

Skutečný zábor půdy obnovitelnými zdroji a plošná energetická bilance ČR

Doplňující studie k práci „Když se zeptáte poctivě, dostanete poctivou odpověď“

Abstrakt

Tato práce navazuje na první studii a doplňuje její výpočty o tři klíčové aspekty: (i) skutečný (netto) zábor zemědělské půdy větrnými a fotovoltaickými elektrárnami, (ii) plošnou hustotu spotřeby elektřiny v krajích a velkých městech České republiky podle dat ERÚ a ČSÚ za rok 2024, a (iii) revizi potřeby plochy pro hybridní obnovitelný systém s ohledem na dvojí využití pozemků. Analýza ukazuje, že mezinárodně doložený skutečný zábor půdy větrnou elektrárnou činí 0,3–0,5 ha/MW, tedy cca 2 % z plochy větrného parku, přičemž 98–99 % plochy zůstává plně využitelných pro zemědělství. Plošná hustota spotřeby elektřiny v ČR činí v průměru ~750 MWh/km²/rok, s velkými rozdíly mezi venkovskými kraji (350–500 MWh/km²) a průmyslovými centry (1 000–12 000 MWh/km²). Pro 100% pokrytí roční spotřeby elektřiny ČR z fotovoltaiky postačuje při průmyslové hustotě 100–120 MWp/km² pouze 0,65–0,78 % plochy ČR.

Klíčová slova: zábor půdy, agrivoltaika, plošná hustota spotřeby, fotovoltaika, větrná energie, ekovoltaika, dvojí využití pozemku.

1. Úvod a vztah k předchozí studii

V první studii bylo provedeno srovnání jaderné elektrárny Temelín a hybridního obnovitelného systému instalovaného na ploše 178 km², odpovídající teoretickému minimu povodí pro chladicí vodu ETE. Závěry vycházely z konzervativních hodnot „alokované“ plochy pro jednotlivé technologie, tj. plochy zahrnující rozestupy mezi turbínami, ochranná pásma a logistické koridory.

Tato „alokovaná“ plocha je však v řadě případů zaměňována za plochu „odebranou“ z funkce krajiny, což vede k systematickému zkreslení v politické i odborné debatě. Cílem této doplňující studie je upřesnit klíčové parametry tak, aby srovnání lépe odpovídalo skutečnosti.

Práce dále zavádí pojem *plošné hustoty spotřeby elektřiny* jako kontextovou veličinu, podle které lze posuzovat soběstačnost krajů a měst v rámci hybridních energetických systémů.

2. Skutečný zábor půdy větrnými elektrárnami

2.1 Definice plochy: alokovaná vs. zabraná

V odborné literatuře se rozlišují dvě veličiny:

S_{alok} - alokovaná plocha větrného parku, zahrnující rozestupy mezi turbínami (typicky 5–7× průměr rotoru), ochranná pásma a vnitřní logistické koridory. Tato plocha se v praxi často mylně označuje jako „obětovaná“ krajina.

S_{net} - netto zabraná plocha, zahrnující pouze fyzicky zastavěnou nebo trvale zpevněnou půdu: betonové základy turbín, jeřábové montážní plochy, trafostanice a příjezdové komunikace. Pouze tato plocha je pro zemědělskou nebo přírodní funkci nevratně ztracena.

2.2 Mezinárodně publikované hodnoty

Zdroj	Lokalita	S _{net} [ha/MW]	Pozn.
-------	----------	--------------------------	-------

McGill Univ. 2024	USA, 320 farem (GIS)	~0,30-0,50	2-5 % plochy parku
ELETAEN 2026	Řecko	0,33	GIS analýza
NREL 2009	USA	0,30-0,50	Standardní reference
Diffendorfer 2019	USA	<5 % plochy	Trvale zastavěné
Frontiers 2022	EU + USA review	96-99 % volné	Dvojí využití

Tab. 1: Mezinárodně publikované hodnoty skutečného záboru půdy VTE.

2.3 Strukturální rozklad plochy jedné turbíny

Pro moderní turbínu třídy 4,5 MW (např. Vestas V150) lze jednotlivé komponenty kvantifikovat takto:

Komponenta	Plocha [m ²]	Charakter
Betonové základy (kruh ~22 m)	400	Trvale zastavěné
Montážní/jeřábová plocha	1 500	Trvale zpevněné
Trafostanice	100	Trvale zastavěné
Příjezdová cesta (sdílená, alikvot)	~600	Zpevněná, propustná
Celkem na turbínu	~2 600	cca 0,26 ha
Měrný zábor	0,58 ha/MW	Konzervativní odhad

Tab. 2: Strukturální rozklad záboru jedné moderní VTE 4,5 MW.

Pro praktické výpočty je vhodné používat hodnotu **0,4 ha/MW** jako střední realistický odhad pro podmínky ČR.

3. Revize záboru hybridního systému ze studie I.

Hybridní systém z první studie obsahoval 480 MW větrných elektráren na alokované ploše 120 km² (12 000 ha). Při uplatnění realistického měrného záboru 0,4 ha/MW vychází skutečně zabraná plocha:

$$S_{net}(VTE) = 480 \text{ MW} \times 0,4 \text{ ha/MW} = 192 \text{ ha} = 1,92 \text{ km}^2$$

To odpovídá **1,6 % alokované plochy**. Zbývajících 98,4 % plochy (cca 11 800 ha) zůstává plně využitelných pro zemědělskou činnost - pěstování plodin, pastvu, sady, biokoridory. Zemědělec tak ze stejného pozemku získává **dvojí příjem**: z polní produkce a z nájemného za umístění turbíny (typicky 80 000-150 000 Kč na turbínu ročně v podmínkách EU).

3.1 Energetický zisk na netto zabranou plochu

Roční výroba VTE části hybridního systému činí 0,93 TWh = 930 GWh = 9,3·10⁵ MWh. Měrný energetický výnos na netto zabranou plochu:

$$\varepsilon_{VTE} = 930\,000 \text{ MWh} / 192 \text{ ha} \approx 4\,844 \text{ MWh/ha/rok} \approx 4,84 \text{ GWh/ha/rok}$$

Vyjádřeno na metr čtvereční:

$$\varepsilon_{VTE} = 484 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$$

Zdroj energie	Výnos na netto plochu	Pozn.
VTE (4,5 MW, CF 22 %, 0,4 ha/MW)	4 844 MWh/ha/rok	Této studie
FVE polní (1 MWp/ha, CF 11 %)	964 MWh/ha/rok	Plný zábor
FVE agrivoltaika	~700-800 MWh/ha/rok	Dvojí využití
Bioplyn (kukuřice)	~50 MWh/ha/rok	Primární energie

Pšenice (potravinová energie)	~15-25 MWh/ha/rok	Energetický obsah zrna
-------------------------------	-------------------	------------------------

Tab. 3: Měrný energetický výnos na netto zabranou plochu.

Z tabulky vyplývá, že VTE je **5× produktivnější** než plně zabraná polní FVE a řádově (10^2 - 10^3 ×) produktivnější než zemědělská energetická plodina, pokud srovnání provádíme na *netto* zabranou plochu. Tento poznatek je systematicky ignorován v debatě, která pracuje pouze s alokovanou plochou.

4. Plošná hustota spotřeby elektřiny v ČR (2024)

Pro posouzení energetické soběstačnosti regionů zavádíme veličinu **plošná hustota spotřeby** ρ_e [MWh/km²/rok], definovanou jako podíl roční netto spotřeby elektřiny a rozlohy daného území. Data za rok 2024 vycházejí ze zveřejněných údajů ERÚ a ČSÚ.

4.1 Krajská bilance

Kraj	Rozloha [km ²]	Spotřeba [GWh]	ρ_e [MWh/km ²]
Hl. m. Praha	496	5 898	11 891
Moravskoslezský	5 427	6 809	1 255
Ústecký	5 335	5 745	1 077
Liberecký	3 163	2 371	749
Středočeský	11 015	8 145	739
Zlínský	3 963	~2 900	732
Jihomoravský	7 188	5 228	727
Královéhradecký	4 759	~3 000	630
Olomoucký	5 267	~3 300	627
Pardubický	4 519	2 371	525
Vysočina	6 796	~3 200	471
Karlovarský	3 315	1 486	448
Plzeňský	7 649	~3 200	418
Jihočeský	10 058	~3 500	348
ČR celkem (vážený průměr)	78 866	59 171	~750

Tab. 4: Plošná hustota netto spotřeby elektřiny v krajích ČR (data ERÚ/ČSÚ 2024). Hodnoty s ~ jsou kvalifikované odhady z dostupných čtvrtletních dat.

4.2 Velká města

Město	Rozloha [km ²]	Spotřeba [GWh]	ρ_e [MWh/km ²]
Praha	496	5 898	11 891
Brno	230	~1 900	~8 300
České Budějovice	56	~480	~8 600
Plzeň	137	~1 100	~8 000
Ostrava	214	~1 700	~7 900
Pardubice	78	~520	~6 700
Liberec	106	~500	~4 700
Olomouc	103	~480	~4 700
Hradec Králové	105	~450	~4 300

Tab. 5: Plošná hustota spotřeby ve velkých městech ČR (rok 2024, odhady).

4.3 Interpretace

Plošná hustota spotřeby ρ_e rozděluje území ČR do tří strukturálně odlišných kategorií:

(A) Venkovské kraje (Jihočeský, Plzeňský, Vysočina, Karlovarský): $\rho_e = 350\text{--}500$ MWh/km². Pro plnou energetickou soběstačnost z fotovoltaiky (při výnosu 96 GWh/km² = 96 000 MWh/km²) by stačilo pokrýt panely **0,4-0,5 % rozlohy kraje**.

(B) Smíšené kraje (Středočeský, Jihomoravský, Liberecký, Pardubický): $\rho_e = 525\text{--}750$ MWh/km². Soběstačnost vyžaduje **0,5-0,8 % plochy**.

(C) Průmyslové a urbánní oblasti (Ústecký, Moravskoslezský, Praha): $\rho_e = 1\ 000\text{--}12\ 000$ MWh/km². V Praze by 100% pokrytí vlastní spotřeby z FVE vyžadovalo **více než celou plochu města**, což je technicky nemožné. Praha bude vždy importním regionem závislým na okolním území.

5. Revize: kolik plochy ČR by stačilo pokrýt z FVE?

V první studii byla v jedné z tabulek uvedena hustota FVE 80 MWp/km² jako vážený průměr pro hybridní systém. Tato hodnota je správná pro mix polní FVE a agrivoltaiky, ale nesprávně by byla aplikována na čistě průmyslovou polní instalaci.

Pro klasickou polní FVE bez ohledu na zemědělství je v podmínkách ČR realistická hustota 100–120 MWp/km² (1–1,2 MWp/ha). Při kapacitním faktoru 11 % (~1 000 kWh/kWp/rok) vychází:

Hustota FVE	Výnos [GWh/km ²]	Plocha pro 100 % ČR	% rozlohy ČR
80 MWp/km ² (mix s agrivoltaikou)	8,8	6 724 km ²	8,53 %
100 MWp/km² (standardní polní)	96,4	614 km²	0,78 %
120 MWp/km ² (hustá průmyslová)	115,6	512 km ²	0,65 %
150 MWp/km ² (max. moderní)	144,5	409 km ²	0,52 %

Tab. 6: Plocha potřebná pro 100% pokrytí roční spotřeby elektřiny ČR z FVE (roční bilance, neřeší denní/sezónní rozložení).

Pro průmyslovou polní FVE postačuje 0,65-0,78 % plochy ČR. Pro představu měřítka: 1 % plochy ČR = 789 km², zatímco rozloha všech parkovišť, střech průmyslových hal a obchodních center v ČR je odhadována na 800–1 200 km². Pokud by byla pokryta pouze polovina těchto již zastavěných ploch, byla by elektrická roční bilance ČR soběstačná, aniž by byl odebrán jediný hektar zemědělské půdy.

Klíčový technický problém tedy **není plocha**, ale **denní a sezónní rozložení výroby** – přebytky v poledne, deficity v noci a v zimě. Tyto výzvy řeší akumulční systémy (BESS, vodíkové zásobníky, sezónní akumulace) a komplementarita s VTE a bioplynem, jak bylo popsáno v první studii.

6. Revidovaná plošná bilance hybridního systému

Pokud aplikujeme zjištění této doplňující studie na hybridní systém z práce I., získáme následující obraz:

Subsystem	Alok. plocha	Netto zábor	Roční výroba
VTE 480 MW	120 km ²	1,9 km ²	0,93 TWh
FVE polní 30 km ² , 80 MWp/km ²	30 km ²	~30 km ^{2*}	2,31 TWh
FVE alternativně agrivoltaika	30 km ²	~3 km ^{2**}	~1,6 TWh

Bioplyn + KGJ 200 MW	25 km ² (biomasa)	~1 km ²	0,11 TWh
BESS 800 MW / 3,2 GWh	~0	~0,1 km ²	(přesun)
Cesty a ochr. pásma	3 km ²	3 km ²	-
Hybrid (klasická FVE)	178 km²	~36 km²	3,35 TWh
Hybrid (FVE jako agrivoltaika)	178 km²	~9 km²	~2,65 TWh

Tab. 7: Revidovaná plošná bilance hybridního systému. *Klasická polní FVE bez dvojího využití.

**Agrivoltaika - 90 % plochy zůstává funkční pro zemědělství.

Při scénáři s agrivoltaikou tak skutečná „obětovaná“ plocha hybridního systému činí **~9 km²** z původně uvažovaných 178 km², tj. **5 % alokované plochy**. Zbýlých 95 % zůstává funkčních pro zemědělství, pastvu, biokoridory či krajinné prvky. Roční výroba klesne pouze mírně (z 3,35 na ~2,65 TWh) v důsledku nižšího výkonu agrivoltaiky.

7. Závěr

Tato doplňující studie přesněji kvantifikuje plošnou stopu obnovitelných zdrojů. Klíčová zjištění:

(I) Skutečný (netto) zábor půdy větrnou elektrárnou činí 0,3–0,5 ha/MW, tedy 1–2 % alokované plochy větrného parku. 98–99 % plochy zůstává plně využitelných pro zemědělství.

(II) Měrný energetický výnos VTE na netto zabranou plochu činí ~4 800 MWh/ha/rok, což je přibližně 5× více než plně zabraná polní FVE a 100–300× více než zemědělská energetická plodina.

(III) Plošná hustota netto spotřeby elektřiny v ČR (2024) činí v průměru ~750 MWh/km²/rok, s rozsahem od 350 MWh/km² (Jihočeský kraj) po 11 900 MWh/km² (Praha). Většina území ČR (90 % rozlohy) patří do venkovské nebo smíšené kategorie s $\rho_e < 800$ MWh/km², kde je energetická soběstačnost z OZE dosažitelná při pokrytí <1 % plochy kraje.

(IV) Pro 100% roční bilanci spotřeby elektřiny ČR z FVE postačuje 0,65–0,78 % plochy ČR (řádově 500–600 km²) při průmyslové hustotě 100–120 MWp/km². Tato plocha je řádově menší než celková plocha již zastavěných parkovišť, střech průmyslových hal a obchodních center v ČR.

(V) Při uplatnění agrivoltaiky činí skutečná „obětovaná“ plocha hybridního systému z první studie pouze ~9 km² z původně uvažovaných 178 km², tj. 5 % alokované plochy.

(VI) Limitujícím faktorem nasazení OZE v ČR **není plocha**, ale denní a sezónní rozložení výroby, jehož řešení vyžaduje akumulční systémy a vyvážený mix zdrojů, jak bylo popsáno v první studii.

Tato práce je doplněním a upřesněním první studie. V rámci průběžné revize byla v první studii v jedné tabulce nesprávně extrapolována hustota FVE 80 MWp/km² z hybridního systému na čistě FVE řešení, což vedlo k nadhodnocení plochy potřebné pro 100% pokrytí spotřeby ČR. Správná hodnota při průmyslové hustotě 100–120 MWp/km² činí 0,65–0,78 % plochy ČR. Děkujeme čtenářům za připomínky vedoucí k této opravě.

8. Použité zdroje

[1] ERÚ - Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR za rok 2024.

[2] ČSÚ - Statistiky energetiky 2024, krajská data o výrobě a spotřebě elektřiny.

[3] ELETAEN (Hellenic Wind Energy Association), 2026: Study on the actual land footprint of wind farms.

- [4] McGill University, 2024: Land use efficiency of wind energy projects (publ. Environmental Science and Technology).
- [5] NREL, 2009: Land-Use Requirements of Modern Wind Power Plants in the United States.
- [6] Diffendorfer, J. E. et al., 2019: A Method to Assess the Effects of Wind Energy Facilities on Wildlife.
- [7] Frontiers in Sustainability, 2025: Ecological impacts of single-axis photovoltaic solar energy.
- [8] Fthenakis, V., Kim, H. C., 2009: Land use and electricity generation: A life-cycle analysis.
- [9] IPR Praha: Energetika – komparativní data evropských měst.
- [10] ČEPS – Predikce vývoje spotřeby elektřiny v ČR do 2040.
- [11] First study (this series): „Když se zeptáte poctivě, dostanete poctivou odpověď“ (violka.info, 2026).

Tento dokument je technicko-analytický rozbor doplňující předchozí studii. Neobsahuje politická doporučení ani regulatorní stanoviska. Jeho cílem je transparentně předložit korigovaná data a metodiku tak, aby výpočty byly nezávisle ověřitelné. Publikováno na violka.info.