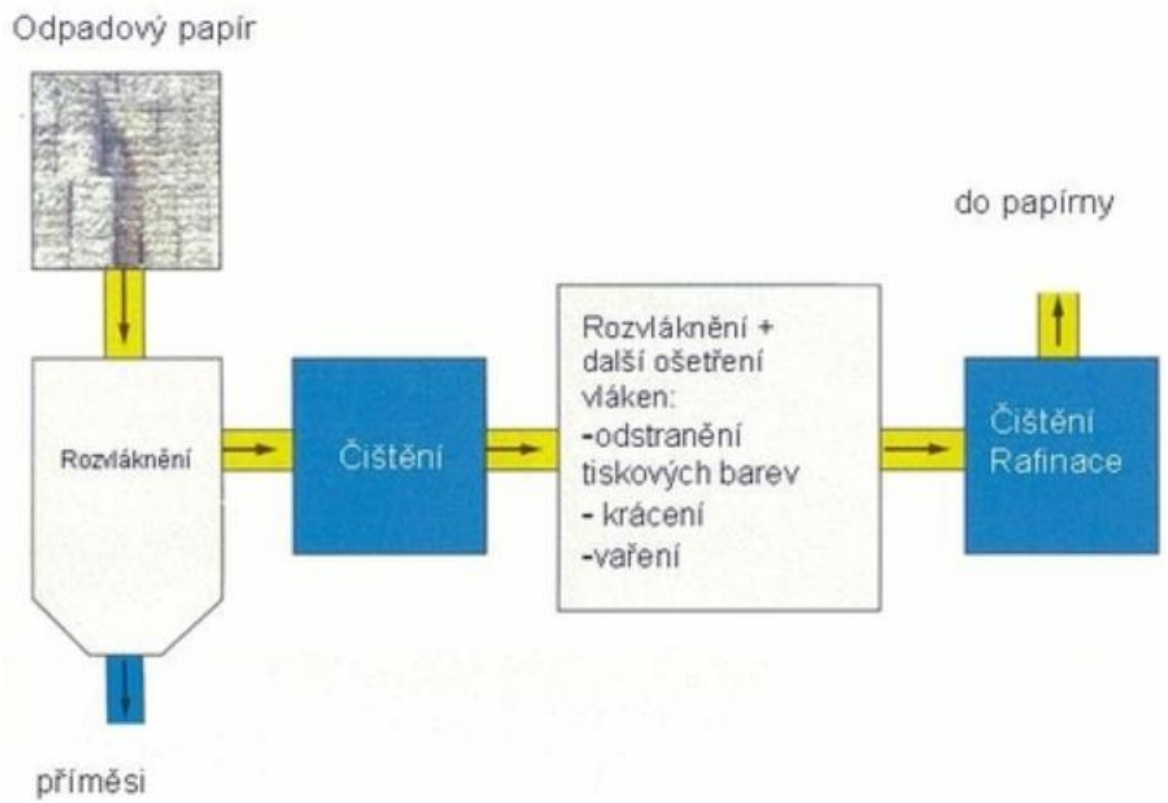
Kombinovaný (mechanicko-chemický) způsob
Vláknina se získává tak, že nejprve vystavíme tzv. štěpky (10 mm dlouhé kousky dřeva) chemickému působení (vodní pára-teplo/chemikálie 20 % Na_2SO_3 a 5 % $NaHCO_3$) a poté se dále zpracovávají mechanicky (zpracování je snadnější).
Takto získané vlákniny nazýváme **polobuničina**.
Pro výrobu polobuničiny se používá dřevo z listnatých stromů.



Chemický způsob
Chemické zpracování dřeva spočívá ve vaření štěpků v roztoku chemikálií. Výsledný produkt nazýváme **buničinou** a jde o téměř čistá celulózová vlákna. Ostatní složky se chemicky odstraní. Buničinu lze vyrobit dvojím způsobem, podle typu chemikálií, které použijeme při vaření



Recyklovaná celulóza
Neméně důležitá je i recyklovaná celulóza**.** Ta se vyrábí ze sběrového papíru jeho rozvlákněním a zbavením nečistot (zejména tiskové barvy). Část nečistot v surovině však zůstává, proto není zcela bílá. Používá se k výrobě novinového papíru, balicího papíru a podobně tak, kde nezáleží na perfektním vzhledu a vysoké kvalitě papíru.



Výroba papíroviny

Vláknina získaná výše uvedeným způsobem není vhodná pro výrobu kvalitního papíru, je tedy nutné ji ještě dále zpracovat, a to do podoby papíroviny. Výroba papíroviny zahrnuje několik fází:

mletí papíroviny,
plnění papíroviny,
klížení papíroviny,
barvení papíroviny.

Mletí papíroviny je první proces zpracování papíroviny, při kterém dochází ke strukturní a také rozměrové změně vláken (vlákna se zplsťují, zvětšuje se jejich povrch). K této úpravě vláken dochází v mlecích zařízeních, jako jsou **holandry**, kuželové nebo diskové mlýny.

Následujícím procesem plnění se do rozmělněných vláken přidávají **látky minerálního původu**, které částečně zaplňují prostor mezi vlákny a výsledný produkt (papír) pak získává

Výstupy z výroby celulózy a papíru:

- Zpracování požadovaných





• Vodný roztok ligninu nebo jeho derivátů obvykle zahuštěn a spalován => zdroj energie pro celulózku nebo papírnu, popel recyklován do procesu výroby papíru

Způsoby separace ligninu a celulózy:

Podle způsobu uskutečnění se izolační postupy rozdělují v podstatě na dva základní typy :

- **A) lignin se rozpustí a nezmění se polysacharidový podíl**.

- **B) Rozpuštěním se odstraní polysacharidový podíl, tj. (hemi)celulóza dřeva a nerozpuštěný zůstane lignin**

Ad A) Lignin získaný podle prvního způsobu se rozděluje na:

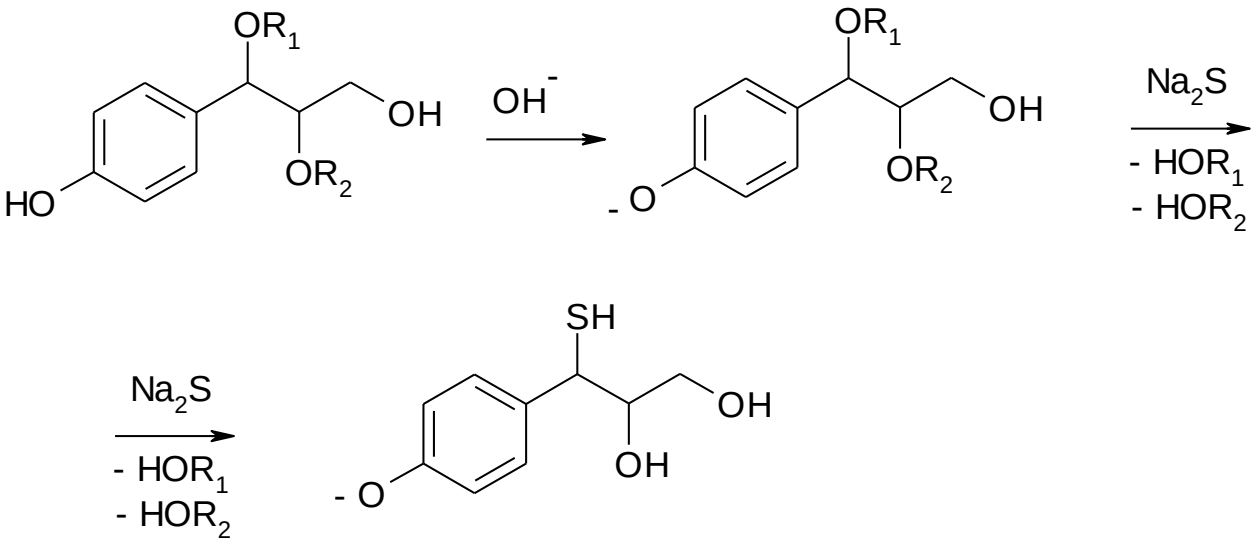
- **Alkaliligniny a ligninsulfonáty.**

- lignin získaný organickými rozpouštědly (**Organosolv lignin**), typickými rozpouštědly jsou : alkoholy, kyseliny, zásady, fenol, dioxan, dimethylsulfoxid

Ad B) Při druhém postupu se získá **nerozpuštěný lignin působením** těchto **kyselin**:

- **Kyseliny sírové, chlorovodíkové, jodisté** a směsi minerálních kyselin (např.chlorovodíkové a fosforečné).

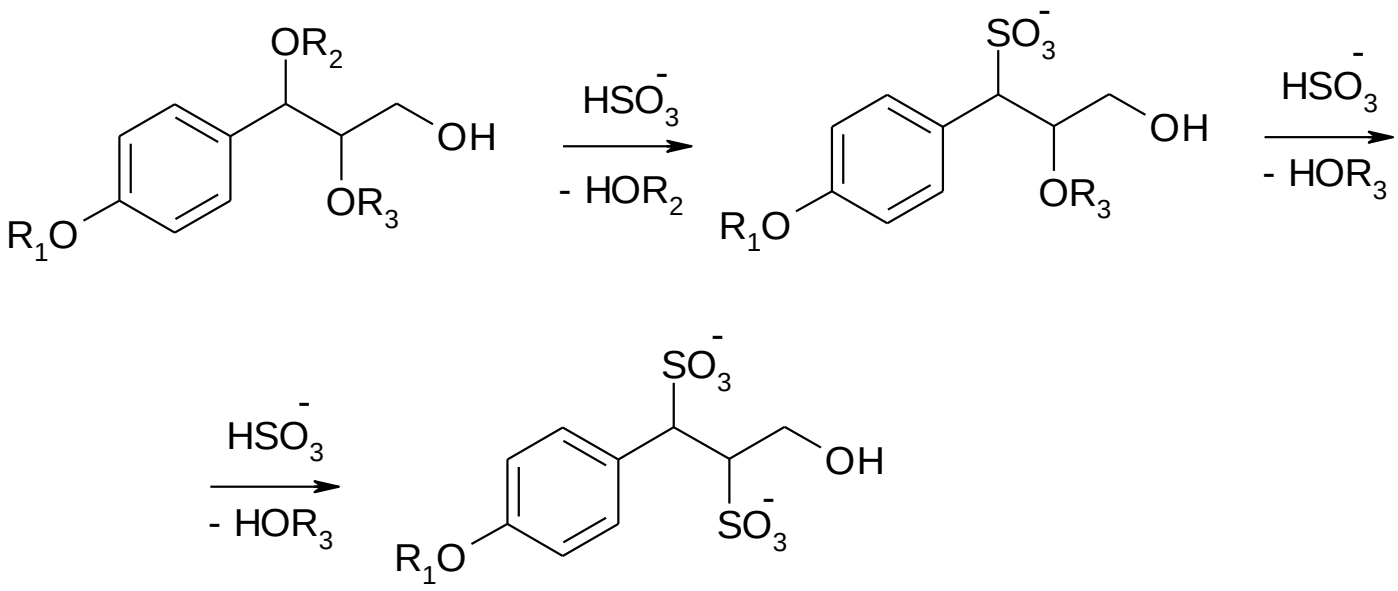
Reakční schéma sulfátového způsobu izolace celulózy:



R, R_1, R_2 je polysacharid, nebo H nebo lignin

Tzv. alkalilignin je možné izolovat okyselením alkalického roztoku, v kyselém prostředí

Reakční schéma sulfitového procesu:



R, R_1, R_2 je polysacharid, nebo H nebo lignin

Vytvořené ligninsulfonové kyseliny nelze z vodného

Využití ligninu:

- **Alkalilignin** izolovatelný okyselením vodných extraktů ze sulfátového způsobu výroby celulózy

- **Ligninsulfonové kyseliny** jsou ve vodě rozpustné v celém rozsahu pH izolovatelné zahuštěním a membránovou separací

- **Organosolv lignin** izolovaný extrakcí dřevní hmoty organickými rozpouštědly,

Ligninsulfonové kyseliny

Ve formě zahuštěných vodných roztoků ze zpracování dřeva sulfitovým způsobem:

1) Součást postřiků pro snižování prašnosti

2) Pro výrobu granulí a briket (aglomerační přísada)

3) Dispergační a emulgační přísada pro aplikaci např. pesticidů

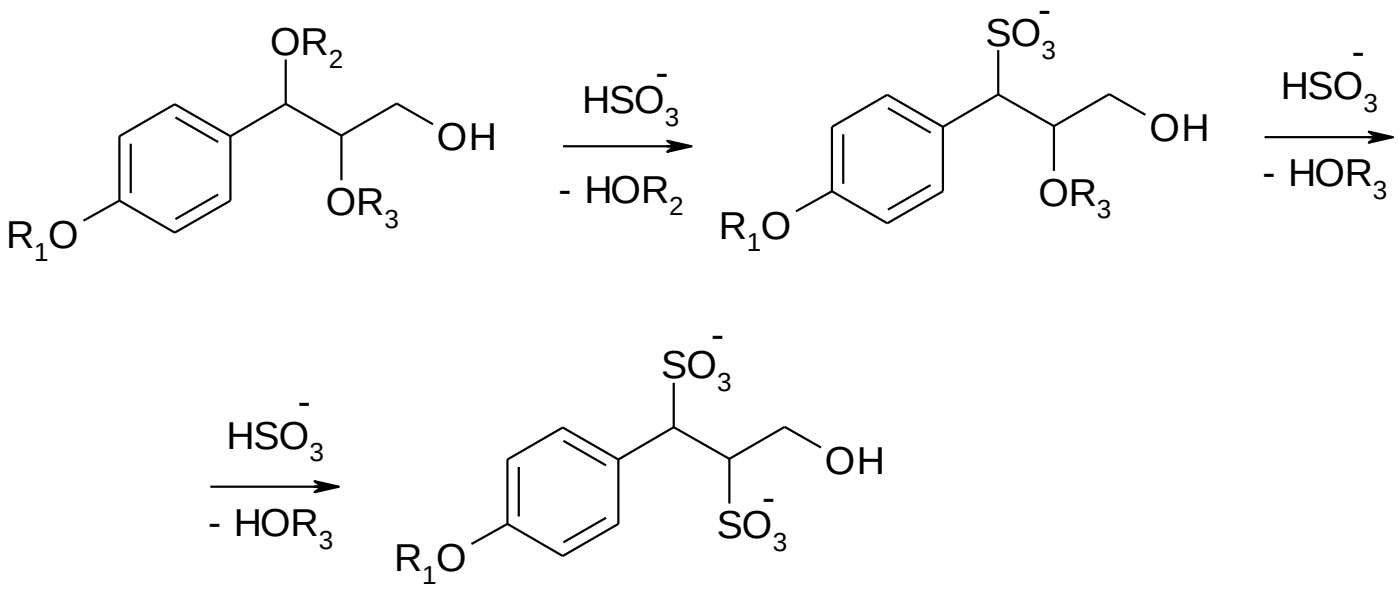
4) Přísada pro snižování tření a prašnosti při mletí

Roztoky huminových kyselin vyráběných z roztoků ligninsulfonových kyselin tzv. mokrou oxidací:





Reakční schéma sulfitového procesu:

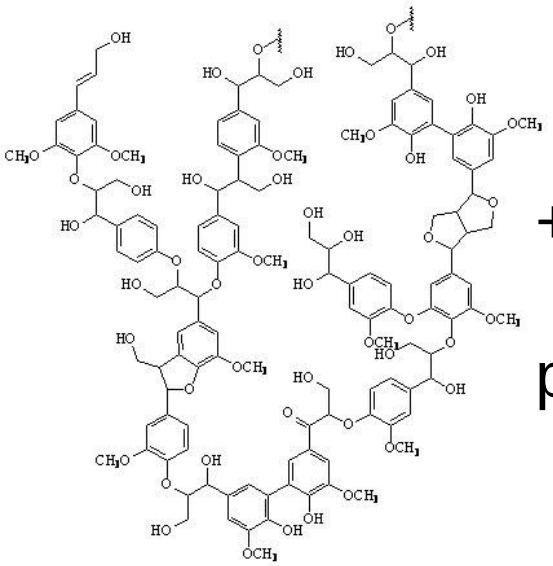


R, R_1, R_2 je polysacharid, nebo H nebo lignin

Vytvořené ligninsulfonové kyseliny nelze z vodného

Získávání lignohumátu, fa. Amagro

- hydrolyticko-oxidačním rozkladem (působení vzduchu za tlaku a vysoké teploty v autoklávu) technických lignosulfonátů

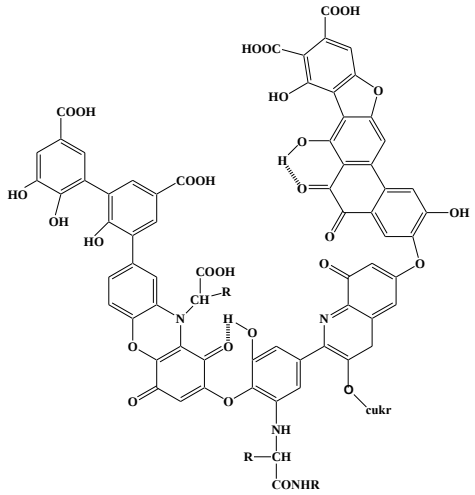


+ $NaHSO_3$

$+O_2$, T, p

→ lignin

→ sulfonové kyseliny



Stevenson F.J.:*Humus Chemistry*, Wiley, New York, 1982.

Izolované ligninsulfonové kyseliny

1) Zlepšování vlastností cementu a betonu

2) Dispergační přísada pro aplikaci pigmentů a barviv

3) Aplikace při vrtných pracích

4) Činidlo pro srážení bílkovin

Využití alkaliligninu

1) **Jako fenolická složka pro přípravu polymerů**:

- polyesterů (polykarbonátů)
- fenolformaldehydových pryskyřic (reaktoplastů)
- Plnivo polyurethanů

2) Pro výrobu aktivního uhlí a sazí

3) **Výroba bezvodých ligninsulfonových kyselin oxidací**

Možnosti chemické přeměny ligninu
= využití fenolů, které tvoří základ ligninu:

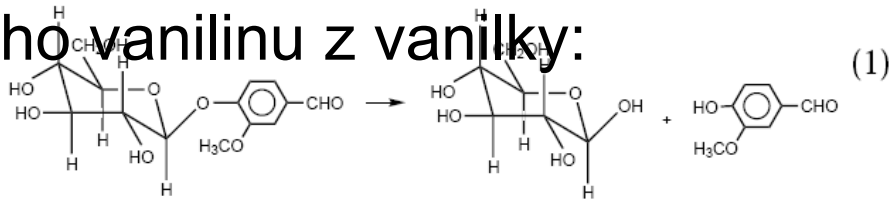
Vanilín jako názorný příklad

Příprava látek vonných a chuťových (vanilín):

Table 2. Trends for Natural Vanilla Beans and Synthetic Vanillin in U.S. Market

Year	Natural, as Beans[a]			Synthetic, as Vanillin[b]		
	Metric Tons	U.S. $/kg	Ref	Metric Tons	U.S. $/kg	Ref
1874	–	5.50	*8*	–	176	*8*
1913	363	–	*8*	0.025	–	*8*
1924	360	19.80	*8*	–	18	*8*
1934	360	7.70	*8*	–	6	*8*
1938	360	–	*8*	206	8.80	*8*
1951	–	–		453	6.60–9.00	*19*
1971	–	11.00–18.50	*24*	–	11	*25*
1980	–	88–101	*24*	–	11–12	*25*
1991	498	33.30	*24*	4500–5500	11–14	*25*
1992	437	27.60	*24*	4500–5500	11–14	*25*

Enzymatická hydrolýza jako postup získávání přírodního vanilinu z vanilky:

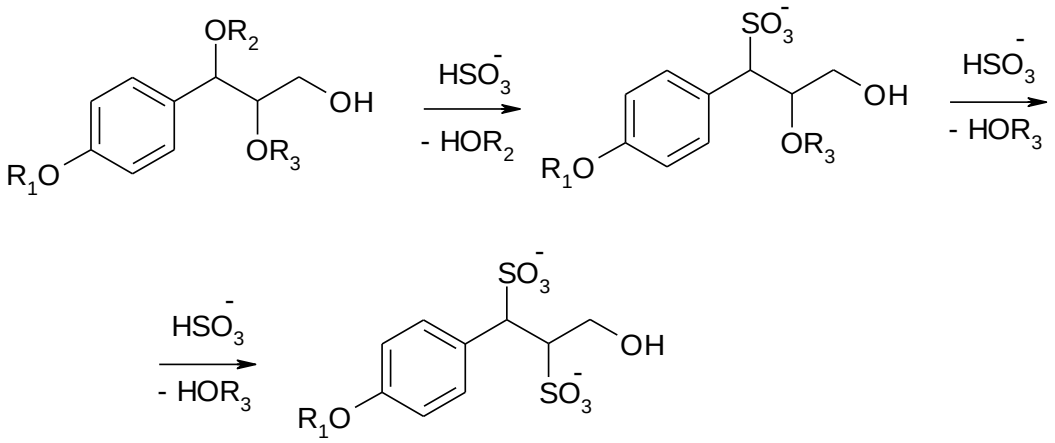


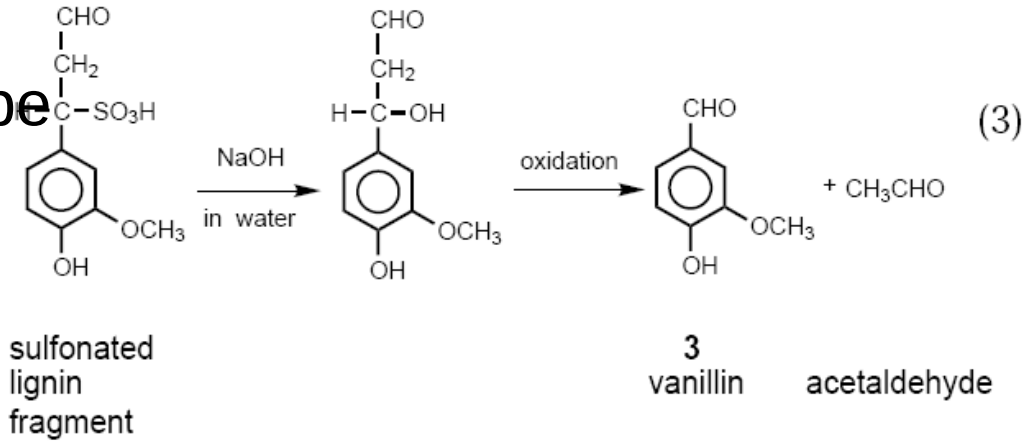
(1)

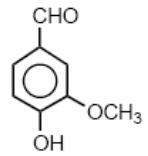
10 **11** **3**

Výroba vanilinu z roztoku ligninsulfonových kyselin:

Souvislost s výrobou celulózy sulfitovým postupem:







3
vanillin

Table 3. The Shift in Uses of Vanillin with Time[a]

Time	Use	Example
1960	Flavoring (~85%)	Beverages, 200 ppm
		Bakery products, 1900 ppm
		Ice cream, 3000 ppm
		Candy, 4000 ppm
	Masking fragrance, industrial products	Paint, to mask odors during drying, 500 ppm
1970 →	Chemical intermediate for syntheses (>50%)	Papaverine (treatment of heart problems)
		Hydrazones (2,4-D-like herbicides)
		Antifoam (lubricating oil additives)
		L-Dopa (Parkinson's disease treatment)
		L-Methyldopa (antihypertensive drug Aldomet)
		Trimethoprim (antibacterial agent)

[a]Note that vanilla beans and genuine vanilla extract remain almost exclusively in use as a flavoring because of cost.

Realita současnosti=vanilin z ropy levnější než vanilin ze dřevní hmoty:

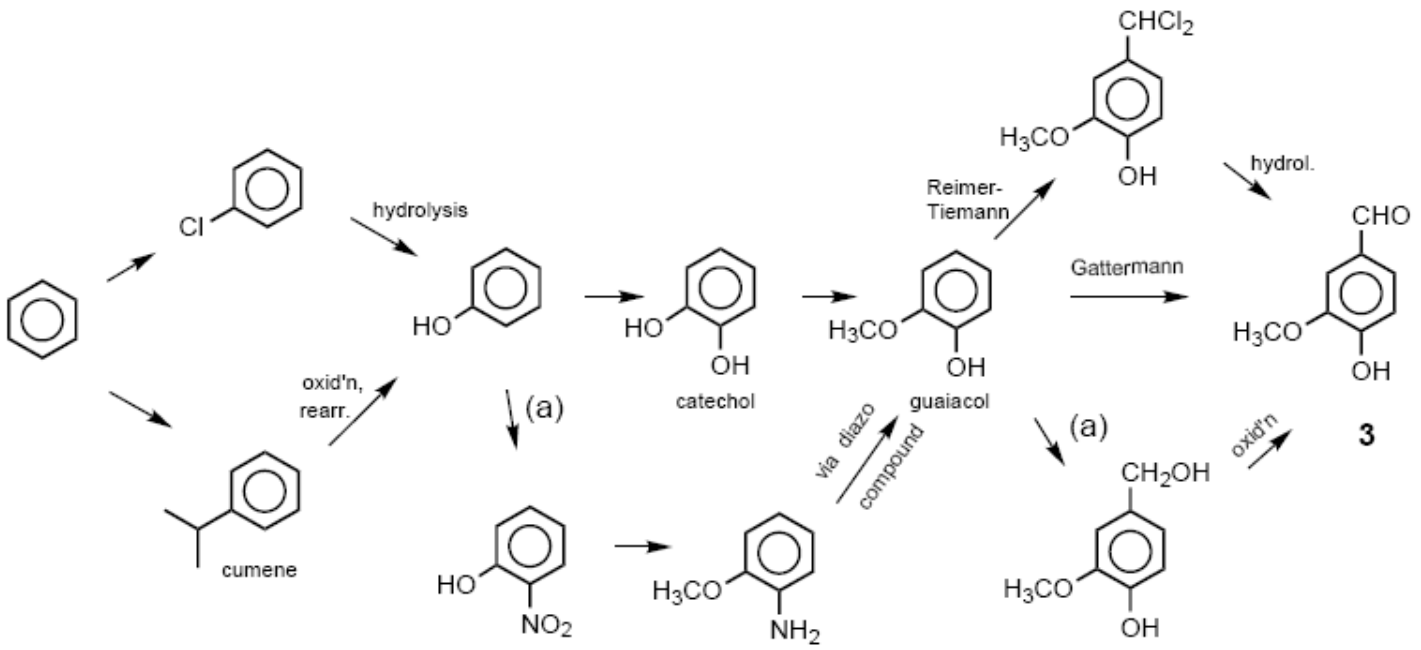
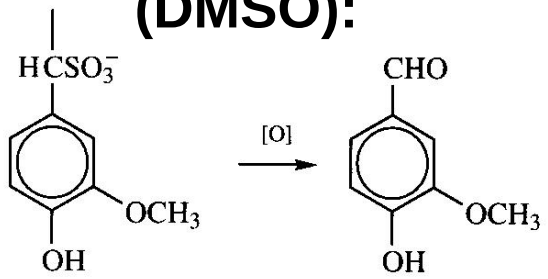


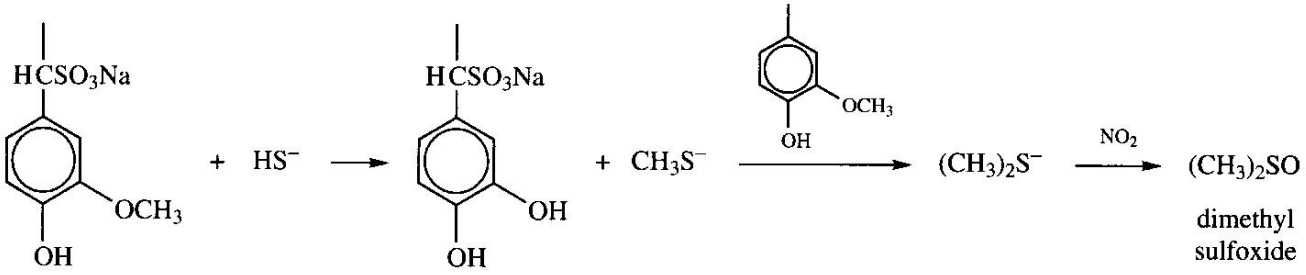
Figure 4. Outlines of petrochemical options to vanillin, **3**, starting with benzene. Quantitative details of pathway (a) have been published (*29*).

Kromě vanilinu z ligninsulfonových kyselin vyráběno cenné rozpouštědlo dimethylsulfoxid (DMSO):



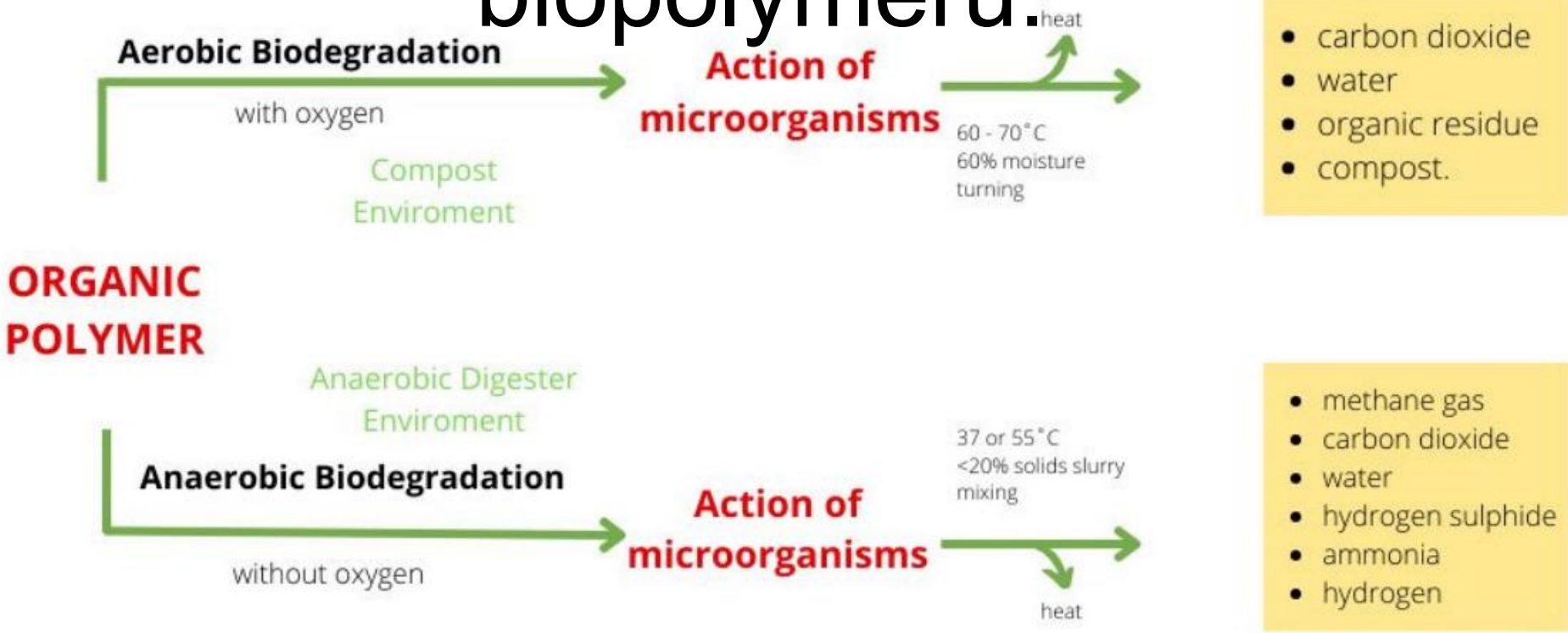
vanillin

Through reaction with sulfide or elemental sulfur at 215°C, lignosulfonates can also be used in the commercial production of dimethyl sulfide and methyl mercaptan (92). Dimethyl sulfide produced in the reaction is further oxidized to dmso, a useful industrial solvent (see SULFOXIDES).



dimethyl sulfoxide

Možné způsoby biodegradace biopolymerů:



L. Liu et al.: Nano Today 52 (2023) 101973.

Problematika hydrolýzních reakcí pro získání monosacharidů ze škrobu a celulózy

Hydrolýza škrobu probíhá za srovnatelných podmínek asi 100 x rychleji než hydrolýza celulózy

Sláma na biolíh v ČR:

- Projekt: NAZV QE 1324 (Technologie výroby bioetanolu z lignocelulózové fytomasy) = poloprovozní ověření

Nejlepších výsledků při hydrolýze celulózy bylo dosaženo za podmínek:

- teplota 198°C,
- tlaku 1,5 MPa,
- doba hydrolýzy 11 min
- nástřik 0,5% kyseliny sírové

Z 1 t pšeničné slámy je možno získat 330 l (260 kg) bezvodého bioethanolu.

První provozní jednotka, využívající technologii výroby bioetanolu a dalších produktů z lignocelulózové biomasy, bude postavena **v Panenském Týnci u Loun**.



Plnící, přiváděcí a výtlačné lisy umožňujících transport suspenzí do vysokého protitlaku v

hydrolyzérech

Poloprovozní malotonážní hydrolýzní zařízení



Biorafinerie v Panenském Týnci:

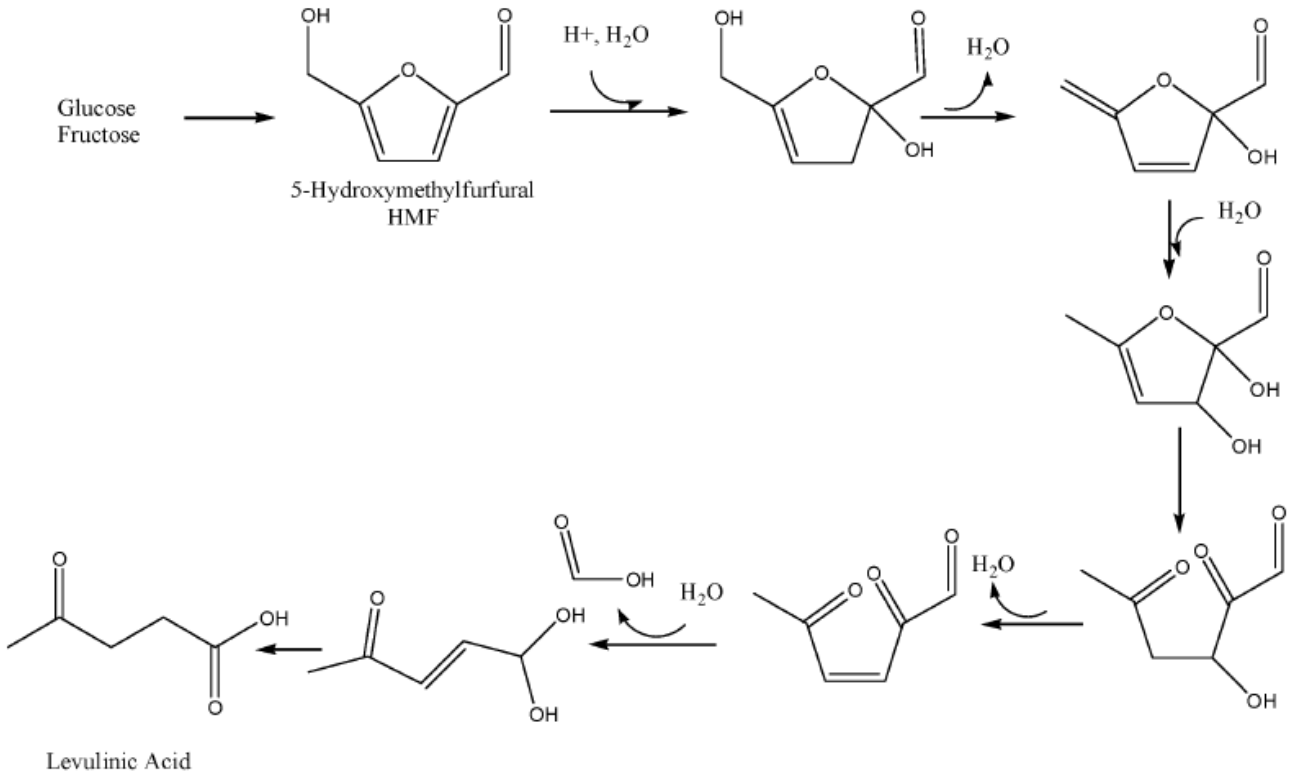
- Firma Biotech progress, a.s. postaví provoz s roční zpracovatelskou kapacitou 7.200 t vstupní suroviny (pšeničné slámy) z výměry ca. 1900 ha (asi 8.000 t slámy).

- Vedle bioethanolu bude produkovat další produkty:

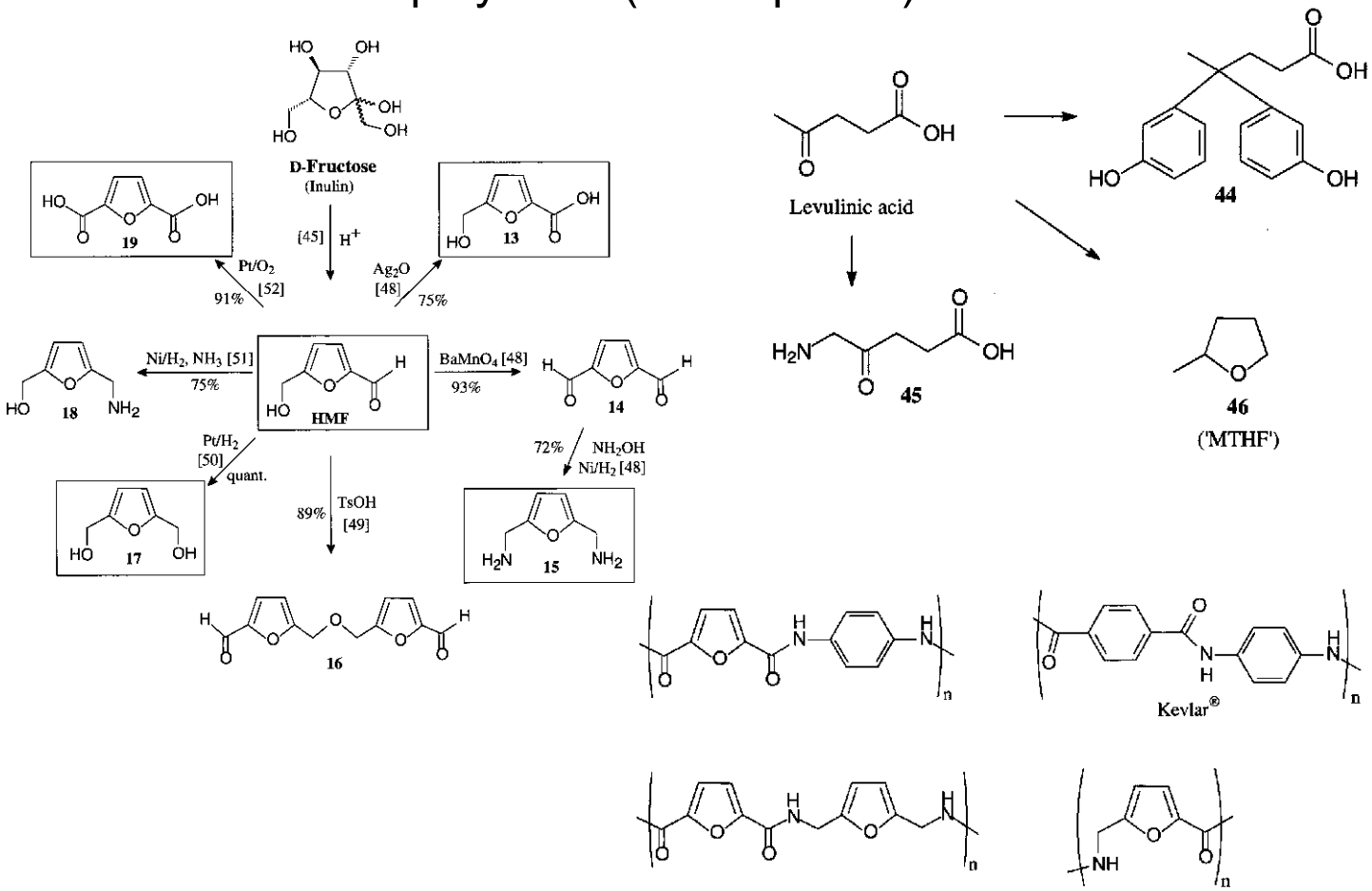
Perspektivní sloučeniny:

- Syntézní plyn √
- Alkoholy (methanol, ethanol, butanol, glycerol) √
- **Aldehydy (furfural, HMF)**
- **Kyseliny (levulová, mléčná)**
- **Ethery (2-methyltetrahydrofuran=MTHF)**

Hydrolýzní přeměna monosacharidů (vznikajících např, hydrolýzou celulosy):



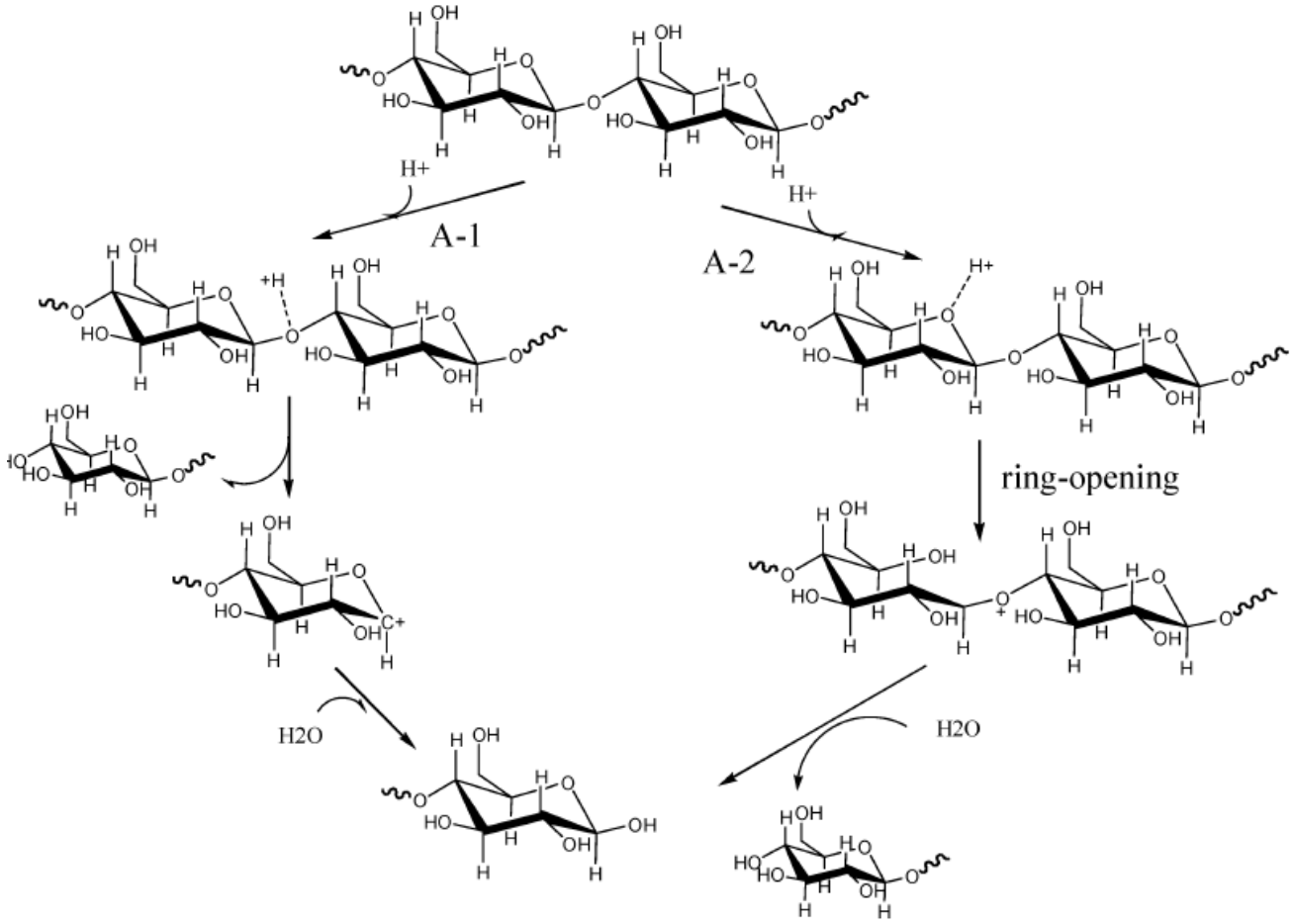
Využití HMF a levulové kyseliny pro výrobu kontrukčních polymerů (reaktoplastů):



Problematika hydrolýzních reakcí pro získání monosacharidů ze škrobu a (hemi)celulózy

Hydrolýza škrobu probíhá za srovnatelných podmínek asi 100 x rychleji než hydrolýza (hemi)celulózy

Schéma hydrolýzy celulózy na oligo- a monosacharidy:



Mechanism of acid hydrolysis of cellulose adapted from Fan et al.[253]

Příklad 1 z technologicky ověřovaných procesů pro přeměnu celulózy na levulovou kyselinu

Kysele katalyzovaná hydrolýza prováděná za tlaku, tzv. Biofine proces:

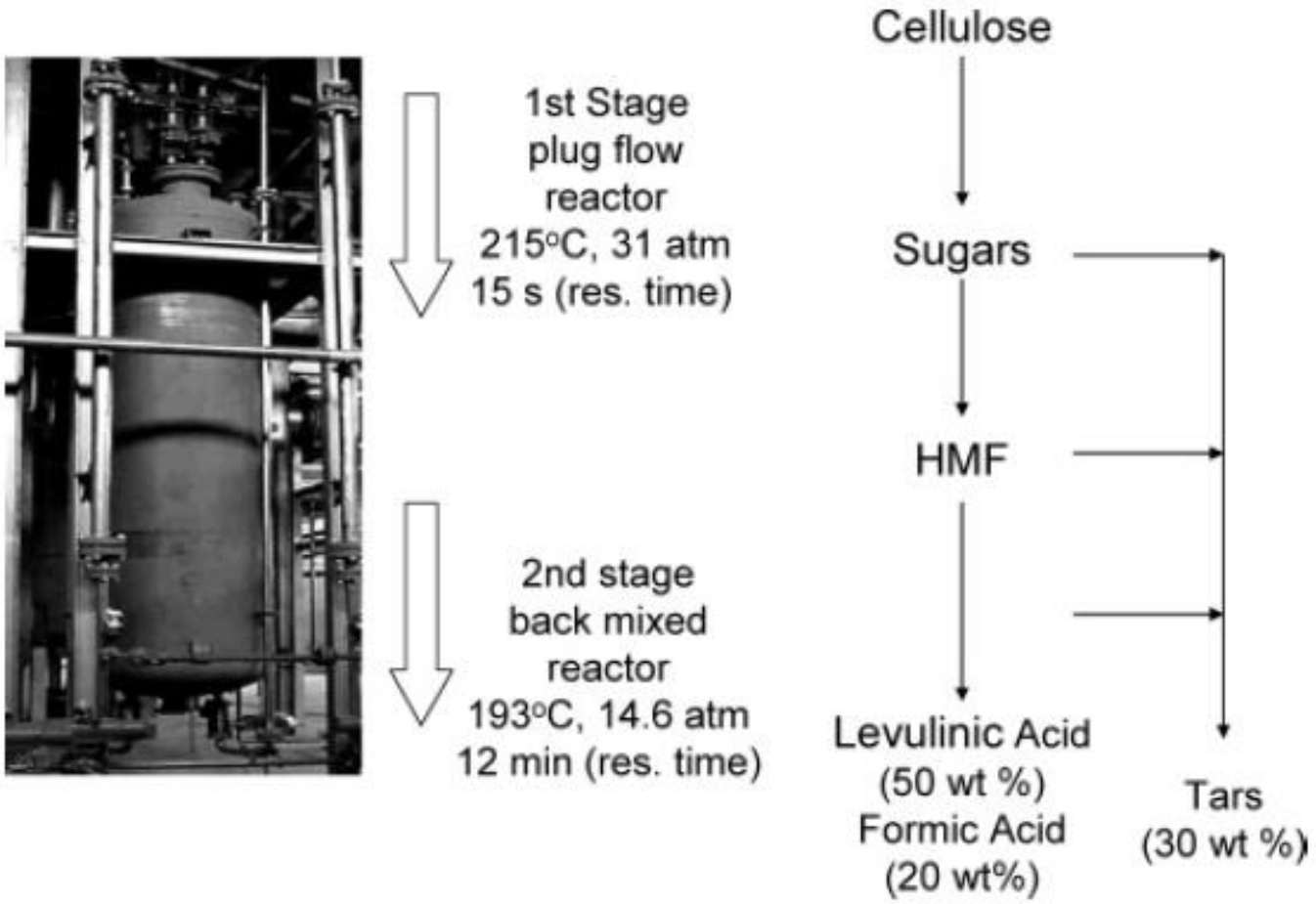
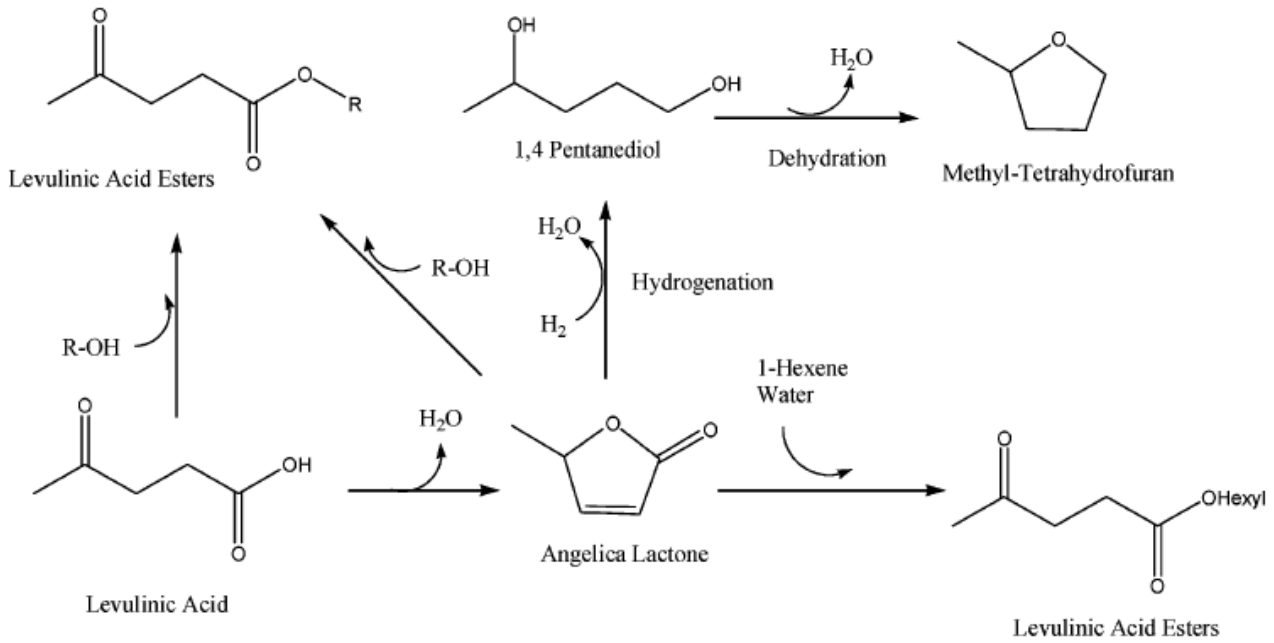


Figure 27. Production of levulinic acid by the biorefine process adapted from Manzer.[19]

MTHF jako klíčový produkt

- Použitelný jako antidetonační přísada do motorového benzínu
- Použitelný jako rozpouštědlo omezeně mísitelné s vodou pro náhrady např. chlorovaných uhlovodíků ve výrobě chemických specialit

Získávání MTHF z levulové kyseliny dostupné kyselou hydrolýzou hexóz:



Pathways for production of fuels from levulinic acid.

Získávání MTHF z furfuralu dostupného kyselou hydrolýzou pentóz (např. z otrub):

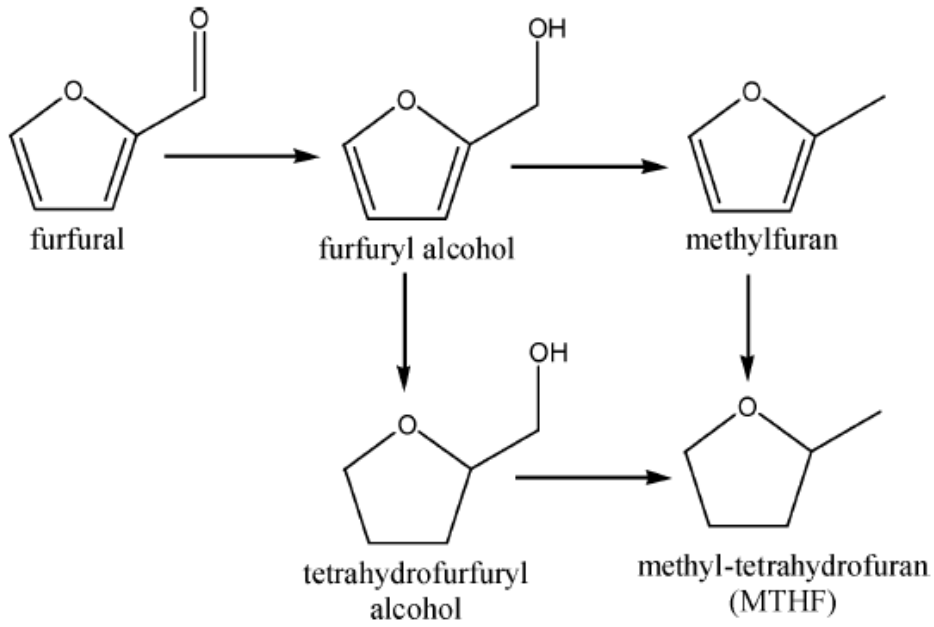
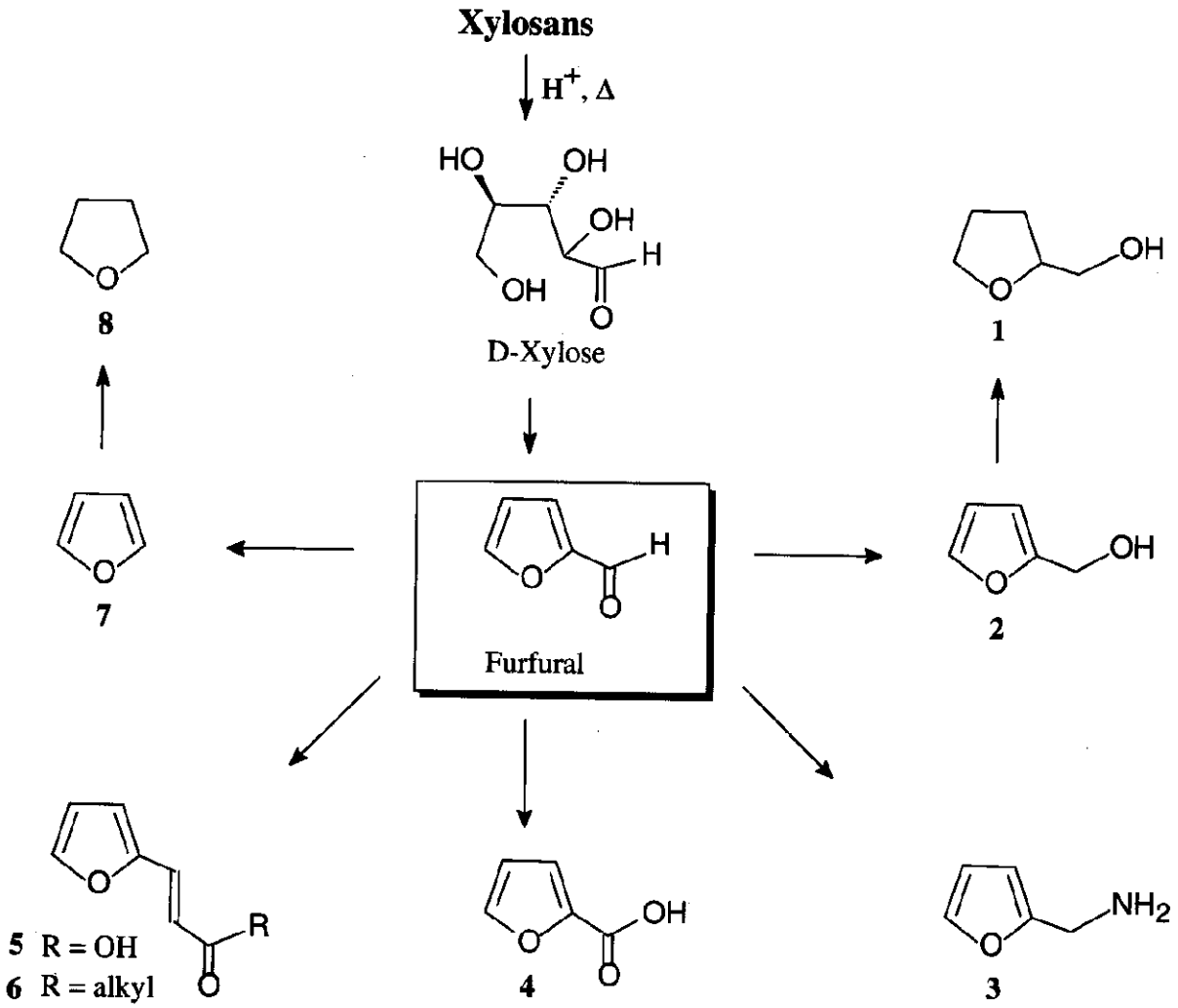


Figure 36. Pathways for hydrogenation of furfural.


Xylosans
H+, Δ
HO
OH
OH
OH
H
O
D-Xylose
O
8
OH
O
1
O
7
H
O
Furfural
OH
O
2
R
O
5 R = OH
6 R = alkyl
OH
O
4
NH2
O
3

Přeměna celulózy v nadkritické vodě
(T > 374 °C, p > 22,14 MPa)

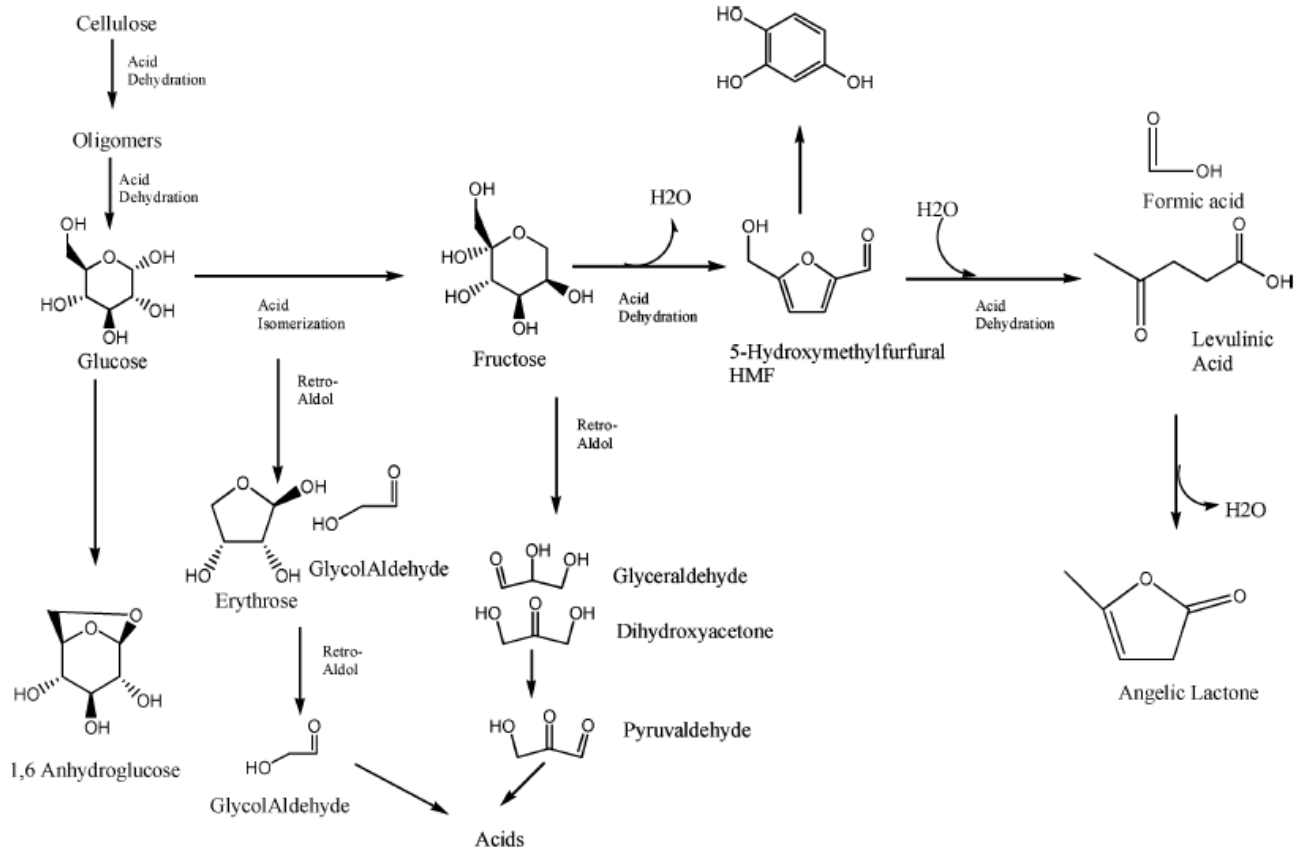


Figure 19. Cellulose decomposition pathways in supercritical water.

Problematika provozu tzv. biorafinerií

Zařízení přeměňujících biomasu (často slámu) na petrochemické suroviny:

Oddělení sacharidových a ligninových podílů biomasy v biorafinerii:

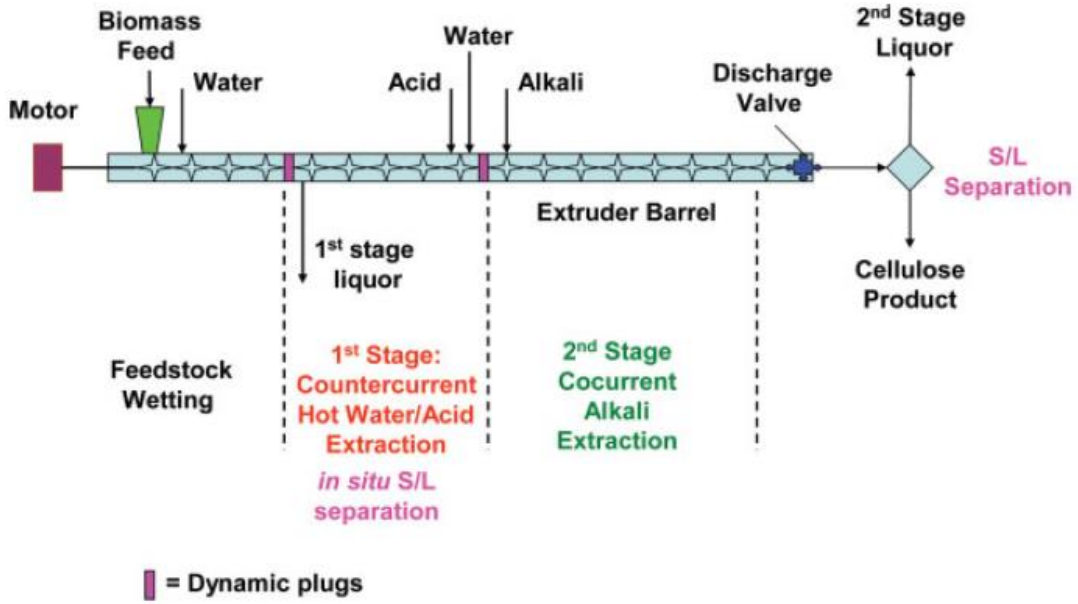


Figure 1. Schematic of the biomass fractionation process. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at **www.interscience.wiley.com.**]

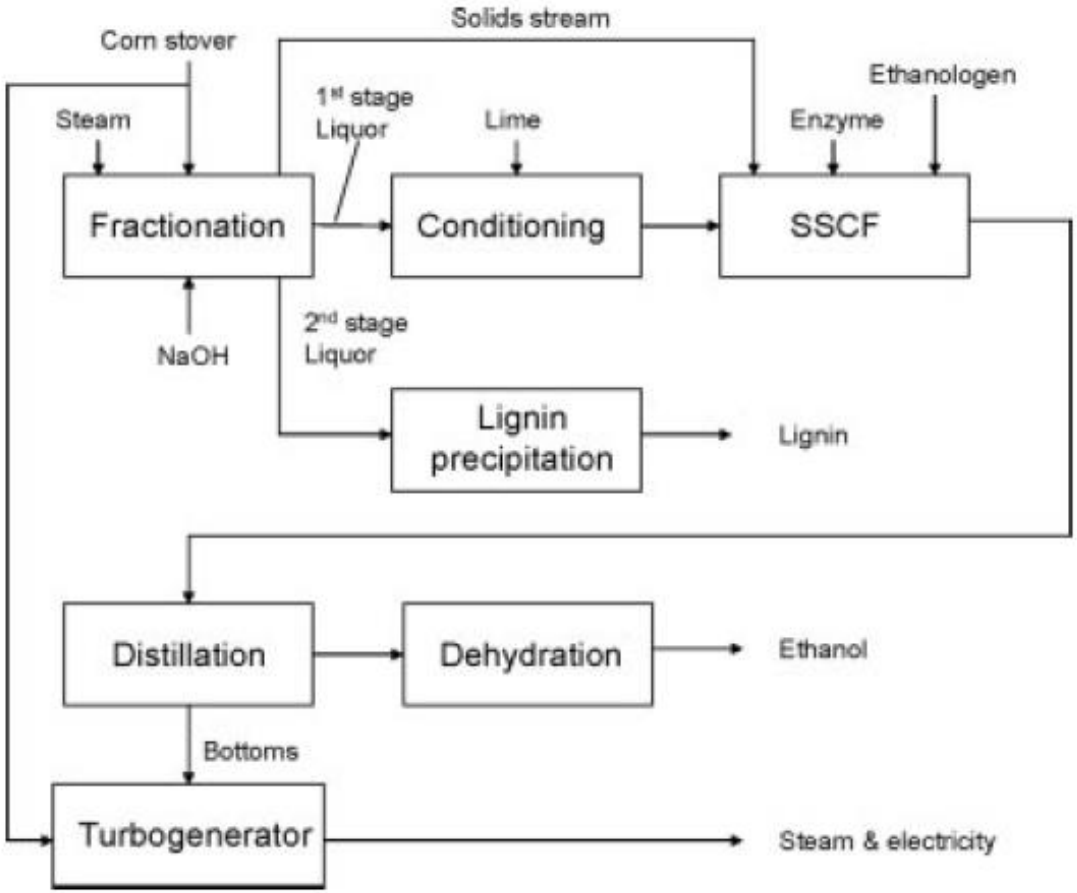


Figure 8. Schematic of the PureVision biorefinery.

Oblast	Nové technologie a postupy	Budoucí technologie
Zdroje biomasy	Nové energetické rostliny a plodiny Hospodaření s bioodpadem	„Bioinženýrství“ nových energetických rostlin Vývoj nízkoenergetických systémů zemědělské produkce Vodní biomasa (řasy) Využití IT v řízení hospodaření s půdou a biologickými systémy
Systémy zásobování	Nová agrotechnika Densifikace biomasy Logistika zásobovacího řetězce	Biorafinérie Nové technologie densifikace biomasy Biotechnologické monitorování kvality v celém řetězci IT nástroje pro modelování a optimalizaci zásobovacího řetězce
Přeměna	Pokročilé spalování Spoluspalování Zplyňování Pyrolýza Bioetanol ze škrobů a cukrů Bioetanol z lignocelulózy Bionafta z rostlinných olejů Pokročilá anaerobní digesce	Katalytické zkapalňování biomasy Bio-vodík (vodík z biopřeměny biomasy) Přeměny využívající plazmové procesy Pokročilé a nové systémy přeměny biomasy (např. elektrochemické) Mikrokogenerace na biomasu
Konečné produkty	Bio-teplo Bio-elektřina Biopaliva pro dopravu Rafinovaná tuhá biopaliva	Využití bio-vodíku v palivových článcích Použití biopaliv v koncepčně nových motorech Nové biotechnologické produkty Komplexní systémy s více produkty Ukládání CO_2 Uzavřený cyklus
Systémová integrace	Normalizace a standardy Nejlepší dostupné praktiky Ekonomické / ekologické modelování a optimalizace	Řízení systémů s pomocí IT Sociotechnický návrh produktů a aplikací Udržitelnost založená na lokálních i globálních efektech

Zdroj:inspirováno tabulkovým přehledem zpracovaným Risoe Denmark

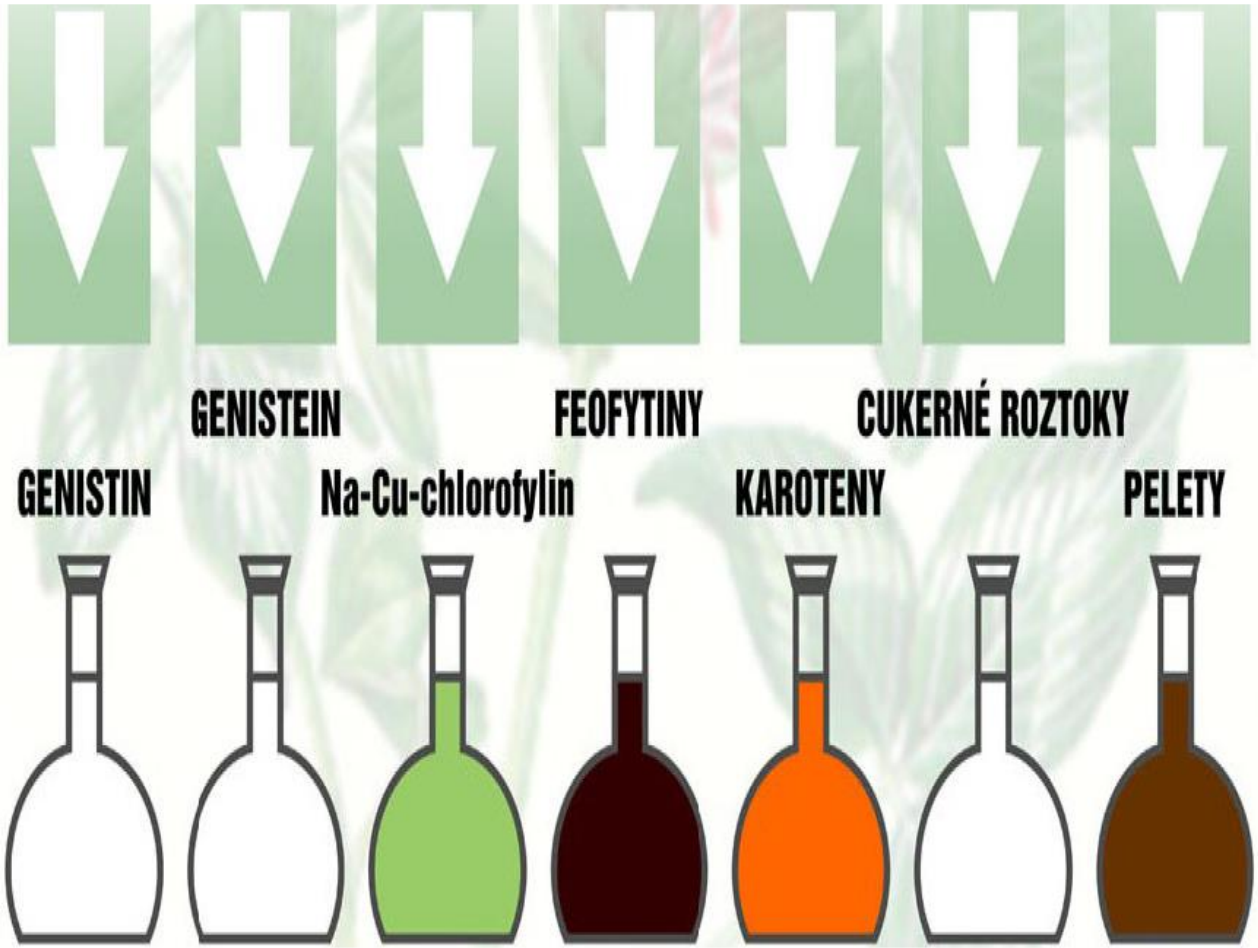
Zpracování jetele lučního (Trifolium pratense L.)

na genistin, genistein, Na-Cu-chlorofylin, feofytiny, karoteny, cukerné roztoky a pelety biopaliva pro peletkové kotle

Prof. Ing. L. Kolář, DrSc., prof. Ing. S. Kužel, CSc.

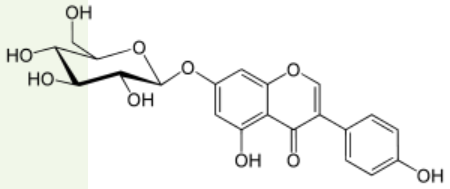
Součást řešení problémového okruhu 02-04: "Nepotravinářské využití biomasy ze zemědělské produkce", výzkumného záměru MSM 6007665806 (koordinátor prof. Ing. J. Frelich, CSc).



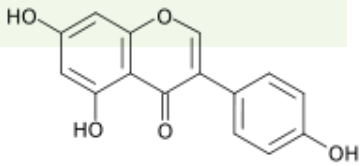

GENISTEIN
FEOFYTINY
CUKERNÉ ROZTOKY
GENISTIN
Na-Cu-chlorofylin
KAROTENY
PELETY

Farmaceutický průmysl

Genistin – standard v organické analytice
surovina pro výrobu genisteinu



Genistein – účinná látka pro léčiva k potlačení ženských potíží v období přechodu



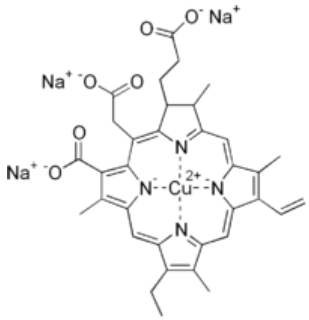
Kosmetický a potravinářský průmysl

Na-Cu-chlorofylin - zelené barvivo pro kosmetiku a k barvení některých potravin

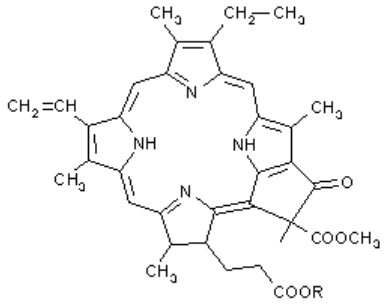
Feofytiny - hnědé rostlinné barvivo pro různé použití

Karoteny – barvivo pro potravinářský průmysl
zhášedlo volných radikálů
funkční potraviny

Chlorofylin:

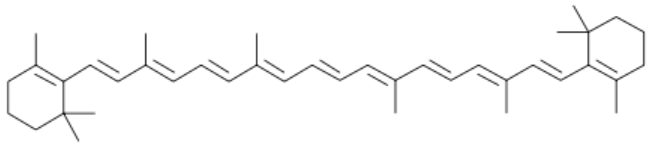


Feofytin:



Feofytin a

Beta-karoten:



Energetika, doprava, chemický průmysl

Cukerné roztoky – výroba butanolu, etanolu a acetonu

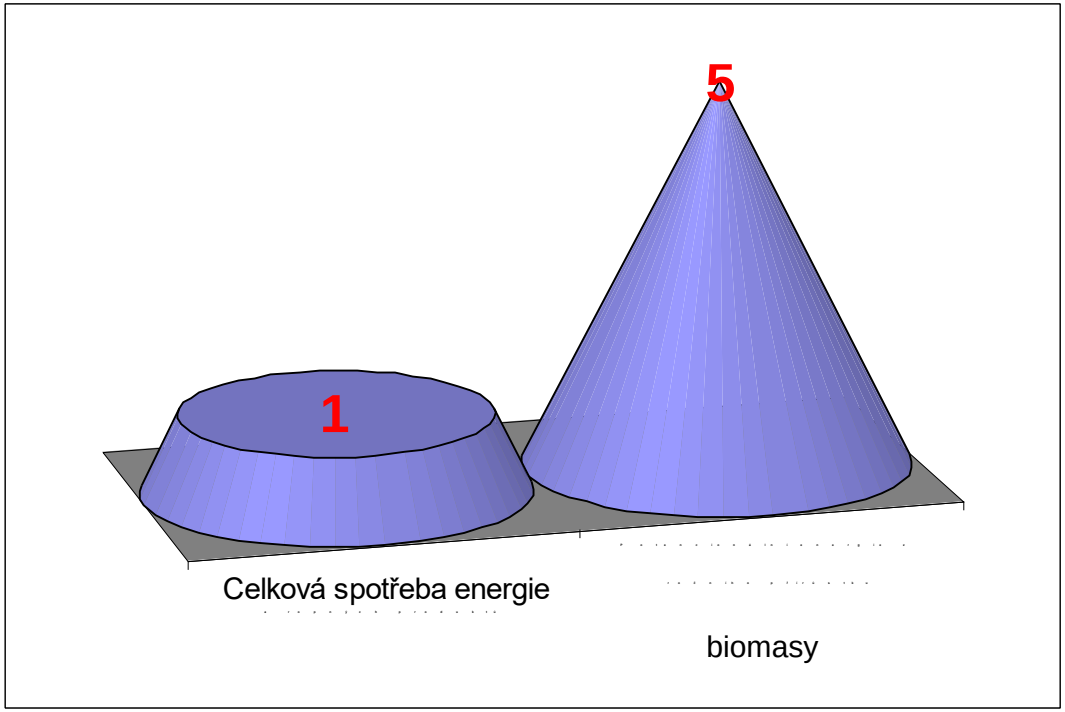
Odpadní fytomasa - peletování

Výroba polymerů na bázi regenerované celulosy

Výroba viskosy, Lyocellu, apod.

GLOBÁLNÍ ENERGETICKÝ POTENCIÁL BIOMASY

Doc. J. Lederer: Konferenc e ICCT



FOTOSYNTÉZA: $6\,CO_2 + h\nu + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

BIOMASA – PŘEVÁŽNĚ SACHARIDY, LIGNIN A ROSTLINNÉ OLEJE

roční produkce 100 biliónů tun obnovitelných zdrojů







Jaké je zastoupení jednotlivých složek produkované biomasy:

Zastoupení technicky důležitých složek v produkované biomase:

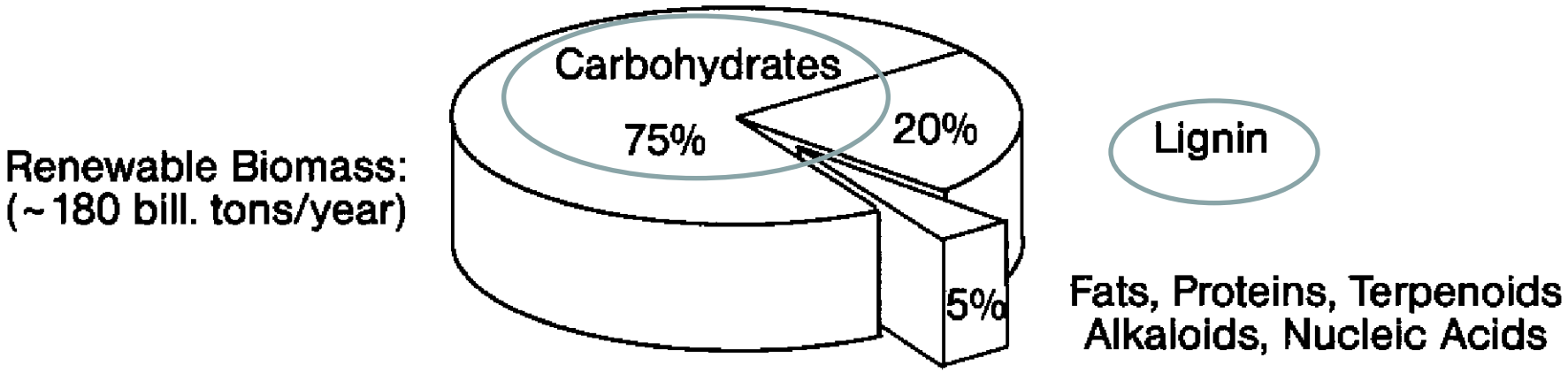


Fig. 1.1 Distribution of types of natural products in biomass.

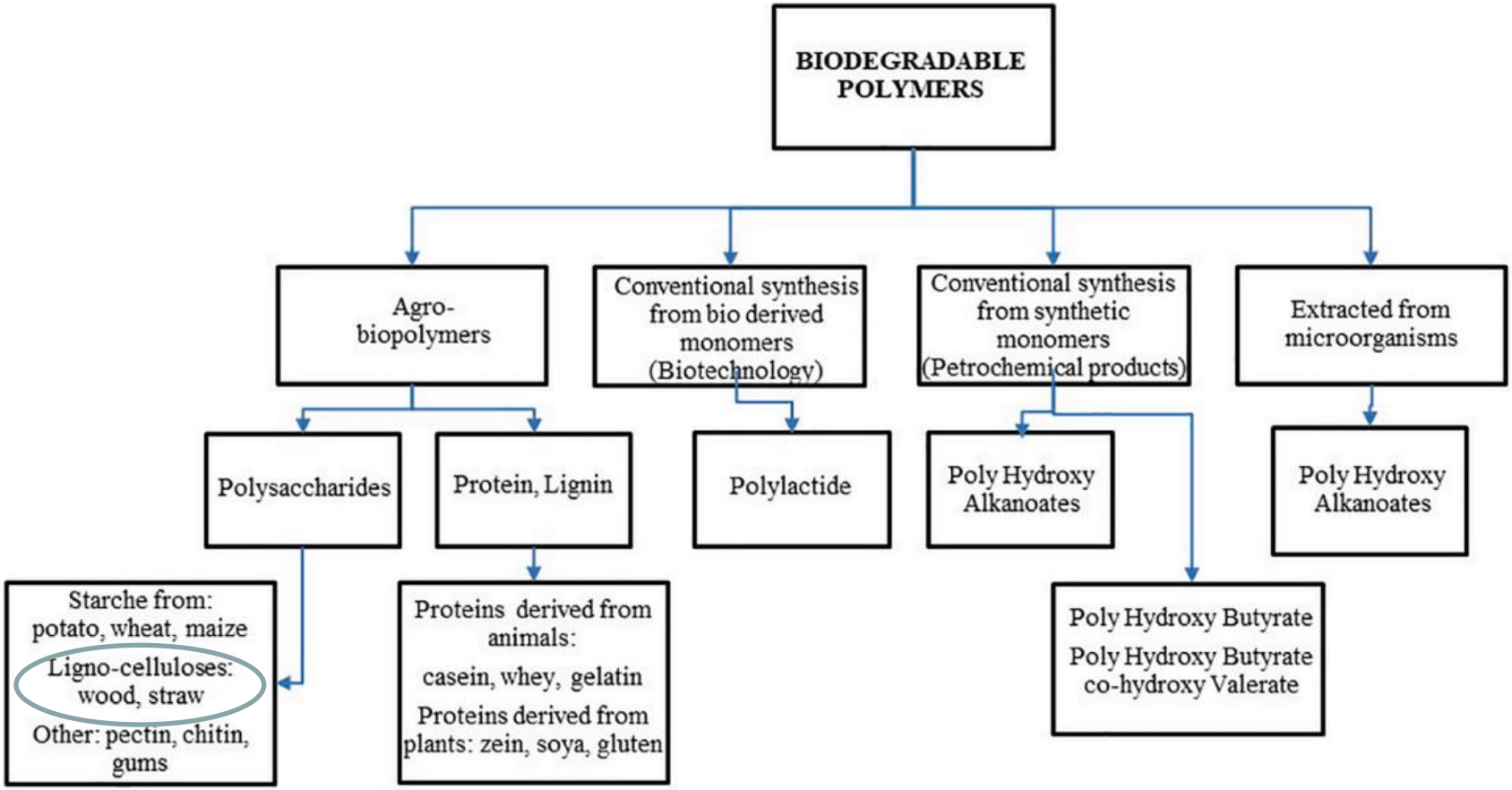


Fig. 3. Classification system of biodegradable polymers based on their origin.

Rozdělení biopolymerů:

Viz.: Egypt. J. Chem. 62, No. 9 (2019):

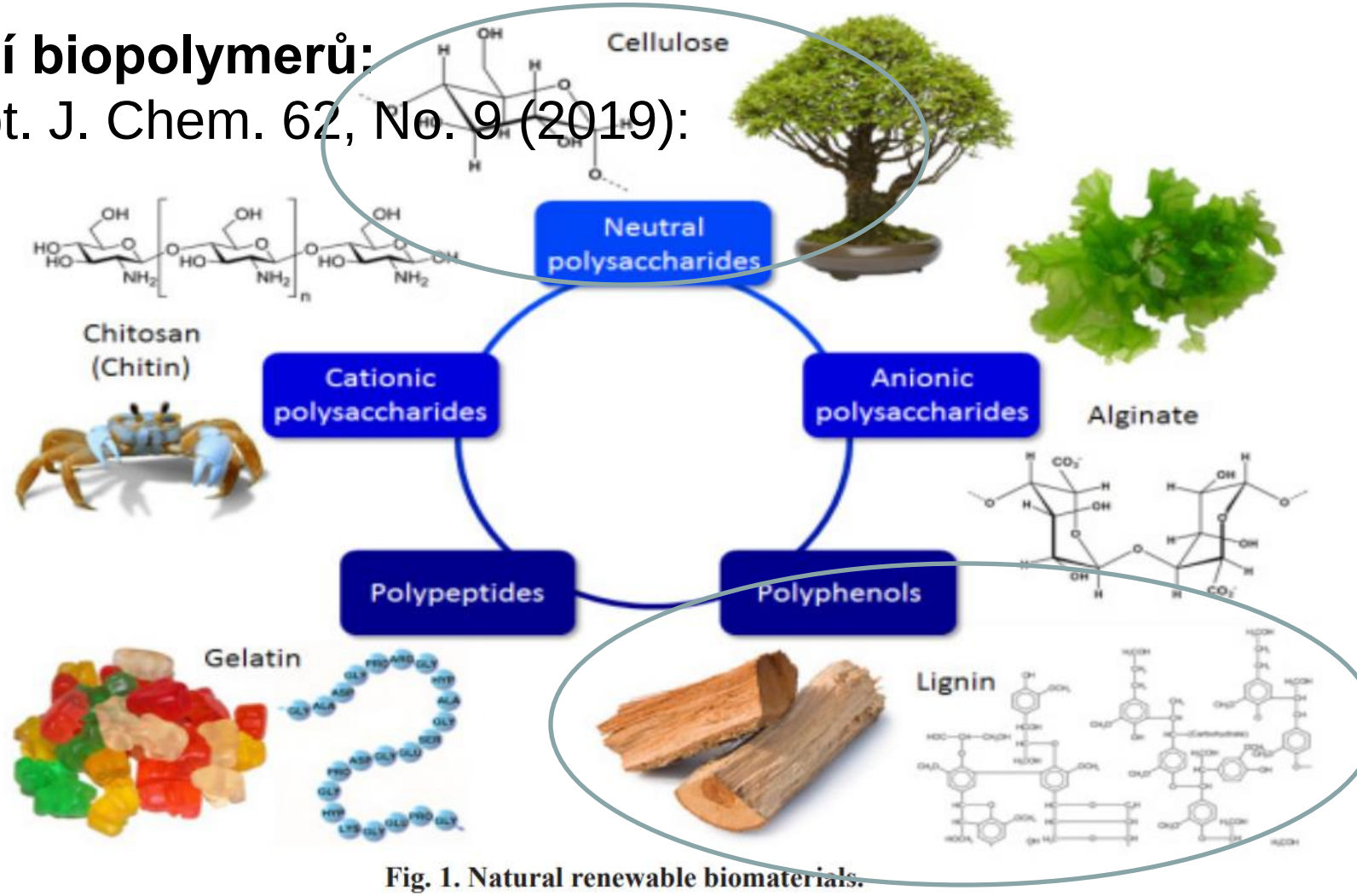


Fig. 1. Natural renewable biomaterials.

Cíleně pěstovaná biomasa:

- **Fytomasa - hmota rostlin obecně**

- **Dendromasa – rychle rostoucí stromy**

- **Plodiny I. a II. generace:**
- **I. Generace** = např. řepka olejná (pro MEŘO), pšenice, kukuřice (výroba bioethanolu) či žitovec (tritikale), z něhož se vyrábí pelety. **Obsahují škrob**.
- **II. Generace** = např. topoly, vrby, energetický šťovík či proso, **obsahují celulózu**.

Plodiny 2.generace:

- **Plodiny bohaté na celulosu.**

Výhody:

1. Obvykle rostou rychleji a jsou méně náročné na pěstování
2. Vhodné na výrobu papíru a celulosy

Nevýhoda = energeticky náročná přeměna celulosy na jednoduché cukry

- **šťovík**
- **konopí**
- **Topoly a vrby**
- **Křídlatka**
- a další (tzv.sloní tráva, **ozdobnice** = Miscanthus giganteus 18 MJ/kg sena), …)

Co z biomasy (kromě energie) v současnosti získáváme:

- Konstrukční a textilní materiály (dřevo, přírodní vlákna)
- **Papír a lepenka**
- **Chemikálie (celulóza)**
- Potraviny a chemikálie potřebné pro potravinářský průmysl (obvykle na bázi škrobu)
- Složky kosmetických přípravků (extrakty zelených řas, látky vonné)
- Léčiva (taxol, morfium, cannabinoidy)

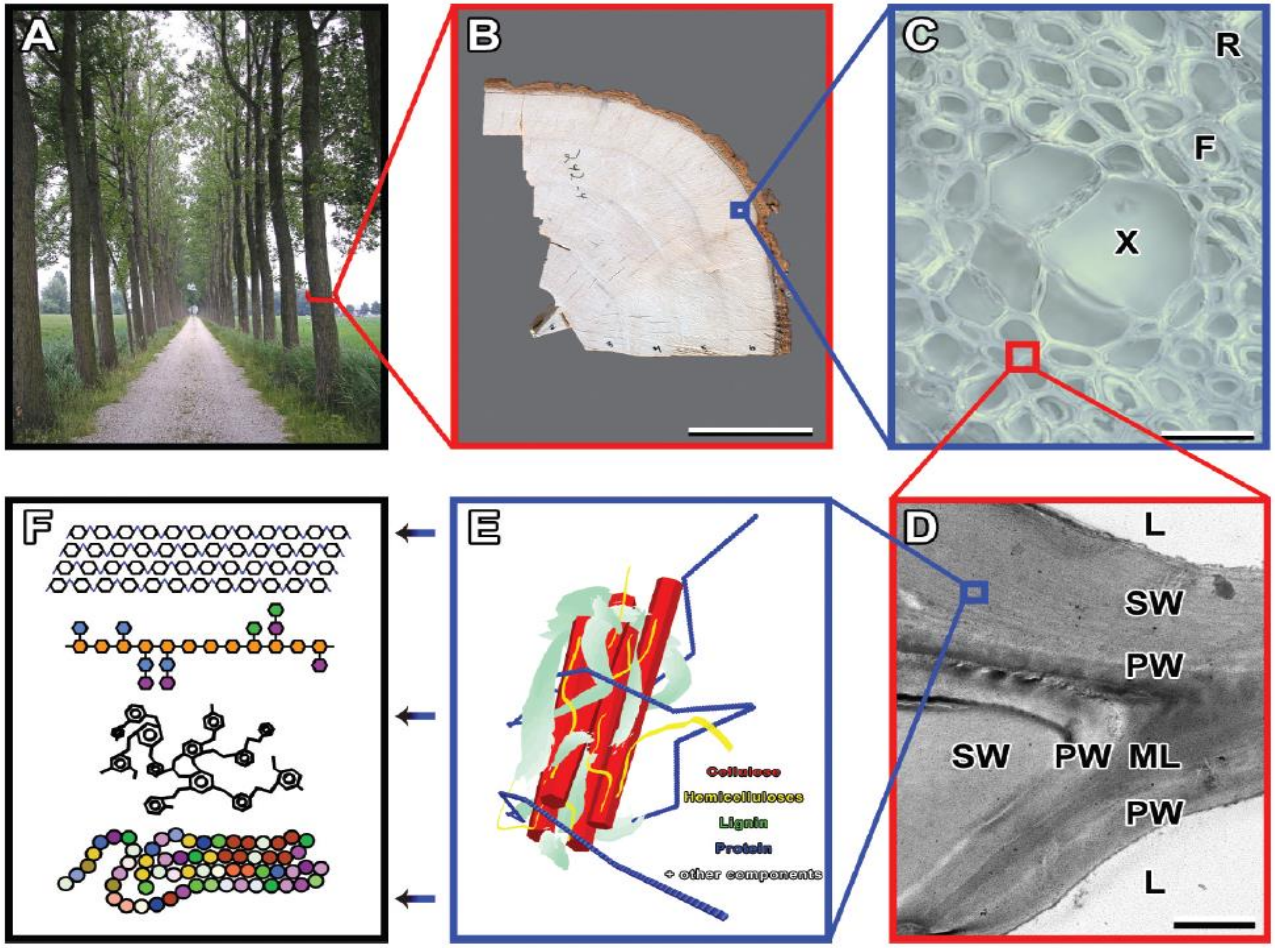
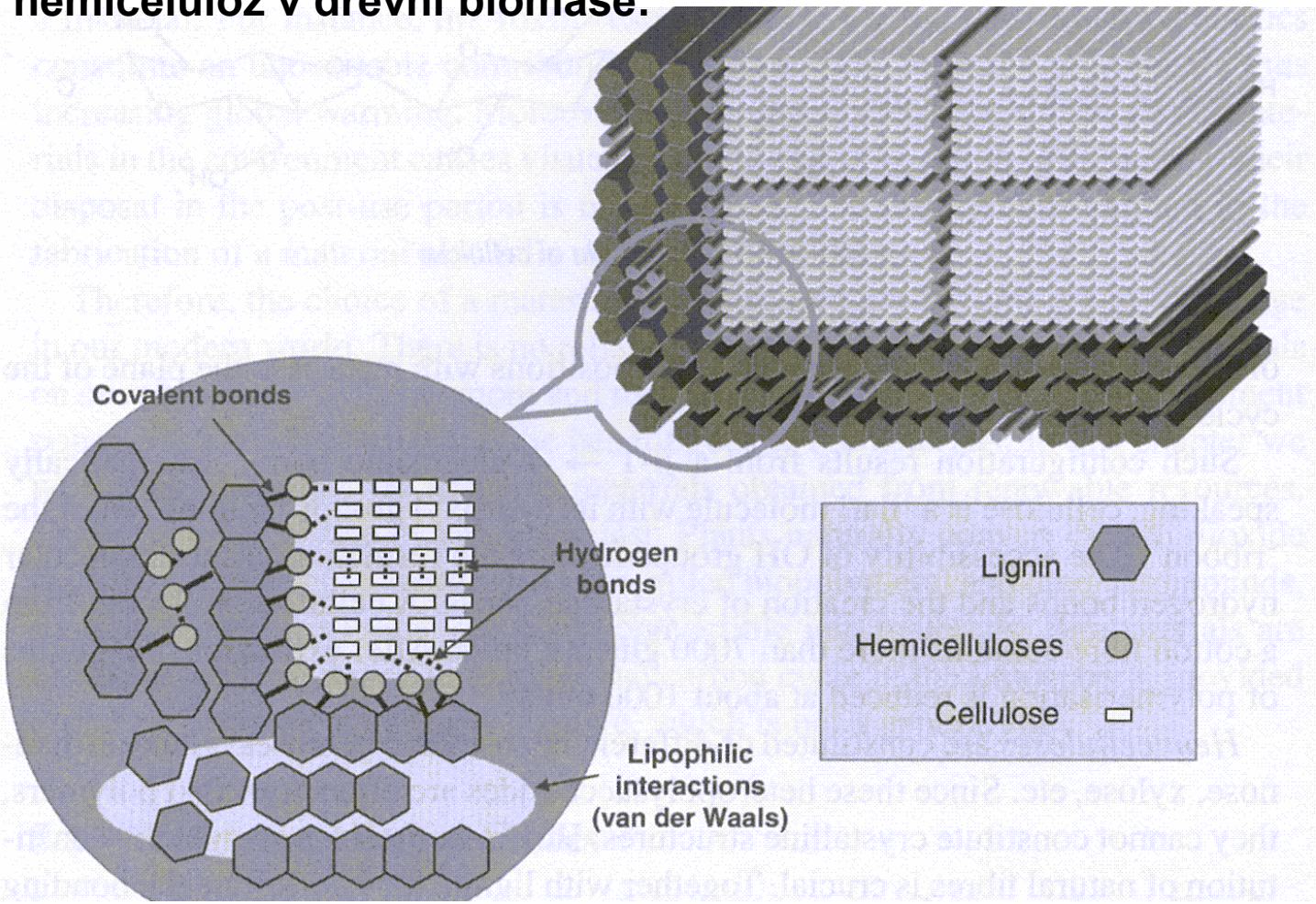
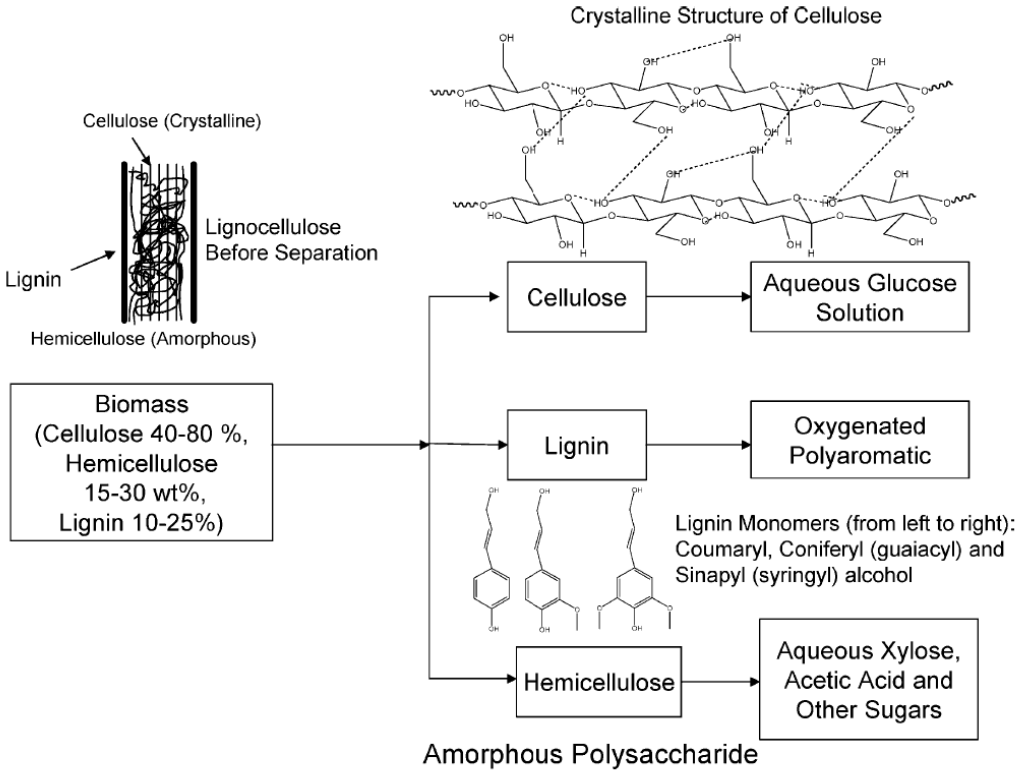


Figure 1. Scale-down through biomass from the organismal to the molecular level. (A) *Populus* sp. in The Netherlands. (B) This study's source of poplar wood. (C) Light micrograph of a cross-section of the unembedded poplar sample. Wood cell type examples: X, xylem element; F, wood fiber; R, ray parenchyma. (D) Transmission electron micrograph of a poplar xylem/fiber cell corner; SW, secondary cell wall; PW, primary cell wall; ML, middle lamella; L, cell lumen. (E) Artistic representation of the plant cell wall macromolecular structure. Red, cellulose microfibrils; yellow, hemicelluloses and pectins; green, lignin; blue, structural proteins. (F) Artistic representation of plant cell wall polymers (from top): cellulose, hemicellulose, lignin, and protein (not shown: pectins and ions). Scale bars: (B) 5 cm, (C) 100 μm, and (D) 2 μm.

Schéma propojení ligninu a celulózy prostřednictvím hemicelulóz v dřevní biomase:



Složky běžné fytomasy a jejich zákl. stavební jednotky + možnosti jejich transformace na užitečné suroviny:



Structures of different biomass fractions (lignocellulose, cellulose, lignin and hemicellulose) before and after reactions.

Struktura celulózy a způsob jejího zabudování v rostlině

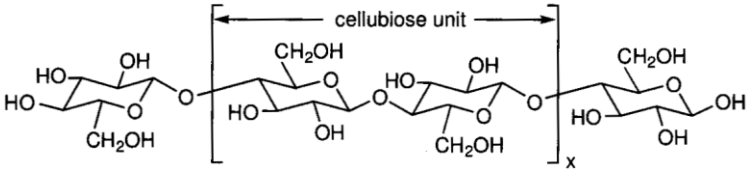
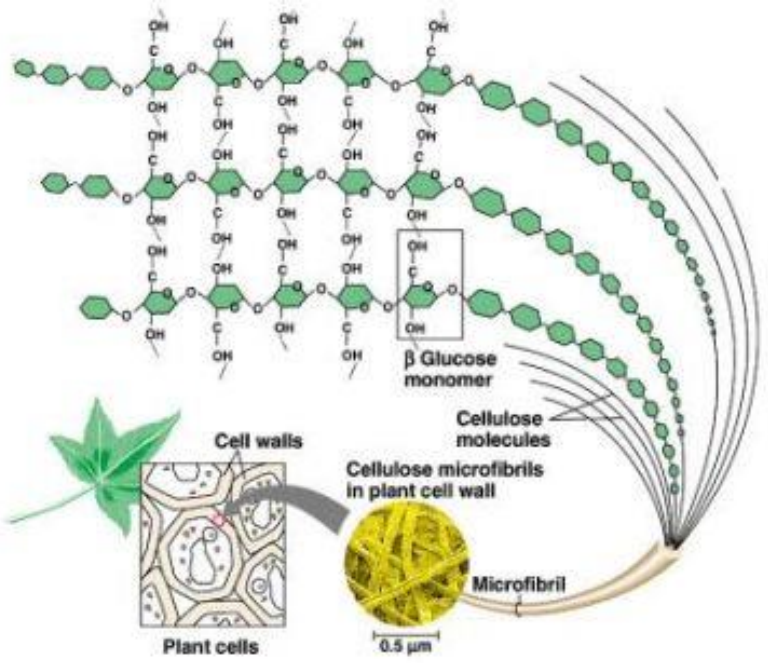


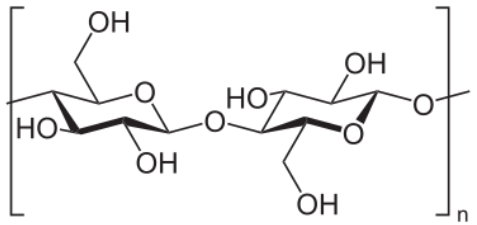
Fig. 3.5 Section of the chemical structure of cellulose.

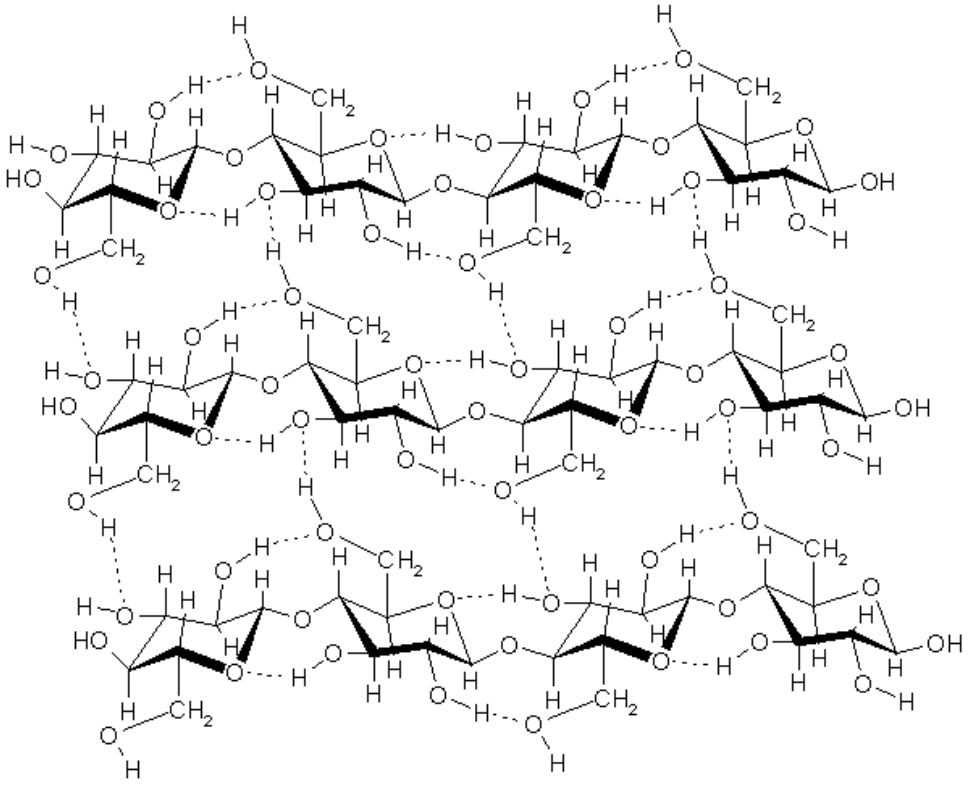
↑

Celulóza je typická makromolekulární látka, která se vyskytuje v přírodě ve všech rostlinách a **tvoří kostru buněčných stěn dřevních buněk.** O**bsah celulózy ve dřevě je 40 – 50%.** Její funkcí ve dřevě je

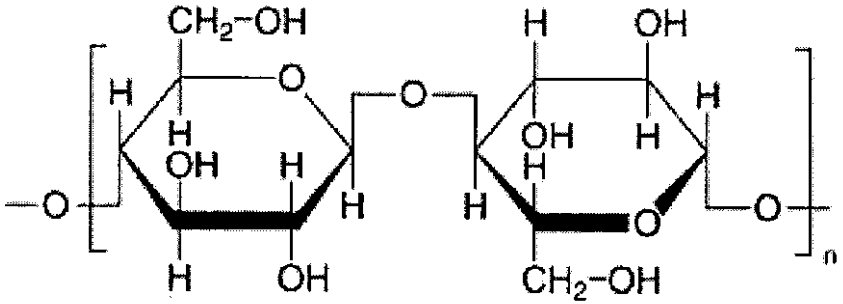


Srovnání nejběžnějších přírodních polymerů, struktura celulózy:





Viskóza=regenerovaná celulóza:



Obr. 26.1 Vzorec celulózy

$(C_6H_9O_4OH)_x$

Celulosa je relativně málo rozpustný polysacharid, ale v dnešní době je známa řada činidel, která dokáží celulosu převést do roztoku

Nejběžnější postup je založen na tvorbě rozpustného xanthogenátu reakcí s CS_2 a NaOH (např. v Lovosicích fa. Glanzstoff Bohemia)

Moderní postup je založen na rozpouštění v *N*-methylmorfolin-*N*-oxidu

Chemická vlákna z přírodních polymerů, výroba viskózy

- Podstata procesu je rozpuštění přírodní celulózy a její vysrážení za tvorby vlákna:

Proces rozpouštění:

$$xCS_2+(C_6H_9O_4OH)_x+xNaOH \rightarrow (C_6H_9O_4OCS\text{-}SNa)_x+xH_2O$$

cel-OCS-SNa

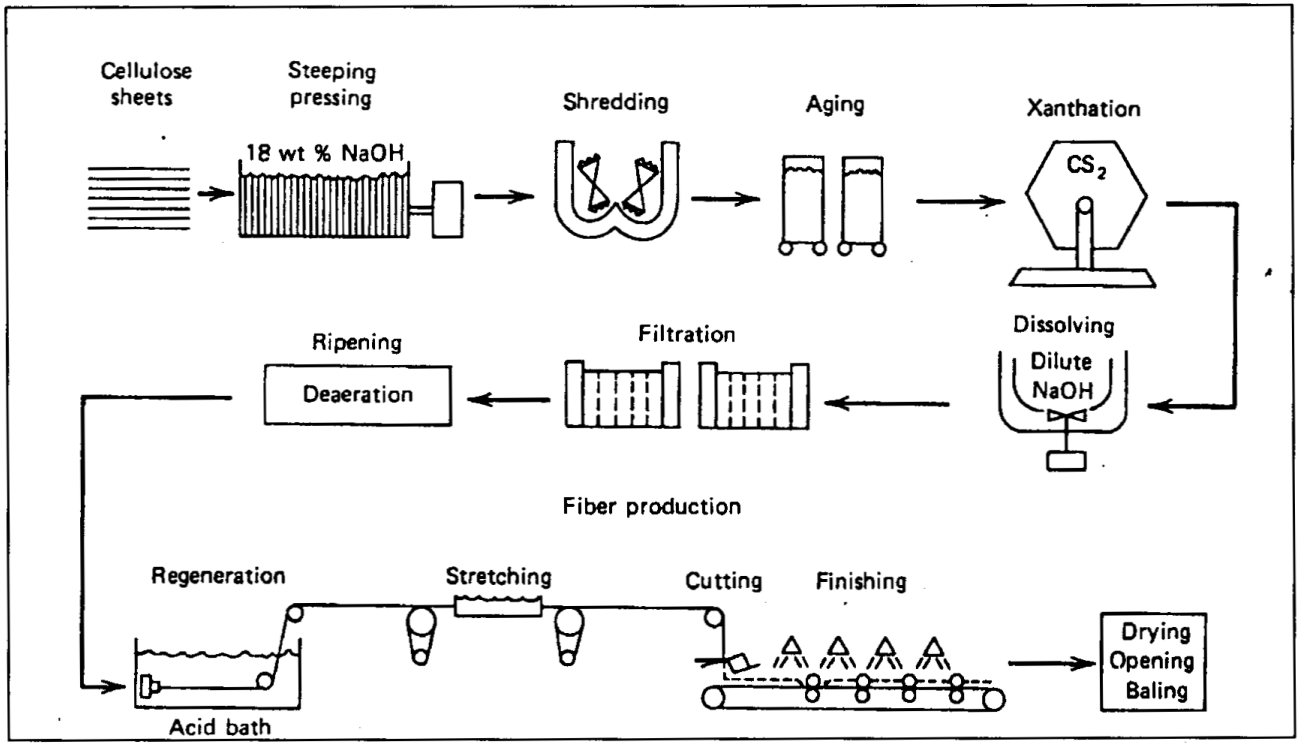
Problém vedlejších reakcí, cca. 25%

Proces srážení:

$$cel\text{-}OCS\text{-}SNa + H^+ \rightarrow cel\text{-}OH + CS_2 + Na^+$$

Do lázně se kvůli úpravě vlastností vlákna přidávají $ZnSO_4$ a Na_2SO_4

V ČR výroba v prostorách Lovochemie, provozovaná firmou Glanzstoff Bohemia



Obr. 26.2 Blokové schéma výroby viskózy

(cellulose sheets – archy celulózy, steeping, pressing – máčení, lisování, shreeding – drcení, aging - stárnutí, ripening – zrání, stretching – dloužení, cutting – řezání, baling – balíkování).

Odpady z výroby viskózy

- **Tuhé** = neutralizací srážecí lázně Na_2SO_4

Odpadní viskóza, obsahuje nečistoty z lázní, tedy CS_2, H_2S, kyseliny

- **Kapalné** = kyselé nebo alkalické, s obsahem $ZnSO_4$, po smíchání obou proudů:

Srážení Ca^{2+} solí, zbylé Zn^{2+} odstraněny na iontoměniči, stripování CS_2

Možnost regenerace zředěného NaOH?!

- **Plynné odpady** = H_2S a CS_2

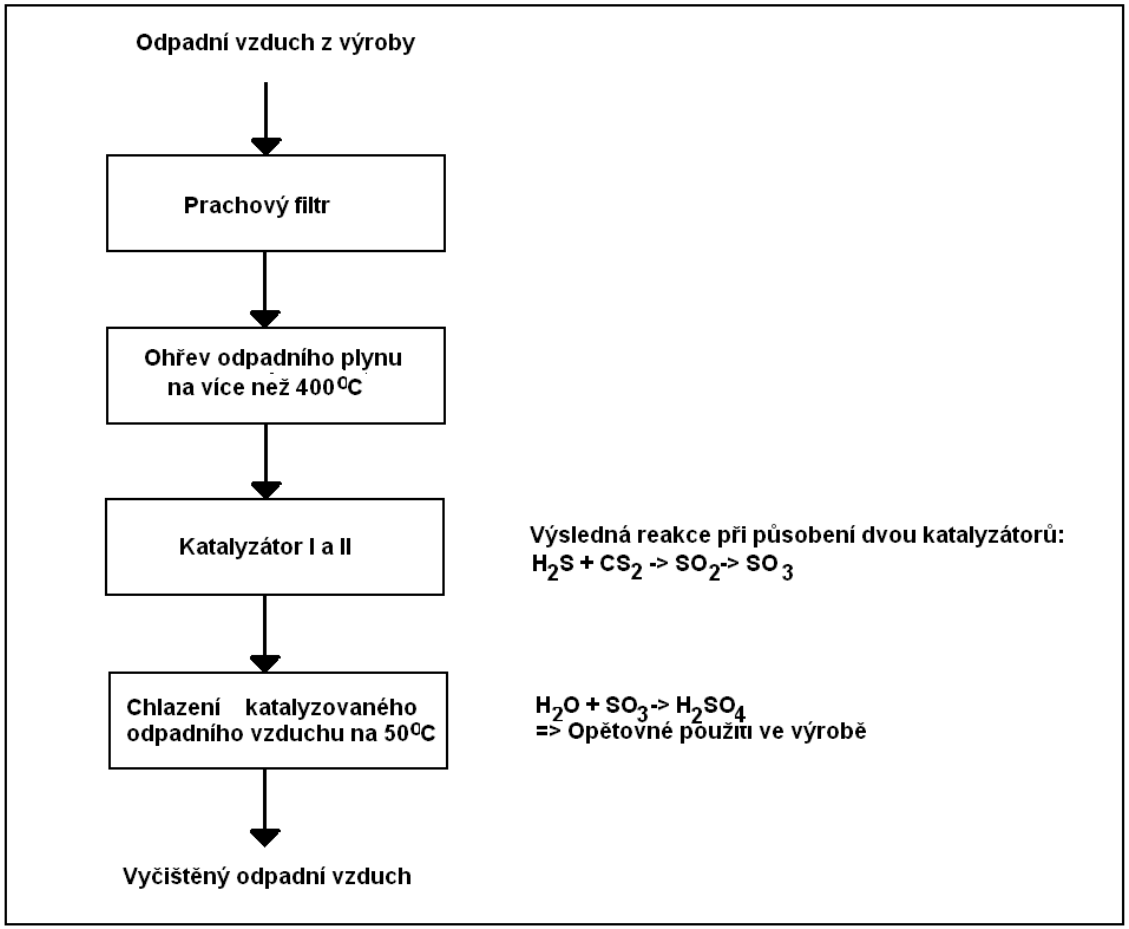
H_2S vzniká jako vedl.produkt alk. hydrolýzy:

$$2CS_2 + 6\,NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + Na_2CS_3 + Na_2S + 3\,H_2O$$

Adsorpce, problém rozdílných vlastností obou kontaminantů

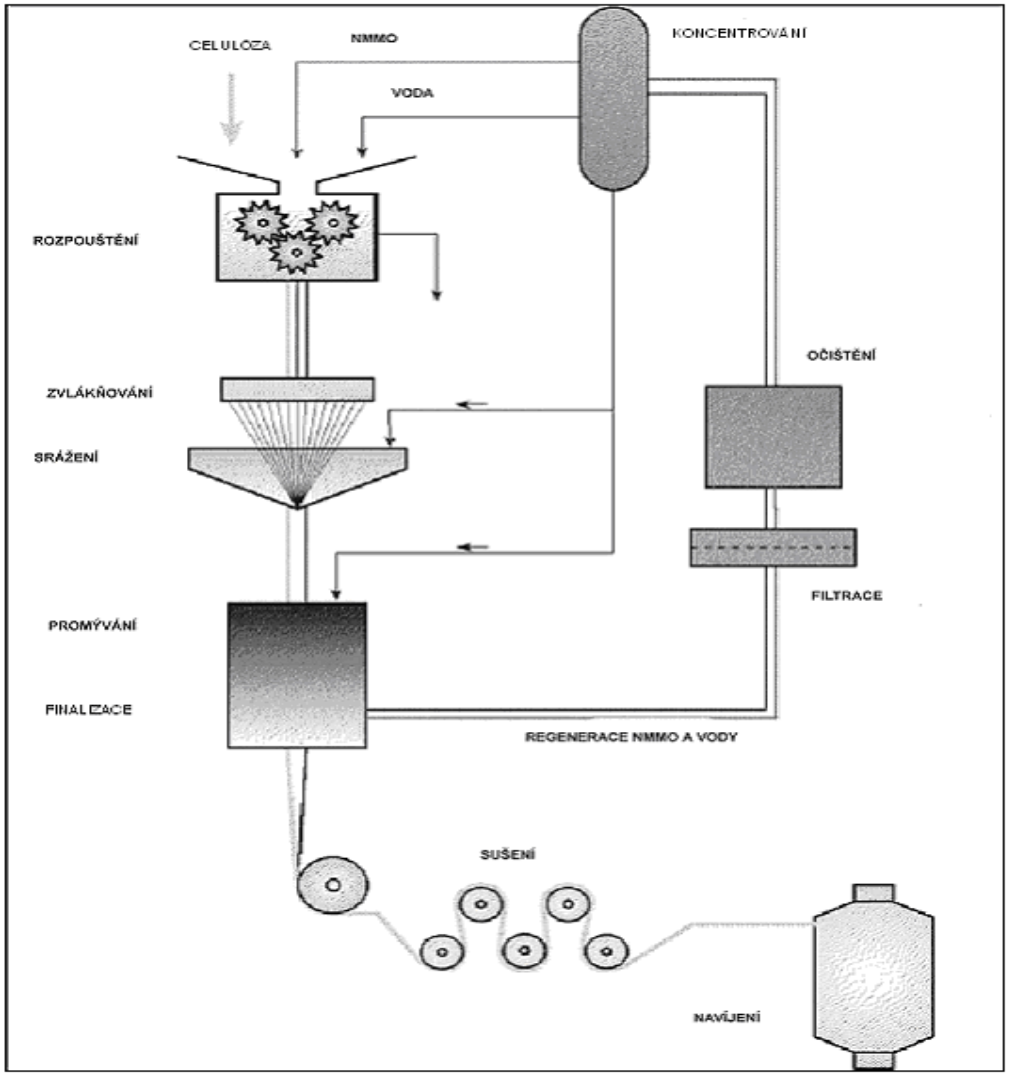
Spalováním odplynů a využití SO_2, viz. Následující schéma

Proces získávání H_2SO_4 katalytickou oxidací odpadních plynů za horka při výrobě viskózových vláken:

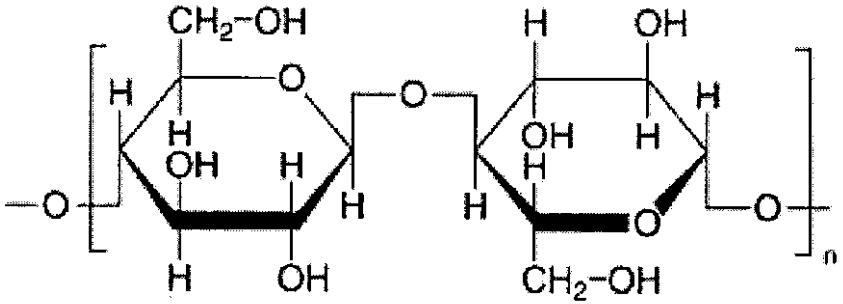


Vlákna Lyocell:

Nejdůležitější částí procesu Lyocell je přímé rozpouštění celulózy v NMMO (*N*-methyl-morfolin-*N*-oxid). Rozpouštědlo, které je 100 % biodegradabilní, je schopné rozpustit celulózu fyzikálně bez jakýchkoliv chemických úprav.


CELULÓZA
NMMO
KONCENTROVÁNÍ
VODA
ROZPOUŠTĚNÍ
OČIŠTĚNÍ
ZVLÁKŇOVÁNÍ
SRÁŽENÍ
FILTRACE
PROMÝVÁNÍ
FINALIZACE
REGENERACE NMMO A VODY
SUŠENÍ
NAVÍJENÍ

Viskóza=regenerovaná celulóza:



Obr. 26.1 Vzorec celulózy

$(C_6H_9O_4OH)_x$

Celulosa je relativně málo rozpustný polysacharid, ale v dnešní době je známa řada činidel, která dokáží celulosu převést do roztoku

Nejběžnější postup je založen na tvorbě rozpustného xanthogenátu reakcí s CS_2 a NaOH (např. v Lovosicích fa. Glanzstoff Bohemia)

Moderní postup je založen na rozpouštění v *N*-methylmorfolin-*N*-oxidu

Chemická vlákna z přírodních polymerů, výroba viskózy

- Podstata procesu je rozpuštění přírodní celulózy a její vysrážení za tvorby vlákna:

Proces rozpouštění:

$$xCS_2+(C_6H_9O_4OH)_x+xNaOH \rightarrow (C_6H_9O_4OCS\text{-}SNa)_x+xH_2O$$

cel-OCS-SNa

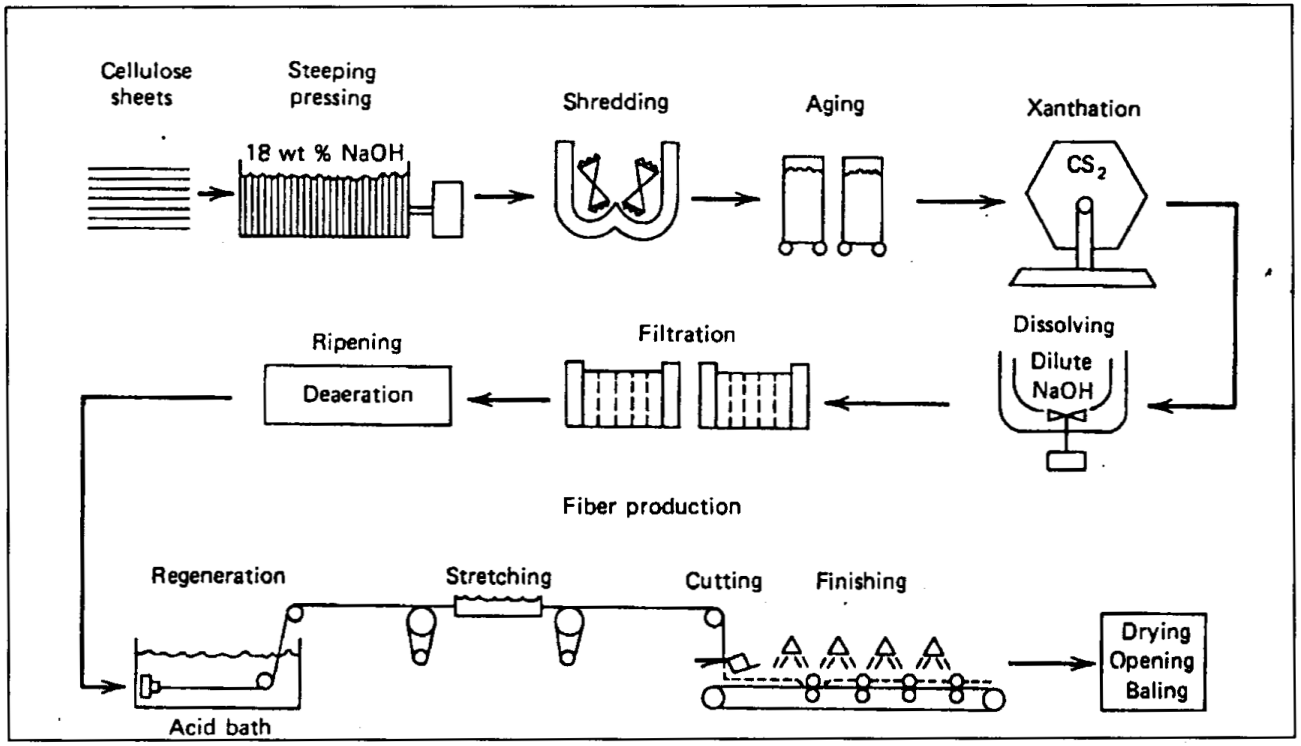
Problém vedlejších reakcí, cca. 25%

Proces srážení:

$$cel\text{-}OCS\text{-}SNa + H^+ \rightarrow cel\text{-}OH + CS_2 + Na^+$$

Do lázně se kvůli úpravě vlastností vlákna přidávají $ZnSO_4$ a Na_2SO_4

V ČR výroba v prostorách Lovochemie, provozovaná firmou Glanzstoff Bohemia



Obr. 26.2 Blokové schéma výroby viskózy

(cellulose sheets – archy celulózy, steeping, pressing – máčení, lisování, shreeding – drcení, aging - stárnutí, ripening – zrání, stretching – dloužení, cutting – řezání, baling – balíkování).

Odpady z výroby viskózy

- **Tuhé** = neutralizací srážecí lázně Na_2SO_4

Odpadní viskóza, obsahuje nečistoty z lázní, tedy CS_2, H_2S, kyseliny

- **Kapalné** = kyselé nebo alkalické, s obsahem $ZnSO_4$, po smíchání obou proudů:

Srážení Ca^{2+} solí, zbylé Zn^{2+} odstraněny na iontoměniči, stripování CS_2

Možnost regenerace zředěného NaOH?!

- **Plynné odpady** = H_2S a CS_2

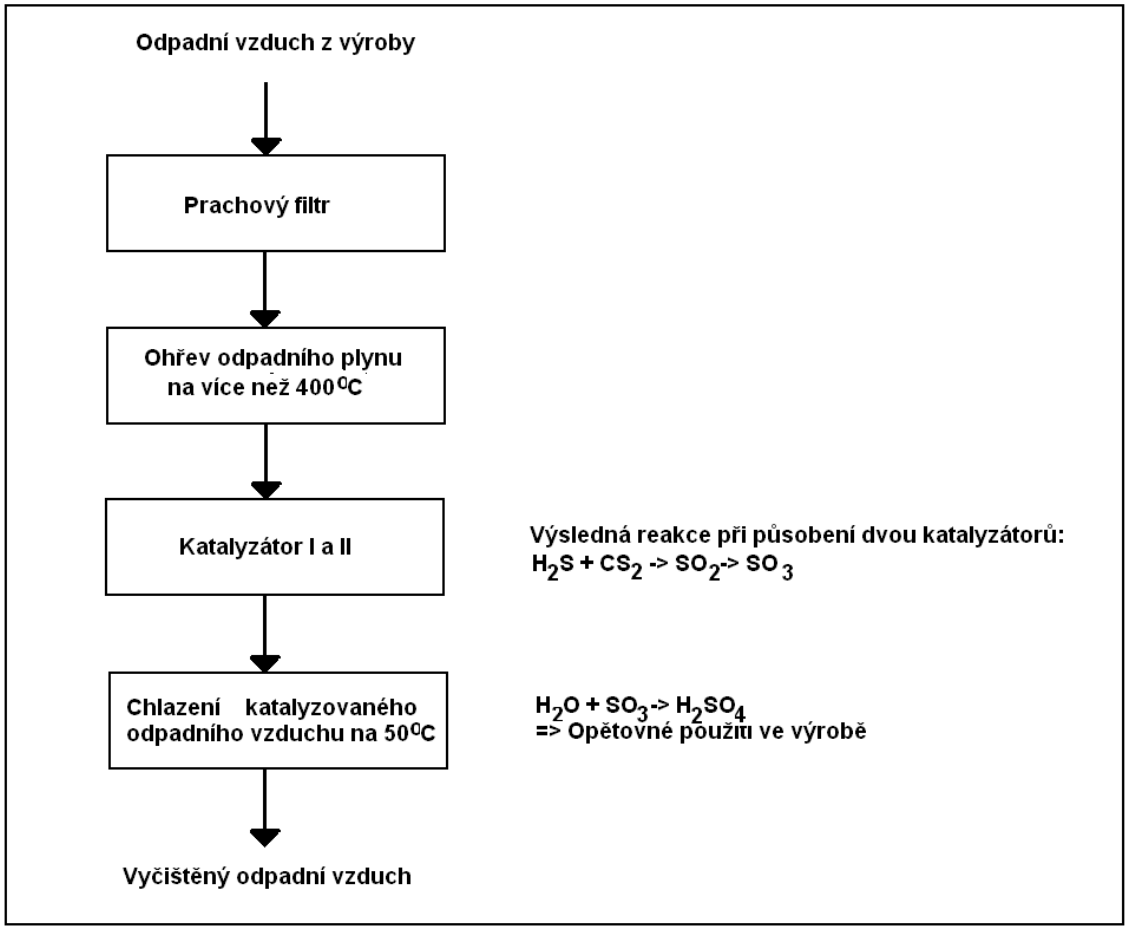
H_2S vzniká jako vedl.produkt alk. hydrolýzy:

$$2CS_2 + 6\,NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + Na_2CS_3 + Na_2S + 3\,H_2O$$

Adsorpce, problém rozdílných vlastností obou kontaminantů

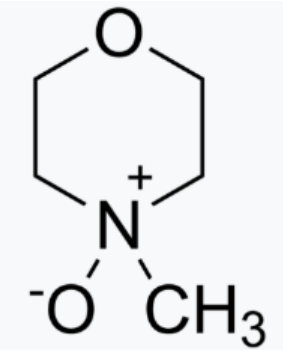
Spalováním odplynů a využití SO_2, viz. Následující schéma

Proces získávání H_2SO_4 katalytickou oxidací odpadních plynů za horka při výrobě viskózových vláken:



Vlákna Lyocell:

Nejdůležitější částí procesu Lyocell je přímé rozpouštění celulózy v NMMO (*N*-methyl-morfolin-*N*-oxid). Rozpouštědlo, které je 100 % biodegradabilní, je schopné rozpustit celulózu fyzikálně bez jakýchkoliv chemických úprav.



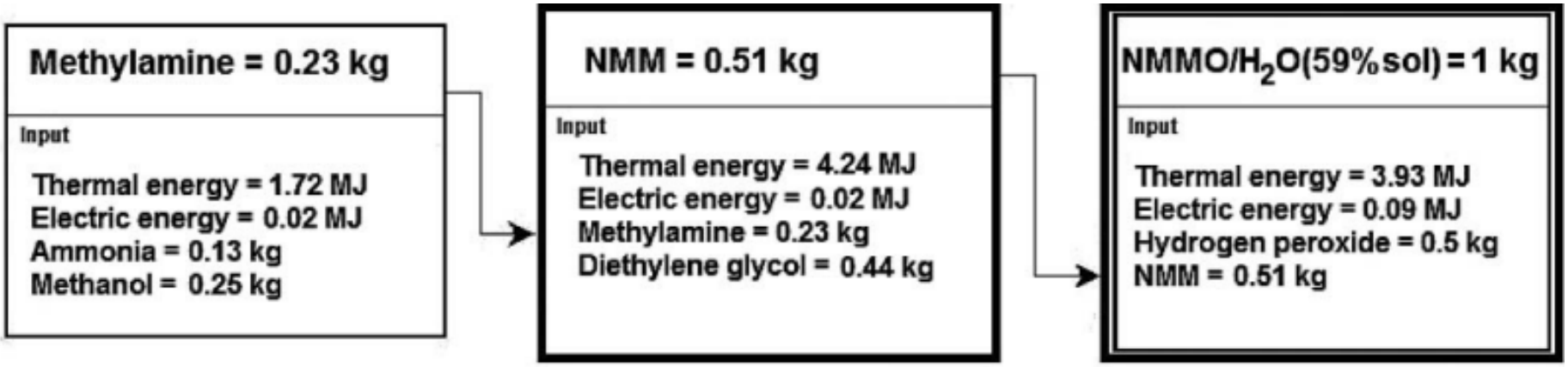
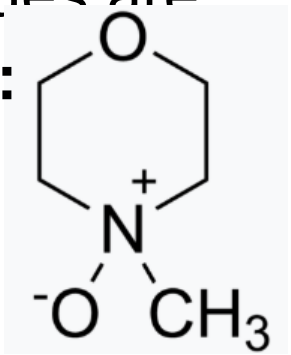
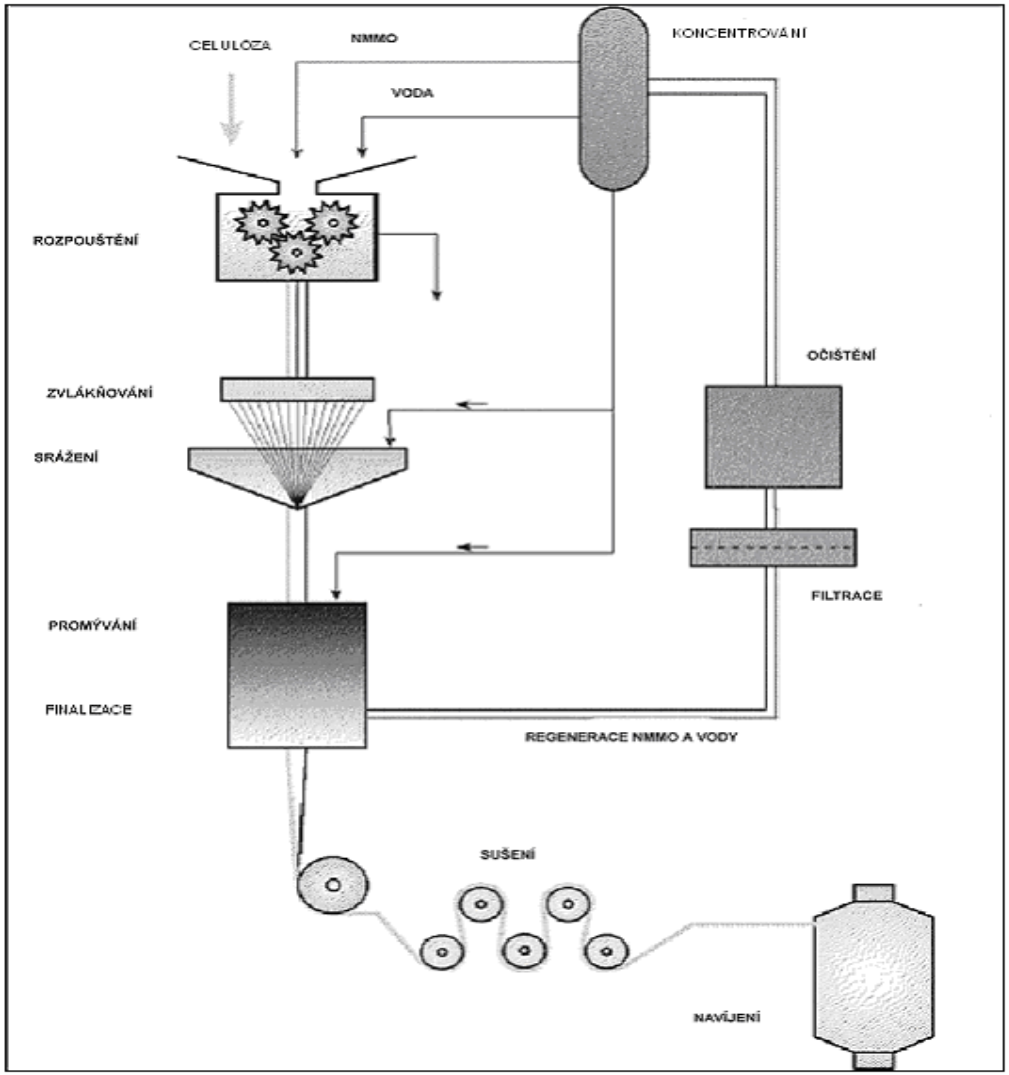


Diagram of the synthesis processes modelled through Aspen Plus involved in the NMMO/H_2ONMMO/H_2O. All values are referred to 1 kg of final product

Green Chem., DOI: 10.1039/c0gc00647e.

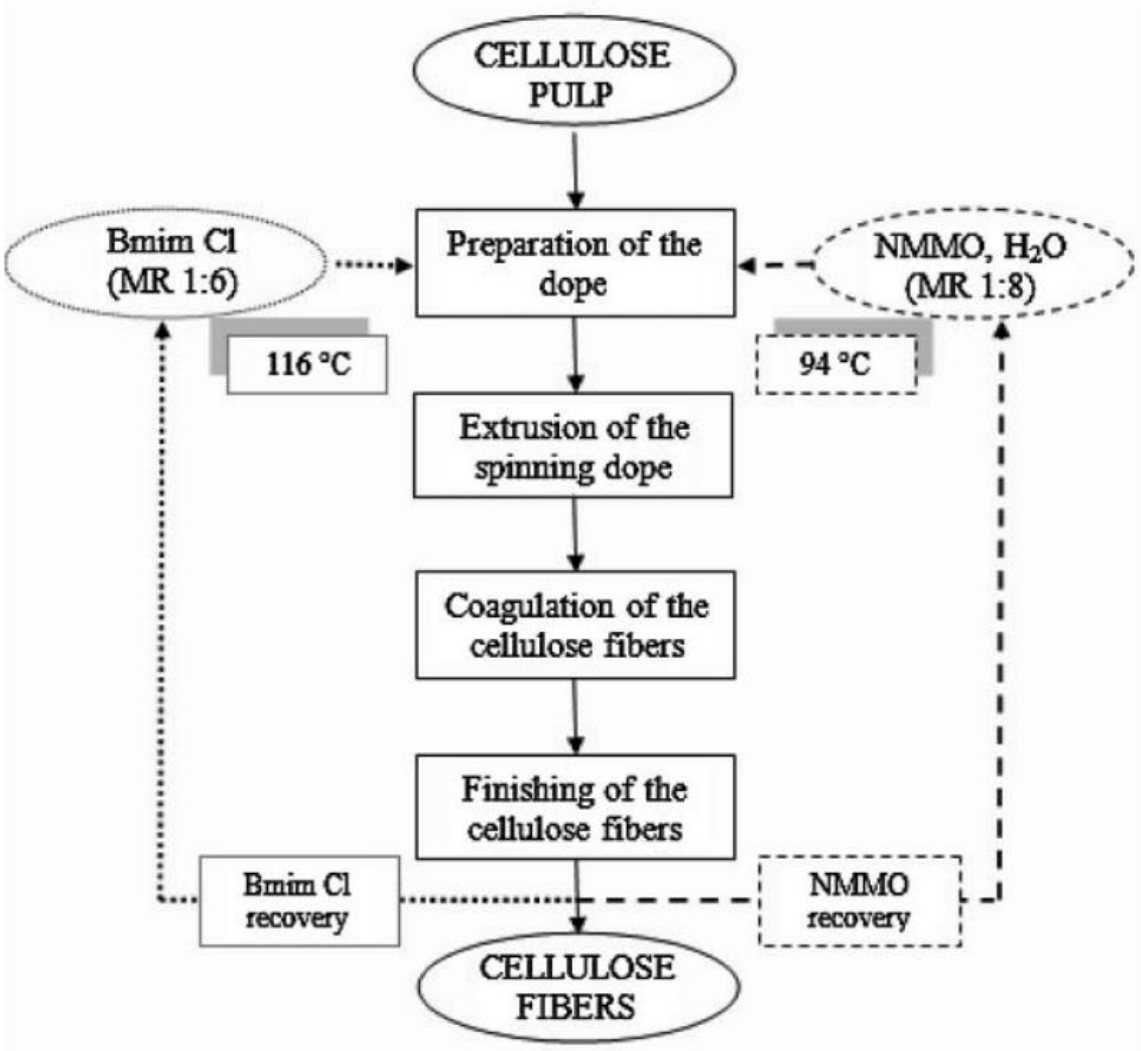
NMMO:



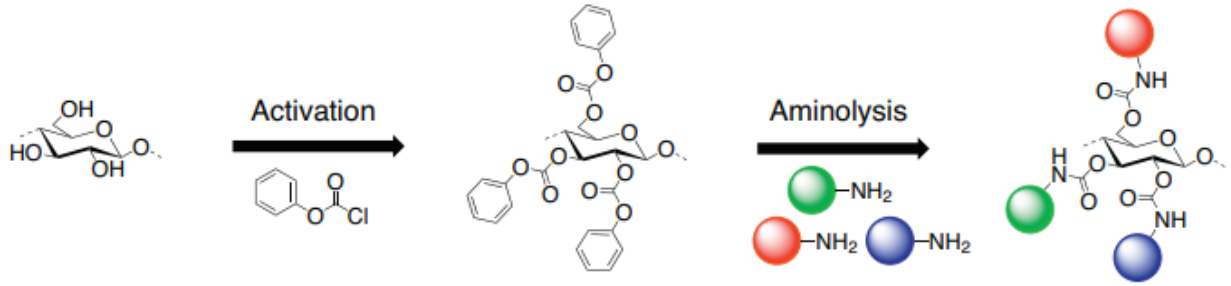

CELULÓZA
NMMO
KONCENTROVÁNÍ
VODA
ROZPOUŠTĚNÍ
OČIŠTĚNÍ
ZVLÁKŇOVÁNÍ
SRÁŽENÍ
FILTRACE
PROMÝVÁNÍ
FINALIZACE
REGENERACE NMMO A VODY
SUŠENÍ
NAVÍJENÍ

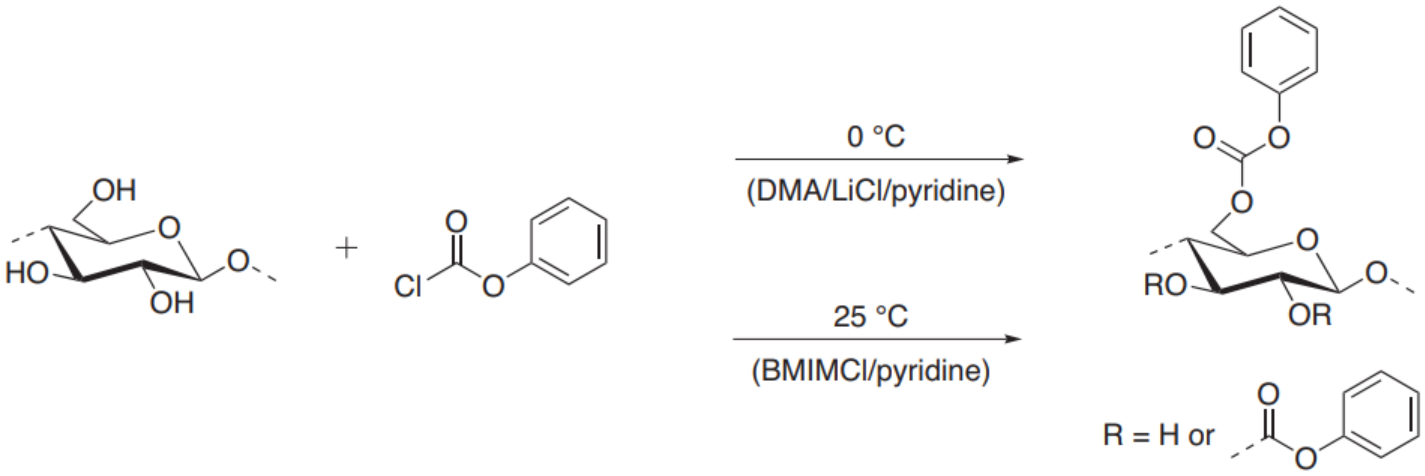
Srovnání aplikace NMMO (Lyocell proces) a alternativního použití tzv. iontové kapaliny BMIMCl:

Green Chem., DOI: 10.1039/c0gc00647e.



Thomas Elschner, Thomas Heinze: Cellulose Carbonates: A Platform for Promising Biopolymer Derivatives With Multifur .5, 735–746.





Reaction scheme of the synthesis of cellulose phenyl carbonate.

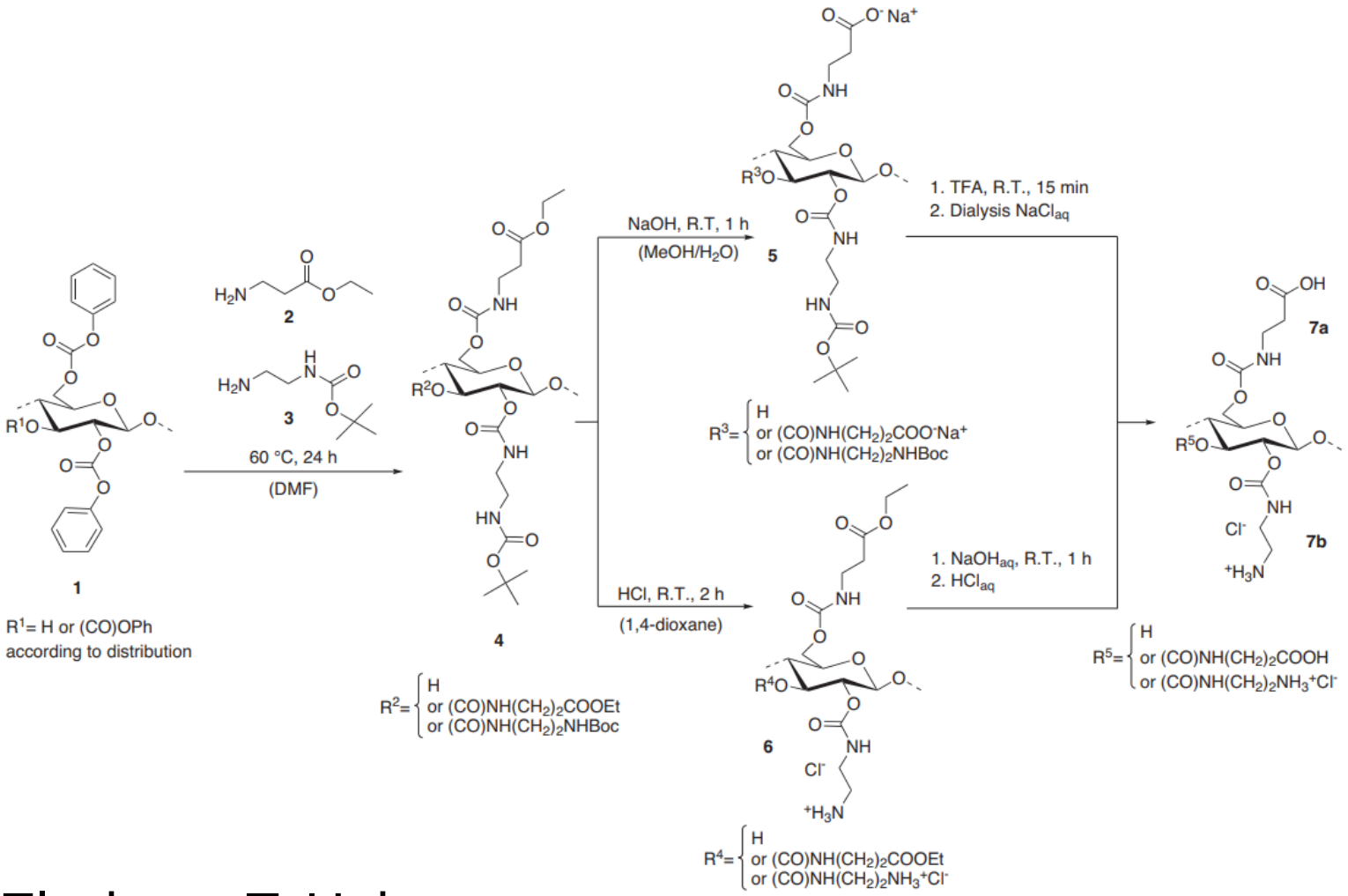


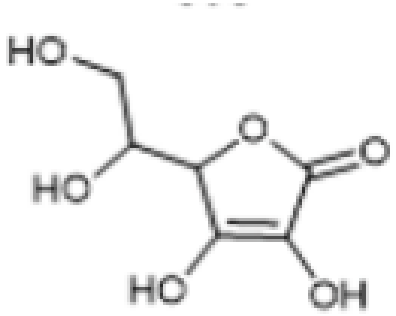
Figure 8: Reaction scheme of the synthesis of anionic, cationic, and ampholytic cellulose carbamates.[86]

[86] T. Elschner, T. Heinze, Beilstein J. Org. Chem. 2014, 10, 1549.

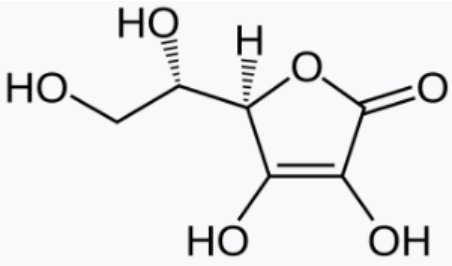
Výroba organických chemických specialit na bázi biomasy

Vitamín C, antibiotika (cyklosporin), atd.

Vitamín C:



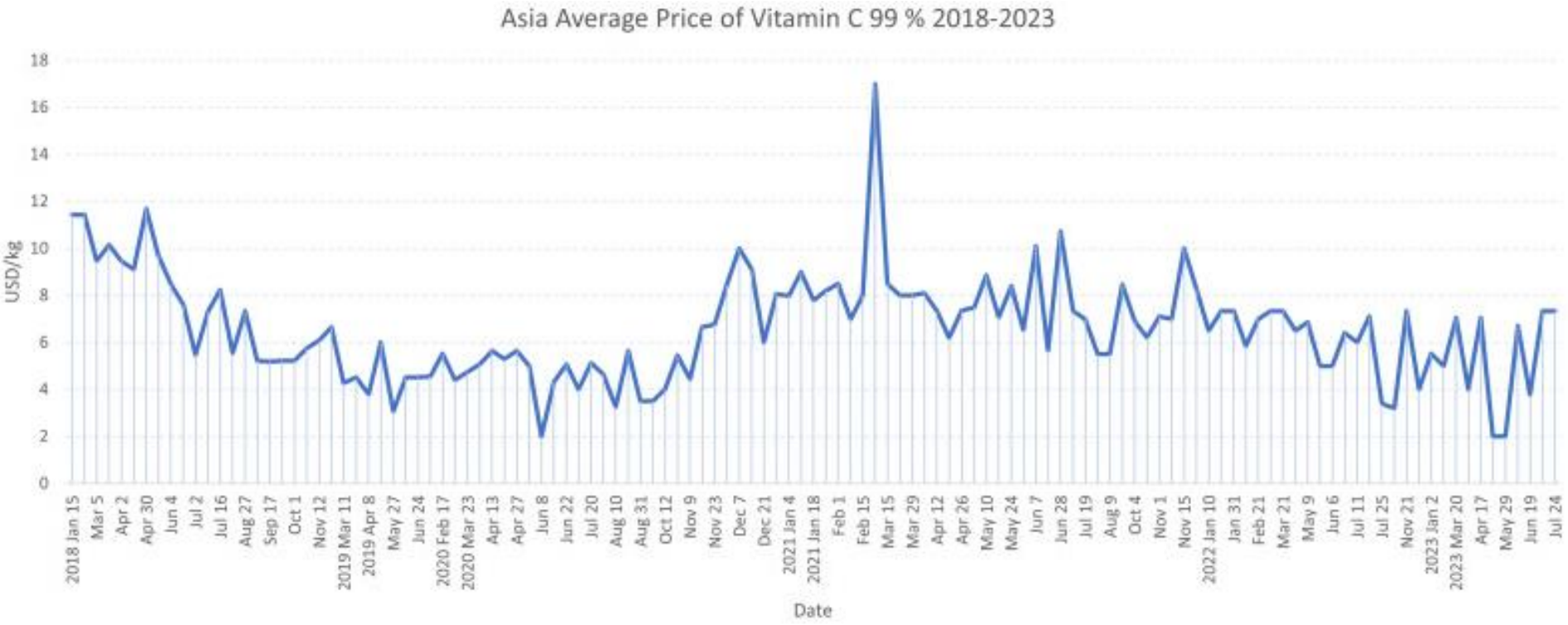
Ascorbic acid



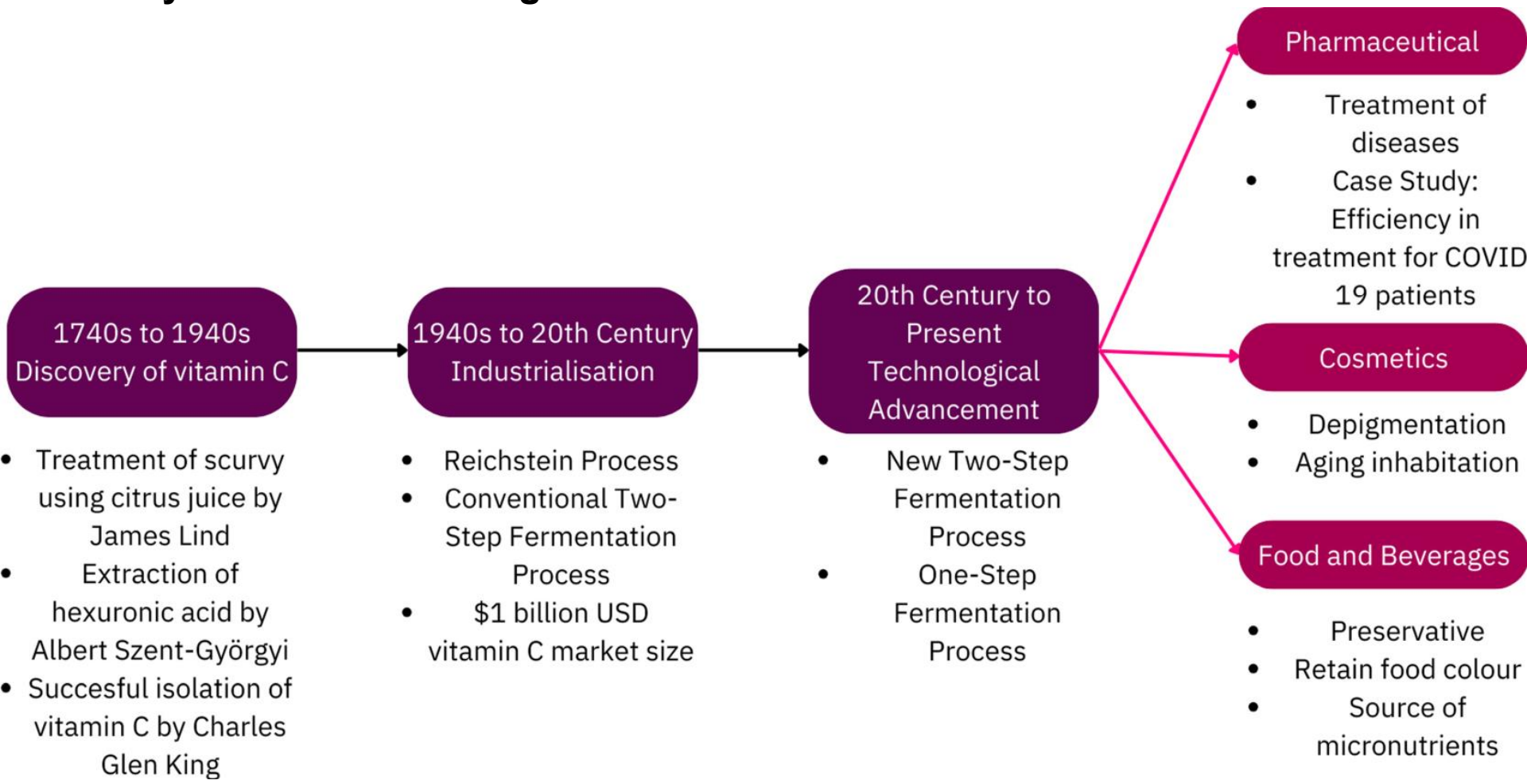
Chemická struktura vitamínu C

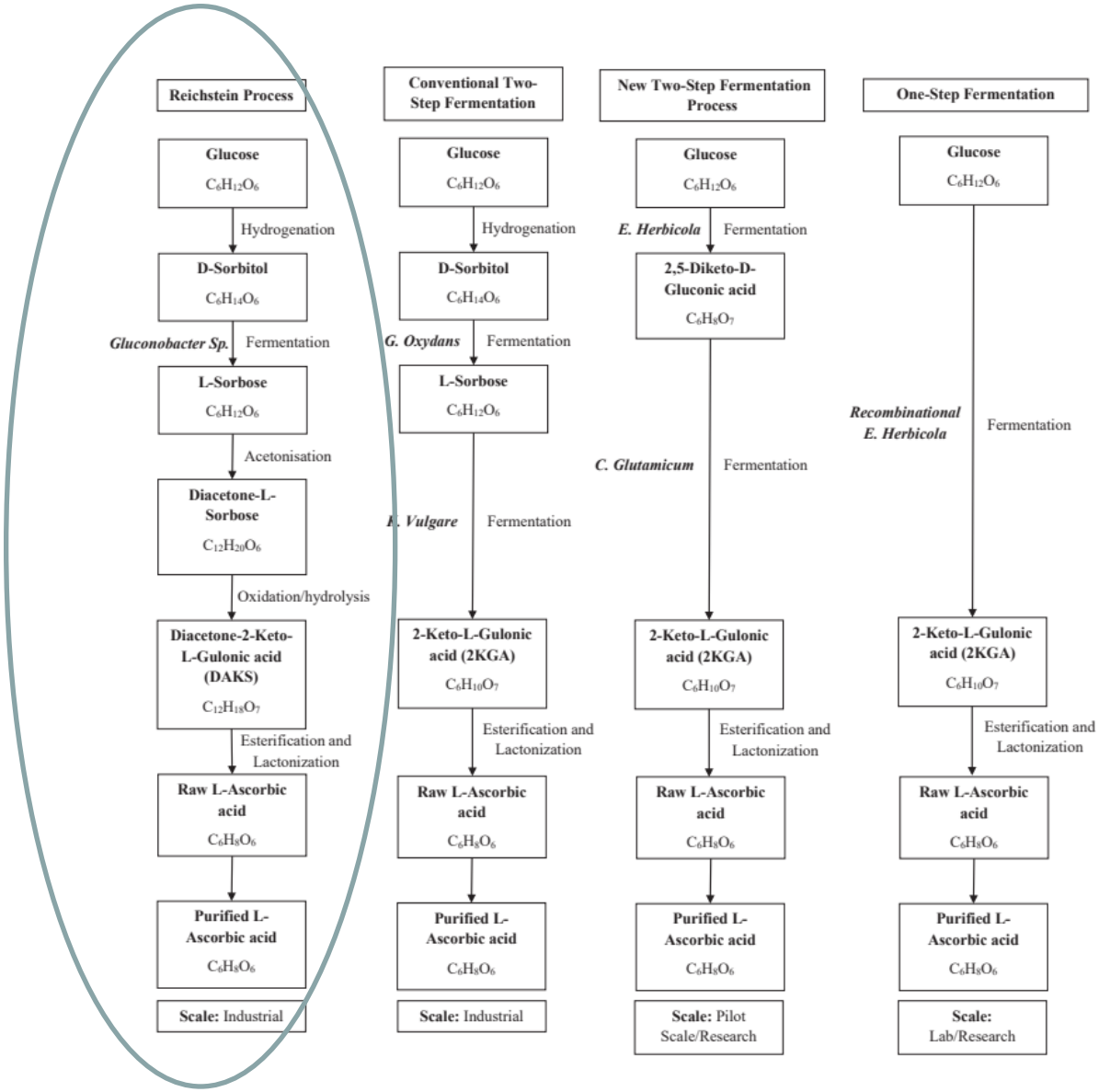
Rostlinný plod	Obsah (mg/100 g)	Rostlinný plod	Obsah (mg/100 g)
Acerola	1678	Květák	40
Šípek	1500	Citron	40
Rybíz černý	200	Mrkev	35
Růžičková kapusta	115	Česnek	17
Kiwi	90	Ředkvička	17
Brokolice	90	Rané brambory	16
Červený rybíz	80	Celer	8
Papája	60	Cibule kuchyňská	5
Pomeranč	53	Okurka	2
Křen	50		
Zelí	49		

Vývoj ceny vitamínu C:

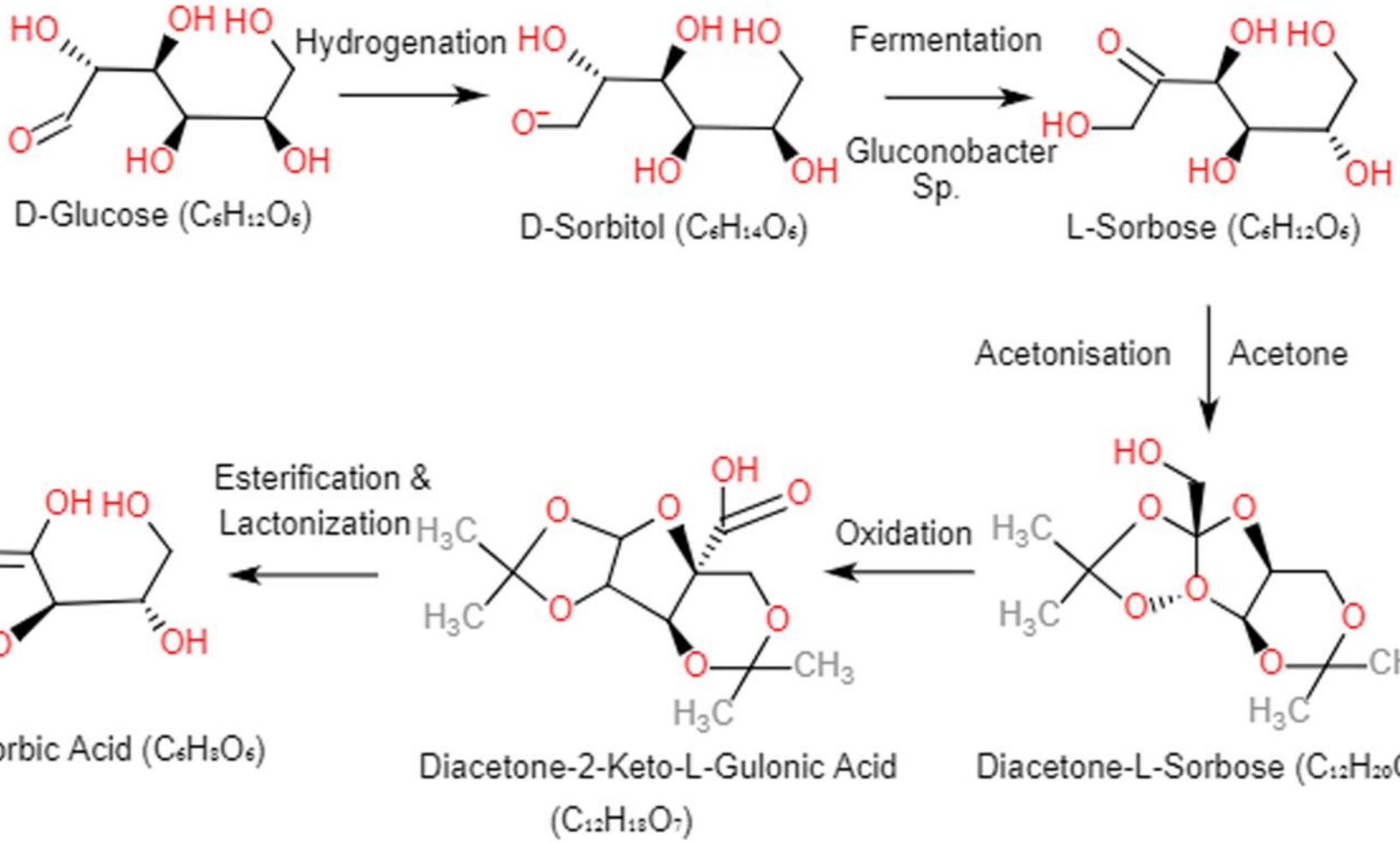


Milníky v oblasti technologie získávání vitamínu C:




Reichstein Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
Gluconobacter Sp.
Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
Acetonisation
Diacetone-L-Sorbose
$C_{12}H_{20}O_6$
Oxidation/hydrolysis
Diacetone-2-Keto-L-Gulonic acid (DAKS)
$C_{12}H_{18}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
Conventional Two-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
G. Oxydans
Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
New Two-Step Fermentation Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
E. Herbicola
Fermentation
2,5-Diketo-D-Gluconic acid
$C_6H_8O_7$
C. Glutamicum
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Pilot Scale/Research
One-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Recombinational E. Herbicola
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Lab/Research

Reichstein Process



Výroba vitamínu C v ČR = dříve vyráběla firma Farmak Olomouc,

Úvod - Farmak. a.s.

https://www.farmak.cz/o-spolecnosti

Facebook LinkedIn Instagram CZ EN RU

farmak

Úvod O nás Produkty Kariéra Kontakty

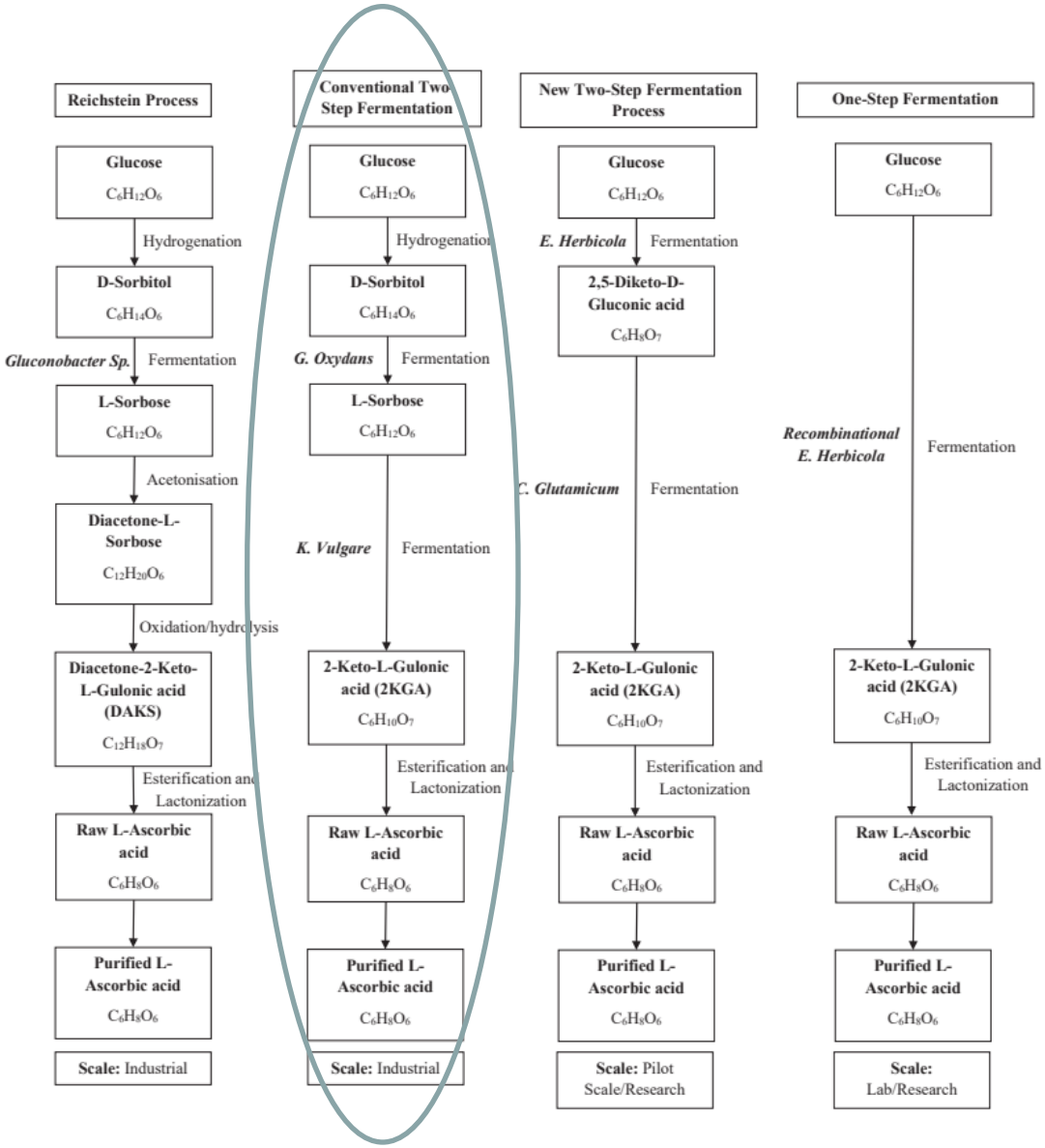
Nacházíte se: O nás

O nás

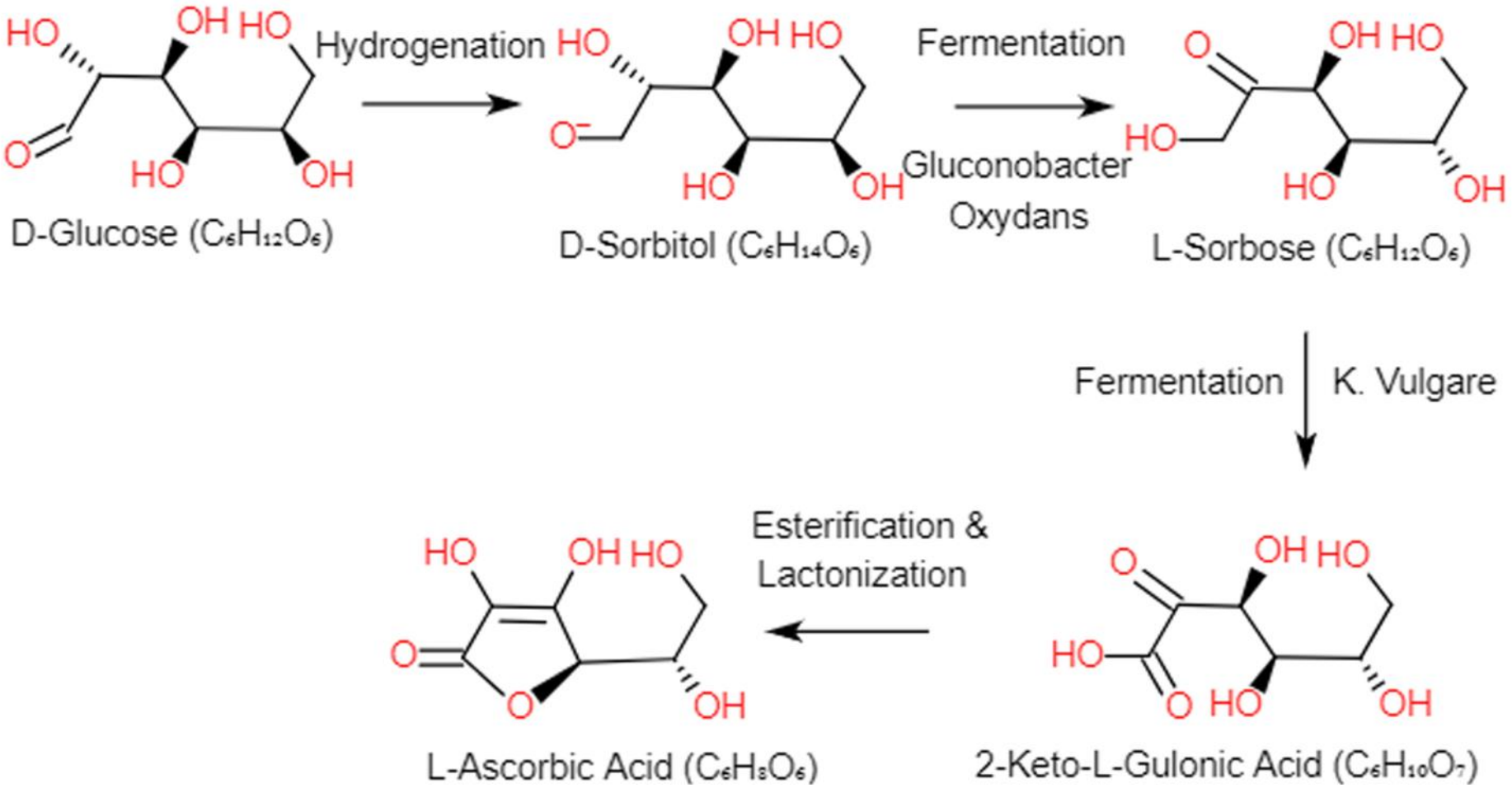


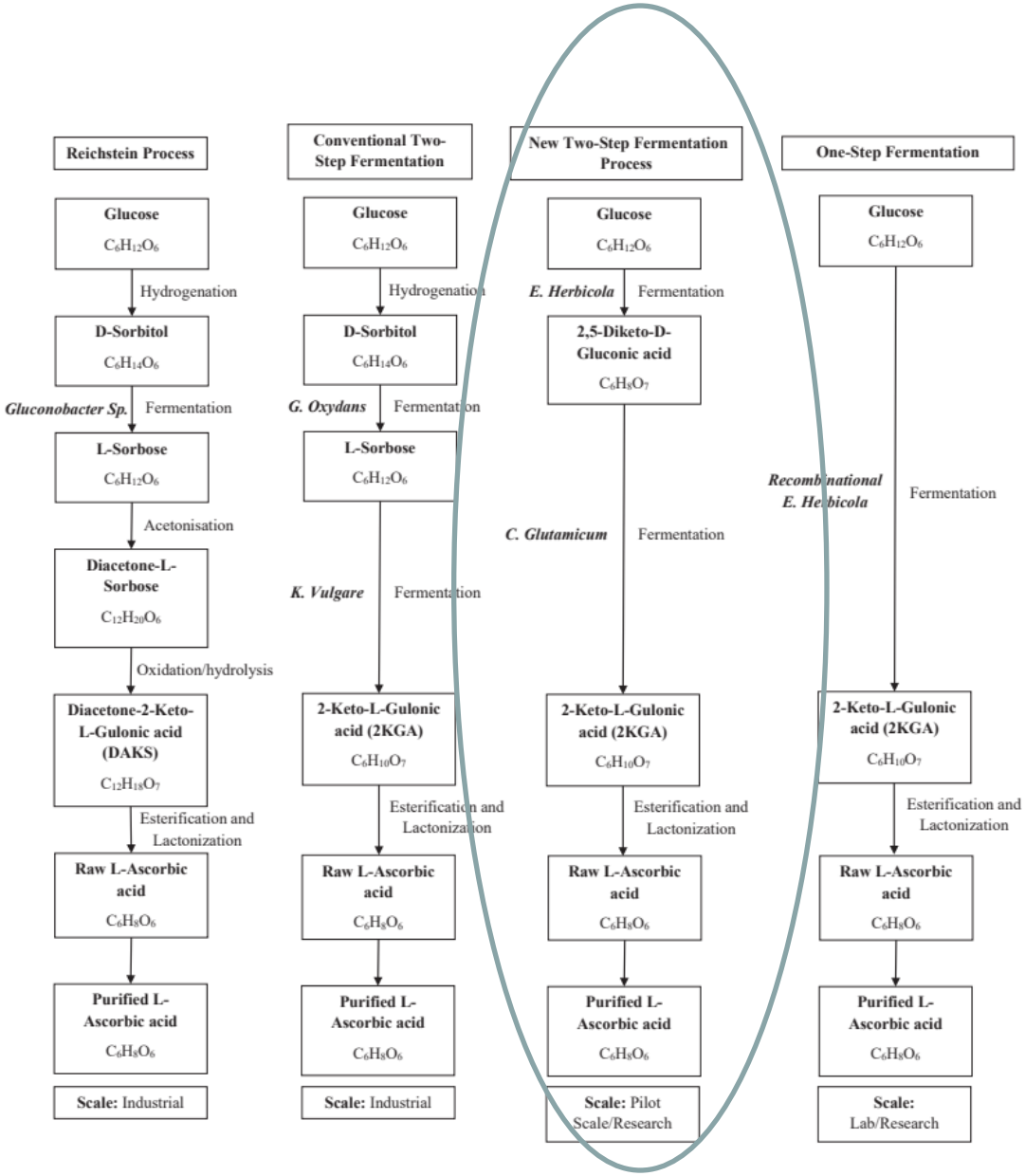
Jsme ryze česká chemicko-farmaceutická společnost zaměřená na vývoj, výrobu a marketing výrobků ze dvou produktových skupin:

- aktivní farmaceutické ingredience – léčivé látky
- chemické meziprodukty a speciality

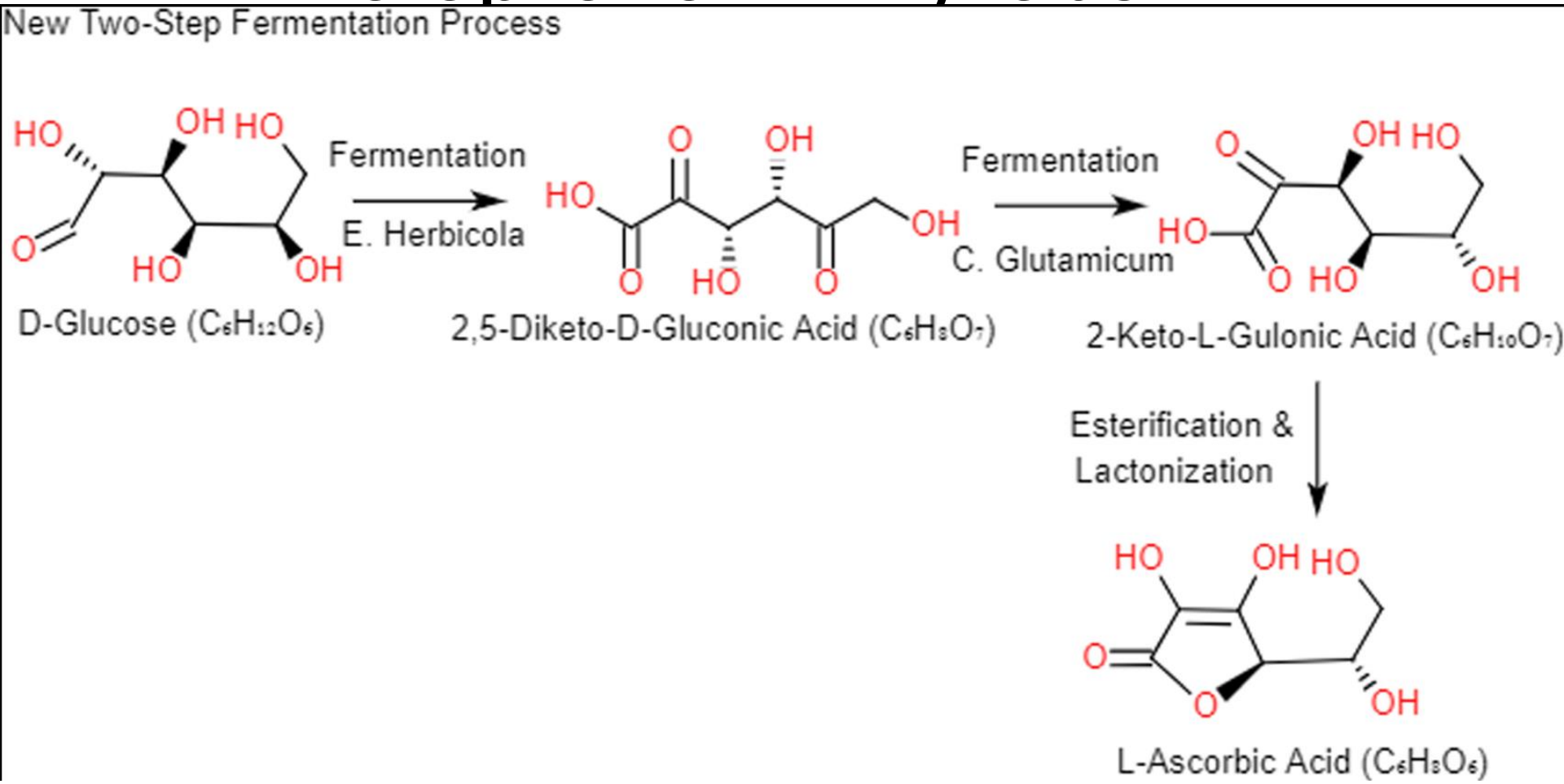

Reichstein Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
Gluconobacter Sp.
Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
Acetonisation
Diacetone-L-Sorbose
$C_{12}H_{20}O_6$
Oxidation/hydrolysis
Diacetone-2-Keto-L-Gulonic acid (DAKS)
$C_{12}H_{18}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
Conventional Two-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
G. Oxydans
Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
K. Vulgare
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
New Two-Step Fermentation Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
E. Herbicola
Fermentation
2,5-Diketo-D-Gluconic acid
$C_6H_8O_7$
C. Glutamicum
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Pilot Scale/Research
One-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Recombinational E. Herbicola
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Lab/Research

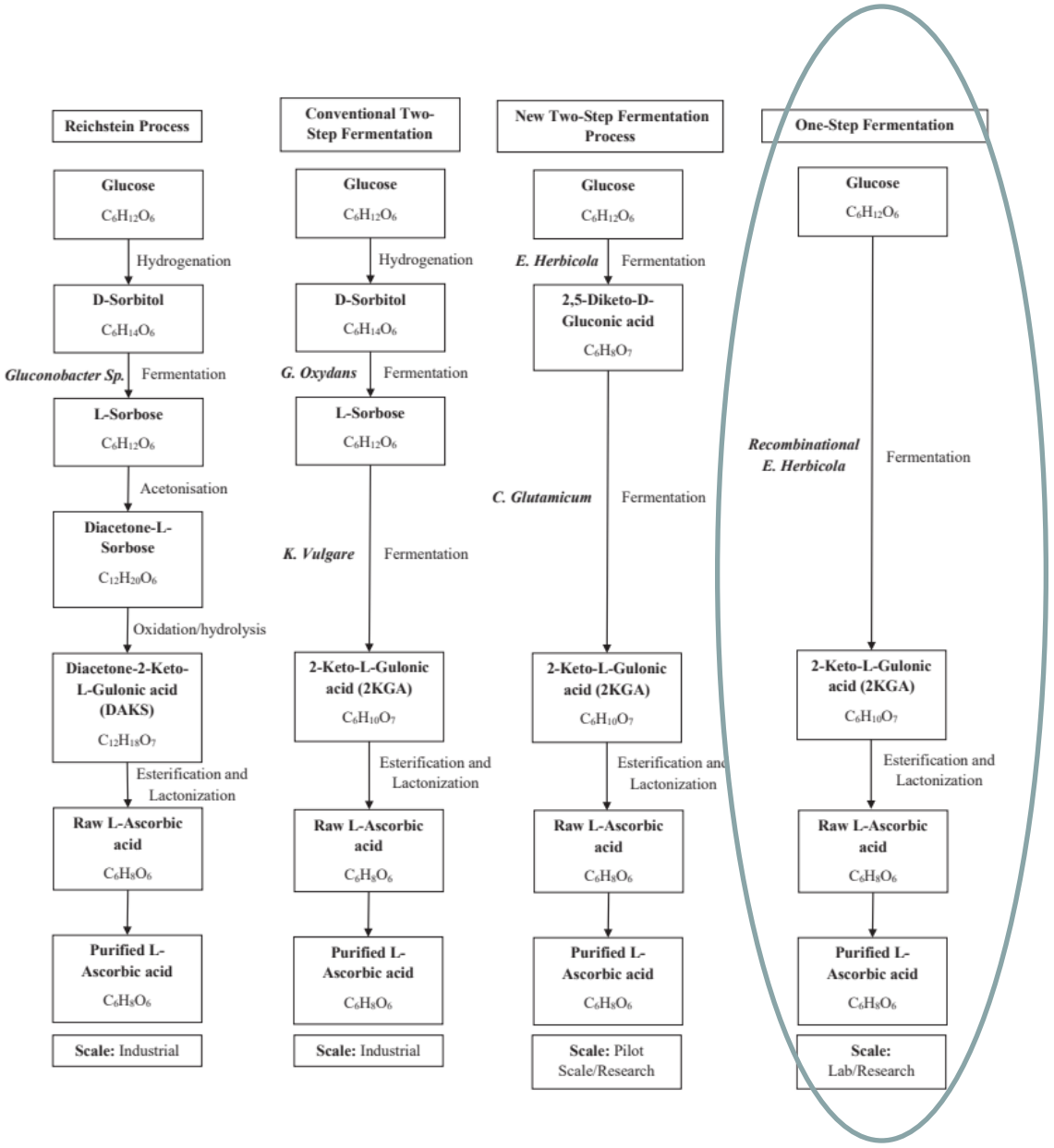
Conventional Two-Step Fermentation Process



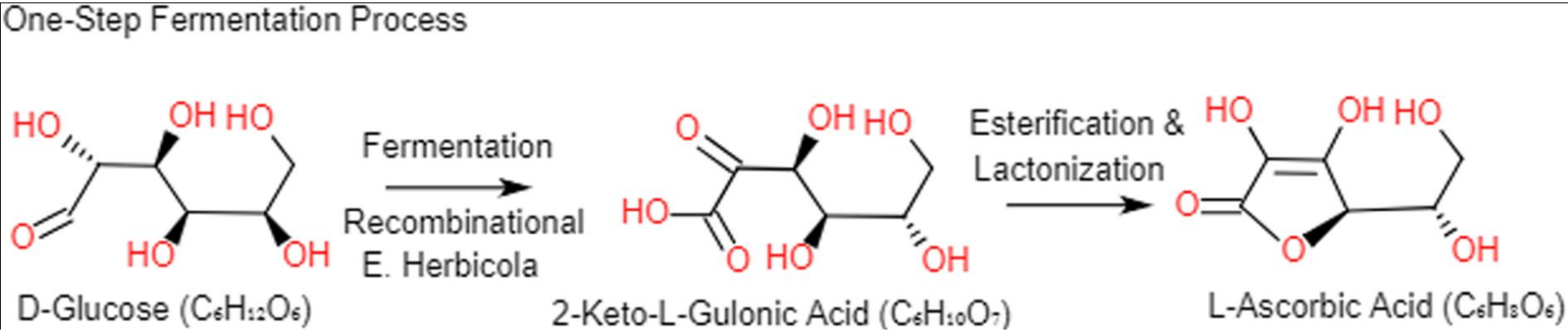

Reichstein Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
Gluconobacter Sp. Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
Acetonisation
Diacetone-L-Sorbose
$C_{12}H_{20}O_6$
Oxidation/hydrolysis
Diacetone-2-Keto-L-Gulonic acid (DAKS)
$C_{12}H_{18}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
Conventional Two-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
G. Oxydans Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
K. Vulgare Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
New Two-Step Fermentation Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
E. Herbicola Fermentation
2,5-Diketo-D-Gluconic acid
$C_6H_8O_7$
C. Glutamicum Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Pilot Scale/Research
One-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Recombinational E. Herbicola Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Lab/Research

Poloprovozní výroba:



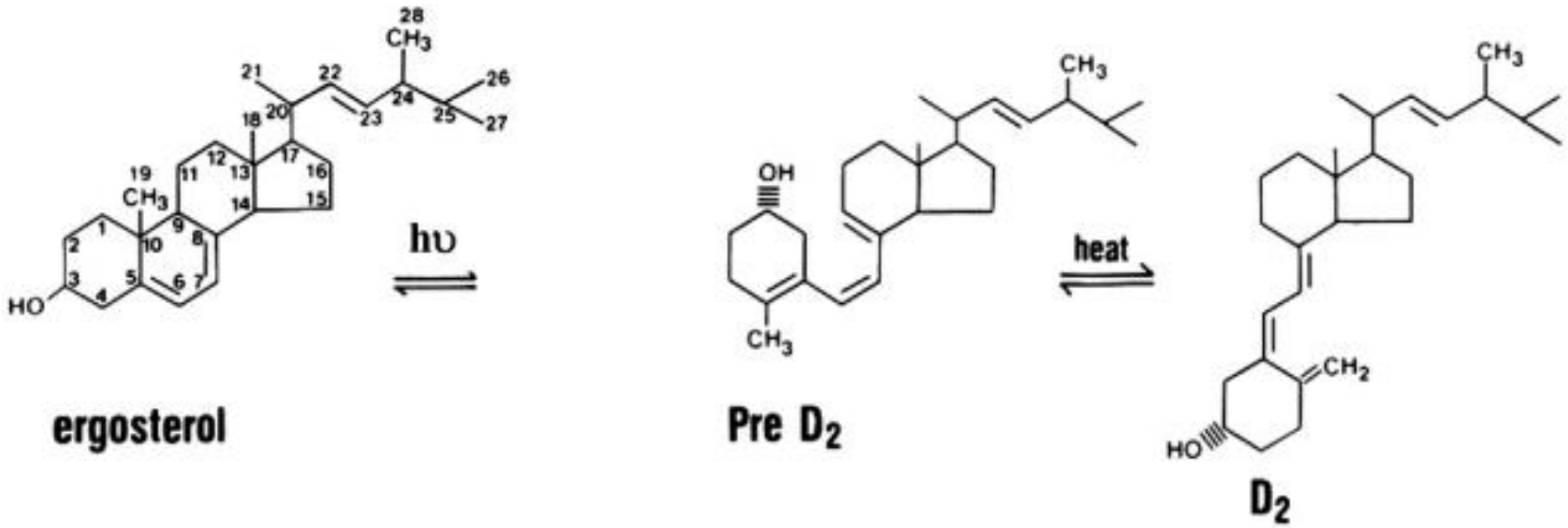

Reichstein Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
Gluconobacter Sp.
Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
Acetonisation
Diacetone-L-Sorbose
$C_{12}H_{20}O_6$
Oxidation/hydrolysis
Diacetone-2-Keto-L-Gulonic acid (DAKS)
$C_{12}H_{18}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
Conventional Two-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Hydrogenation
D-Sorbitol
$C_6H_{14}O_6$
G. Oxydans
Fermentation
L-Sorbose
$C_6H_{12}O_6$
K. Vulgare
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Industrial
New Two-Step Fermentation Process
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
E. Herbicola
Fermentation
2,5-Diketo-D-Gluconic acid
$C_6H_8O_7$
C. Glutamicum
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Pilot Scale/Research
One-Step Fermentation
Glucose
$C_6H_{12}O_6$
Recombinational E. Herbicola
Fermentation
2-Keto-L-Gulonic acid (2KGA)
$C_6H_{10}O_7$
Esterification and Lactonization
Raw L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Purified L-Ascorbic acid
$C_6H_8O_6$
Scale: Lab/Research

Výzkum:


One-Step Fermentation Process
Fermentation
Recombinational
E. Herbicola
Esterification &
Lactonization
D-Glucose ($C_6H_{12}O_6$)
2-Keto-L-Gulonic Acid ($C_6H_{10}O_7$)
L-Ascorbic Acid ($C_6H_8O_6$)

Výroba vitamínu D = Synthesia, a.s.

Fotochemicky ozařováním ergosterolu separovaného z pekařského droždí:



Biochemical Engineering Journal 131 (2018) 70–76

Contents lists available at ScienceDirect

Biochemical Engineering Journal

journal homepage: www.elsevier.com/locate/bej

Enhancement of ergosterol production by *Saccharomyces cerevisiae* in batch and fed-batch fermentation processes using *n*-dodecane as oxygen-vector

Alexandra Cristina Blaga[a], Corina Ciobanu[a], Dan Caşcaval[a,*], Anca-Irina Galaction[b]

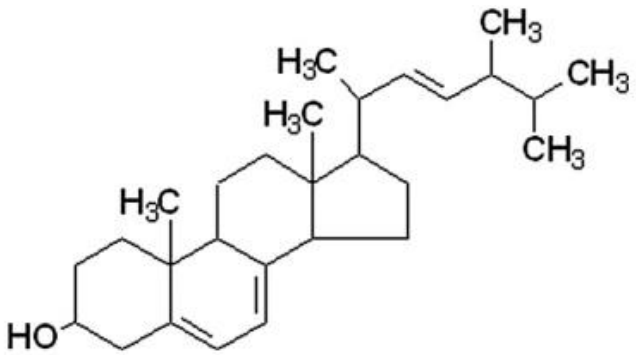
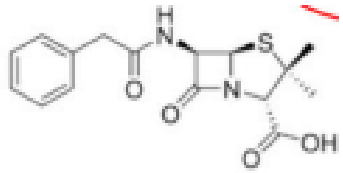
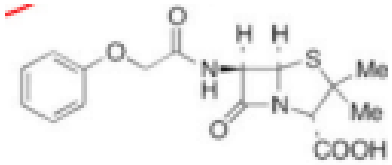


Fig. 1. Chemical structure of ergosterol.

Získávání an[illegible] penicilir[illegible]



Penicillin G



Penicillin V

Historical development of antibiotic & penicillin.

Year	Penicillin development activities
1913	First antibiotic Salvarsan discovered
1928	Penicillin discovered by Alexander Fleming
1930	Isolation & purification by Howard Florey & Ernst Boris Chain
1941	Penicillin as human drug application in the USA
1942	Microbial culture for penicillin production (Merck, Squibb, & Pfizer) • Strain improvement by mutation-Clinical trial (Selling price in the USA $20/unit) • In Peoria, Illinois Dr. K. B. Raper produced 70–80 units/mL in a small-scale fermenter. • Large scale production started.
1943	• Given name "Wonder drug" Fleming, Florey & Chain awarded
1944	Nobel prize
1945	Commercial scale penicillin fermentation (submerged)
1946	NRRL functioned as hub of >1000 penicillin producing strains
1949	Annual production reached 133,229 billion units
1950	Enzymatic approach to produce 6-APA
1952	NRRL strain 1951.B25 yielded 250–500 unit/mL
1958	First US Patent on Penicillin by Andrew Moyer
1960	Discovery of tripeptide
1961	δ-(α-aminoadipyl)-cysteinylvaline (ACV)
1961	β-lactam Cephalosporin discovery
1961	Penicillin price reduced to $ 0.1/unit
1962	Clinical trial approvement by FDA
1976	Ring expansion reaction (cephalosporin from Penicillin)
1984	Isolation of isopenicillin N synthetase
1988	Penicillin characterization by MALDI
1989	Penicillin biosynthetic gene clusters
1997	DIGE protocol and proteomics defining Peter James James
2002	Noble Prize MS & NMR
2008	*P. chrysogenum* Wis 54-1255-genome seq
2010	*P. chrysogenum* intra & extra cellular proteomes-INBIOTEC
2013, 2016–2020	*P. chrysogenum* proteomes-yield improvement by inducers-industrial optimization

M.A. Haque et al:
Science of the Total Environment 946 (2024) 174236.

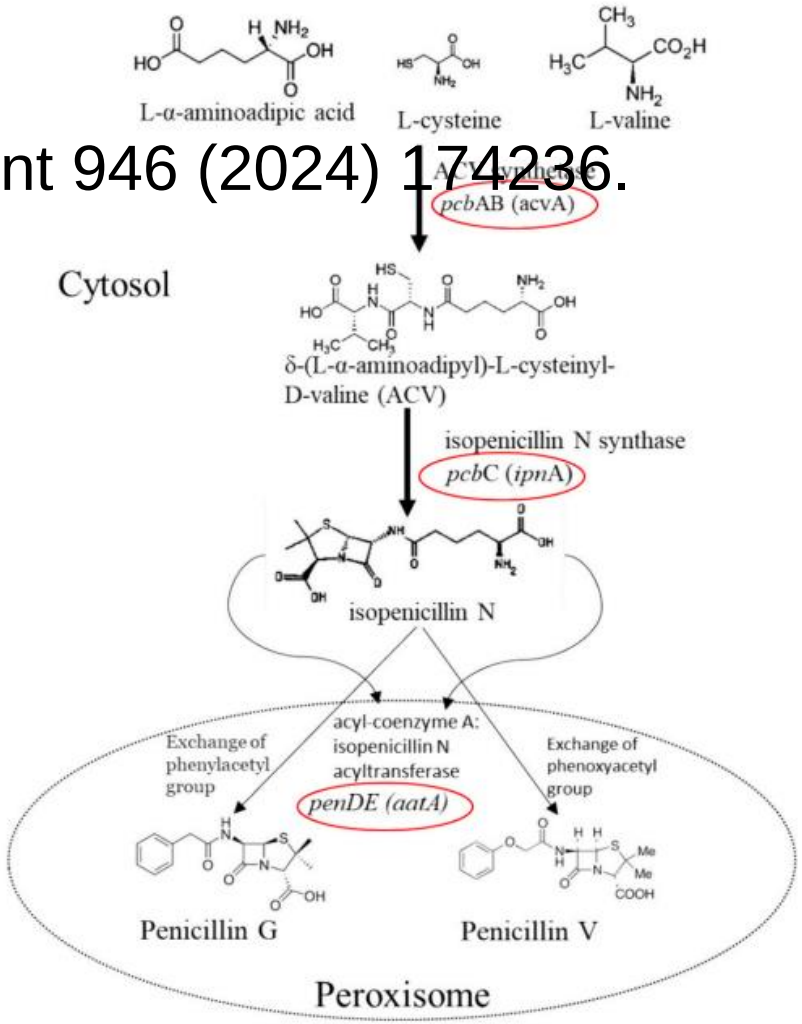


Fig. 2. Biosynthetic pathway of penicillin biomolecule formation.

Získávání penicilinu:
M.A. Haque et al.:
Science of the Total Environment 946 (2024) 174236.

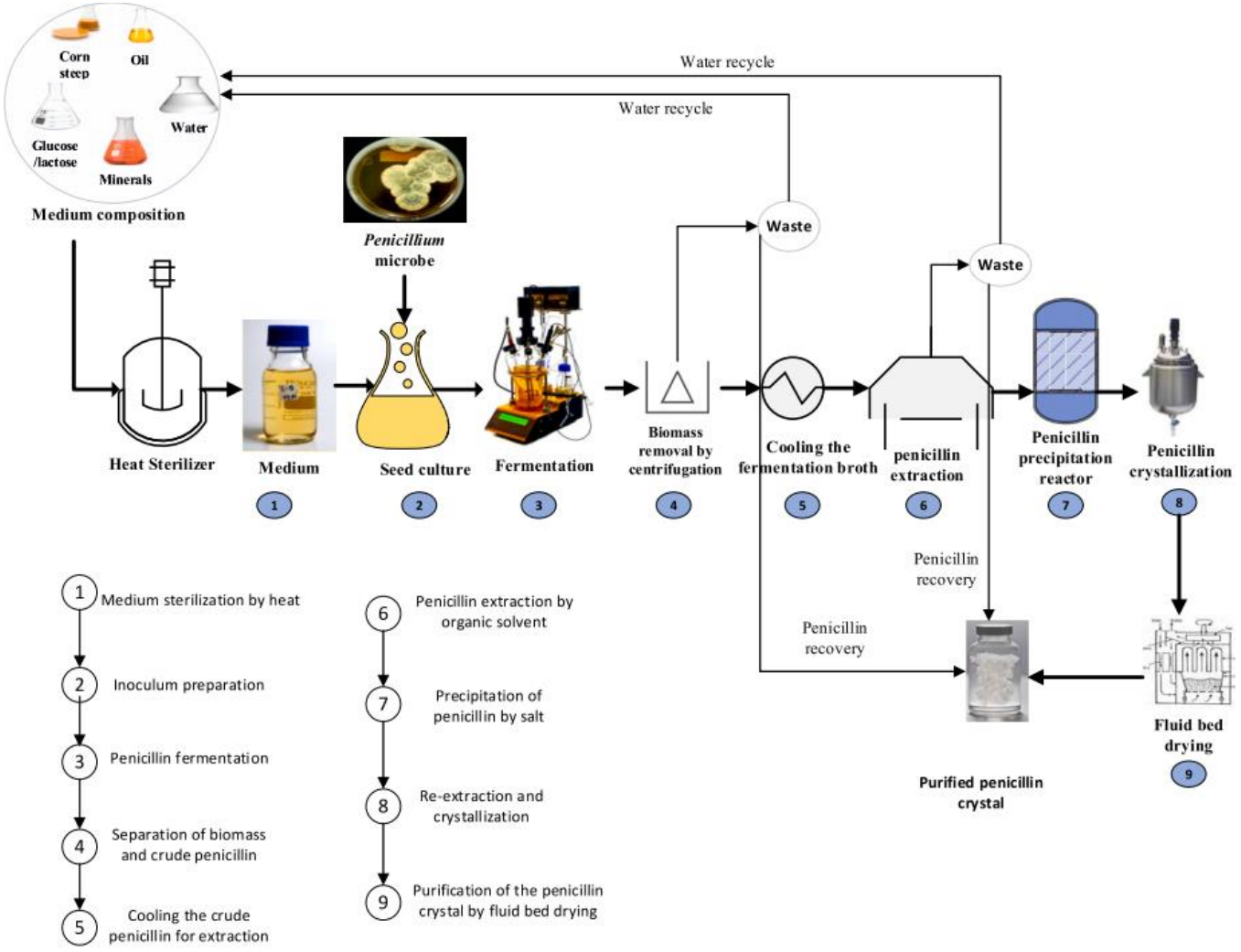


Fig. 1. Microbially fermented penicillin production process.

Od penicilinu k cyklosporinu A:

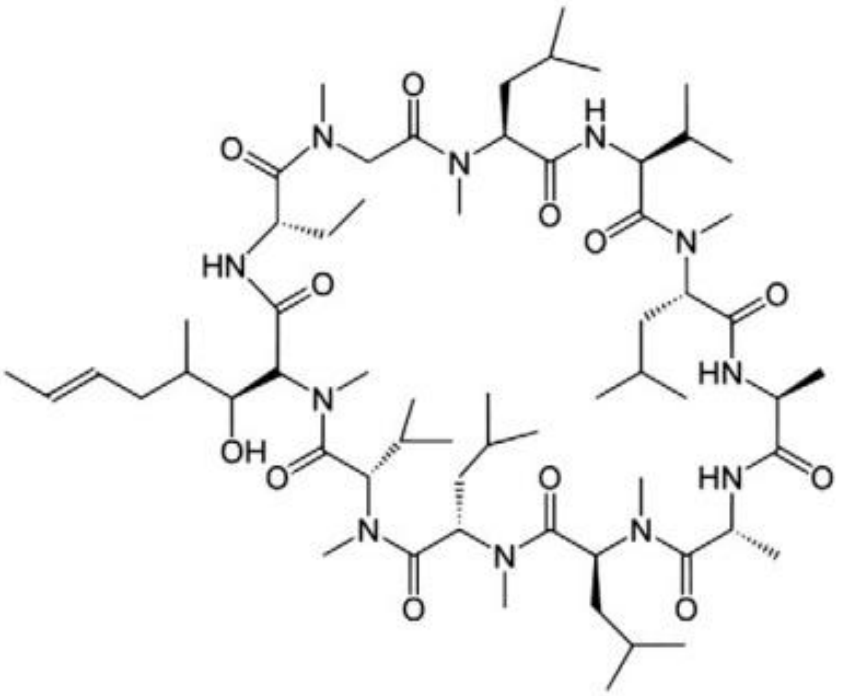


Fig. 1. Chemical structure of CyA.

S.A. Survase et al. / Biotechnology Advances 29 (2011) 418–435.

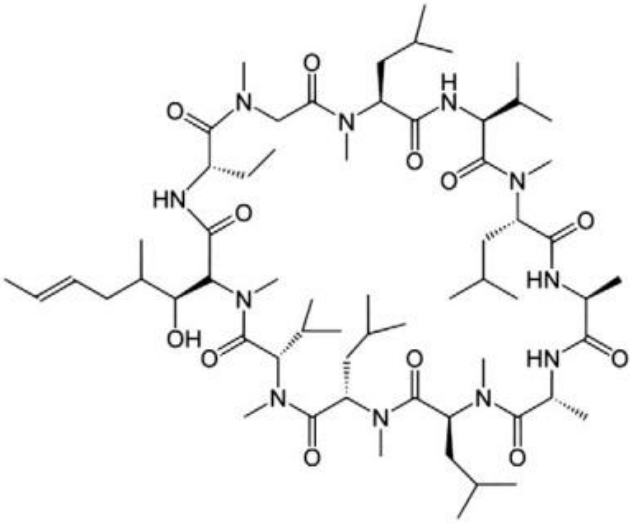


Fig. 1. Chemical structure of CyA.

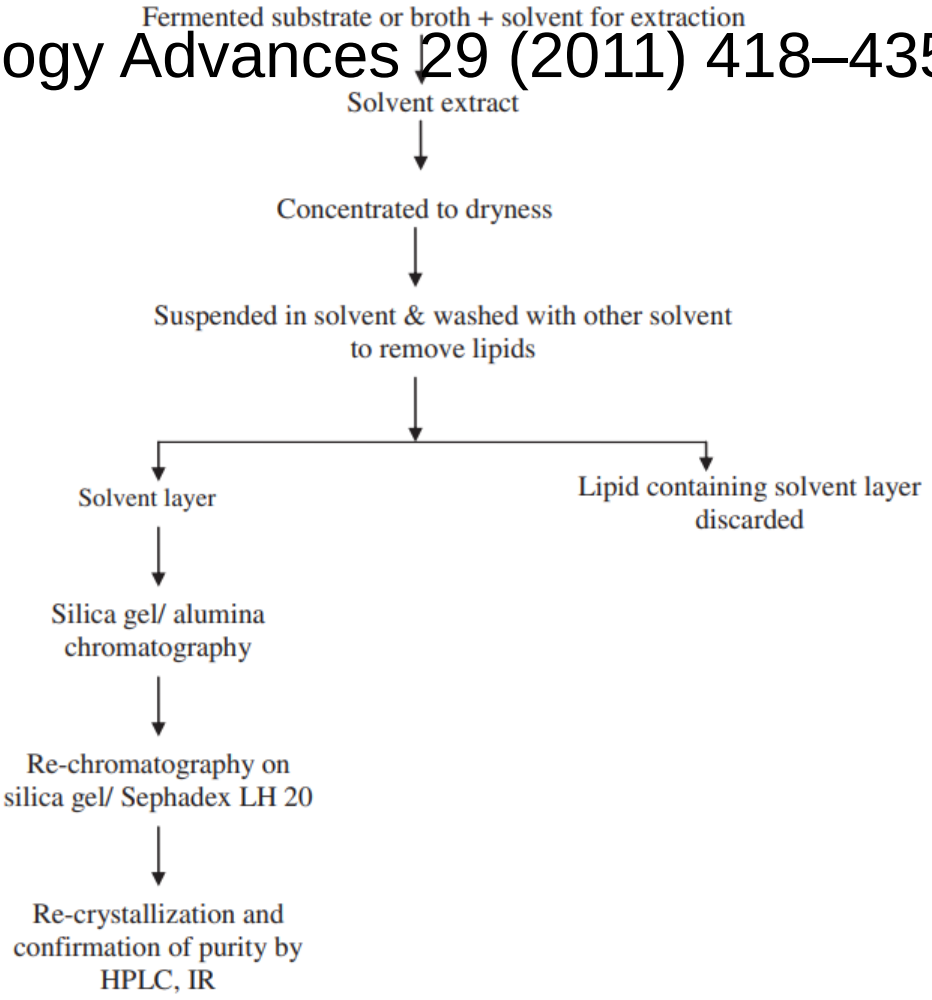
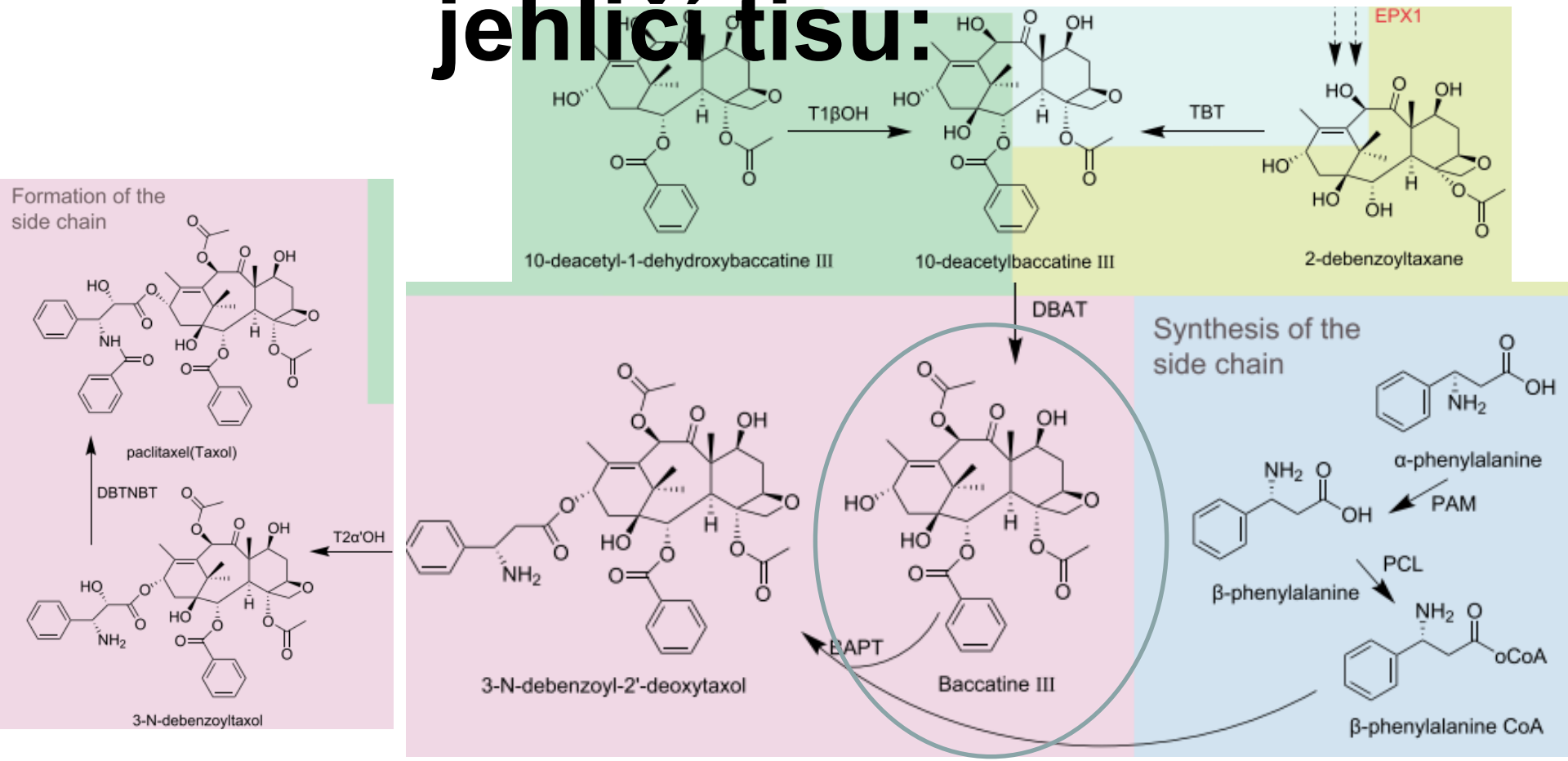


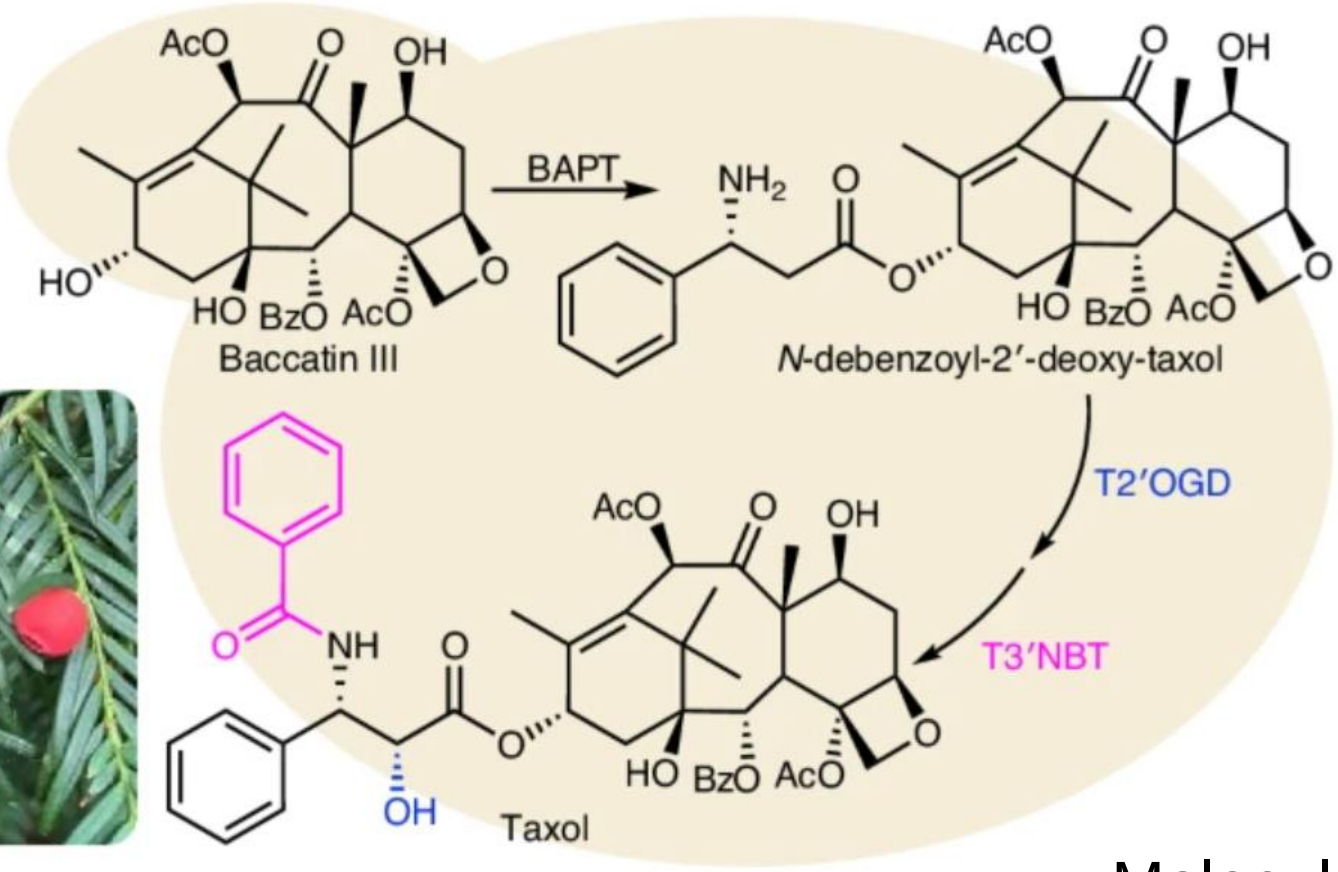
Fig. 2. General protocol for isolation and purification of CyA.

Baccatine III lze separovat z jehličí tisu:



Od antibiotik ke





Molecules 202

Commercial Name	Formulation	Company	Delivery System (Nanoparticle Diameter)	Status	Cancer Type tXarget	Advantages	Common Dose/MTD (mg/m^2)
Abraxane® (nab-PTX)	Paclitaxel and albumin.	Celgene Abraxis	Albumin-bound paclitaxel nanoparticles (130 nm)	Approved internationally (FDA in 2005, EMA in 2008).	Breast cancer, NSCLC, and pancreatic cancer.	Lower toxicity. High MTD.	260/300
Cynviloq™ (Genexol-PM®)	Paclitaxel and mPEG-PDLLA.	Samyang Nantpharma	Polymeric micelles (25 nm)	Approved in South Korea in 2007.	Breast cancer, NSCLC, ovarian cancer, pancreatic cancer, and bladder cancer.	Lower toxicity. The absence of albumin reduces the risk of microbial growth. High MTD.	260/390
Lipusu®	Paclitaxel, lecithin, and cholesterol.	Luye Pharma	Liposome (400 nm)	Approved in China in 2006.	Ovarian cancer and NSCLC (approved). Breast cancer (clinical trial).	Lower toxicity.	175/no data
PICN	Paclitaxel, polyvinyl-pyrrolidone, cholesteryl sulfate, and caprylic.	Sun Pharma	Polymeric lipid-nanoparticles (100 nm)	Approved in India in 2014.	Breast cancer (approved). Ovarian cancer and bladder cancer (clinical trial).	Lower toxicity. High MTD.	260, 95/325
Nanoxel®	Paclitaxel and PVP-b-PNIPAAM.	Dabur	Polymeric micelles (80–100 nm)	Approved in India in 2008.	Breast cancer, NSCLC, ovarian cancer, and AIDS-related Kaposi's sarcoma (approved).	The carrier is pH-sensitive (tumor targeted drug). High MTD. Lower toxicity.	300/375
DHP-107 (Liporaxel®)	Paclitaxel, monoolein, tricaprylin, and Tween 80.	Daehwa	Emulsion (oral administration)	Approved in South Korea in 2016.	Gastric cancer.	Oral administration. High MTD.	200/600
(Apealea®) Paclical®	Paclitaxel, N-tr-Lc methyl ester, and N.13cr-Lc methyl ester.	Oasmia	Polymeric micelles (20–60 nm)	Approved in Russian Federation in 2015.	Ovarian cancer (approved).	The carrier is rapidly metabolized.	260/250



Děkuji Vám za pozornost

SKUPINA CHEMICKÝCH TECHNOLOGIÍ
Univerzita Pardubice
TOMAS.WEIDLICH@UPCE.CZ
TEL.: 466 038 049

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Vytvořeno v rámci projektu **Green Deal UPCE**, reg. č. NPO_UPCE_MSMT-2142/2024-4.

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons BY-SA 4.0. Pro zobrazení licenčních podmínek navštivte https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/.



NÁRODNÍ PLÁN OBNOVY
Financováno Evropskou unií
NextGenerationEU