



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KATEDRA
ENERGETICKÝCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

KKE/CE - Člověk a Energie

ZS 2020/2021
1. přednáška



Organizace předmětu KKE/CE



Ing. Lukáš Richter

KKE - Katedra energetických strojů a zařízení

Místnost: UK710

E-mail: richterl@kke.zcu.cz

- Výuka distančně - online v prostředí MS Teams
- Přednáška 1x týdně + cvičení 1x týdně, v rámci cvičení vzdálené a virtuální exkurze
- Na konci zápočtový test ve zkouškovém období
- Veškeré informace a učební materiály na CW + doplňkové média (FB, Home, atd.)
- Informace v průběhu semestru CW + hromadný email + MS Teams + Facebook

Osnova - přednášky



- 1) Úvod do energetiky - současný stav energetiky, „energetika ČR na křižovatce“, budoucnost
- 2) Zdroje energie, DDZ, energetický systém, tepelné (elektrárenské oběhy), paliva, stavové diagramy
- 3) Spalování - fyzika hoření, technologie, kotle, ohniště, výparníky, kotlové ztráty, snižování emisí, biomasa
- 4) Tepelné motory - vnitřní a vnější spalování, parní turbíny, kogenerační jednotky
- 5) Tepelné výměníky, čerpadla, elektrická část elektráren, carnotizace - zvyšování účinnosti
- 6) Jaderná energetika - historie, vývoj, radioaktivita, umělé štěpení, fyzika jaderného reaktoru, termonukleární fúze
- 7) Jaderné elektrárny a reaktory, tokamaky
- 8) Palivový cyklus jaderného paliva, skladování, přepracování
- 9) Energie a lidstvo - energetická spotřeba, zásoby fosilních paliv, klimatické změny, potenciál OZE, akumulace energie
- 10) Vodní energetika - fyzika vodních děl, vodní elektrárny, vodní turbíny, vodní kola
- 11) Energie Slunce - intenzita a složení záření, solární konstanta, kolektory, FV panely, solární a solární tepelné elektrárny
- 12) Energie větru - fyzika vzdušného proudu, výkon vzdušného provozu, větrné elektrárny a farmy, offshore
- 13) Alternativní energetika - bioplyn, odpadní teplo, sekundární zdroje, ORC, tep. čerpadla, geotermál, úspory energie

Osnova - cvičení



- 1) Úvod - SI jednotky, tlak, teplo, teplota, práce, výkon, ...
- 2) Termodynamika - ideální plyn, 1. věta termodynamiky
- 3) Termodynamika - tepelný stroj, Carnotův oběh, 2. věta termodynamiky
- 4) Mechanika tekutin - průtok proudění, rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice
- 5) Virtuální exkurze Ledvice
- 6) Vzdálená exkurze Doosan Škoda Power
- 7) Virtuální exkurze Temelín
- 8) Vzdálená exkurze Škoda JS
- 9) Bezpečnost jaderných elektráren, havárie
- 10) Obnovitelné zdroje, smart grids, smart city, akumulace energie
- 11) Virtuální exkurze vodní elektrárny Štěchovice (+ Orlík, Střekov, Dlouhé Stráně, Lipno)
- 12) Slunce - výpočet kolektoru, FV elna vs. Temelín, virtuální prohlídka Buštěhrad
- 13) Vítr - výpočet výkonu větrné elektrárny, prohlídka VE Janov

Cvičení - podmínky



- S ohledem na přechod na distanční výuku není účast na cvičeních evidována.
- Přehledové testy (5) - každý test 5 otázek po 1 bodu. Do konečného hodnocení se započítají 4 bodově nejlepší testy. Tím bude umožněno jeden test vynechat například z důvodu nemoci. Max tedy 20 bodů -> 90 %+ = +5 bodů k závěrečnému testu. 40 %- = -5 bodů k závěrečnému testu.
 - 3. týden (cvičení 1 + 2)
 - 5. týden (cvičení 3 + 4)
 - 9. týden (cvičení 5 + 7)
 - 11. týden (cvičení 9 + 10)
 - 13. týden (cvičení 11 + 12)
- Používané učební nástroje Skupiny ČEZ:
 - <http://virtualniprohlidky.cez.cz> , <https://www.svetenergie.cz>

Plán přednášky



- Motivace ke studiu energetiky
- Obecný vývoj energetiky ve světě
- Rizika a budoucnost energetiky ČR jako součást Evropy
- Energetika na KKE

Motivace

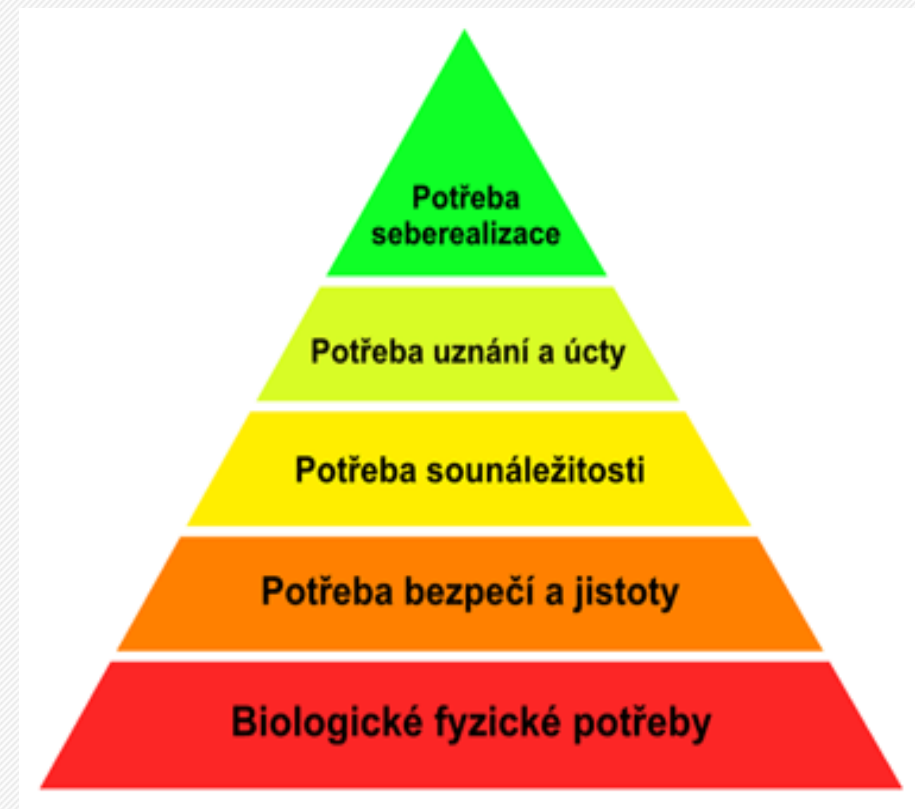


- Proč bych měl studovat energetiku ?
- Proč bych měl studovat energetiku na KKE ?

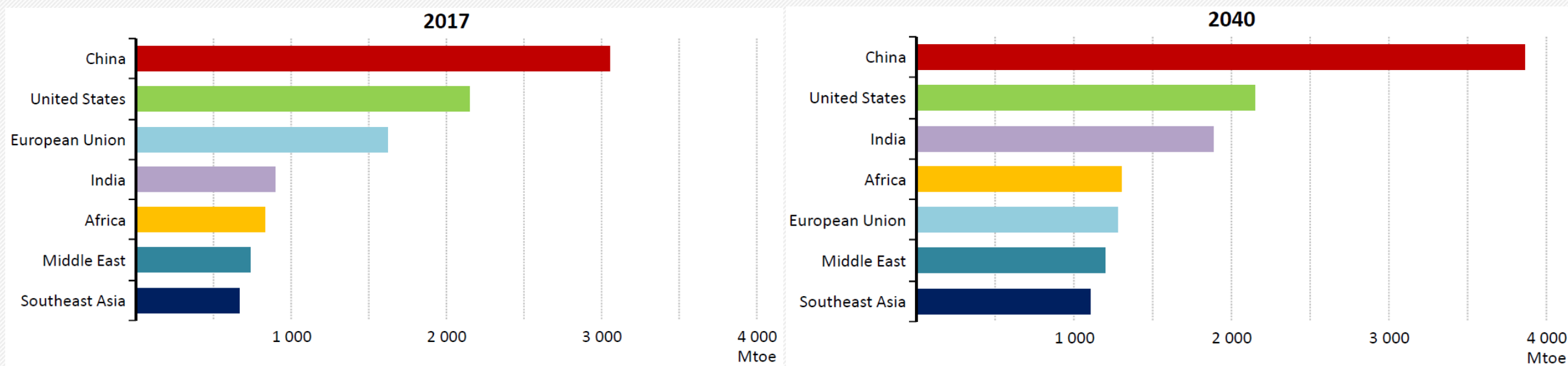
Energetika - základní potřeba



Prosperita státu stojí na zajištění dodávek energie podnikatelům i občanům v potřebné kvalitě, stabilitě a bezpečně v čase a za ekonomicky přijatelné ceny, které by nezhoršovaly konkurenceschopnost průmyslu a sociální situaci občanů.



A spotřeba stále roste...



Spotřeba elektrické energie v ČR:

2010 - 60 TWh

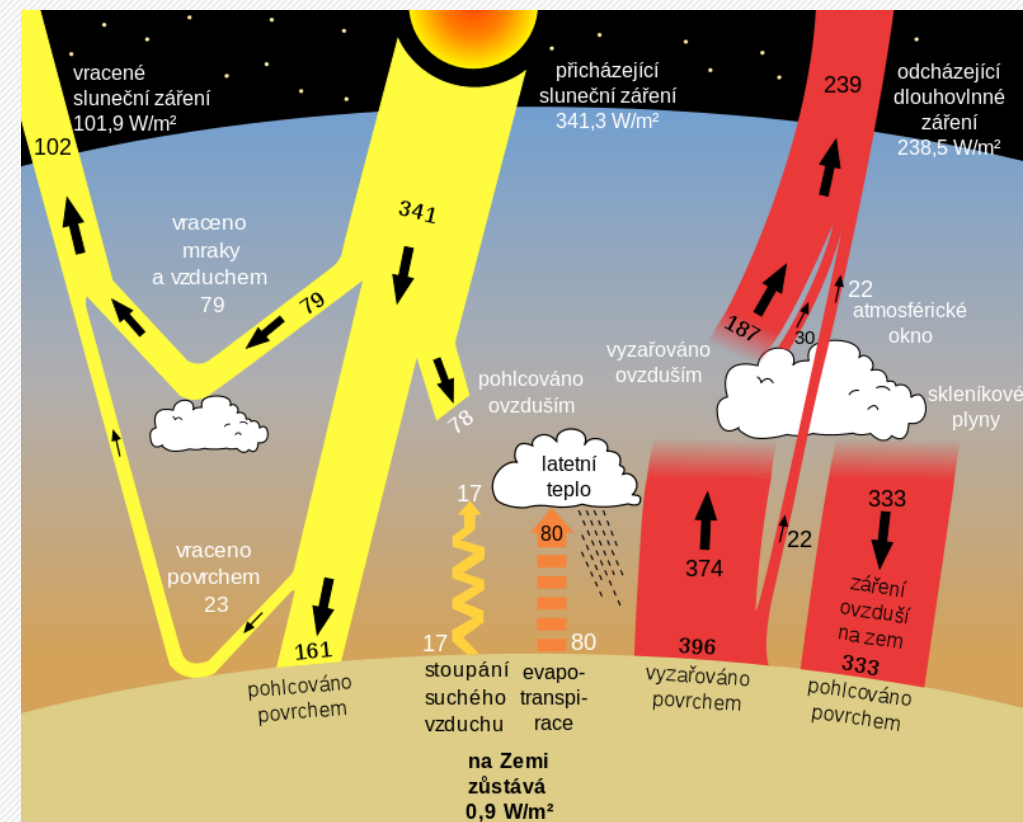
2019 - 74 TWh

2050 - 100 TWh

Přírodní bohatství vs. skleníkový efekt



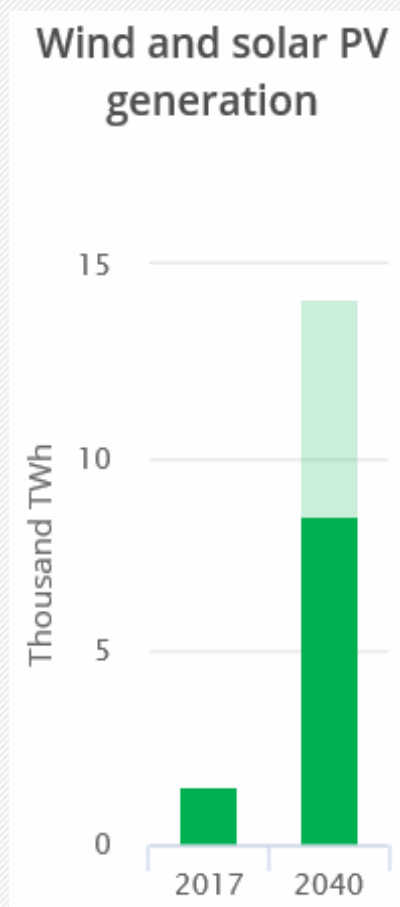
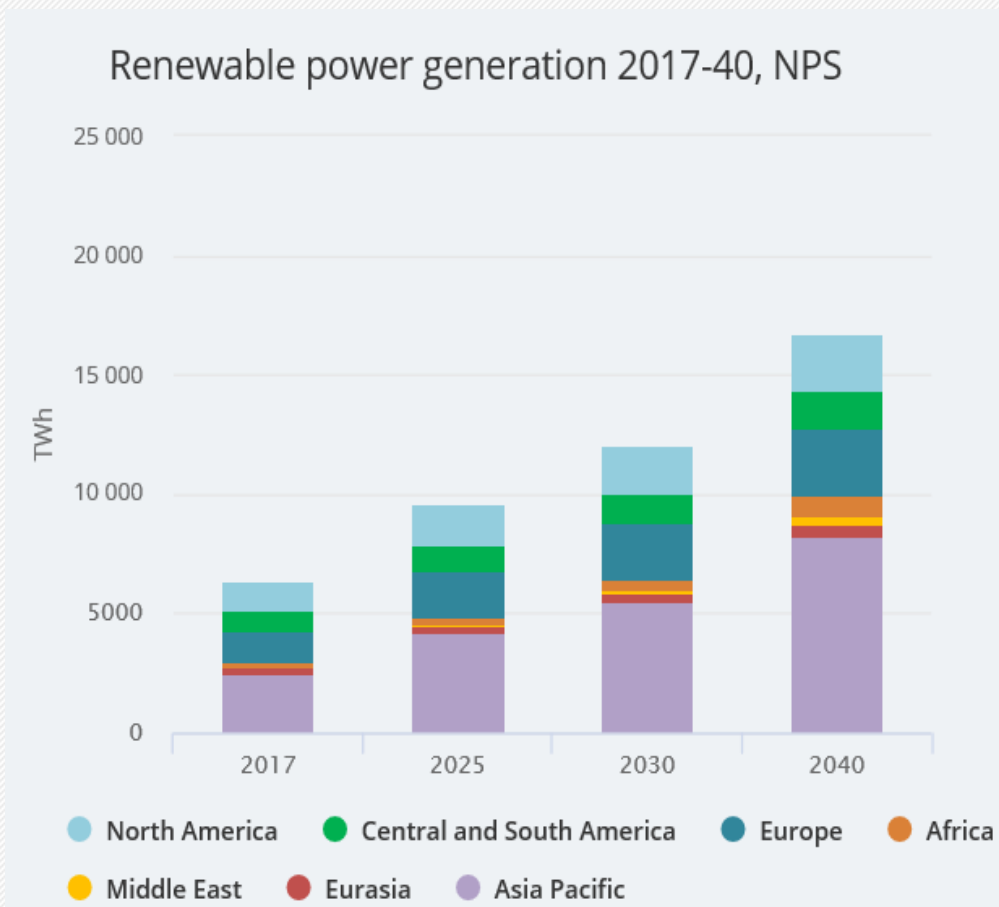
Palivo	Zásoby	Současná spotřeba	Vydrží
ropa	190 Gt	4 Gt/rok	46 let
zemní plyn	190 Tm ³	3 Tm ³ /rok	59 let
uhlí	860 Gt	4 Gt/rok	118 let
uran	5.5 Mt	51 kT/rok	108 let



Nový fenomén schopný razantních změn

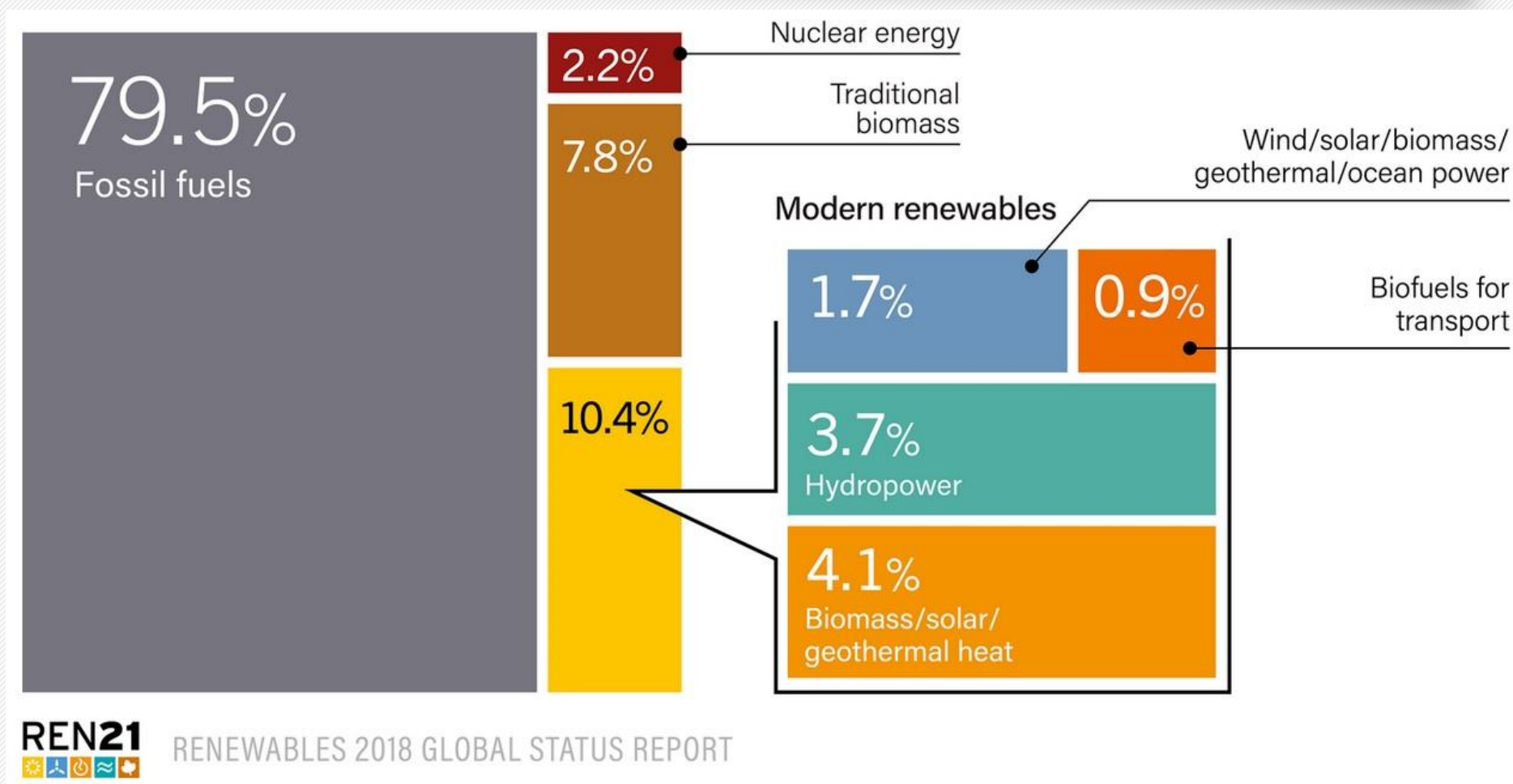


Obnovitelné zdroje energie (OZE)

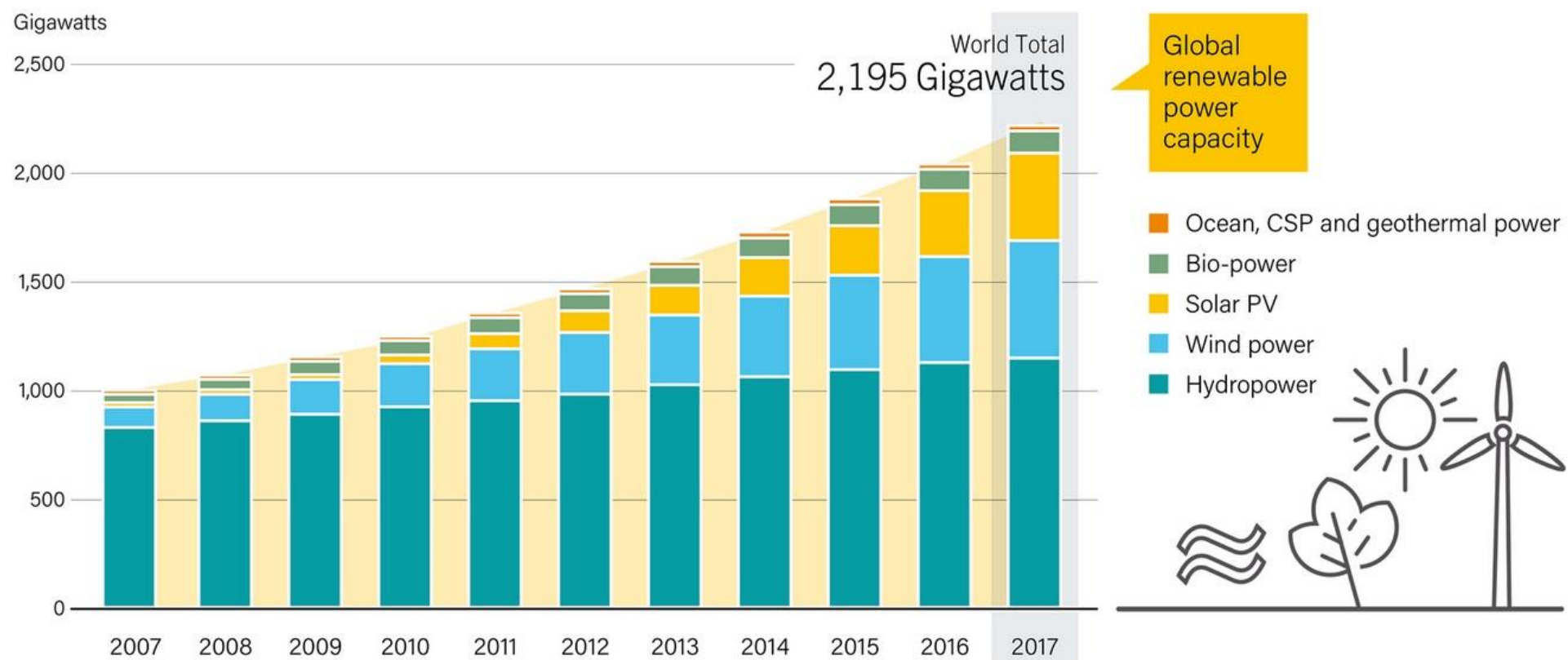


- Výroba, výstavba a provozování OZE vytvořilo v roce 2016 9.8 milionu pracovních míst. Do roku 2030 může v sektoru OZE pracovat až 24 milionů lidí. Největším evropským zaměstnavatelem v OZE je Německo (330 tisíc), dále Francie (162 tisíc), Velká Británie (110 tisíc) a Španělsko (76 tisíc).

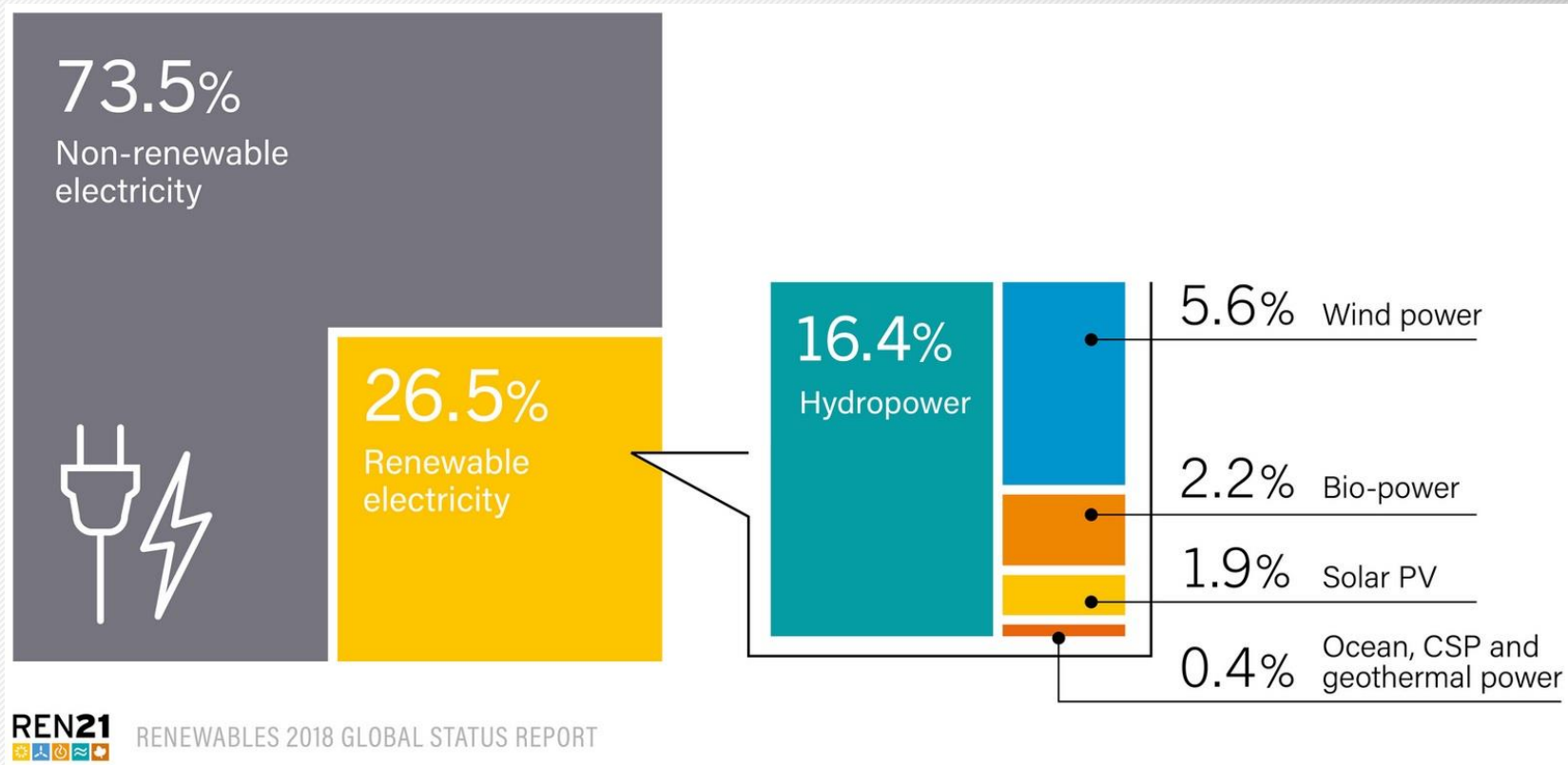
Odhadovaný podíl jednotlivých zdrojů na celkové energetické spotřebě ve světě (rok 2016)



Vývoj instalovaného výkonu OZE ve světě



Podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie (na konci roku 2017)



- Otázka k zamyšlení: Jsou elektromobily opravdu tak ekologické, když jsou poháněné elektřinou z konvenčních neobnovitelných zdrojů?

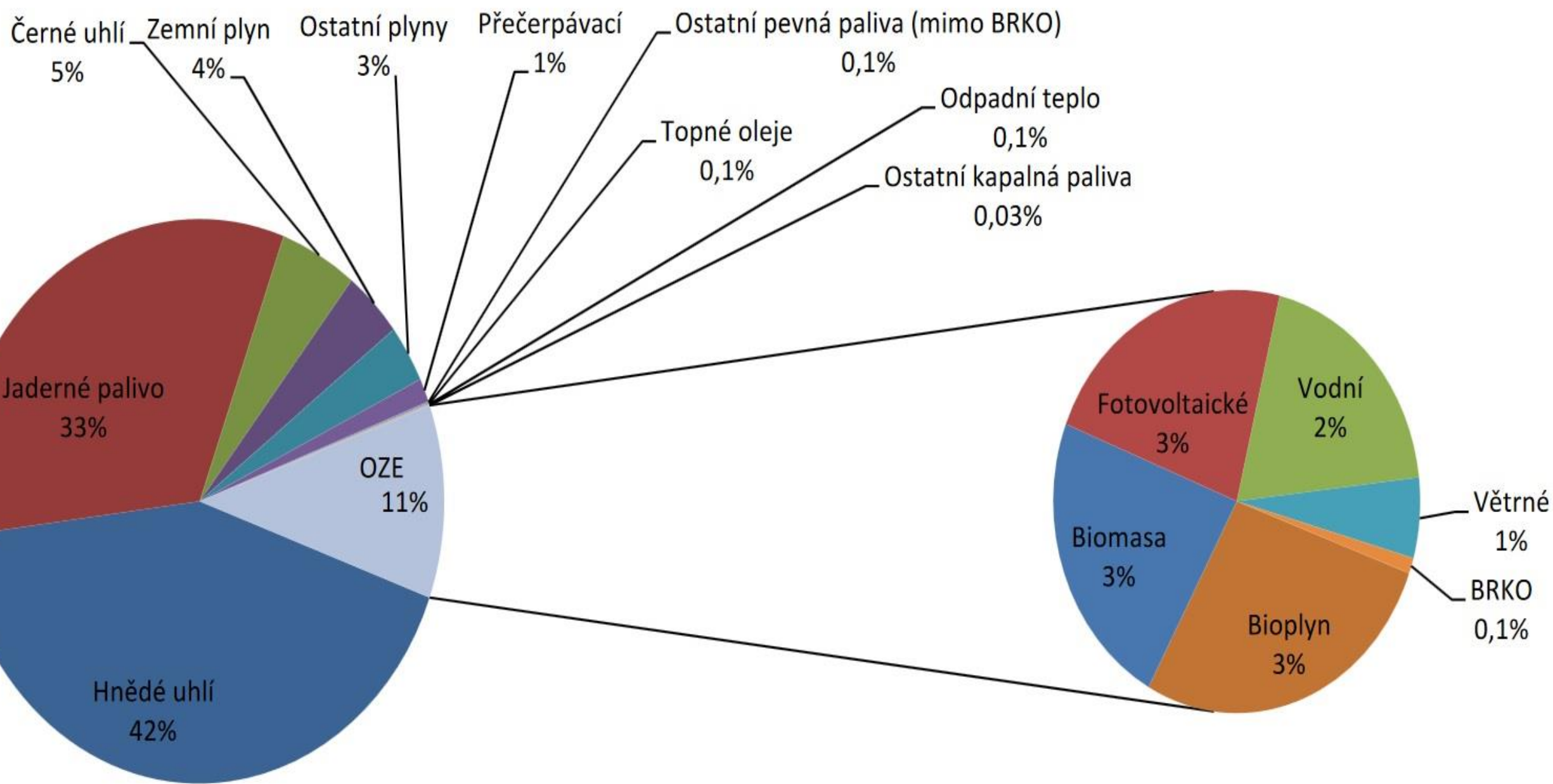
Energetika v ČR - současnost



Výroba elektřiny	Instalovaný výkon (stabilně dodávaný)	Bilance 2019
50 % hnědé + černé uhlí + plynové bloky	10 GW uhelné bloky	Výroba 88 TWh,
35 % jádro	2 GW plynové bloky	Potřeba 5 - 12 GW výkonu ... 73.9 TWh
15 % voda, slunce, vítr, biomasa, zpracování odpadu, mikrokogenerace	4 GW jaderné bloky	Export 25.5 TWh
	2 GW vodní systémy včetně přečerpávacích	Import 11.6 TWh

- ČR je v současnosti čistým vývozcem elektřiny s dostatečnými rezervami výroby i výkonu. Zároveň má robustní přenosovou síť, pomocí které pomáhá zajišťovat transport elektřiny ze severu Evropy na jih a udržovat tak stabilitu v našem regionu.
- Většina elektráren je však pokročilejšího věku a většina uhelných elektráren a tepláren není ekologizovaná.

Podíl paliv a technologií na výrobě elektřiny brutto - 2017



Vývoj instalovaného výkonu v elektrizační soustavě ČR k 31. 12. 2017 [MW] (zdroj: ERÚ)



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Celkem ČR	17 724,2	18 325,8	20 072,9	20 250,0	20 519,5	21 079,2	21 848,4	21 865,7	21 989,0	22 266,7
Jaderné (JE)	3 760,0	3 830,0	3 900,0	3 970,0	4 040,0	4 290,0	4 290,0	4 290,0	4 290,0	4 290,0
Parní (PE)	10 685,2	10 720,1	10 769,0	10 787,5	10 644,1	10 819,5	10 741,9	10 741,9	10 850,0	11 075,4
Paroplynové (PPE)	569,7	560,7	590,7	590,7	520,7	518,0	1 363,3	1 363,3	1 363,5	1 363,5
Plynové a spalovací (PSE)	327,9	374,2	433,7	510,8	750,1	820,1	855,9	855,9	874,0	895,9
Vodní (VE)	1 045,3	1 036,5	1 056,1	1 054,6	1 069,2	1 082,7	1 080,4	1 087,5	1 090,2	1 092,7
Přečerpávací (PVE)	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 171,5	1 171,5	1 171,5	1 171,5
Větrné (VTE)	150,0	193,2	217,8	218,9	263,0	270,0	278,1	280,6	282,0	308,2
Fotovoltaické (FVE)	39,5	464,6	1 959,1	1 971,0	2 086,0	2 132,4	2 067,4	2 074,9	2 067,9	2 069,5

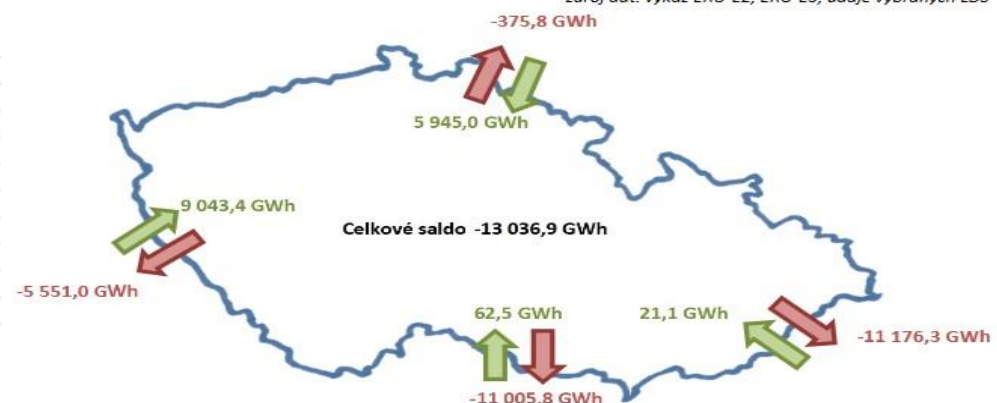
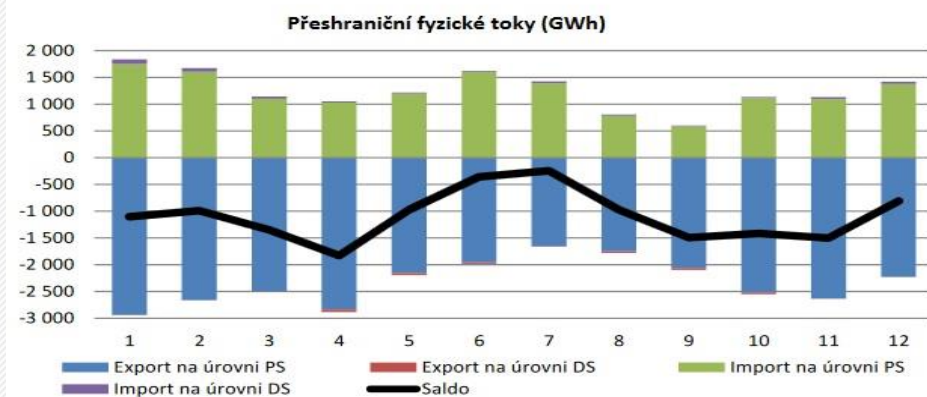
zdroj dat: předchozí roční zprávy, výkaz ERÚ-E1, OTE, a.s.

Přeshraniční fyzické toky v roce 2017 [GWh] (zdroj: ERÚ)



	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem
Saldo	-1 102,3	-987,4	-1 349,2	-1 830,1	-971,9	-359,7	-242,2	-973,0	-1 494,4	-1 413,3	-1 503,4	-810,0	-13 036,9
Export celkem	-2 939,0	-2 661,4	-2 492,9	-2 883,8	-2 191,5	-1 983,6	-1 667,8	-1 778,6	-2 095,8	-2 550,7	-2 632,7	-2 231,2	-28 108,9
Export na úrovni PS	-2 938,8	-2 661,3	-2 492,1	-2 836,2	-2 155,3	-1 955,0	-1 658,1	-1 750,6	-2 061,5	-2 517,6	-2 629,8	-2 229,7	-27 886,1
do Polska	-0,8	-3,3	-2,8	-12,7	-9,3	-8,3	-7,3	-28,9	-35,4	-25,3	-13,9	-9,1	-157,0
do Německa	-645,7	-628,6	-728,1	-638,8	-305,0	-163,6	-141,0	-290,5	-521,9	-541,2	-527,4	-419,2	-5 551,0
do Rakouska	-1 134,4	-1 004,4	-912,0	-1 066,7	-828,5	-810,3	-800,7	-659,3	-780,4	-983,7	-1 048,2	-977,1	-11 005,8
na Slovensko	-1 157,9	-1 024,9	-849,3	-1 118,0	-1 012,5	-972,9	-709,1	-771,9	-723,9	-967,4	-1 040,3	-824,2	-11 172,3
Export na úrovni DS	-0,2	-0,1	-0,8	-47,6	-36,1	-28,6	-9,6	-28,0	-34,3	-33,1	-2,8	-1,5	-222,8
do Polska	0,0	0,0	-0,8	-47,5	-36,1	-28,3	-6,7	-27,9	-34,3	-33,0	-2,8	-1,4	-218,8
do Německa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
do Rakouska	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
na Slovensko	-0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,0	-0,3	-2,9	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-4,0
Import celkem	1 836,7	1 674,0	1 143,7	1 053,7	1 219,6	1 623,9	1 425,5	805,6	601,4	1 137,4	1 129,3	1 421,1	15 072,0
Import na úrovni PS	1 751,3	1 606,0	1 101,8	1 032,5	1 196,9	1 603,6	1 391,9	786,2	587,9	1 114,8	1 094,8	1 375,5	14 643,2
z Polska	923,3	685,1	473,3	434,0	486,3	455,0	426,9	233,4	178,5	253,4	466,5	501,5	5 517,3
z Německa	827,4	920,4	623,0	596,9	689,1	1 141,6	960,6	539,7	402,1	854,7	621,1	866,8	9 043,4
z Rakouska	0,1	0,0	0,7	1,3	21,0	6,9	4,0	13,1	6,5	4,8	2,6	1,4	62,5
ze Slovenska	0,4	0,6	4,8	0,3	0,5	0,0	0,3	0,0	0,8	1,9	4,7	5,7	20,0
Import na úrovni DS	85,4	68,0	41,9	21,2	22,7	20,3	33,7	19,4	13,4	22,6	34,5	45,7	428,8
z Polska	85,4	67,8	41,8	21,2	22,6	20,2	33,6	19,3	13,4	22,5	34,4	45,6	427,8
z Německa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
z Rakouska	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ze Slovenska	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0

zdroj dat: výkaz ERÚ-E2, ERÚ-E3, údaje vybraných LDS



Vývoj exportu a importu elektřiny (fyzické toky) [TWh] (zdroj: ERÚ)



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Saldo ^{*)} —	-11,5	-13,6	-14,9	-17,0	-17,1	-16,9	-16,3	-12,5	-11,0	-13,0
Export 110, 220 a 400 kV	-21,9	-24,2	-26	-31,1	-27,4	-27,7	-28,1	-28,7	-24,8	-28,1
Import 220 a 400 kV	9,4	9,3	10,6	13,3	9,3	9,9	11,2	15,5	13,4	14,6
Import 110 kV	1,0	1,2	0,5	0,8	1,0	1,0	0,7	0,7	0,4	0,4

^{*)} fyzické toky

zdroj dat: předchozí roční zprávy, výkaz ERÚ-E2, ERÚ-E3, údaje vybraných LDS

Vývoj exportu a importu elektřiny (fyzické toky) (TWh)



Vývoj výroby elektřiny brutto z obnovitelných zdrojů energie (zdroj: ERÚ)



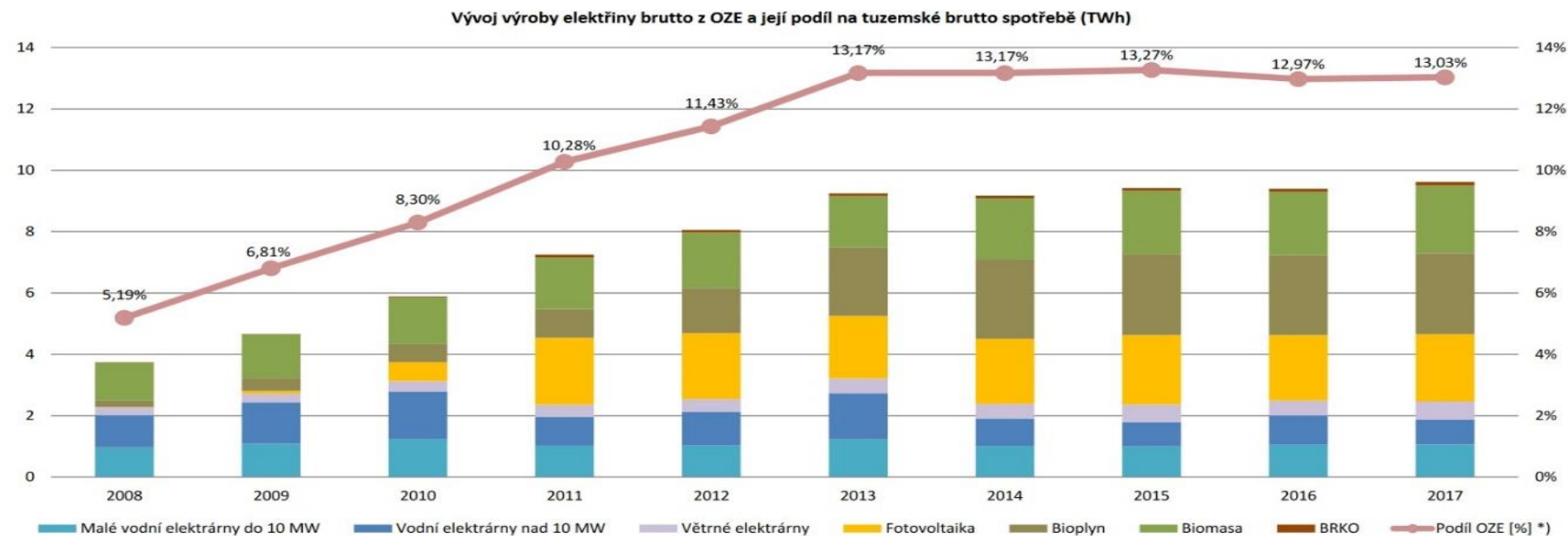
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Celkem OZE [MWh]	3 738 459	4 668 514	5 886 915	7 247 504	8 055 026	9 243 382	9 169 709	9 422 950	9 395 450	9 618 438
Malé vodní elektrárny do 10 MW	966 884	1 082 683	1 238 819	1 017 878	1 026 254	1 236 978	1 011 674	1 001 797	1 053 100	1 062 479
Vodní elektrárny nad 10 MW	1 057 451	1 346 937	1 550 655	945 276	1 102 912	1 497 762	897 549	793 010	947 388	806 985
Větrné elektrárny	244 661	288 067	335 493	397 003	415 817	480 519	476 544	572 612	496 957	591 038
Fotovoltaika	12 937	88 807	615 702	2 182 018	2 148 624	2 032 654	2 122 869	2 263 846	2 131 455	2 193 368
Bioplyn	213 632	414 235	598 755	932 576	1 472 142	2 241 300	2 566 699	2 614 188	2 600 546	2 638 977
Biomasa	1 231 210	1 436 848	1 511 911	1 682 563	1 802 591	1 670 327	2 007 039	2 090 855	2 067 443	2 211 352
BRKO	11 684	10 937	35 580	90 190	86 686	83 842	87 335	86 642	98 561	114 238

zdroj dat: předchozí roční zprávy, výkaz ERÚ-E1, OTE, a.s. (od roku 2013)

Tuzemská brutto spotřeba [MWh]	72 049 267	68 600 000	70 961 700	70 516 541	70 453 278	70 177 356	69 622 096	71 014 254	72 418 279	73 818 342
Podíl OZE [%] ^{*)}	5,19%	6,81%	8,30%	10,28%	11,43%	13,17%	13,17%	13,27%	12,97%	13,03%

^{*)} prostý podíl výroby brutto z OZE a celkové tuzemské brutto spotřeby

zdroj dat: předchozí roční zprávy, výkaz ERÚ-E1, ERÚ-E2, ERÚ-E3, OTE, a.s.



Výkon a energie - stabilní vs. nestabilní zdroj



- 1 MW ve fotovoltaice - je dodáván pouze za ideálních podmínek.
- 1 MW z jádra - dodáván stabilně bez ohledu na počasí.
- 1 Rok = 8760 hodin - JE s technologickými přestávkami (výměna paliva, apod.) dodává stabilní výkon kolem 8000 hodin v roce.
- FV elna za předpokladu dodávky maximálního výkonu pouze 1000 hodin v roce.

Jaderná elektrárna	Sluneční elektrárna (FV)
8000 MWh	1000 MWh

Energetika v ČR - možnosti?



- Spíše nepříznivé geografické a přírodní podmínky (nízký sluneční svit, žádné větrné pobřeží, větrné oblasti většinou v ekologicky cenných oblastech potenciál vodních toků již vyčerpán, biomasa z části konkuruje potravinářskému průmyslu)
- Žádné zásoby plynu ani ropy. Určité zásoby hnědého uhlí, avšak většina už je v netěžitelných oblastech.
- Podstatné jsou rovněž úspory energie, ale energetickou situaci nevyřeší.
- Navíc je potřeba počítat s nárůstem elektromobility a pro tu bude nutné udržet výrobu elektřiny přinejmenším na současné úrovni.
- Jediným spolehlivým nízko emisním zdrojem je v našem případě jaderná energie (palivo lze dlouhodobě skladovat a případně si ho umíme vyrobit z vlastních zdrojů).
- Zásadní problémem elektroenergetiky však není samotná výroba elektřiny, ale především její uskladnění - akumulace.

Energetická směrnice EU



- Povinnost implementovat směrnici vyplývá z členství, ale energetické řešení nám implementace nepřinese. Neboť směrnice vytváří pouze okrajové podmínky, ve kterých se nachází přípustná řešení našich problémů. „Bruselská“ energetická politika negarantuje a nenese odpovědnost za stabilní dodávky energie.
- => Musíme si poradit sami.

Budoucnost energetiky v ČR



2022

2035

Rok 2022



- Ukončení provozu uhelných elektráren u nás a jaderných i uhelných v Německu. (Po Evropě (hlavně v sousedním Německu) v posledních letech masivní nárůst OZE.)
 - Bruselská politika BAT a BREF. Podle současných informací povede k riziku odstavení zhruba 40 % výkonu ve fosilních elektrárnách v ČR. ČEZ má v úmyslu si po roce 2022 ponechat pouze 3 ekologizované elektrárny - Ledvice, Tušimice a Prunéřov - ostatní chce zavřít.
 - Těžební limity - Pokud nechceme překročit limity těžby, je potřeba omezit extenzivní využívání uhlí na export a ponechat je na střednědobou domácí potřebu, na takový rozsah máme dostatečné zásoby.
- Import bude po roce 2022 nemožný, neboť bude v sousedním státě nedostatek.
- Exportní saldo v roce 2022 zmizí. Vzhledem k tržním mechanismům je však možné, že bude elektřina v době tuzemského nedostatku přesto exportována ven, protože bude přepřelacena silnější ekonomikou.

Opatření pro rok 2022



- 1) Ekologizace uhelných bloků provozovaných i po roce 2022.
- 2) Vytvořit podmínky pro efektivní možnost budování decentralizovaných OZE a prvků podporujících regulaci a schopnost akumulace.
- 3) S využitím HDO a dalších dostupných prvků inteligentního řízení podpořit stabilitu a flexibilitu sítě, což souvisí s předchozím bodem.
- 4) Velký důraz klást na údržbu všech zařízení a zvýšit jejich spolehlivost, aby nedocházelo k problémům, jako byly svary v jaderných elektrárnách, nebo k poruchám a požárům na uhelných blocích.
- 5) Stejnou měrou dbát na bezpečnost energetických soustav včetně jejich kybernetické bezpečnosti a možnosti lokálního nebo ostrovního provozu.

Rok 2035



- Velmi pravděpodobně odstavení Dukovan.
- Kde brát energii po roce 2035?

=> Je nutné udržet to dobré, co si z minulosti přinášíme, především část tradiční fosilní výroby v ekologizovaném stavu, ale urychleně začít budovat nové prvky energetiky, zejména se připravovat na výstavbu nových velkých systémových jaderných bloků, které nahradí stávající, a budovat chytré sítě komunikující s obnovitelnými zdroji. Je nezbytné se vydat na cestu ekologizace našich stávajících fosilních elektráren a reálného budování nové, chytré energetiky.

Opatření pro rok 2035



- 1) Podniknout reálné kroky k výstavbě jaderných bloků. Pokud mají stát do doby odstavování Dukovan, musí se k ní přikročit co nejdříve.
- 2) Zajistit rozvoj a podporu obnovitelných zdrojů v decentralizované efektivní podobě a zařízení pro akumulaci energie.
- 3) Zavádění inteligentních sítí a prvků z Průmyslu 4.0, které zajistí efektivní spolupráci mezi centrálními a decentralizovanými zdroji i „prosumery“
- 4) Využít efektivní možnost úspor a zapojení nově se rozvíjející elektromobility i elektrifikace průmyslu do zefektivnění elektroenergetiky. Jde především o možnost poskytnout novým zařízením přebytky obnovitelné energie, pokud jsou zařízení takového přizpůsobení provozu schopna.
- 5) Pracovat na integraci do evropské sítě a využití potenciálu spolupráce s blízkými i vzdálenějšími sousedy, možném využití zahraničních obnovitelných zdrojů na našem území v době, kdy je jejich nadvýroba, a zvážit i možné navýšení tranzitních kapacit ČR výměnou za poskytnutí části obnovitelné energie.

Rekapitulace změn



- 1) Energetická politika sousedního státu významně ovlivňuje i dění u nás. Má dopad i na ceny energií. Nejde pouze o tlaky politické. Těm se dá čelit, i když je vzhledem k provázanosti ekonomiky nemůžeme podceňovat. V roce 2022 hodlají v Německu uzavřít všechny jaderné zdroje a většinu uhelných. To bude mít vliv především na stabilitu soustavy i na možnost energii z Německa dovézt. Pokud bude německý trh sám v deficitu, nedovezeme nic a navíc se k nám bude přenášet nestabilita vnější soustavy přes cenové signály do cen regulační energie (fyzikální projevy dokáže odstínit pomocí transformátorů s příčnou regulací).
- 2) Bruselská politika BAT a BREF. Podle současných informací povede k riziku odstavení zhruba 40 % výkonu ve fosilních elektrárnách v ČR.
- 3) Masivní rozvoj nových technologií. Nedá se očekávat, že by v následující dvou dekádách nahradily jaderné nebo fosilní zdroje. Představují však nový koncept řízení a říditelnosti soustavy a spolu s alternativou pro kritický rok 2022 představují i výzvu pro rozvoj českého průmyslu především v oblasti menšího strojírenství a řídicích prvků včetně algoritmizace softwaru.
- 4) Nové přístupy ke klimatickým změnám a životnímu prostředí. Celkově je patrný trend k rozsáhlejší a závažnější diskuzi o problému klimatických změn, což vytváří atmosféru očekávání, že emisní limitu budou zpřísněny a/nebo emisní povolenky zdraženy. To vytváří velkou investiční nejistotu.

4 scénáře - z popsaného vyplývají 4 scénáře



1. Supernízkoemisní scénář

- Výstavba několika nových jaderných bloků.
- Zároveň intenzivní podpora decentralizovaných obnovitelných zdrojů a inteligentních sítí i ukládání.
- Rychlé a poměrně razantní kroky - v současné situaci prakticky nerealistický.

2. Scénář „ASEK“ (Aktualizovaná Státní Energetická Koncepce z roku 2016)

- Provoz Dukovan minimálně do 2035.
- Zároveň se postupně začnou stavět nové jaderné bloky, které doplní existující, a část jejich výkonu nahradí také odstavované Dukovany. Dle ASEK bude v roce 2040 jaderná energetika zajišťovat 46 - 58 % výroby elektřiny, OZE 18 - 25 %, uhlí stále ještě 11 - 21 % a zemní plyn 5 - 15 %.

4 scénáře



3. Scénář „Druhé Bavorsko“

- Nepodaří se postavit nové jaderné bloky.
- Spoléhat se bude na plynové bloky a dovoz větrné elektřiny ze severu Německa.
- Stupeň závislosti na dovozu elektřiny z Německa a plynu hlavně z Ruska by v takovém případě byl velmi významný, i když jeho míru ovlivní hlavně možnosti ukládání energie a míra schopnosti instalovat obnovitelné zdroje u nás.

4. Scénář „Rychle druhé Bavorsko“

- při předčasném odstavení Dukovan v roce 2025 například pod tlakem nové směrnice EU, podle které by neměly být v provozu jaderné elektrárny starší než 40 let.

KKE - organizační struktura



- Oddělení klasické energetiky
- Oddělení jaderné energetiky
- Oddělení mechaniky tekutin a termomechaniky

Katedra v současnosti nabízí dva akreditované obory a to:

- Stavba energetických strojů a zařízení
- Stavba jaderně energetických zařízení



KKE ZČU

<https://www.facebook.com/kke.zcu>



kke_zcu

https://www.instagram.com/kke_zcu/



kke_zcu

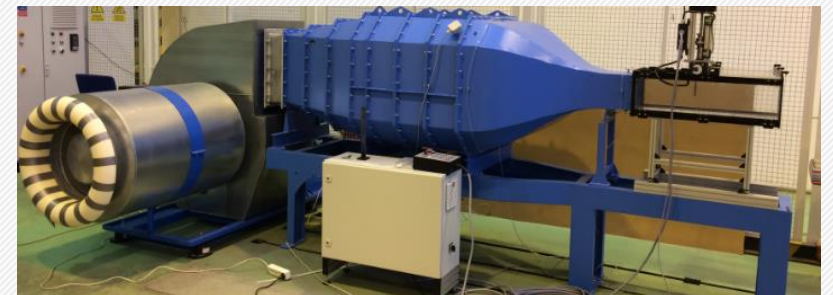
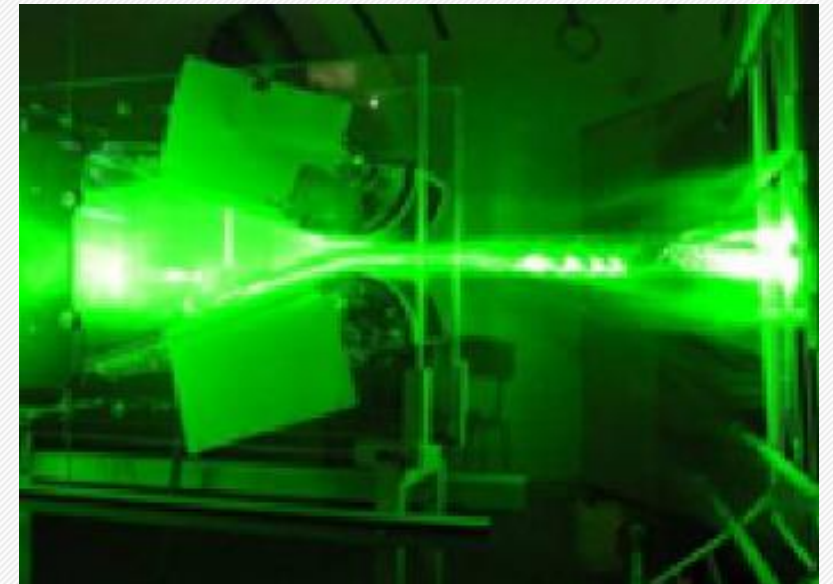
https://twitter.com/kke_zcu

Výzkum a vývoj na KKE



Experimentální výzkum

- Výzkum proudění tekutin a přenosu tepla, zejména procesy spojené s turbulencí
- Využití experimentálních metod pro testování lopatkových strojů a pro validaci výpočetních simulací
- Matematické modelování výše uvedených procesů pomocí metod CFD
- Expertní činnost zaměřena na přenos tepla a hmoty v technických aplikacích



Výzkum a vývoj na KKE



Vibrace a akustika

- Proudem vybuzené vibrace (lopatkových kaskád, lopatkové svazky)
- Pokročilé identifikační metody mechanicko-tekutinových systémů
- Akustická kamera (beamforming)

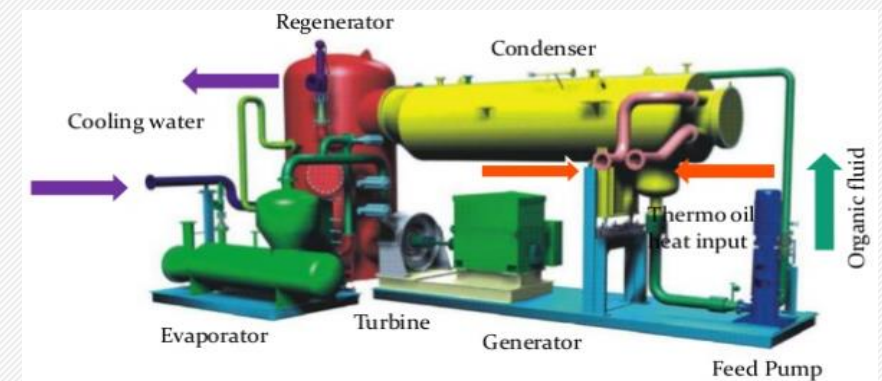


Výzkum a vývoj na KKE



Obor lopatkových strojů, termodynamických cyklů a jaderné energetiky

- Zvyšování účinnosti a dlouhodobé provozní spolehlivosti lopatkových strojů
- Výzkum pokročilých termodynamických cyklů pro moderní energetické zařízení (ORC)
- Výpočtové simulace a experimenty vedoucí ke stálému zvyšování bezpečnosti jaderných zařízení a k prodlužování jejich životnosti



Laboratoře KKE



Halová laboratoř

- Experimentální stand se vzduchovou turbínou



Laboratoř UX 136

- PIV metoda
- LDA metoda
- „bublina“ (vibrace lopatek)
- Tomografie

Počítačová učebna

- 12 výkonných počítačů a 3 dvouprocesorové servery. Studenti zde zpracovávají kvalifikační práce.

Vybrané projekty na KKE (viz www.kke.zcu.cz)



- Výzkumná spolupráce pro dosažení vyšší účinnosti a spolehlivosti lopatkových strojů (LoStr)
- Flexturbine
- Zvyšování účinnosti, spolehlivosti a životnosti energetických strojů a zařízení 4 (SGS-2016-045)
- Vliv interakce proudění z ucpávek na efektivitu práce stupňů parních turbín (TH02020086)
- Pokročilé technologie pro výrobu tepla a elektřiny
- Přeshraniční síť pro výzkum a inovace v oblasti energetické účinnosti a kombinované výroby tepla a elektřiny
- Výzkum a vývoj šroubového expandéru

KKE a průmyslová spolupráce



Doosan Škoda Power



ŠKODA JS a.s.



CEZ GROUP



KKE a univerzitní spolupráce



Univerzita obrany
v Brně



Děkuji za pozornost



Více k současné a budoucí energetice v ČR:

Beran, Wagner, Pačes: Česká energetika na křižovatce, 2018

