

K „nefosilnímu Česku“ a ústupu od využívání uhlí

Obsah

1. Dekarbonizace nesmírně spěchá a nepodaří se, když emise budou levné či zdarma.....	1
2. Jak rychle musí emise skleníkových plynů klesat.....	2
3. Jak velké území už může být soběstačné.....	3
4. Fosilní metan příliš škodí.....	4
5. Hypotetické masivní „ukládání“	5
5.1 Tepelná akumulace je ta hlavní.....	5
5.2 Biomasy pro energetiku je a bude málo.....	6
5.3 Vodík z obnovitelné elektřiny bude až někdy.....	6
5.4 Stlačený vzduch v plenkách, vývoj závislý na zpoplatnění emisí.....	7
5.5 Evropské studie o uskladňování.....	7
6. Recentní vědecké publikace o úplné dekarbonizaci.....	8
7. Limitace oteplením a klimatickou změnou.....	9
8. Závěr.....	9

1. Dekarbonizace nesmírně spěchá a nepodaří se, když emise budou levné či zdarma

Globální oteplování působené silícím skleníkovým jevem a *klimatická* změna, výmluvněji *krize*, která z něj vyplynula, **má již strašlivé důsledky**. V budoucnu to bude ještě mnohem horší. O kolik horší, to záleží jen na tom, jaké hodnoty oteplení dosáhne.¹ A oteplení oproti dnešku závisí téměř jen na tom, kolik fosilních paliv ještě spotřebujeme.^{2 3}

Spotřebujeme jich ještě nepochybně příliš mnoho, *pokud nebudou zpoplatněna na úrovni řekněme dvou set euro za tunu oxidu uhličitého*. Zpoplatnění by mělo začít na úrovni EU pokud možno už letos, i když možná nejprve nižší, i pod sto eur za tunu.

Aby to bylo únosné, ba přínosné pro chudší část obyvatelstva, muselo by fungovat nikoliv jako příjem Unie pro její výdaje, ale jako mechanismus, kdy se prostředky vybrané od těžařů a dovozců rozdělí rovným dílem mezi obyvatele: tzv. Fee-and-dividend; ještě výmluvnější je označení Klimatický příjem. Takové zpoplatnění by mohlo rychle vzrůst, ostatně zhruba dvě sta eur už dávno činí spotřební daň na pohonné hmoty. Současná situace naprosto nedostatečného a neperspektivního zpoplatnění, viz <https://www.wbcsd.org/cpwp> nebo https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data, je ale řádově odlišná od té, která by už mohla být v souladu s Pařížskou dohodou.

Vědecká práce k nutnému zpoplatnění je⁴, jiná, zaměřující se na potřebný pokles emisí v USA, je⁵ – ale uvádí, že takové zpoplatnění není fakticky v dohledu. Práce ekonomů se bohužel málo

1 Johan Rockström, „Why We Need to Declare a Global Climate Emergency Now“, 28. červenec 2020, <https://www.ft.com/content/b4a112dd-cafd-4522-bf79-9e25704577ab>.

2 Christopher J. Smith et al., „Current Fossil Fuel Infrastructure Does Not yet Commit Us to 1.5 °C Warming“, *Nature Communications* 10, č. 1 (15. leden 2019): 1–10, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07999-w>.

3 Andrew H. MacDougall et al., „Is There Warming in the Pipeline? A Multi-Model Analysis of the Zero Emissions Commitment from CO₂“, *Biogeosciences* 17, č. 11 (15. červen 2020): 2987–3016, <https://doi.org/10.5194/bg-17-2987-2020>.

4 Kent D. Daniel, Robert B. Litterman, a Gernot Wagner, „Declining CO₂ Price Paths“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, č. 42 (15. říjen 2019): 20886–91, <https://doi.org/10.1073/pnas.1817444116>.

zaměřují na zpoplatnění potřebné, ale zpravidla jen na tzv. Sociální cenu uhlíku – tedy na škody působené emisemi, které by měly jít k tíži původcům. Většinou jim vycházela cena neúnosně malá, což jde na vrub hlavně Williama Nordhause. Kritiku takových výpočtů ignorujících skutečné budoucí, ale i již probíhající škody pro společnost viz například ^{6 7} a ⁸. Navíc, ty nejvážnější dopady oteplení neumí ekonomie finančně vyjádřit.⁹

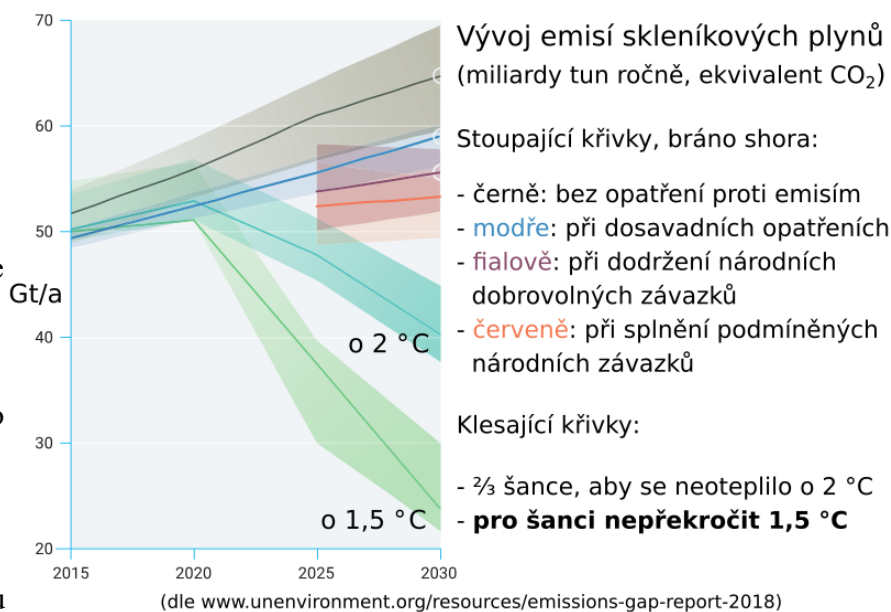
2. Jak rychle musí emise skleníkových plynů klesat

Všechny státy světa v roce 2015 podepsaly a téměř všechny pak i ratifikovaly [Pařížskou dohodu](#).

Tím se hlásí i k jejímu cíli: zastavit globální oteplování výrazně pod hranicí celých dvou kelvinů (čili stupňů Celsia) a vyvíjet úsilí nepřekročit hranici 1,5 K. Je ještě stále možné oteplování zastavit a cíl dohody splnit, ale vyžaduje to, aby do roku 2030 klesl úhrn antropogenních emisí oxidu uhličitého na polovinu oproti roku 2019 a do poloviny století aby se jejich antropogenní bilance (zdroje kompenzované námi zařízenými propady) dostaly k nule. I tehdy ovšem zůstanou

nějaké emise dalších skleníkových plynů, hlavně metanu a oxidu dusného; v přepočtu na tzv. ekvivalent CO₂ musí tento úhrn klesnout na desetinu toho dnešního (viz Figure ES.4 v ¹⁰). Nestane-li se to, hrozí i to, že se k emisím lidstva přidají i emise z biosféry, která zatím nabývá na hmotnosti a více než čtvrtinu našich emisí pohlcuje.¹¹ Pokud by emise zůstaly na dnešní úrovni ještě pět let, pak by už byl cíl Pařížské dohody nedosažitelný.

Bohatství vyspělých zemí vzniklo staletým využíváním fosilních paliv. A tytéž země, jako Česko, Německo či Spojené státy americké doposud mají, děleno počtem obyvatel, emise mnohem větší než naprostá většina lidstva (viz Obr. 4 v [expertním stanovisku AV ČR 2/2020](#)). *Emise musejí klesat především tam*, nikoliv ihned v Indii a v zemích, které se teprve snaží vymanit z bída. V našich bohatých zemích by se měla bilance přiblížit k nule už v roce 2040. Technologicky i investičně to možné je, společensky též, pokud si všichni hrůzu růstu klimatické krize uvědomíme a patřičně



5 Noah Kaufman et al., „A Near-Term to Net Zero Alternative to the Social Cost of Carbon for Setting Carbon Prices”, *Nature Climate Change*, 17. srpen 2020, 1–5, <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0880-3>.

6 Marlowe Hood, „Climate Economics Nobel May Do More Harm than Good”, 6. červenec 2020, <https://phys.org/news/2020-07-climate-economics-nobel-good.html>.

7 Cristian Proistosescu a Gernot Wagner, „Uncertainties in Climate and Weather Extremes Increase the Cost of Carbon”, *One Earth* 2, č. 6 (19. červen 2020): 515–17, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.002>.

8 Steve Keen, „The appallingly bad neoclassical economics of climate change”, *Globalizations* 0, č. 0 (1. září 2020): 1–29, <https://doi.org/10.1080/14747731.2020.1807856>.

9 Wojtek Szewczyk et al., „Economic Analysis of Selected Climate Impacts. JRC PESETA IV Project - Task 14”, *JRC Working Papers*, JRC Working Papers (Joint Research Centre (Seville site), květen 2020), <https://ideas.repec.org/p/ipt/iptwpa/jrc120452.html>.

10 (Environment, U. N.), „Emissions Gap Report 2019”, UNEP - UN Environment Programme, 19. listopad 2019, <http://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>.

11 Pierre Friedlingstein et al., „Global Carbon Budget 2019”, *Earth System Science Data* 11, č. 4 (4. prosinec 2019): 1783–1838, <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.

zareagujeme. Plány bohatých zemí jsou ale zatím naprosto neslučitelné s Pařížskou dohodou, závazky k redukci emisí je i u těch uvědomělejších nutné dvakrát zvýšit.¹²

Nynější diskuse o co nejrychlejším odstavení uhelných elektráren nezasobujících teplem své okolí musí být založena právě na takovém pohledu. Ale takové odstavení je jen prvním, malým krůčkem k úplné dekarbonizaci Česka a EU během dvou dekád. Ta je možná, pokud dramaticky vzroste tempo budování nefosilních zdrojů elektřiny a později i jejich (inter)kontinentálního propojení s místy spotřeby. *Jediné dva nefosilní zdroje, jejichž dosažitelná produkce nemá žádné drastické (bio)fyzikální a technické limity, jsou elektrárny sluneční a větrné.* Je nepochybné, že mohou během pár desítek let pokrýt nejen dnešní, ale i budoucí světovou potřebu dodávek energie, zatím krytou hlavně uhlím, ropou a zemním plynem čili fosilním metanem z podzemí.¹³ (To potvrzují i další práce, o nichž píšeme dále.)

Tím se liší od zdrojů jaderných, jejichž výstavba je příliš pomalá a drahá a nikdo nepočítá s tím, že by jaderných elektráren začalo již tento rok přibývat jako hub po dešti. Rychlé nahrazení fosilních zdrojů během deseti let nemohou poskytnout. I jednotlivé pokusy v tomto směru jsou nebezpečné, neboť odčerpávají potenciální investice do slunečních a větrných zdrojů. V Česku je kromě toho výstavba jaderného reaktoru soběstačným způsobem nerealizovatelná.

3. Jak velké území už může být soběstačné

V diskusích o tom, jak se obejít bez uhelných elektráren, se často objevuje představa, že Česko má, ne-li musí být v ohledu elektřiny *soběstačné*. Proč by ale mělo být? A je soběstačné nyní?

Soběstačné není, je závislé na propojení elektrických sítí do sousedních zemí. *Jsou chvíle, kdy elektřinu dováží, ač převažuje její vývoz.* Obě se děje jen s malými ztrátami při přenosu a není žádný důvod, proč by se přenos již vybudovanými propojeními neměl nadále naplno užívat. U toho ale úvahy nemají končit.

Myšlenka věčné elektrické soběstačnosti samotného Česka, nikoliv dostatečně velkého regionu, je... řekněme naivní. Tím spíš, že „*nefosilní*“ *elektřinou musí být co nejdříve „živené“ téměř všechno. Elektřiny bude potřeba mnohem více než dnes.* Pokud možno již do roku 2040 by měla u nás elektřina nahradit veškerá fosilní paliva. Jen tak bychom se chovali dle cíle Pařížské dohody zastavit oteplování výrazně pod hranicí dvou kelvinů. Není nám známa žádná vědecká studie, která by ukázala, že by dekarbonizované Česko, tedy již neužívající fosilní paliva, mohlo být „poháněno“ výhradně *místně* produkovanou elektřinou.

I kdyby Česko mělo časem svou koncovou potřebu pokrytou v *ročním úhrnu* produkcí z vlastního území, zdaleka to nebude znamenat optimální domácí pokrytí spotřeby den po dni, hodinu po

12 Kevin Anderson, John F. Broderick, a Isak Stoddard, „A factor of two: how the mitigation plans of ‘climate progressive’ nations fall far short of Paris-compliant pathways“, *Climate Policy* 0, č. 0 (28. květen 2020): 1–15, <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1728209>.

13 Mark Z. Jacobson et al., „Impacts of Green New Deal Energy Plans on Grid Stability, Costs, Jobs, Health, and Climate in 143 Countries“, *One Earth* 1, č. 4 (20. prosinec 2019): 449–63, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.003>.

hodině. Už proto, že největší část koncové potřeby energie představuje teplo do budov v chladném období, kdy je solárně produkované elektřiny málo. A spoléhat na to, že elektřina vyrobená v létě poskytne nějak ono potřebné zimní zásobování, je nezodpovědné – není dosud jisté, bude-li to technicky a ekonomicky možné, viz dále v části Chyba: zdroj odkazu nenalezen Chyba: zdroj odkazu nenalezen.

100% bezemisní (tj. hlavně nefosilní) EU a její přátelští sousedé, až to je *minimální* region, na nějž je už možné ideu soběstačnosti aplikovat. Je již elektricky propojený, ale časem bude potřeba přenosové kapacity ještě přidat, hlavně té dalekonosné, jako jsou dvojice HVDC vodičů (HVDC: vysoké napětí, stejnosměrný proud)¹⁴.

Soběstačnosti velmi *pomůže, když se sníží spotřeba*. Největší část spotřeby fosilních paliv připadá v Česku na vytápění. Přitom obrovský potenciál má *regenerace budov až na pasivní standard*,^{15 16} ta také *může přinést téměř libovolný počet pracovních míst*. Její rozmach je nutno podpořit i změnou legislativy včetně podzákoných předpisů, aby méně kvalitní stavebnictví skončilo. Velkým zlepšením budov se zvýší zimní i letní komfort v nich a potřeba vytápění se radikálně sníží. Malou spotřebu pasivních budov lze už dobře pokrýt tepelnými čerpadly poháněnými evropskou nefosilně produkovanou elektřinou, a to ani za mrazů ne po celý den, ale jen v obdobích, kdy je elektřiny hojnost – kvalitní budovy mají velkou teplotní stabilitu. (Ve chvílích přebytků nefosilní výroby lze užít i přímý ohřev vody elektřinou.) [Kvalitní regenerace budov](#), to je klíč k tomu, jak ukončit provoz tepláren užívajících fosilní paliva.

Regenerace na pasivní standard je hlavním příkladem toho, jak lze mnohem lepší či obecně alespoň *tutéž službu dosáhnout s menší potřebou energie*. Ale pro tento i všechny případy zvýšení energetické účinnosti platí, že *nemusí pomoci při dekarbonizaci – pokud úspora plateb za danou službu vede k vyššímu utrácení za služby (např. za letecké dovolené) či zboží* a tím případně i ke zvýšení emisí oproti původní situaci. To rozhodně platí tehdy, pokud se místo zpoplatnění všech skleníkových emisí používá systém cap-and-trade, čili tzv. emisních povolenek, jako v EU.¹⁷ Finance uspořené energetickou efektivností je v úhrnu nezbytné spotřebitelům, kteří nežijí v chudobě, z valné části odebrat,¹⁸ jen tak lze eliminovat tzv. rebound effect aneb Jevonsův paradox¹⁹ – lze zatížit daněmi zvláště škodlivé druhy spotřeby (jako létání), ale nejjednodušší a plošně vhodný by byl právě již zmíněný systém [klimatického příjmu](#). Růst efektivity pak pomůže, ovšem nestačí.

Aby byla elektřiny hojnost i pro vytápění a všechnu dopravu, k tomu je nutná *řádově rychlejší výstavba solárních a větrných zdrojů*. Té nebrání nic než nevěle v českých zemích, způsobená i

14 Abdulrahman Alassi et al., „HVDC Transmission: Technology Review, Market Trends and Future Outlook“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 112 (1. září 2019): 530–54, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.062>.

15 (Passivhaus Institut), „Passivhaus-Altbau“, 2010, <https://passivpedia.de/grundlagen/passivhaus-altbau>.

16 Juraj Hazucha, „Rekonstrukce v pasivním standardu“ (Centrum pasivního domu, 2013), <https://www.pasivnidomy.cz/webve-infolisty-10-rekonstrukce/f2530>.

17 Johannes Jarke-Neuert a Grischa Perino, „Energy Efficiency Promotion Backfires under Cap-and-Trade“, *Resource and Energy Economics* 62 (1. listopad 2020): 101189, <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2020.101189>.

18 Jaume Freire-González, „Energy Taxation Policies Can Counteract the Rebound Effect: Analysis within a General Equilibrium Framework“, *Energy Efficiency* 13, č. 1 (1. leden 2020): 69–78, <https://doi.org/10.1007/s12053-019-09830-x>.

19 Franco Ruzzenenti et al., „Editorial: The Rebound Effect and the Jevons' Paradox: Beyond the Conventional Wisdom“, *Frontiers in Energy Research* 7 (2019), <https://doi.org/10.3389/fenrg.2019.00090>.

neznalostí veřejnosti, zvolených představitelů a administrativy ohledně příčiny klimatické změny. Či dokonce jejich zcela mylnými představami vlivem dezinformací, které šíří v médiích i někteří lidé s akademickou průpravou či minulostí. Právě to nás radikálně odlišuje od německy mluvících zemí a vlastně od všech dřívějších zemí EU.

U větrné elektřiny (evropský přehled viz ²⁰) v zimě rozhodující, je kromě toho jistě vhodné neinvestovat jen do „virtulí“ domácích. Těch je rozumné mít tolik, aby občas pokryly i zimní potřebu, i když i takový skromný cíl se zatím jeví stěží uskutečnitelný.²¹ Vhodné je investovat též do turbín v místech větrnějších a současně do vedení z takových dálek – možná až z marockého pobřeží severní Afriky. To jsou technologie plně rozvinuté, které lze při dobré vůli budovat okamžitě a velice rychle.

V již zmíněné práci ¹² Jacobson et al., zahrnující realisticky možné soběstačné regiony celého světa, je ale ten „náš“ region omezený na Evropu bez Ruska. Zahrnuje tedy všechny i nám blízké postsovětské země. Afrika je v uvedené klíčové práci region samostatný, stejně jako Střední východ. Jako pevninský soběstačný region omezený na jediný stát v ní vystupuje jen Izrael, z pochopitelných důvodů. Česko v pozici a situaci Izraele není. Zdůrazněme, že *zmíněná práce nespolehá na žádné technologie, které ještě nejsou v masovém měřítku rozvinuté* a vyžadovaly by další výzkum, vývoj, pak pilotní projekty atd. Tedy technologie, u nichž není jasné, kdy a v jakém rozsahu by se mohly uplatnit (v každém případě až za velmi dlouho) a zdali by někdy byly konkurenceschopné, nemluvě o jejich limitech materiálových, které jsou významné u baterií i palivových článků.

4. Fosilní metan příliš škodí

Technologií zcela rozvinutou jsou (inter)kontinentální propojení umožňujících přenos stovek gigawattů, z míst přebytků elektřiny do míst, kde jí je zrovna nedostatek. Přenos je účinnější a levnější než ukládání. Taková nová vedení se nepochybně budou v Evropě stavět. Co se naopak stavět *nemá*, to jsou jakékoliv ropovody a plynovody. Rozhodně nemá být dokončen projekt Nord Stream 2 a mají skončit přípravy všech dalších plynovodů. A rovněž je nepřijatelná prospekce dalších ložisek, natož zahájení těžby v nich. Zajistě i z důvodů geopolitických – nejen, že je žádoucí snižovat závislost EU na Rusku, ale nebezpečné jsou i aktivity Turecka a dalších zemí, které usilují o těžbu i mimo své teritoriální vody. Hlavně ale proto, že spotřeba fosilních paliv *včetně fosilního metanu* má rychle klesat.

I dnes se ještě hovoří o tom, že metanem se bude nahrazovat uhlí v elektrárnách a teplárnách. Argumentuje se přitom nejen tím, že jsou z něj „čistější spaliny“ neobsahující žádnou síru, popílek či rtuť, ale také tím, že na jednotku uvolněného tepla připadne menší množství emitovaného oxidu uhličitého. Jenže metan je velice silný skleníkový plyn. A při těžbě, transportu do dále a v rozvodech ke spotřebičům (což jsou plynové hořáky či motory) uniká z netěsných spojů a čerpadel. Dosáhne-li únik cestou z podzemí až ke spálení celých tří procent, což je bohužel obvyklé, není metan už z hlediska klimatu lepší zdroj tepla než uhlí.

Nahrazovat uhlí fosilním metanem by znamenalo zvýšení jeho spotřeby a budování dalších rozvodů s dalšími úniky, čili přesný opak „dekarbonizace“, pod kterou rozumíme úbytek emisí nejen samotného oxidu fosilního uhlíku, ale i dalších skleníkových plynů přepočítaných na tzv. ekvivalent CO₂. Ten se sice obvykle udává dle toho, jak moc k oteplení přispěje tuna či kilogram daného plynu v horizontu sta let, jenže nás zajímá hlavně oteplení v nejbližších desetiletích. A v tom nadělá kilo CH₄ stokrát víc škody než kilo CO₂ (označuje se to jako GWP₂₀, potenciál globálního oteplení v horizontu 20 let). Růst metanové infrastruktury jako náhrady dosavadní uhelné by znamenal růst skleníkových emisí!²² Už dosavadní, používaná fosilní infrastruktura (zahrnující též uhlí a ropu), nebude-li odstavována už před koncem své životnosti, totiž znemožní zastavit oteplování v souladu

20 Colin Walsh, ed., „Wind energy in Europe in 2019 - Trends and Statistics“ (WindEurope, 14. únor 2020), <https://windeurope.org/data-and-analysis/product/>.

21 David Hanslian, „Aktualizace potenciálu větrné energie v České republice z perspektivy roku 2020“ (Ústav fyziky atmosféry AV ČR, 16. červen 2020), <http://www.komoraoze.cz/download/pdf/171.pdf>.

s cílem Pařížské dohody.²³ Stručně řečeno, nyní těžená ložiska se nesmí dotěžit, valná většina paliv v nich obsažená musí zůstat v zemi.

Důkladnou diskusi nesmyslnosti – nejen z hlediska ochrany klimatu, ale i z hlediska ekonomického (tzv. Stranded assets) – budování nové infrastruktury pro metan čili zemní plyn poskytuje práce²⁴. Ta upozorňuje i na to, že rozsáhlá infrastruktura existující dnes by se v budoucnu neměla používat ani pro metan vyráběný uměle, s využitím elektřiny, která nebude mít jiné využití. Úniky metanu lze totiž stlačit k nule jen tak, že se bude používat pouze lokálně, velmi kontrolovaně – například jako ten produkovaný v bioplynových stanicích, kde se nepracuje s jeho velkými tlaky.

5. Hypotetické masivní „ukládání“

Spoléhat ve velké míře na technologie, které dosud ještě nebyly masově nasazeny, je nerozumné a nezodpovědné. Ještě horší je ale odkládat masivní rozvoj větrné a solární energetiky s argumentem, že se nejprve musí rozvinout užívání baterií atp. Jde vlastně o výmluvu, že se to „nějak“ vyřeší v budoucnu, takže nyní nemusíme naše hospodářství měnit. To se týká všeho tzv. „ukládání elektřiny“.

Jeho potřeba v budoucnu jistě poroste, ale zatím nepředstavuje problém. Jedna technologie už se rozvíjí rychle, a to díky elektromobilům. Budou-li emise skleníkových plynů dostatečně zpoplatněny, bude expandovat i trh se stacionárními bateriemi připojenými na síť. Jak moc se uplatní např. jako doplněk fotovoltaické elektřiny, hojně jen za slunných hodin, záleží na tom, bude-li jejich nasazení levnější než flexibilní reakce na straně spotřeby.

5.1 Tepelná akumulace je ta hlavní

Jak opakovaně zdůrazňuje [Marc Jacobson](#), podstatná část spotřeby je na ohřívání a na chlazení. Tam je denní až týdenní akumulace snadná, levná a má být samozřejmá. Velké vodní zásobníky „tepla/chladu“ i mrazicí haly či boxy, velmi dobře tepelně izolované, lze [nahřát/ochladit předem, dle momentální a předpovězené ceny](#) elektřiny, což je již dnes technicky dosažitelné, jen praxe zaostává. („Noční proud“ či „nízká sazba“ jsou staré, primitivní příklady, kdy šlo o to vyrovnat spotřebu v průběhu dne – nově půjde hlavně o to, přizpůsobit ji proměnné výrobě.) Ale zdaleka nejde jen o systémy dedikované pro ohřev či chlazení.

Jak už řečeno, velký potenciál mají budovy [regenerované až na pasivní standard](#).^{25 26} Jsou skvěle tepelně izolované, větrané bez úniku či průniku tepla a dle potřeby mají okna zastíněná či naopak poskytující co nejvíce slunečního tepla. I bez umělého ohřevu či chlazení v nich velmi dlouho vydrží teplota v komfortním rozsahu. Hřát i chladit je stačí také jen v těch chvílích, kdy je hojnost nefosilní elektřiny. Velmi zlepšené budovy (pasivního standardu lze nejnáz docílit u velkých bytových domů) by v Česku kromě toho umožnily do doby, než bude dost nefosilní elektřiny, užívat fosilní metan vhodněji než v dnešních výtopnách – totiž nepálit jej v hořácích, ale v motorech spouštěných dle potřeby jen tehdy, když je o elektřinu nouze. Tedy užívat jej pouze *kogeneračně*. Životnost plynových motorů není tak dlouhá, aby byla v rozporu s cílem zbavit se fosilního metanu a dosáhnout do r. 2040 nulových emisí.

22 Thule Traber a Hans-Joseph Fell, „Erdgas Leistet Keinen Beitrag Zum Klimaschutz“ (Berlin: Energy Watch Group, 13. září 2019), http://energywatchgroup.org/wpcontent/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf.

23 Dan Tong et al., „Committed Emissions from Existing Energy Infrastructure Jeopardize 1.5 °C Climate Target“, *Nature* 572, č. 7769 (srpen 2019): 373–77, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1364-3>.

24 Christian von Hirschhausen, Claudia Kemfert, a Fabian Praeger, „Fossil Natural Gas Exit – A New Narrative for the European Energy Transformation towards Decarbonization“, SSRN Scholarly Paper (Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), 1. září 2020), <https://doi.org/10.2139/ssrn.3686430>.

25 Francesco Mancini a Benedetto Nastasi, „Energy Retrofitting Effects on the Energy Flexibility of Dwellings“, *Energies* 12, č. 14 (leden 2019): 2788, <https://doi.org/10.3390/en12142788>.

26 (IEA – International Energy Agency), „Sustainable Recovery“, IEA, 18. červen 2020, <https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>.

Významná část evropské noční elektřiny může být lépe než bateriemi pokryta solárními tepelnými elektrárnami instalovanými i na slunném severu Afriky a na Středním východě. Vyžaduje to samozřejmě dobrou spolupráci, což je velká příležitost pro rozvoj tamních zemí. Také je k tomu potřeba vybudování podmořských HVDC vedení, což je evropská, dobře zvládnutá technologie s minimálními ztrátami vlivem přenosu i konverze mezi střídavým a stejnosměrným proudem.²⁷

5.2 Biomasy pro energetiku je a bude málo

Jednou takovou „konzervou“ pro využití až v případě nedostatku elektřiny ze slunce a větru (jinde než u nás i z vody) je i biomasa. Ale jen *malý* přírůstek k obnovitelné elektřině může být trocha místního dříví na topení a místního tepla z bioplynek, jejichž motory by měly běžet pokud možno rovněž jen ve chvílích, když sluneční a větrné elektřiny není dost. Energetické využití biomasy oproti dnešku už v EU nemůže podstatně vzrůst. Nějaká biomasa (pokud se nebude jímat oxid uhličitý ze vzduchu) *bude potřeba pro umělou výrobu kapalných uhlovodíků*, totiž paliv pro nezbytnou dopravu, které se nepodaří nahradit, viz dále.

5.3 Vodík z obnovitelné elektřiny bude až někdy

Velkou „zásobu energie“ lze vytvořit rozkladem vody na kyslík a vodík pomocí elektrolýzy. Velké elektrolyzační stanice (dosud neexistují) jsou ale kapitálově velmi náročné a mohou proto být rentabilní, jen pokud jsou v provozu řekněme alespoň polovinu času do roka.²⁸ Jejich rozvoj proto nelze čekat dříve, než bude solárních a větrných zdrojů tak mnoho, že polovinu času nebude pro elektřinu jiné okamžité využití.

Vodík je nezbytně potřeba pro dekarbonizaci výroby oceli – na něj se může vázat kyslík z oxidů železa místo na uhlík. Je nutný i pro dnešní a budoucí chemický průmysl. Zatím ale *má vodík*, který se nyní používá, *stejně velkou „uhlíkovou stopu“ jako například ropa* – vyrábí se totiž parním reformingem metanu (viz např.²⁹). Úvahy, že půjde alespoň významně snížit záchytem a ukládáním produkovaného CO₂ (tzv. CCS, Carbon Capture and Storage), vzbuzují zcela neoprávněné naděje. I když se o ukládání oxidu uhličitého do podzemí mluví už velmi dlouho a EU sponzorovala řadu projektů, všechny skončily neúspěchem.³⁰ Není vyloučeno, že při zpoplatnění CO₂ na úrovni stovek eur za tunu se CCS v nějaké malé míře časem uplatní, ve velké míře je to zcela nepravděpodobné i vzhledem ke geologickým omezením. Vyprávění o velké roli CCS v budoucnu tak hraje podobnou roli jako vyprávění o termojaderných elektrárnách – jako výmluva, že se teď o emise starat nemusíme, vždyť budoucí generace už se jich těmi svými supertechnologiemi jistě nějak zbaví.

O strategii EU k využití vodíku viz publikaci³⁰, její ostrou kritiku viz³¹. Hypoteticky možné ukládání vodíku v kavernách vytvořených v solných tělesech viz³², jejich potenciál je velký, dají se ale budovat jen v blízkosti moře (kam je nutno odvést solanku z rozpouštění soli). Až takové ukládání by umožnilo sezónní využití v zimě, přičemž vodík pro to by se asi produkoval hlavně solární elektřinou. Vzhledem k omezeným možnostem transportu vodíku (nelze užít dosavadních potrubí pro fosilní metan) by to vyžadovalo produkci elektřiny blízko oněch kaveren.

27 William Zappa, Martin Junginger, a Machteld van den Broek, „Is a 100% Renewable European Power System Feasible by 2050?“, *Applied Energy* 233–234 (1. leden 2019): 1027–50, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.109>.

28 Sebastian Drünert et al., „Power-to-X (PtX) aus „Überschussstrom“ in Deutschland – Ökonomische Analyse“, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 43, č. 3 (1. říjen 2019): 173–91, <https://doi.org/10.1007/s12398-019-00256-7>.

29 Robert Rapier, „Estimating The Carbon Footprint Of Hydrogen Production“, *Forbes*, 6. červen 2020, <https://www.forbes.com/sites/rpapier/2020/06/06/estimating-the-carbon-footprint-of-hydrogen-production/>.

30 Mai Ling CORKE, „European Clean Hydrogen Alliance“, Text, Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs - European Commission, 6. červenec 2020, https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance_en.

31 Belén Balanyá a Lala Hakuma Dadci, „[Opinion] Revealed: Fossil-Fuel Lobbying behind EU Hydrogen Strategy“, *EUobserver*, 8. červenec 2020, <https://euobserver.com/opinion/148873>.

32 Dilara Gulcin Caglayan et al., „Technical Potential of Salt Caverns for Hydrogen Storage in Europe“, *International Journal of Hydrogen Energy* 45, č. 11 (28. únor 2020): 6793–6805, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.161>.

Pro úplnou dekarbonizaci dopravy budou pravděpodobně (určitě v případě dálkové lodní dopravy) potřeba kapalné uhlovodíky z vodíku a biomasového uhlíku. Přehled technologií, a to i těch potřebných i pro bezemisní výrobu oceli či cementu, viz práci ³³.

5.4 Stlačený vzduch v plenkách, vývoj závislý na zpoplatnění emisí

Mezi technologie akumulace počítejme i stlačený vzduch. O tom se dlouho občas píše, jako v roce 2007: <http://www.bine.info/en/publications/publikation/druckluftspeicher-kraftwerke/aa-caes-forschungsziele/>. V roce 2019 její užití popisuje např. <https://nfp-energie.ch/en/dossiers/191/>, ale jen ve vzdálené nejisté budoucnosti.

Možností této a výše zmíněných technologií doopravdy ukáže teprve rozvoj trhu s nimi. Ten ale může ve velkém nastane teprve tehdy, když se fosilní paliva stanou mnohem dražšími díky zpoplatnění alespoň takovému, jaké odpovídá škodám, které rozvratem klimatu působí už nyní – tedy ne na úrovni desítek, ale stovek eur za tunu CO₂. Až to povede k rychlé stavbě nefosilních elektráren a pak i k nástupu soutěžících způsobů ukládání energie.

5.5 Evropské studie o uskladňování

Velmi podrobný přehled současného stavu a možného vývoje v EU podává „Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe“ z března 2020 ³⁴, dostupná také na ³⁵. Ta ovšem *nemodeluje tak velkou dekarbonizaci, jaká je již v roce 2030 nutná pro splnění cíle Pařížské dohody*, ale přidržuje se dříve formulovaných, zcela nedostatečných cílů EU. Úplnou dekarbonizaci posouvá do dále na rok 2050. Víme přitom, že na roku úplné dekarbonizace příliš nezáleží – celkové oteplení bude pouze funkcí toho, kolik ještě fosilních paliv spálíme. Tedy na tom, kdy jejich užití začne prudce klesat. Studie počítá s velkým užitím fosilního metanu až do doby, kdy by jej měl nahradit plyn z elektrolýzy vody. Zajímavým údajem studie je, že elektrické propojení Česka s okolím je již dnes natolik velké, že v modelovaných scénářích by nebylo nutné je valně navyšovat, na rozdíl například od Německa a Rakouska. Na druhé straně studie téměř nezmiňuje nová HVDC vedení. Účinné velké zpoplatnění emisí CO₂ odkládá až za horizont 2030.

Nevládní organizace předložily též poměrně propracovanou vizi / přání vývoje v EU.³⁶

6. Recentní vědecké publikace o úplné dekarbonizaci

Mnoho publikací dochází k závěru, že celá ekonomika (česká, evropská, světová) nemůže být založena jen na obnovitelných zdrojích. Ukazuje se ale, že jde o publikace nesolidní, za nimiž mohou stát zájmy průmyslů vázaných na fosilní paliva. Viz o tom zejména práce ³⁷ a ³⁸, které podávají skutečný stav vědeckého poznání, podobně jako výše citovaná práce Jacobson et al. Zajímavá je i studie ³⁹ a přehled prací ⁴⁰. Stojí za povšimnutí, že tyto práce neberou vážně možnost renesance někdejší výstavby elektráren jaderných.

33 Steven J. Davis et al., „Net-Zero Emissions Energy Systems“, *Science* 360, č. 6396 (29. červen 2018), <https://doi.org/10.1126/science.aas9793>.

34 Publications Office of the European Union, „Study on Energy Storage : Contribution to the Security of the Electricity Supply in Europe.“, Website (Publications Office of the European Union, 8. květen 2020), <http://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1/language-en>.

35 Union, „Energy Storage“, Text, Energy - European Commission, 7. leden 2020, https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/energy-storage_en.

36 (CAN Europe, EEB), „Building a Paris Agreement Compatible (PAC) Energy Scenario“, Caneurope, 30. červen 2020, <http://www.caneurope.org/publications/reports-and-briefings/1969-building-a-paris-agreement-compatible-pac-energy-scenario>.

37 Mark Diesendorf a Ben Elliston, „The Feasibility of 100% Renewable Electricity Systems: A Response to Critics“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 93 (1. říjen 2018): 318–30, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.042>, <http://pubclimate.ch.mm.st/TheFeasibilityOf100pcRenewableElectricitySystems--AResponseToCritics--Diesendorf--Elliston2018.pdf>.

38 T. W. Brown et al., „Response to ‘Burden of Proof: A Comprehensive Review of the Feasibility of 100% Renewable-Electricity Systems’“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 92 (1. září 2018): 834–47, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.113>.

Vynikající přehled současného zásobování světové ekonomiky různými zdroji energie podává britská zpráva o výsledcích výzkumu sponzorovaná vládou. Hlavně však předkládá realistický scénář, co všechno se musí stát, aby Spojené království dostalo svému zákonu, který stanoví, že bilance emisí musí být v roce 2050 už nulová. Scénář spoléhá výhradně na technologie dnes již běžné, které je jen potřeba o hodně rychleji než dosud implementovat a přitom i „za pochodu“ trochu zlepšovat, jak to půjde. Hned na počátku stanoví, že je nepřijatelné počítat s jakýmkoliv uměle zařízenými propady, protože jejich uskutečnění je zcela nepravděpodobné. Nemluví tedy o nulové bilanci, ale o nulových emisích skleníkových plynů – jmenuje se proto **Absolute zero**. Zahrnuje do toho přitom i emise vznikající nyní jinde, ale připadající na britskou spotřebu potravin a zboží. Do roku 2050 je v něm vše opřeno přímo jen o elektřinu z větru a slunce a patřičně flexibilní poptávku po ní. Do té patří i tepelné zlepšení budov a výstavba jen v pasivním standardu. Jelikož pro leteckou a dálkovou lodní dopravu se elektrické pohony do roku 2050 nedají očekávat, musí tyto způsoby dopravy postupně klesnout k nule, podobně i emisně náročná výroba portlandského cementu. Později se mohou obnovovat tak, jak přebytky obnovitelné elektřiny umožní bezemisní výrobu vodíku a amoniaku.⁴¹ Navazující studie pak probírá možnosti a překážky dekarbonizace některých průmyslů.⁴² Nutno podotknout, že ač je to scénář zdánlivě ambiciózní a přísný, ač optimistický, není kompatibilní s tím, jak rychle by musely britské emise klesat, aby země dostala cíli Pařížské dohody – pro to je dosažení nuly v roce 2050 příliš pozdní (zpráva dohodu vůbec nezmiňuje). Je zjevné, že pro patřičně rychlejší pokles by byl nutný i velký ústup od nákupu zboží, například aut.

Z podzimu 2019 je i jiná práce, nová verze studie Zero Carbon Britain. I ta je počítaná jako plně ostrovní řešení. V nějaké malé míře počítá i s konverzí vodíku na metan, pro jeho dlouhodobé ukládání a užití dnešními technologiemi, viz https://cs.wikipedia.org/wiki/Zero_Carbon_Britain.

Pro téměř celou Evropu (bez Ukrajiny a Běloruska) je spočítán model „Paris“ ve zprávě reflektující jak Zelenou dohodu pro Evropu, tak i náš potřebný podíl na eliminaci emisí odpovídající cíli Pařížské dohody, totiž jejich konec k roku 2040.⁴³ Najdete v ní i tabulku 1 podávající přehled projektů CCS, které selhaly. Studie podává asi nejlepší přehled, jakou cestou se musíme vydat. Modeluje Evropu dobře elektricky propojenou. Výrobu i spotřebu elektřiny počítá za předpokladu, že flexibilita spotřeby v dopravě a vytápění je nulová – jak sama uvádí, vychází pak pochopitelně zbytečně velká potřeba akumulace v rámci dne i týdne.

7. Limitace oteplením a klimatickou změnou

Dosavadní velké tepelné elektrárny, jako jsou všechny jaderné, již v minulosti narážely na problém nedostatku chlazení. Do budoucna ani v Česku nelze počítat s tím, že by každé léto mohly poskytovat svůj plný výkon – nejen proto, že (malou) část chladicí vody vypaří a pošlou ovzduším do velkých dálek, takže dál zmenšují průtok v Jihlavě či Vltavě, ale též proto, že teploty v obou řekách již nyní bývají příliš vysoké, takže voda vrácená do řeky by problém ještě zhoršila. Na to upozorňuje rozsáhlá práce Water – Energy Nexus in Europe.⁴⁴ Viz i její krátkou reflexi *Energy*

39 Manish Ram et al., *Global Energy System based on 100% Renewable Energy – Power, Heat, Transport and Desalination Sectors. Study by Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group* (Lappeenranta and Berlin, 2019), http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf.

40 Kenneth Hansen, Christian Breyer, a Henrik Lund, „Status and Perspectives on 100% Renewable Energy Systems“, *Energy* 175 (15. květen 2019): 471–80, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.092>.

41 Julian Allwood et al., „Absolute Zero“, Report, 29. listopad 2019, <https://doi.org/10.17863/CAM.46075>.

42 Julian Allwood et al., „Unlocking Absolute Zero: Overcoming Implementation Barriers on the Path to Delivering Zero Emissions by 2050“, Report, 5. říjen 2020, <https://doi.org/10.17863/CAM.57650>.

43 Karlo Hainsch et al., „Make the European Green Deal Real: Combining Climate Neutrality and Economic Recovery“, Research Report (Berlin: DIW Berlin: Politikberatung kompakt, 15. červen 2020), <https://www.econstor.eu/handle/10419/222849>.

44 FPFIS team, „Water – Energy Nexus in Europe“, Text, EU Science Hub - European Commission, 13. červen 2019, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/water-energy-nexus-europe>.

policy must consider water footprint of energy sector, suggests EU study ve věstníku [Science for Environment Policy](#) ze 2. června 2020.

Limitace suchem, které je důsledkem zvýšení teplot a tedy též výparu, se týká rovněž možné produkce biomasy pro energetické využití. Rozpad lesních porostů v Česku je toho nápadnou ukázkou. Situace se u nás v tomto ohledu trvale zhorší i při splnění cíle Pařížské dohody, to jest „dekarbonizaci“ celého světa do roku 2050.

8. Závěr

Rychlé uzavření českých uhelných elektráren je bezpečně možné tehdy, pokud se budou řádově rychleji než doposud budovat kapacity solární a větrné (větrné vycházejí i při pesimistických předpokladech o malém a nerostoucím zpoplatnění emisí lépe než i dosavadní uhelné⁴⁵). Hned zpočátku může být vhodné investovat i do takových elektráren v zahraničí. Spolu s tím je vhodné připravovat nová dálková vysokonapěťová vedení.

Scénáře pro „Uhelnou komisi“ ale nepočítají s elektřinou vyráběnou v dáli, s mohutnými toky do Česka a z něj. Zjevně se nezabývají se nutnou rychlou dekarbonizací celé ekonomiky, spoléhající do budoucna na fosilní plynové elektrárny.⁴⁶ Nejsou vůbec v souladu s cílem Pařížské dohody, ostatně podobně jako dosavadní plány většiny zemí.⁴⁷

Potřebné velmi rychlé budování solárních elektráren se zdaleka nemůže omezovat na střechy budov. Tam je totiž nejdražší a nejpomalejší. Nasadě je zejména využít synergie s ochranou vodních nádrží před sluncem a výparem – u [plovoucích solárních polí](#) nebude nikdo litovat, že zabírají plochu využitelnou jinak. Cenná je i synergie fotovoltaiky s pastvou a produkcí sena – v suchých horkých obdobích může chránit chovaná zvířata a zajistit alespoň nějakou trávu, jako se to ukázalo již v létě 2018.⁴⁸ Dále připadá v úvahu i *agrivoltaika*, která v takových situacích i *obdělávané* půdě poskytuje částečný stín i ochranu před větrem.^{49 50 51} Mluví se o „boji proti suchu“ – tohle je jedna z mála cest, jak omezit ztrátu vody výparem; navíc tak mohou plodiny být chráněny i proti

45 (BloombergNEF), „Investing in the Recovery and Transition of Europe’s Coal Regions Bulgaria, Czechia, Poland and Romania“ (Bloomberg Finance L.P, 6. červenec 2020), <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-white-paper-EU-coal-transition-Final-6-July.pdf>.

46 Michal Tomeš, „Česko chce masově vsadit na větrnou a solární energii. Uhlí se zřekne úplně“, Deník N, 5. červen 2020, <https://denikn.cz/373803/denik-n-ziskal-sest-scenaru-energeticke-budoucnosti-ceska-nejekologictejsi-varianta-nemusi-stacit-spotrebe/>.

47 (Centrum pro dopravu a energetiku), „Nové klimatické plány členských zemí EU jsou slabé, ukázala analýza. I ten český má mezery.“, Klimatická koalice, 4. červen 2020, <https://klimatickakoalice.cz/pro-media/tiskove-zpravy/nove-klimaticke-plany-clenskych-zemi-eu-jsou-slabe-ukazala-analyza-i-ten-cesky-ma-mezery>.

48 Steve Hanley, „Fraunhofer Reports Combining Farming With Solar 186% More Efficient In Summer Of 2018“, CleanTechnica, 12. duben 2019, <https://cleantechnica.com/2019/04/12/fraunhofer-reports-combining-farming-with-solar-186-more-efficient-in-summer-of-2018/>; Steve Hanley, „Europe Puts Focus On Floating Solar & Agrivoltaics“, CleanTechnica, 22. březen 2020, <https://cleantechnica.com/2020/03/22/europe-puts-focus-on-floating-solar-agrivoltaics/>.

49 Hélène Marrou, „Co-Locating Food and Energy“, *Nature Sustainability* 2, č. 9 (září 2019): 793–94, <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0377-0>; Hélène Marrou, „Agrivoltaics : A Win-Win System to Combine Food and Energy Production?“, Springer Nature Sustainability Community, 21. září 2019, <https://sustainabilitycommunity.springernature.com/users/311875-helene-marrou/posts/53868-agrivoltaics-a-win-win-system-to-combine-food-and-energy-production>.

50 Greg A. Barron-Gafford et al., „Agrivoltaics Provide Mutual Benefits across the Food–Energy–Water Nexus in Drylands“, *Nature Sustainability* 2, č. 9 (září 2019): 848–55, <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5>, https://www.researchgate.net/publication/335583033_Agrivoltaics_provide_mutual_benefits_across_the_food-energy-water_nexus_in_drylands.

51 „Benefits of Agrivoltaics Across the Food-Energy-Water Nexus | News | NREL“, 11. září 2019, <https://www.nrel.gov/news/program/2019/benefits-of-agrivoltaics-across-the-food-energy-water-nexus.html>.

krupobití.⁵² Zajímavé je, že i investičně může být výhodnější instalovat panely pohyblivé a s citlivou vrstvou i na dolní straně.⁵³

Táž půda může poskytovat jak zemědělskou produkci, tak i elektřinu ze slunce a větru. Větrné turbíny navíc v rovinaté krajině poskytují ochranu před jarními přizemními mrazíky a snižují teplotní rozdíly mezi dnem a nocí⁵⁴ a doložitelně zvyšují produkci⁵⁵. Kromě toho poskytují hospodařícím vlastníkům půdy jistotu příjmu přes rostoucí výkyvy produkce vlivem klimatické změny.⁵⁶ Lepší využití půdy než takto kombinované lze stěží vymyslet. Pro jejich přijatelnost a oblibu u místních obyvatel je ovšem žádoucí, aby se rovnoprávně mohli podílet i na investicích do nich, případně spolu s obcemi, jak jsou známy dobré příklady z Rakous i Německa.

Jak řečeno v úvodu, dostatečně rychlá dekarbonizace nenastane, budou-li emise skleníkových plynů nadále levné. Aby byly zpoplatněny, to vyžaduje i podporu veřejnosti. A pro tu je rozhodující dobré povědomí o klimatické krizi a její příčině: fosilních palivech. Ve starých členských zemích EU je naštěstí mnohem lepší než u nás, což vedlo i k Zelené dohodě pro Evropu a vposledku jako reakci na pandemii i k alokaci obrovských prostředků právě na „transformational change“ transformaci společnosti a ekonomiky k nefosilní. Je nejvyšší čas se rozhodnout, jak je v Česku použijeme. Zásadní zlepšení stavu budov a rychlá výstavba nefosilních elektráren jsou tím krokem, který je potřeba udělat. Nepochopíme-li tu příležitost.

Jan Hollan, 11. října 2020

PS

Starší verze textu z léta 2020 zahrnovala jako možnost i budoucí náhradu fosilního metanu takovým, který bude vytvářen uměle z vodíku a biomasy, a to při použití celé dosavadní metanové infrastruktury. Ve skutečnosti je ale pro dosažení nulových emisí onu infrastrukturu, ze které významná procenta zemního plynu unikají, z valné části deaktivovat, jak ukazují nově citované práce.

52 Milan Smrž, „Eurosolar.cz - Agrovoltaika - nové možnosti“, 29. březen 2020, <http://www.eurosolar.cz/novinky/agrovoltaika-nove-moznosti-1404043161.html>.

53 Carlos D. Rodríguez-Gallegos et al., „Global Techno-Economic Performance of Bifacial and Tracking Photovoltaic Systems“, *Joule*, 3. červen 2020, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.05.005>; (Science Daily), „Double-Sided Solar Panels That Follow the Sun Prove Most Cost Effective“, ScienceDaily, 3. červen 2020, <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/06/200603132543.htm>.

54 Fred Love, „Wind Turbines May Have Beneficial Effects for Crops, According to Research“, 12. prosinec 2016, <https://phys.org/news/2016-12-turbines-beneficial-effects-crops.html>.

55 Daniel T. Kaffine, „Microclimate Effects of Wind Farms on Local Crop Yields“, *Journal of Environmental Economics and Management* 96 (1. červenec 2019): 159–73, <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.06.001>.

56 Elizabeth Weise, „Wind Energy Can Help American Farmers Earn Money, Avoid Bankruptcy“, *usatoday*, 20. únor 2020, <https://www.usatoday.com/story/news/nation/2020/02/16/wind-energy-can-help-american-farmers-earn-money-avoid-bankruptcy/4695670002/>.