

Fotovoltaika pro vlastní spotřebu – domácnosti

Kamil Staněk

kamil.stanek@uceeb.cz

MOTIVACÍ JE ...

- ... navrhnout FV zdroj pro krytí spotřeby uživatelské a pomocné elektrické energie (EE) jedné či několika domácností.
- ... maximalizovat vlastní spotřebu produkované energie.

Uživatelská EE: domácí spotřebiče + umělé osvětlení

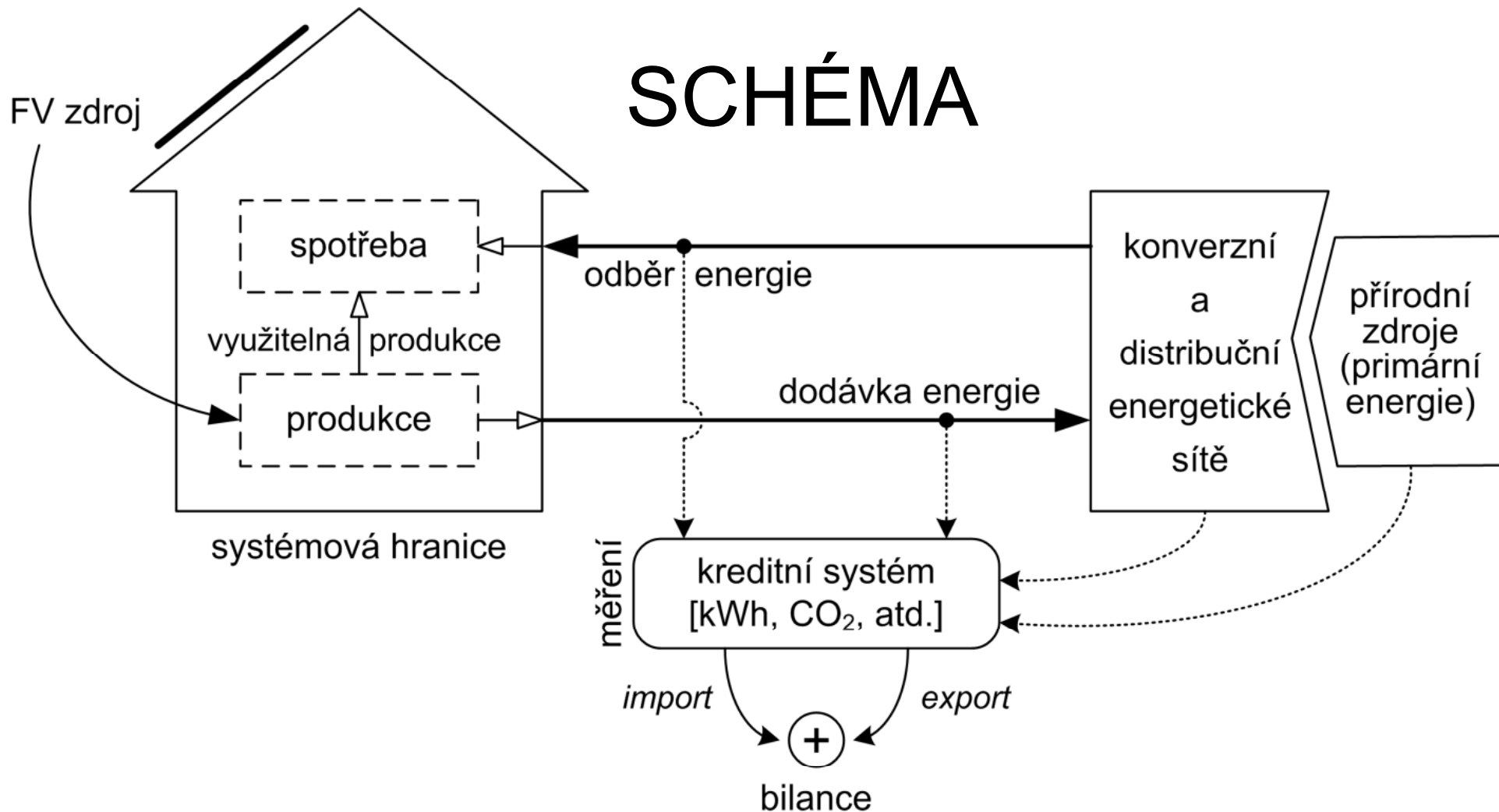
Pomocná EE: domovní technologie

(oběhová čerpadla, ventilátory VZT apod.)

netepelné
využití EE



SCHÉMA



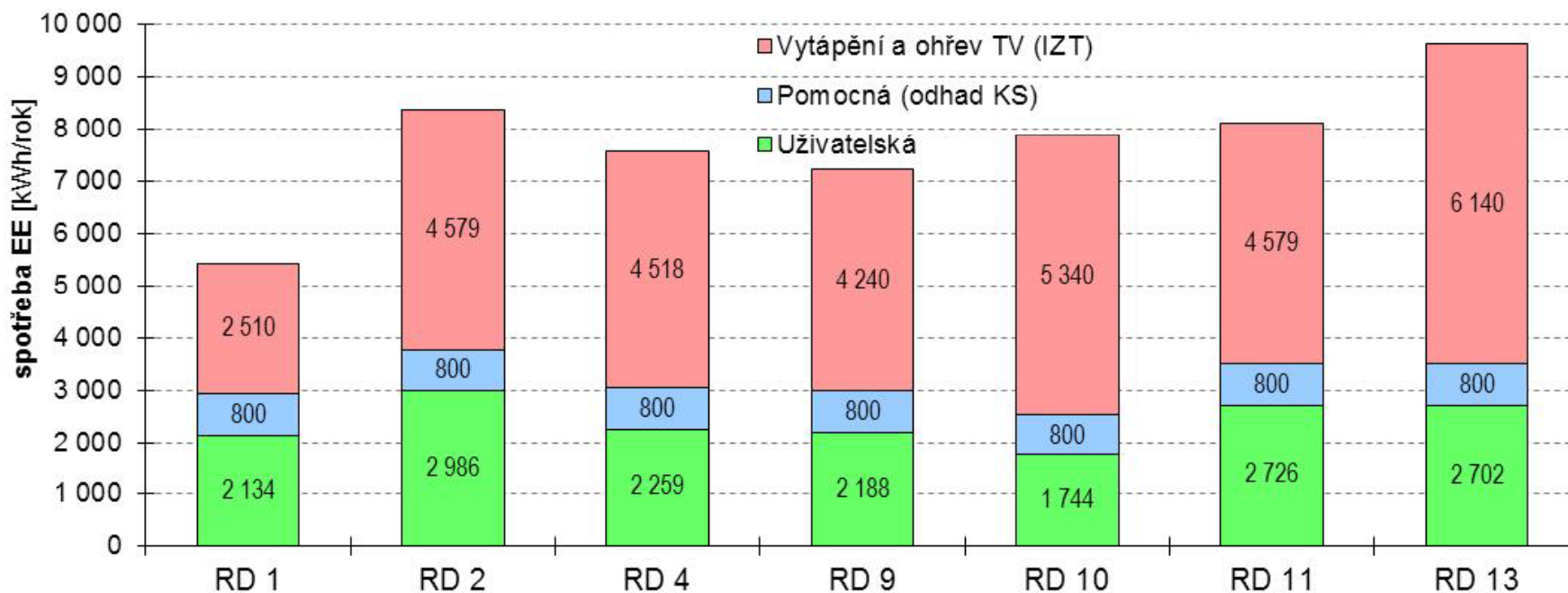
Budova zůstává napojena na veřejnou síť, kam jsou dodávány přebytky, a odkud je odebírána energie v případě nedostatečné produkce.

Ústředním motivem návrhu FV zdroje je vybalancování produkce a spotřeby – kolik a kdy. Po cestě je několik úskalí.

SPOTŘEBA EE DOMÁCNOSTÍ

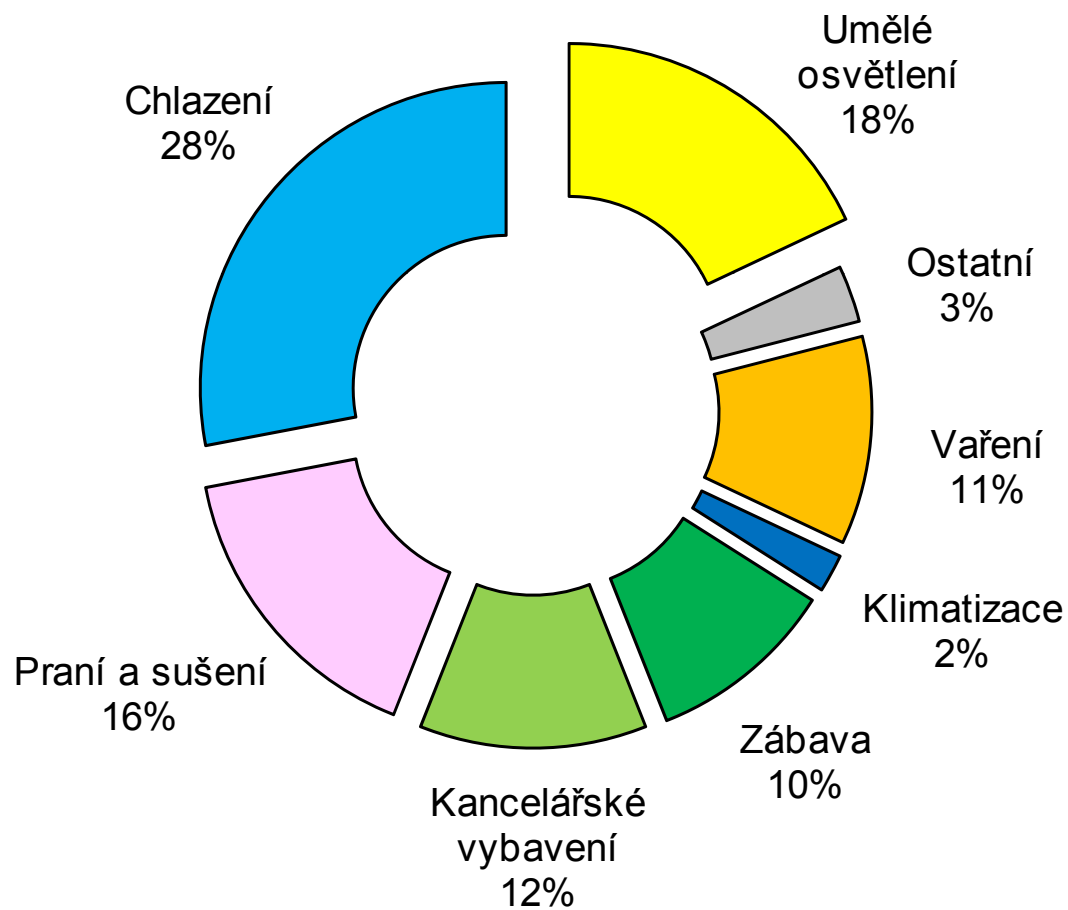


	RD 1	RD 2	RD 4	RD 9	RD 10	RD 11	RD 13	Průměr	Suma
Celková spotřeba EE	5 444	8 365	7 577	7 228	7 884	8 105	9 642		
Vytápění a ohřev TV (IZT)	2 510	4 579	4 518	4 240	5 340	4 579	6 140		
Uživatelská a pomocná	2 934	3 786	3 059	2 988	2 544	3 526	3 502		
Pomocná (odhad KS)	800	800	800	800	800	800	800	800	3 191 kWh ročně
Uživatelská	2 134	2 986	2 259	2 188	1 744	2 726	2 702	2 391	



SPOTŘEBA EE DOMÁCNOSTÍ

EU projekt REMODECE (2006-2008)



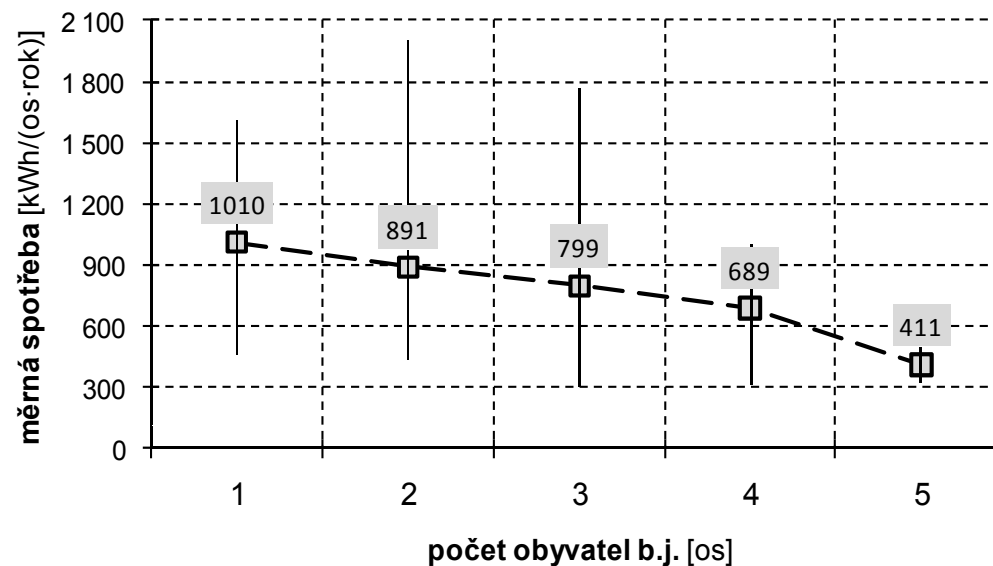
Průměrná evropská domácnost:

2 695 kWh/rok

Průměrná česká domácnost:

2 189 kWh/rok

2,7 osob



ODBĚROVÉ KŘIVKY

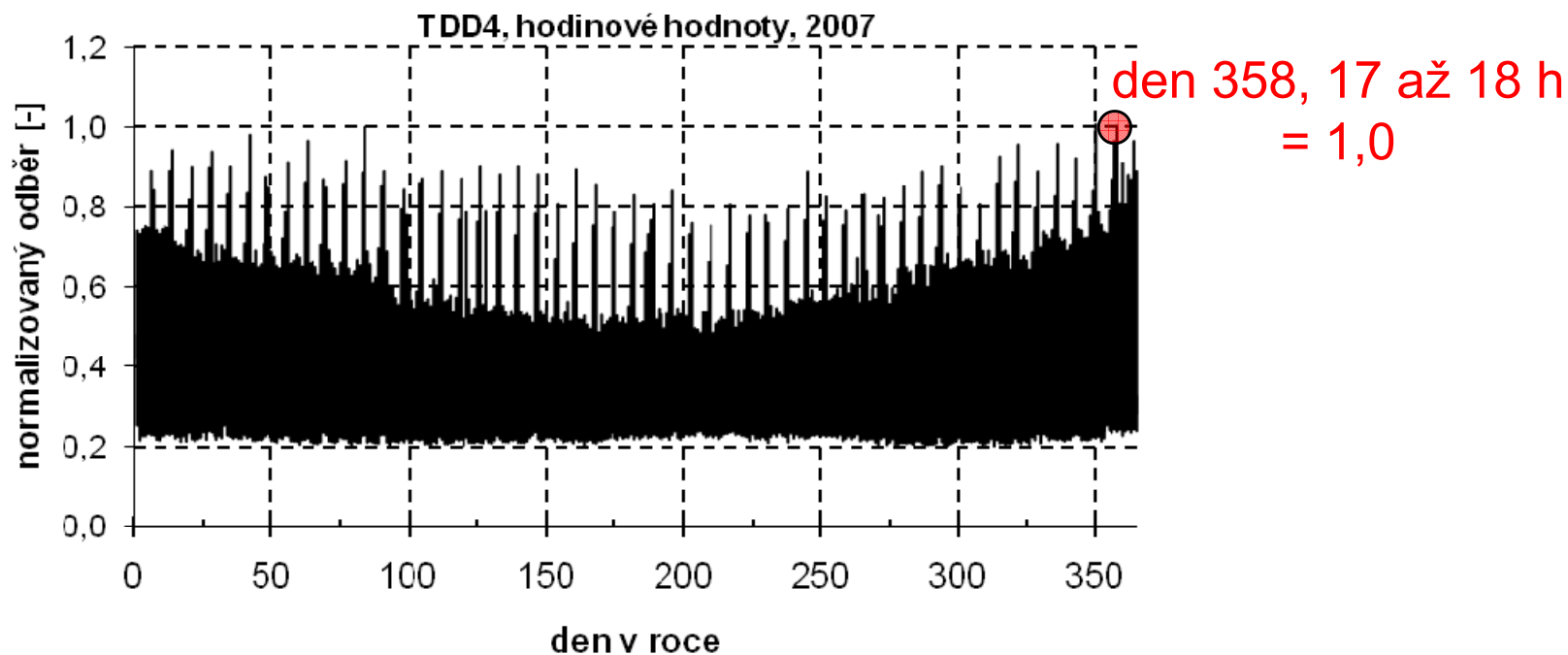


OTE a.s., Operátor trhu s elektřinou

Typové diagramy dodávek EE z měření pro různé skupiny zákazníků.

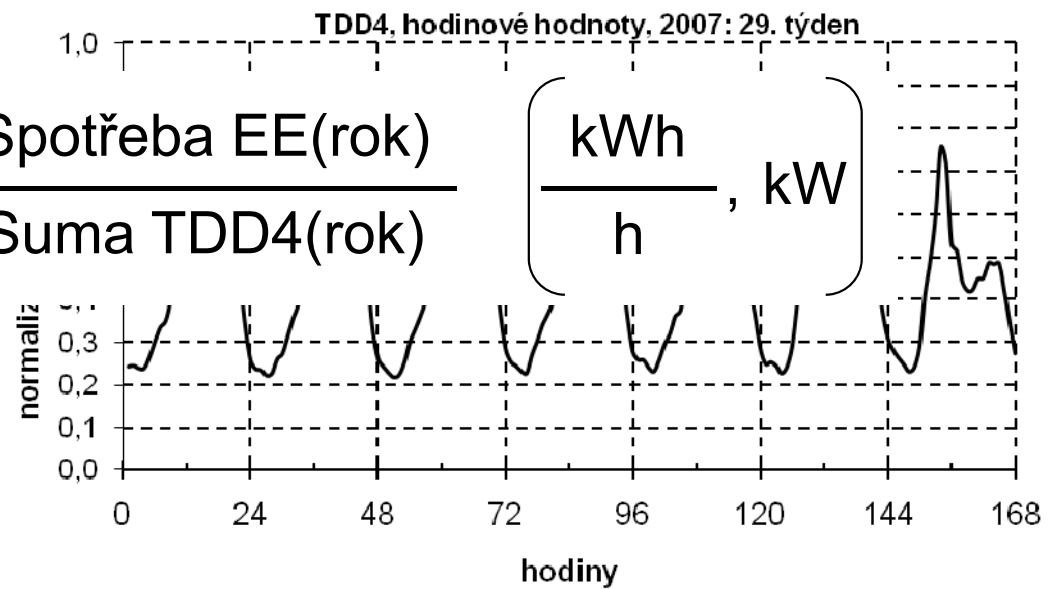
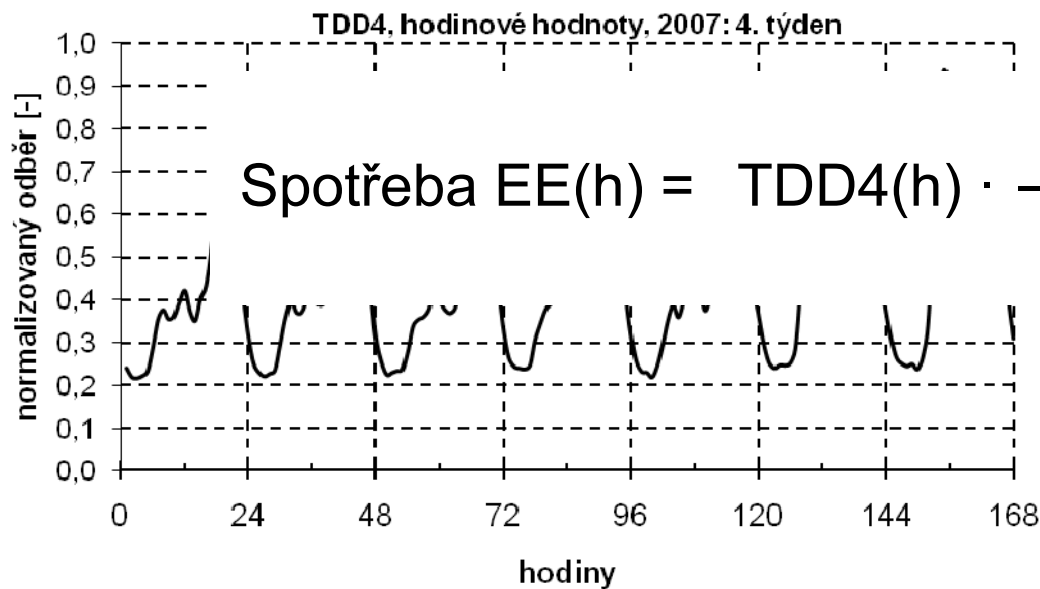
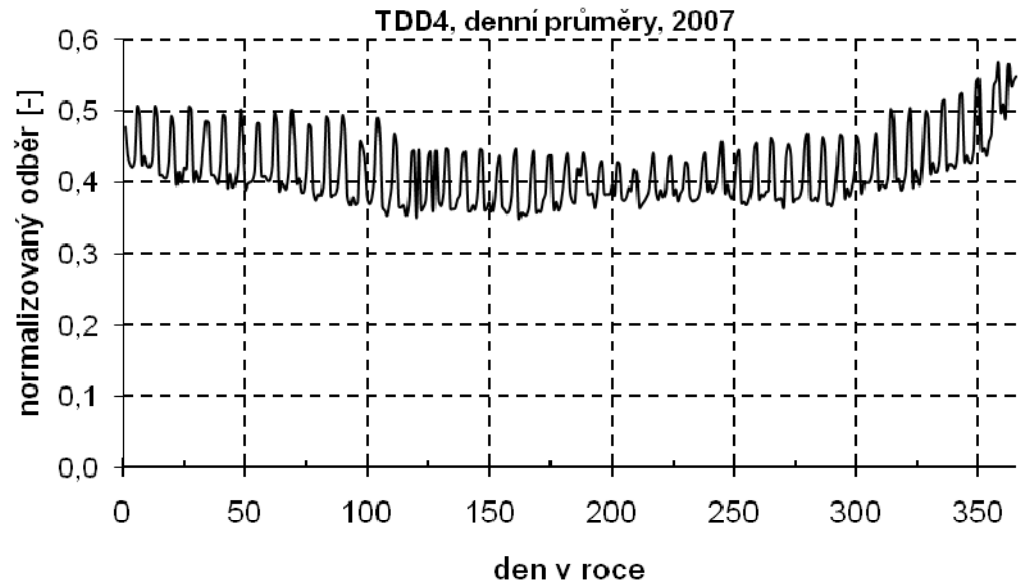
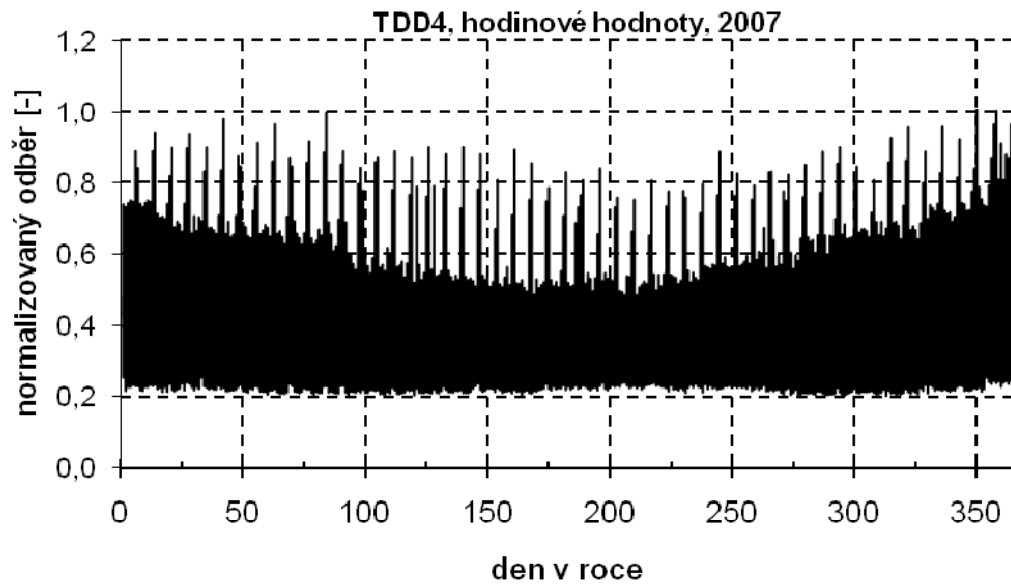
TDD je posloupnost relativních hodnot průměrných hodinových odběrů elektřiny, vztažených k hodnotě ročního maxima průměrných hodinových odběrů příslušné skupiny zákazníků definované třídou typového diagramu.

Nás zajímá třída 4, tj. odběr domácností bez tepelného využití EE = pouze uživatelská a pomocná EE (sazby D01d, D02d, D61d).



ODBĚROVÉ KŘIVKY

OTE a.s., Operátor trhu s elektřinou



$$\text{Spotřeba EE}(h) = \text{TDD4}(h) \cdot \frac{\text{Spotřeba EE}(\text{rok})}{\text{Suma TDD4}(\text{rok})} \left(\frac{\text{kWh}}{h}, \text{kW} \right)$$

PŘÍPAD 1: Jediná domácnost bez aku

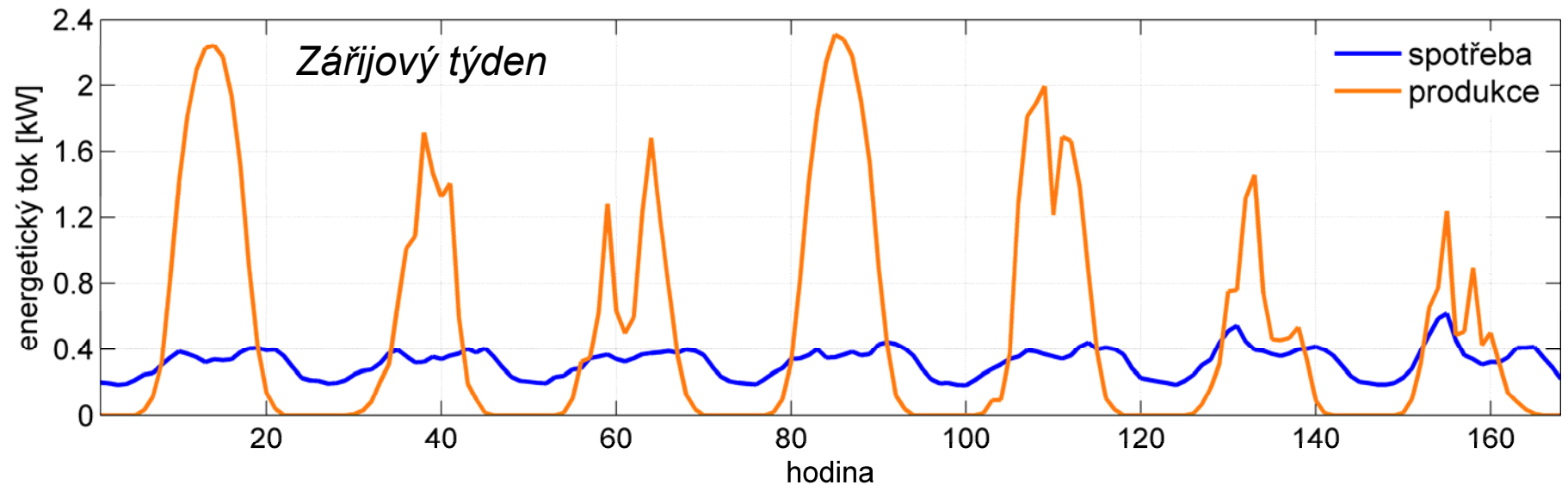
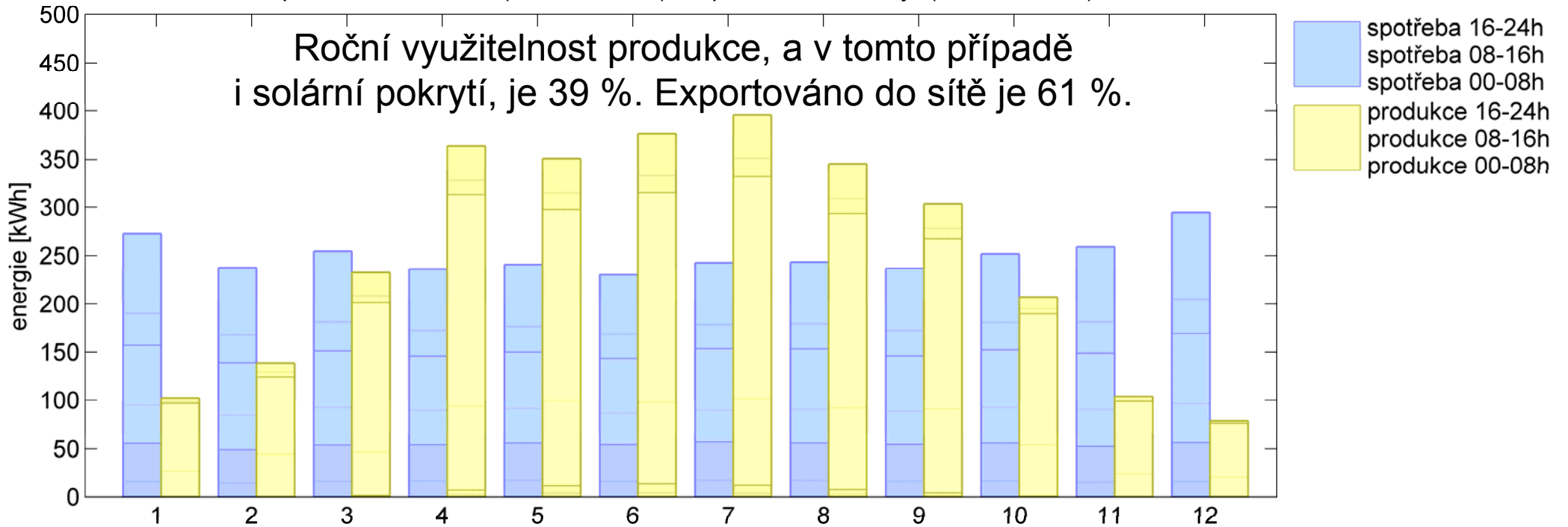
Domácnost: 4 osoby, rodinný dům
roční spotřeba uživ. a pomoc. EE je 3 000 kWh
model spotřeby dle TDD4, tj. jedná se o nereálný případ, kdy chování domácnosti odpovídá průměru většího statistického souboru + veškerá spotřeba v 1 fázi

FV zdroj: 3 kW_p instalovaného výkonu, 1fázový
14 ks FV panelů s účinností 12,5 % = 23,8 m²
(1 panel = 1,7 m² = 212 W_p)
sklon a orientace panelů: 45°, jih
roční dávka ozáření na panely = 1 260 kWh/m²
systémové ztráty 20 %
roční produkce EE je $1260 \cdot 23,8 \cdot 0,125 \cdot 0,8 = 3\,000$ kWh
bez akumulace



PŘÍPAD 1: Jediná domácnost bez aku

Spotřeba domácnosti (3000 kWh/rok) vs. produkce FV zdroje (3000 kWh/rok)



ÚSKALÍ

- 1) Obecná nesoučasnost spotřeby a produkce.
- 2) Vysoká proměnlivost spotřeby jediné domácnosti, která se může velmi lišit od průměru popsaného TDD4 – ani hodinový krok není dostatečně vypovídající.
- 3) Malé FV zdroje do 5 kW_p jsou 1fázové, ale spotřeba je více či méně rovnoměrně rozložena mezi 3 fáze = možnost pokrytí jen části spotřeby – na kterou fázi zdroj připojit?
- 4) Větší zdroje od 5 kW_p mohou být 2 či 3fázové, ale nejistota v rozložení spotřeby mezi fázemi zůstává.

Tři základní možnosti:

- 1) Zapojení většího počtu domácností = spotřeba se stane předvídatelnou (blíží se TDD4 nebo lze zjistit i časově omezeným průběhovým měřením).
- 2) Zapojení akumulace = nesoučasnost a proměnlivost produkce i spotřeby nejsou podstatné, bilancování lze založit na denních sumách.
- 3) Uživatelský management spotřeby a prioritní řízení spotřebičů.

PŘÍPAD 2: Bytový dům bez aku

Dům: 24 b.j. od 1+1 do 3+1, 68 obyvatel (2,8 os/b.j.), vytápění + TV plyn
roční spotřeba uživ. a pomoc. EE je 51,8 MWh (762 kWh/os)
model spotřeby dle TDD4
spotřeba je rovnoměrně rozložena mezi všechny 3 fáze

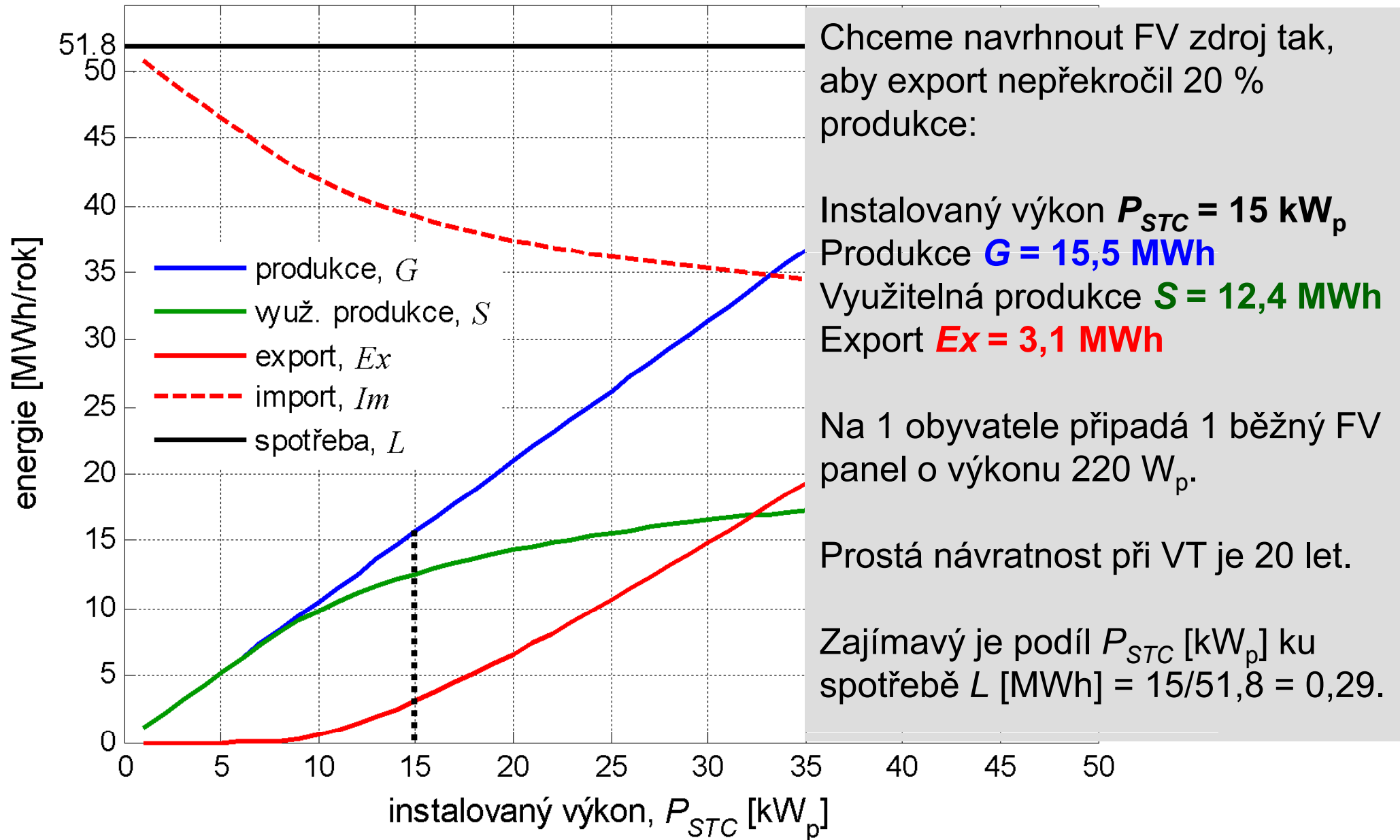
FV zdroj: 3 fázový (z podstaty rozděluje produkci rovnoměrně mezi fáze)
sklon a orientace panelů: 35°, jih
bez akumulace

Budeme sledovat jednotlivé členy energetické bilance v závislosti na instalovaném výkonu (produkce, využitelná produkce, export).



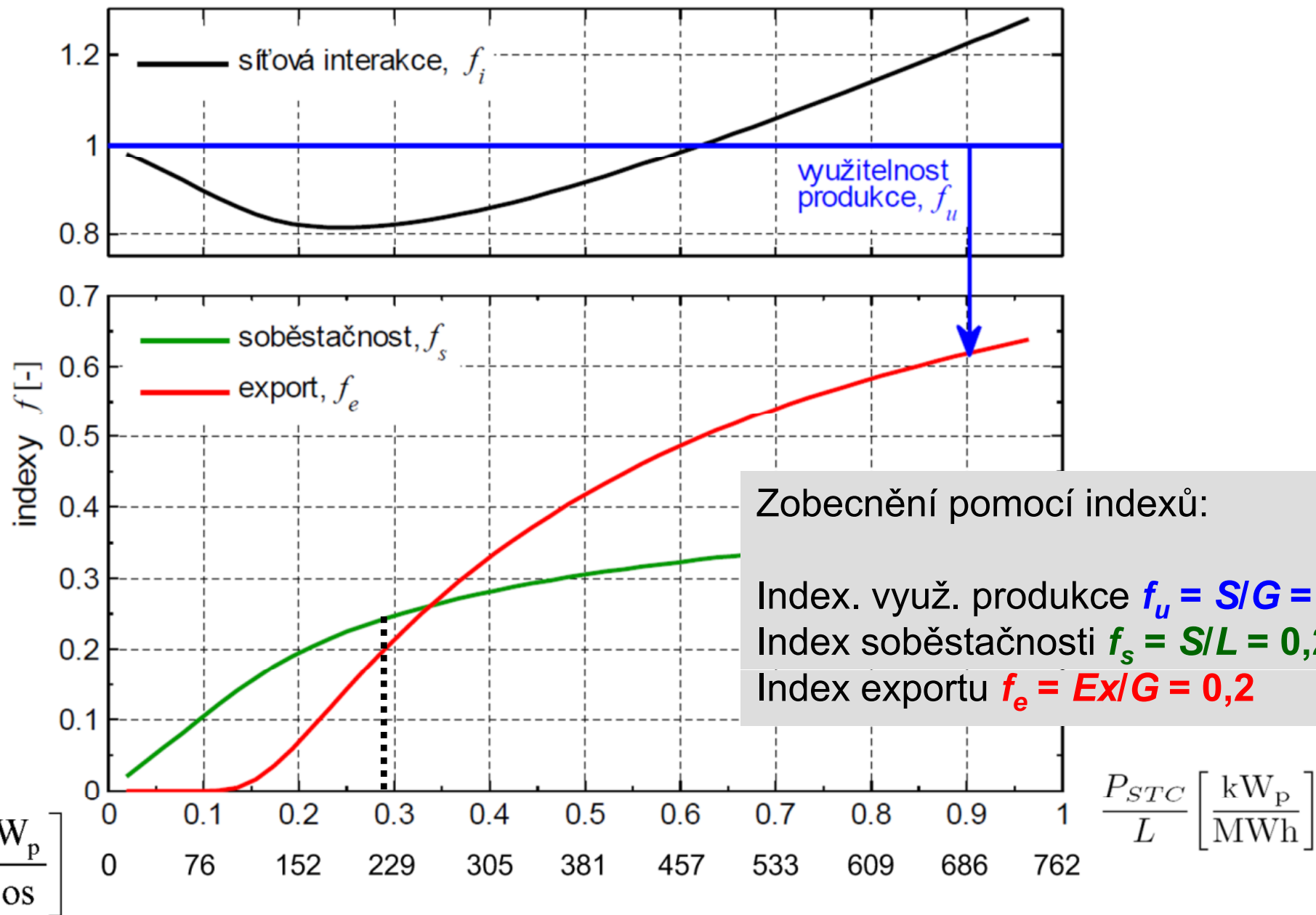
PŘÍPAD 2: Bytový dům bez aku

lokality Praha, spotřeba dle TDD4, FV panely: c-Si, orientace 0° (jih), sklon 35°



PŘÍPAD 2: Bytový dům bez aku

lokality Praha, spotřeba dle TDD4, FV panely: c-Si, orientace 0° (jih), sklon 35°



PŘÍPAD 3: Rodinný dům s aku

Dům: 4 obyvatelé, el. vytápění a solár. + el. ohřev TV, jističe 3x25 A
roční spotřeba uživ. a pomoc. EE je 3 400 kWh
model spotřeby dle TDD4

Prakticky veškeré domácí spotřebiče a umělé osvětlení připojíme na jedinou (solární) fázi napojenou na FV zdroj + vybrané zásuvky (kuchyně) zdvojíme pro možnost přepojení spotřebičů na jednu ze zbývajících „obyčejných“ fází...

... započitatelná roční spotřeba uživ. a pomoc. EE je $L = 2\,700$ kWh
a průměrný denní odběr „solární“ fáze je $L_{d,mean} = 7,4$ kWh.



PŘÍPAD 3: Rodinný dům s aku

FV zdroj: 1 fázový připojený na „solární“ fázi
instalovaný výkon $P_{STC} = 4,5 \text{ kW}_p$ na severní i jižní polovině střechy
roční produkce je $G = 3\,860 \text{ kWh}$
s akumulací, tj. se záložní větví tvořenou inteligentní řídicí
jednotkou, druhým střídačem s se správou dobíjení a sadou
akumulátorů

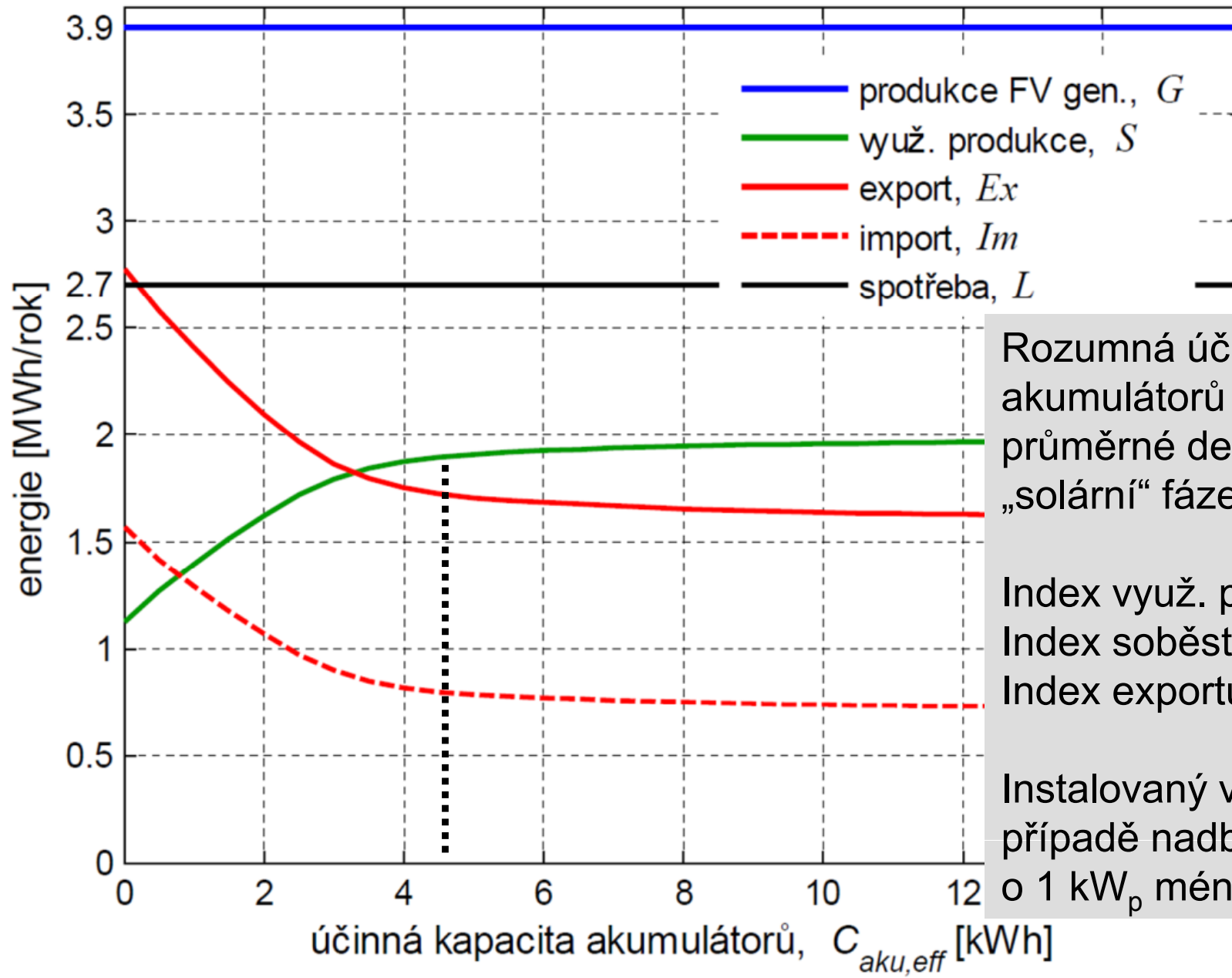
Budeme sledovat jednotlivé členy energetické bilance
v závislosti na účinné kapacitě akumulátorů
(produkce, využitelná produkce, export).

V síťovém provozu je jmenovitý výkon střídače záložní větve
7,4 kW, po dobu 30 minut však snese zátěž ve výši 8,9 kW. To
představuje limit okamžitého současného příkonu spotřebičů
napojených na fázi zálohovanou FV zdrojem, který je pro
většinu případů zcela dostatečný. V autonomním provozu při
odpojení či výpadku veřejné sítě může střídač průběžně
dodávat 5 kW, po dobu 30 minut 6,5 kW, 1 minutu 8,4 kW a pro
krytí rozběhových proudů spotřebičů je přetížitelný až na 12 kW
po 3 sekundy.



PŘÍPAD 3: Rodinný dům s aku

lokality Praha, $L = 2\,700$ kWh, $P_{STC} = 4,5$ kW_p



Rozumná účinná kapacita akumulátorů je na cca 60 % průměrné denní spotřeby „solární“ fáze, tj. 4,5 kWh.

Index využ. produkce $f_u = 0,49$

Index soběstačnosti $f_s = 0,7$

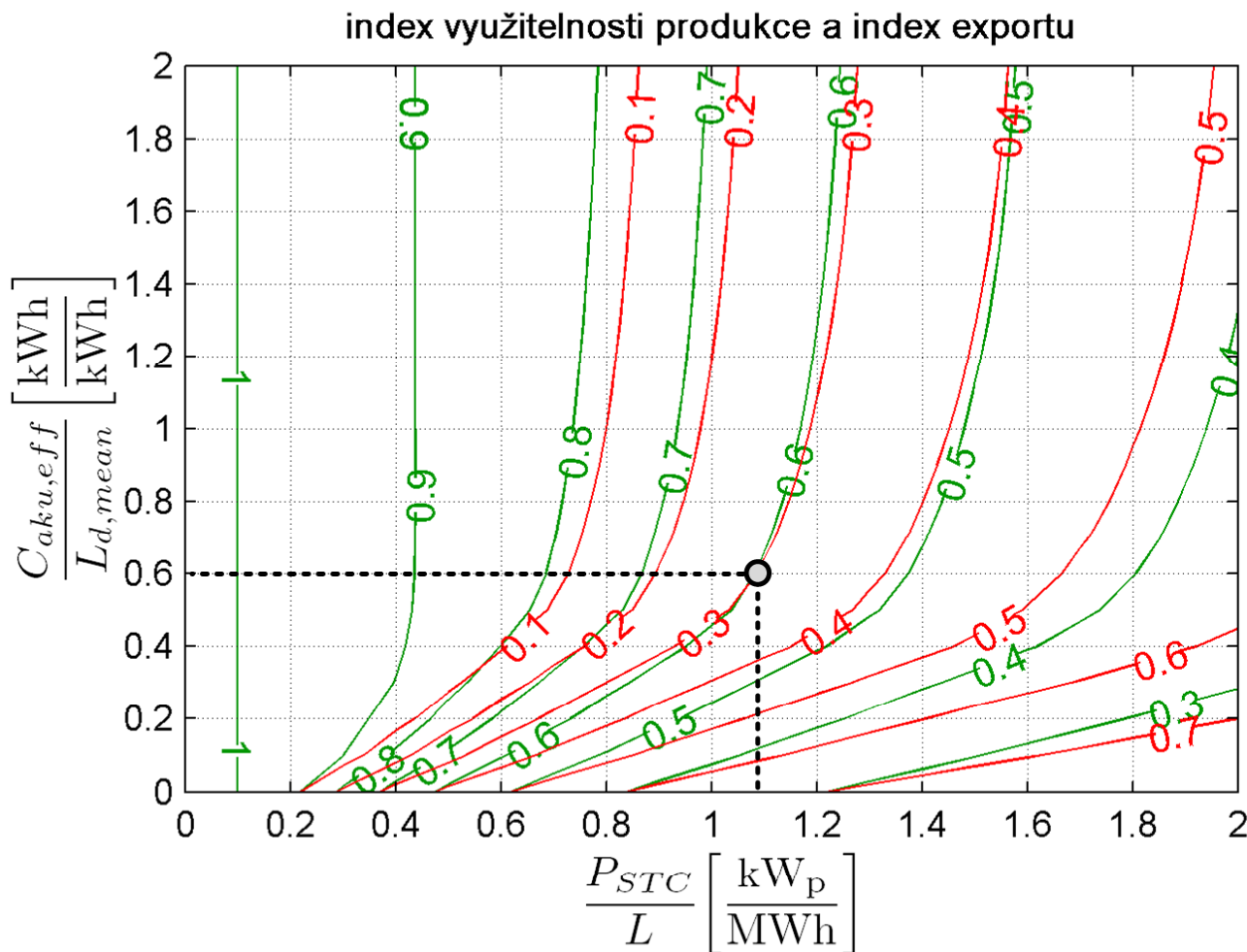
Index exportu $f_e = 0,44$



Instalovaný výkon je v tomto případě nadbytečný, stačilo by o 1 kW_p méně.

ZOBECNĚNÍ pro FV zdroje s aku

Pro zobecnění lze použít dva klíčové poměry:

- 1) instalovaný výkon P_{STC} v kW_p k roční spotřebě L v MWh
- 2) účinná kapacita aku $C_{aku,eff}$ v kWh k průměrné denní spotřebě $L_{d,mean}$ v kWh



 index využitelnosti produkce, f_u  index exportu, f_e

Mějme započitatelnou roční spotřebu $L = 3,0$ MWh a limit pro export $f_e = 0,3$.

Víme, že rozumný limit pro kapacitu akumulátorů je 60 % denní spotřeby.

Obdržíme $P_{STC}/L = 1,1$ a odtud $P_{STC} = 3,3 \text{ kW}_p$.

Lze dopočítat soběstačnost ve výši 65 %.



Děkuji za pozornost

kamil.stanek@uceeb.cz