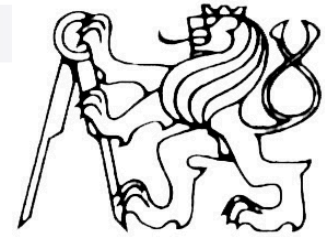


Tywniak J., **Staněk K.**, **Ženka M.**
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Katedra konstrukcí pozemních staveb
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

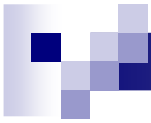


email: kamil.stanek@fsv.cvut.cz, marek.zenka@fsv.cvut.cz

Stavební integrace fotovoltaických systémů



Střechy, Holešovice, 01/2011



Zaměření

FV pole s vysokou mírou stavební integrace



Způsoby integrace FV do budov



a) šikmá střecha

b) plochá střecha

c) fasáda

d) haly

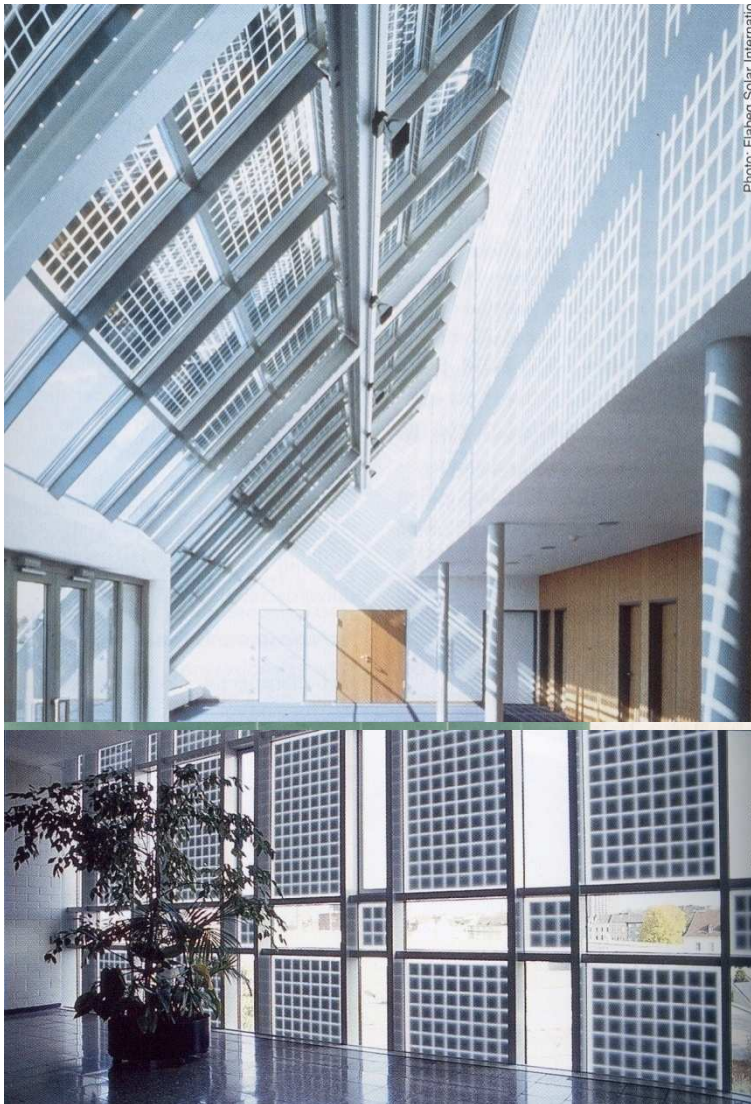
e) průmyslové stavby

f) atria

g) vnější stínící prvky



Architektonický přístup k integraci FV



- „Mimikry“
- Doplnuje design
- Dotváří arch. image
- Určuje arch. výraz
- Nové arch. koncepty

1. c-Si FV pole s vysokou mírou integrace na koberovském příkladu



Základní koncepce PD Koberovy

- kompaktní tvar, obnovitelné materiály
 - dobře izolované, kvalitní okna
 - vzduchotěsné
 - nucené větrání s rekuperací
- zemní výměníky, pasivní solární zisky
- teplovodní kolektory, akumulční zásobník
 - krbová kamna na dřevo



Koberovské FV systémy

DŮM Č. 6

8,45 kW_p

energeticky nulový dům
vysoká míra stavební
integrace

dva koncepty:

DŮM Č. 7

1,0 kW_p

energeticky zabezpečený dům
vysoká míra energetické
integrace



Dům č.6 – Energeticky nulový v roční bilanci

Základní parametry:

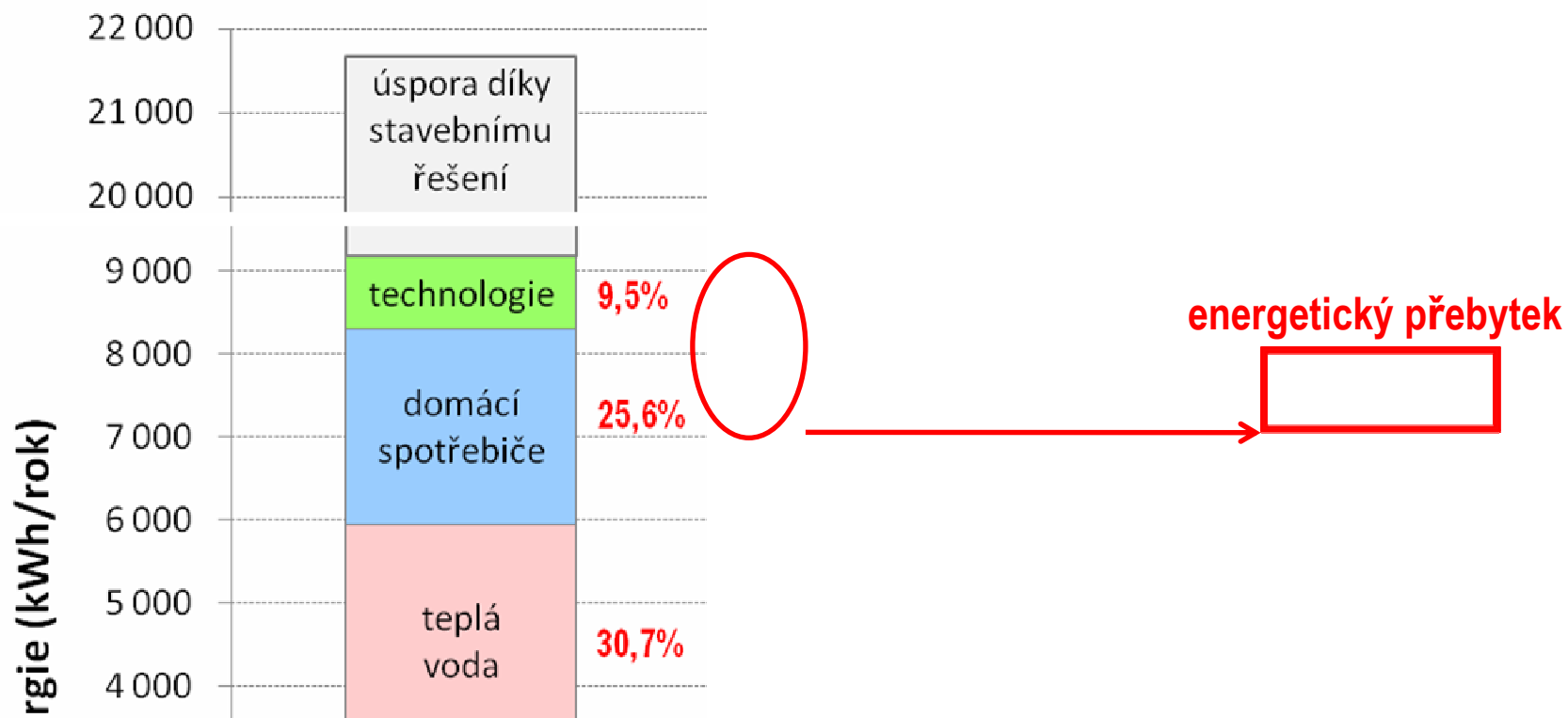
instalovaný jmenovitý DC výkon	8,45 kW_p
výstupní jmenovitý AC výkon	6,9 kW
počet FV panelů	65 ks
celková plocha FV panelů / instalace	60,4 / 62,7 m²
síťové DC/AC měniče napětí	2 ks → připojeno na 2 fáze

FV systém je v síťovém provozu a FV produkce je dodávána do lokální distribuční soustavy (DS) = „nekonečný“ akumulátor.

Dům je pouze nositelem technologie.



Dům č.6 – Energetická bilance

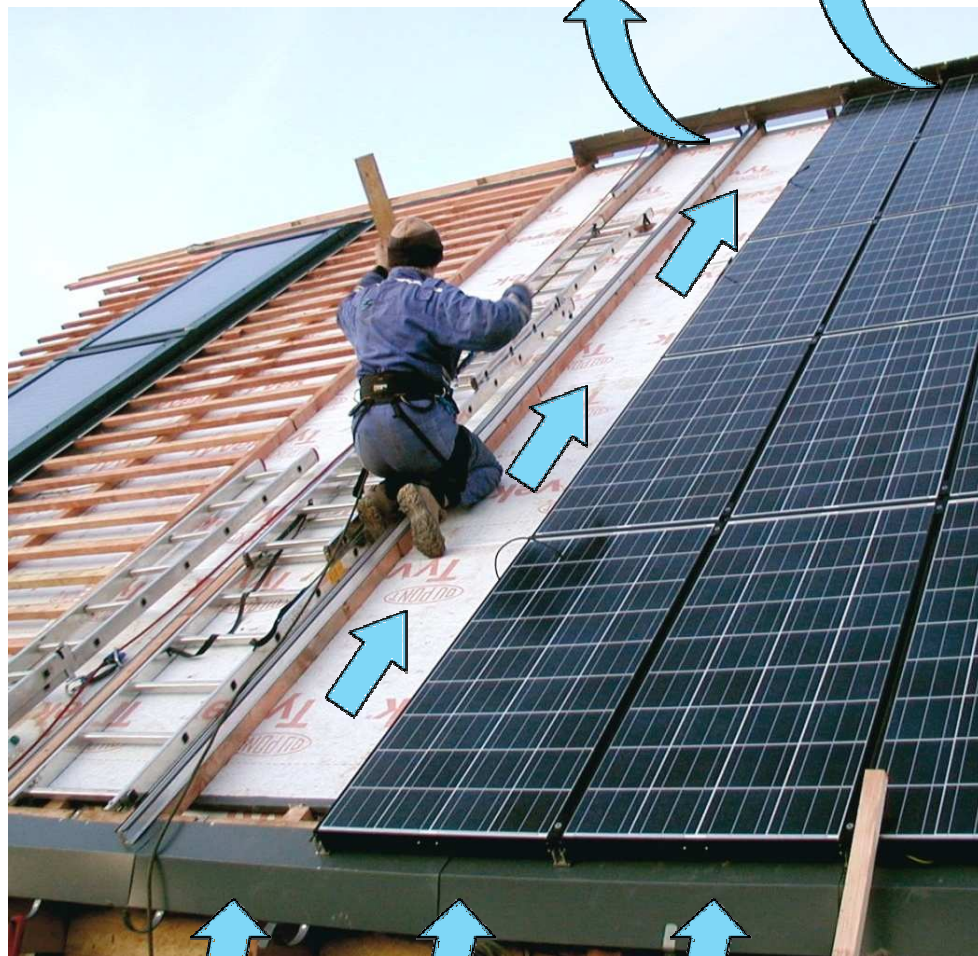


Energetická potřeba a energetická produkce jsou v rovnováze.

Nízká energetická potřeba pasivního domu činí z fotovoltaiky relativně významný zdroj energie.

Dům č.6 – Stavební řešení

- od okapu po hřeben
- (částečná) náhrada střešní krytiny
- vřazená větraná dutina



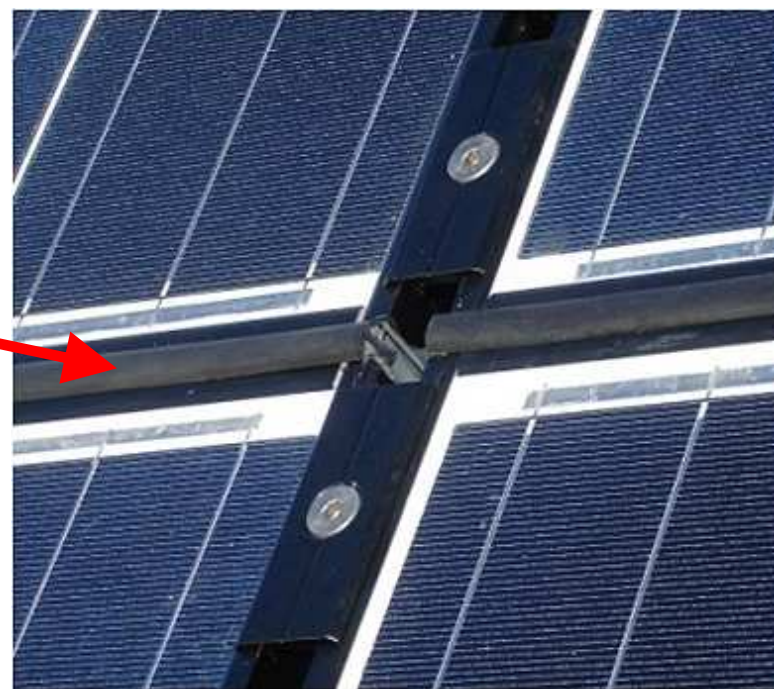
Dům č.6 – Barevnost a detail

Barevně sjednocené ...



... černé rámy FV panelů,
černé přítlačné tvarovky.

... pečlivost v detailech



Dům č.7 – Energeticky zabezpečený

1,1 kW_p FV systém s
pohotovostní zálohou 12 kWh



Základní parametry:

instalovaný jmenovitý DC výkon	1,1 kW_p
výstupní jmenovitý AC výkon	1,0 kW
počet FV panelů	7 ks
celková plocha FV panelů / instalace	9,0 / 9,2 m²
síťové DC/AC měniče napětí	1 ks → připojeno na 1 fázi

Dům č.7 – Prvky zálohy a provoz

12 V gelové akumulátory	10 ks, kapacita 1 200 Ah = 12 kWh vč. ztrát
ostrovní DC/AC měnič napětí	1 ks, min. pohotovostní AC výkon 3,4 kW
inteligentní řídicí jednotka	

Běžný provoz >

- FV produkce prodávána
- je využívána elektřina z DS
- baterie jsou udržovány nabitě

Nouzový provoz >

- výpadek DS → ostrovní provoz
- klíčové domovní technologie a nouzové osvětlení v provozu

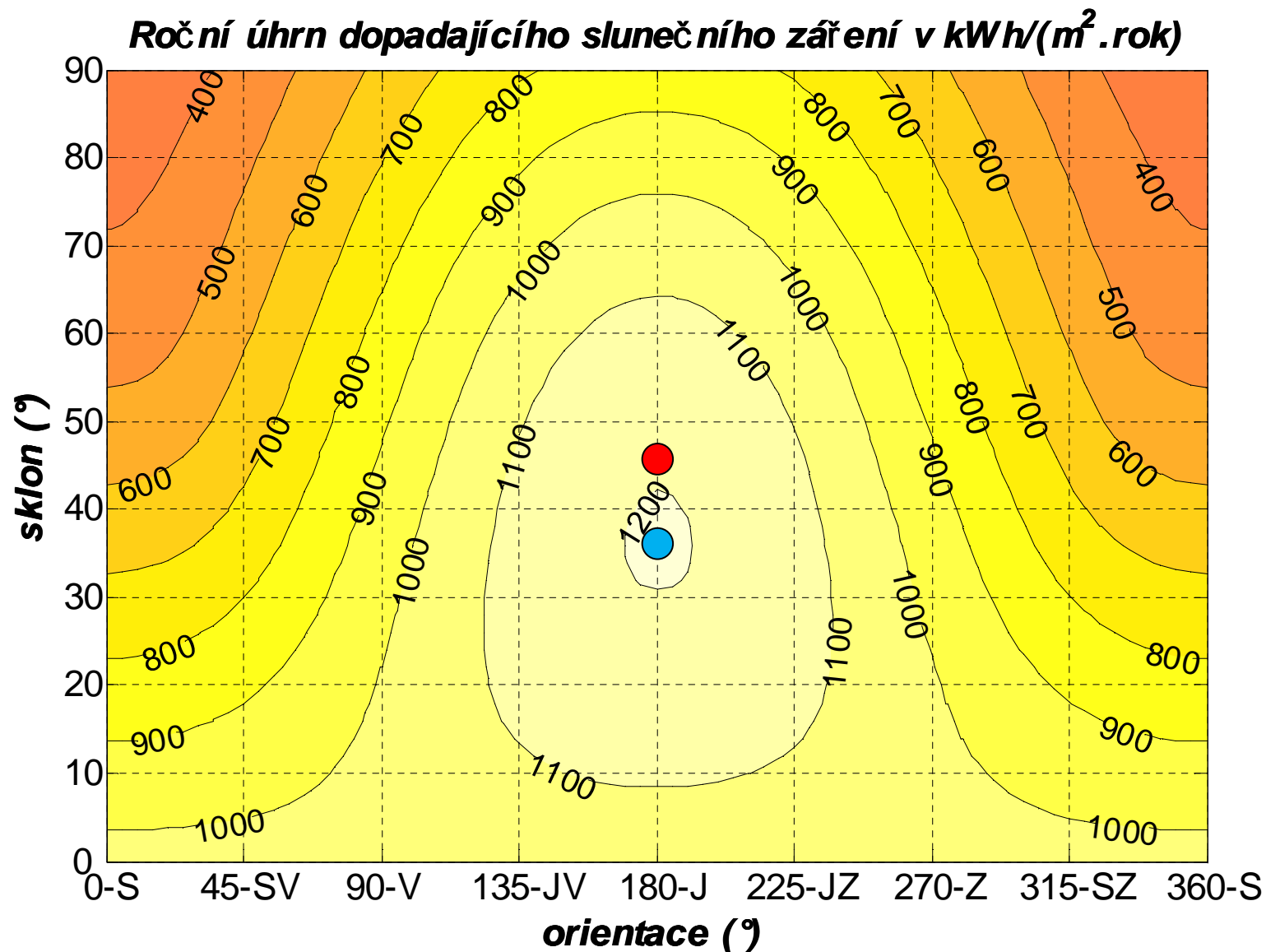


Solární potenciál lokality

celoroční provoz:

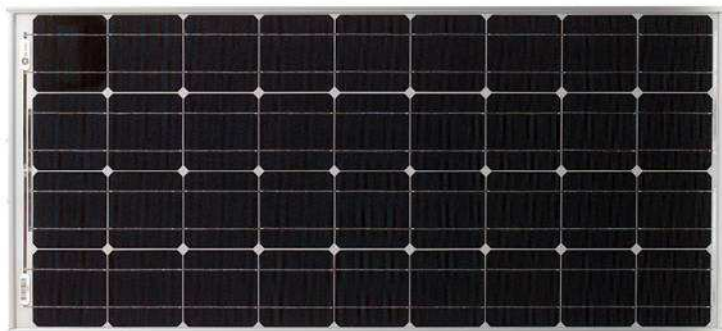
OPTIMUM: jih, 35°

KOBEROVY: jih, 45°

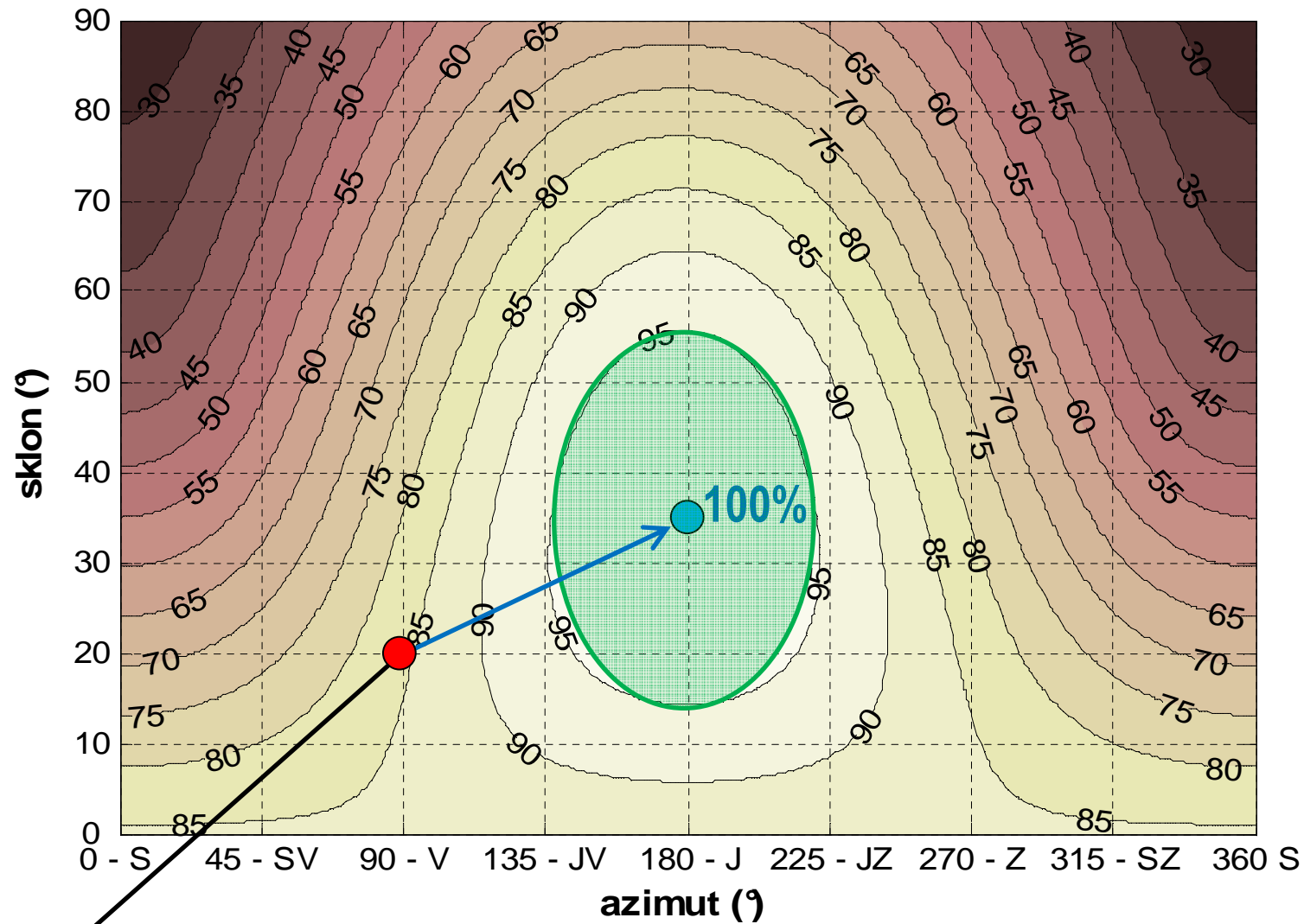


Mechanismus ztrát a předpověď roční produkce

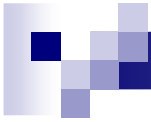
příčina / druh ztráty	odpovídající vyjádření účinnosti	průměrná roční hodnota
Pokles napětí (tedy i výkonu) vlivem zvýšené provozní teploty křemíkových článků.	reálná účinnost FV panelů η_{PV}	87,5 % až 93,5 %
Pokles napětí (tedy i výkonu) při nízkých intenzitách záření.		
Optická ztráta odrazem na krycím skle FV panelů při velkých úhlech dopadu slunečních paprsků.	relativní optická účinnost η_{opt}	96,5 %
Ztráta na DC/AC měničích (závisí na typu měniče).	Euro-ETA	91 až 98 %
Ztráta na kabeláži.	-	1,5 %
Ostatní ztráty: běžné provozní ztráty, vliv zapadání sněhem, odchylky od jmenovitých hodnot jednotlivých komponent, znečištění, servisní / neplánované odstávky.	-	4,5 %
Výsledný výkonový součinitel FV systému.	PR	0,8



Oblast širšího optima se započtením ztrát



ÚVAHA: maximalizace produkce VS. nároky na složitější konstrukci

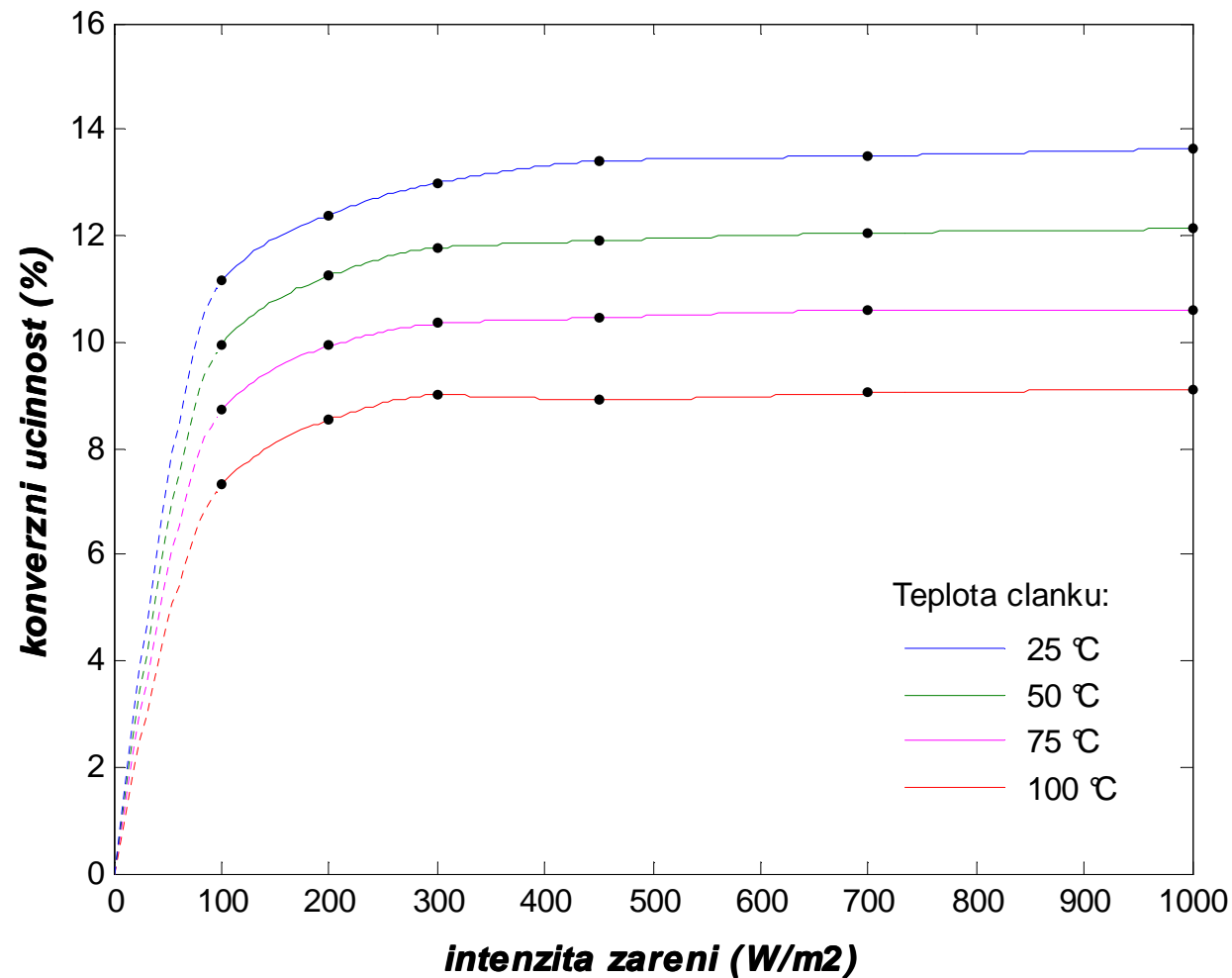


Účinky větru – nároky na kotvení



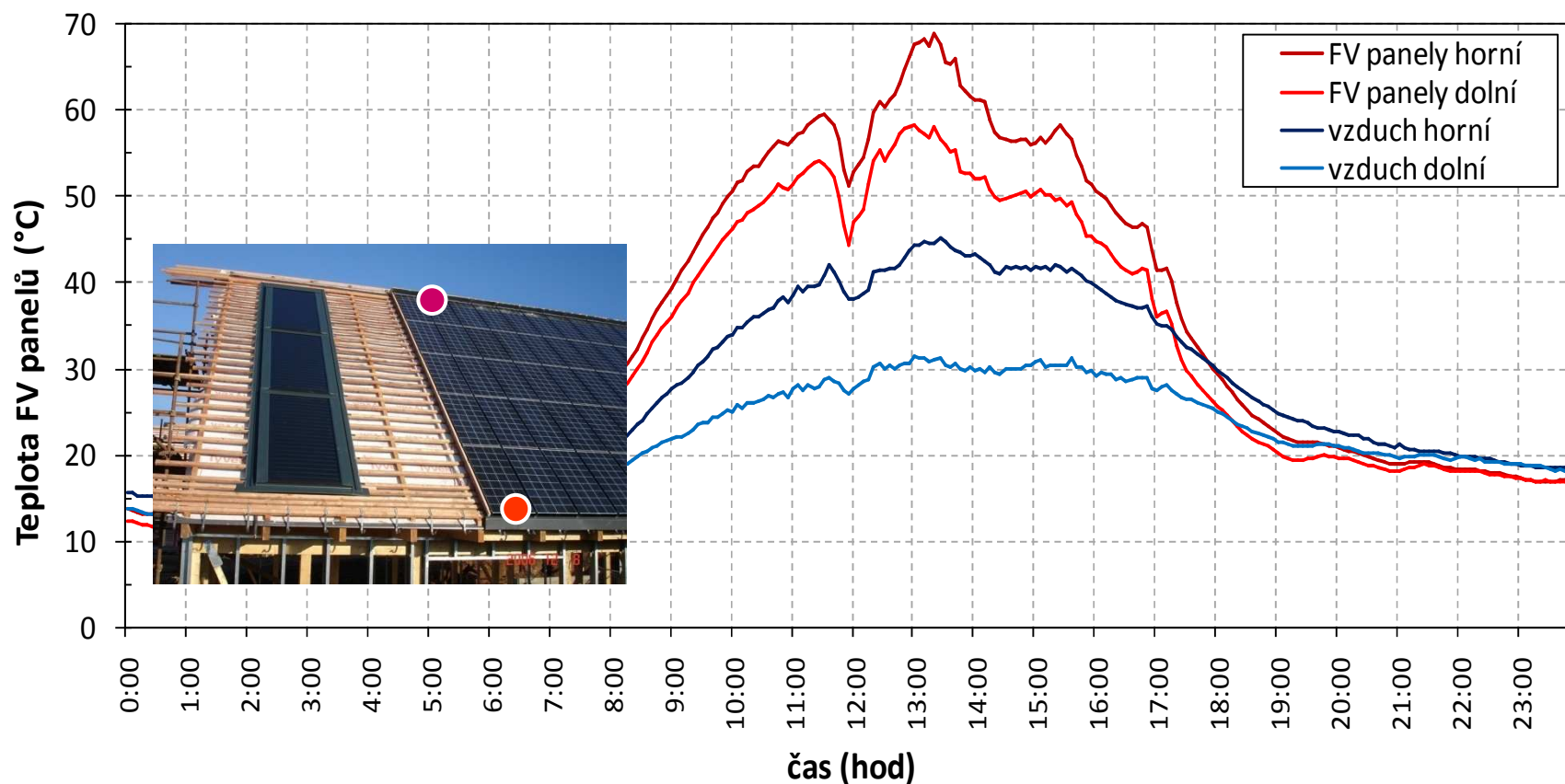
Vliv provozní teploty na konverzní účinnost

- výkonový pokles o cca **0,45 % / °C**



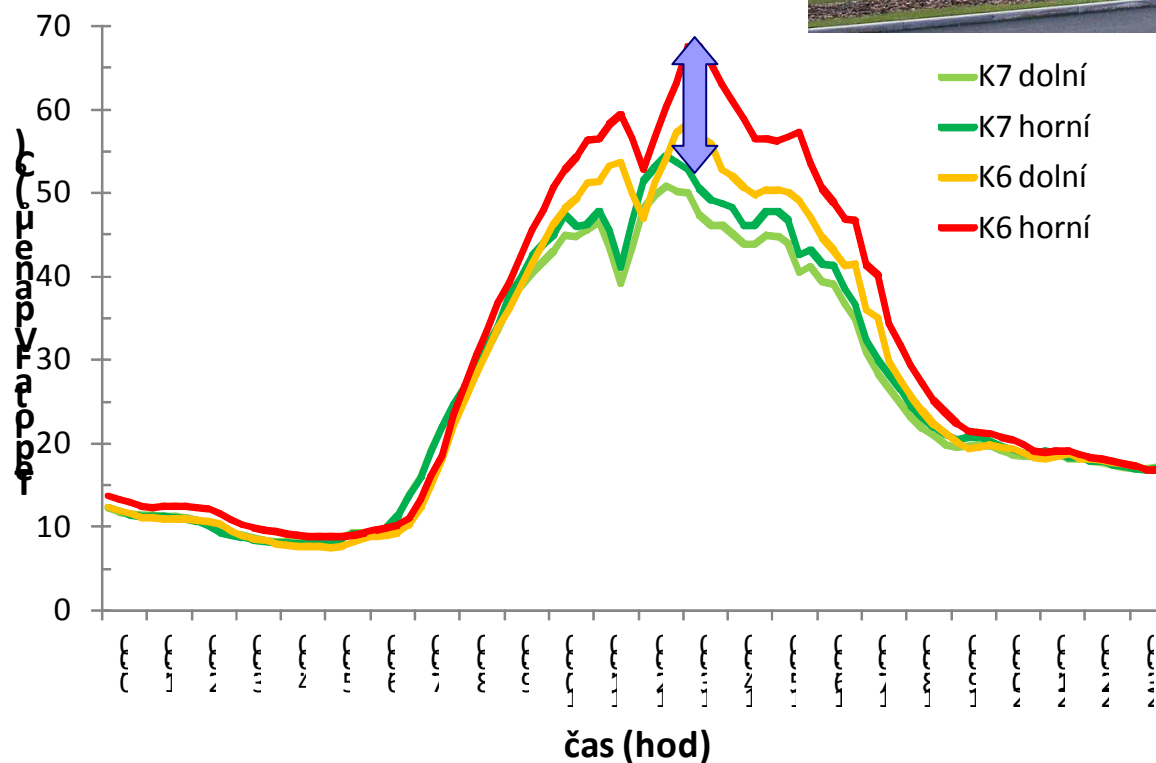
Naměřené teploty (14.8.2008) – dům K6

- na FV článcích teplota stoupá až k 70 °C
- rozdíl teplot u okapu a teploty u hřebene dosahuje až 11 °C



Porovnání teplot na domech K6 a K7

- typický průběh teplot pro slunný letní den
- vzájemný rozdíl mezi instalacemi je až 13 °C

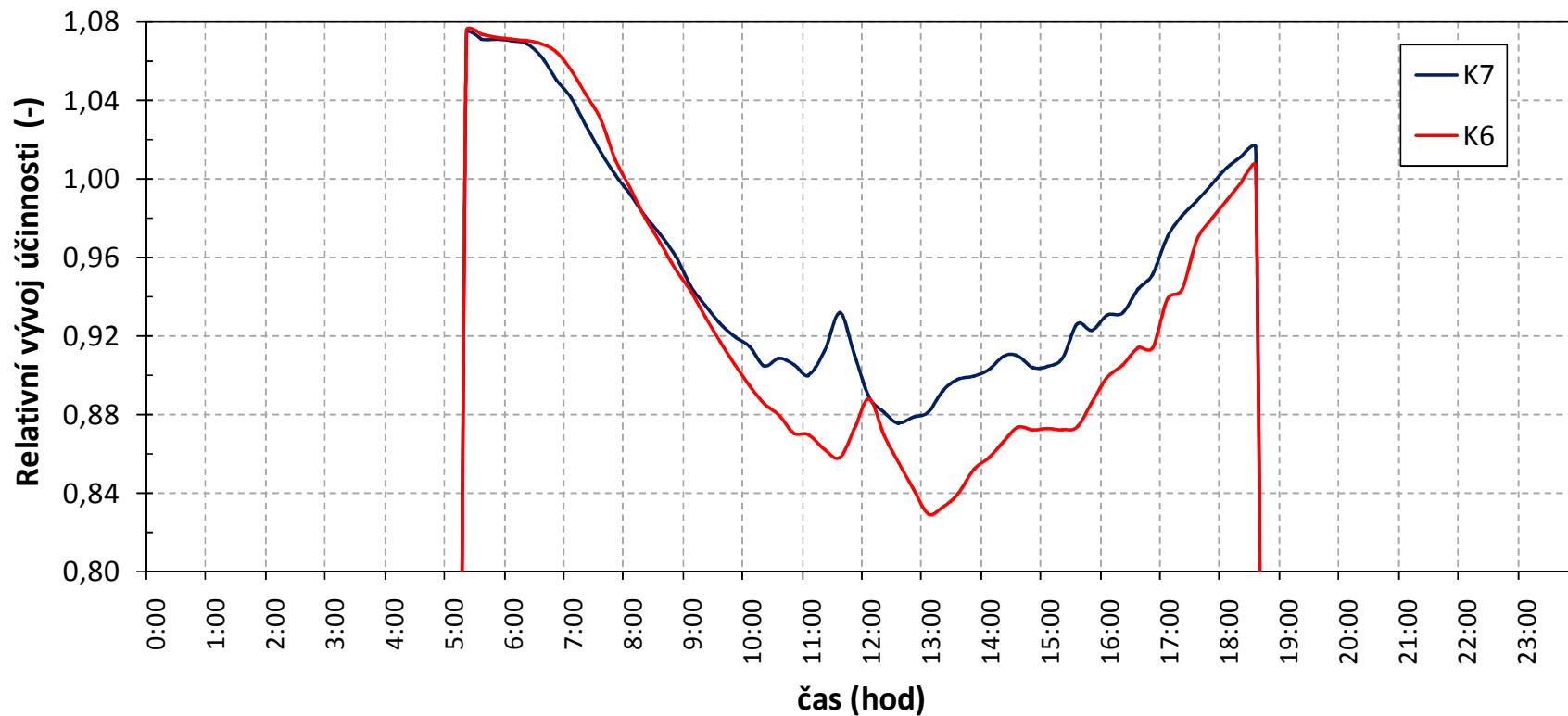


K6 – integrace do krytiny

K7 – nad krytinou

Porovnání konverzních účinností FV panelů na K6 a K7

- se vzrůstající teplotou na FV panelech klesá relativní účinnost
- optimalizace provětrávací dutiny ze zadní strany FV panelů

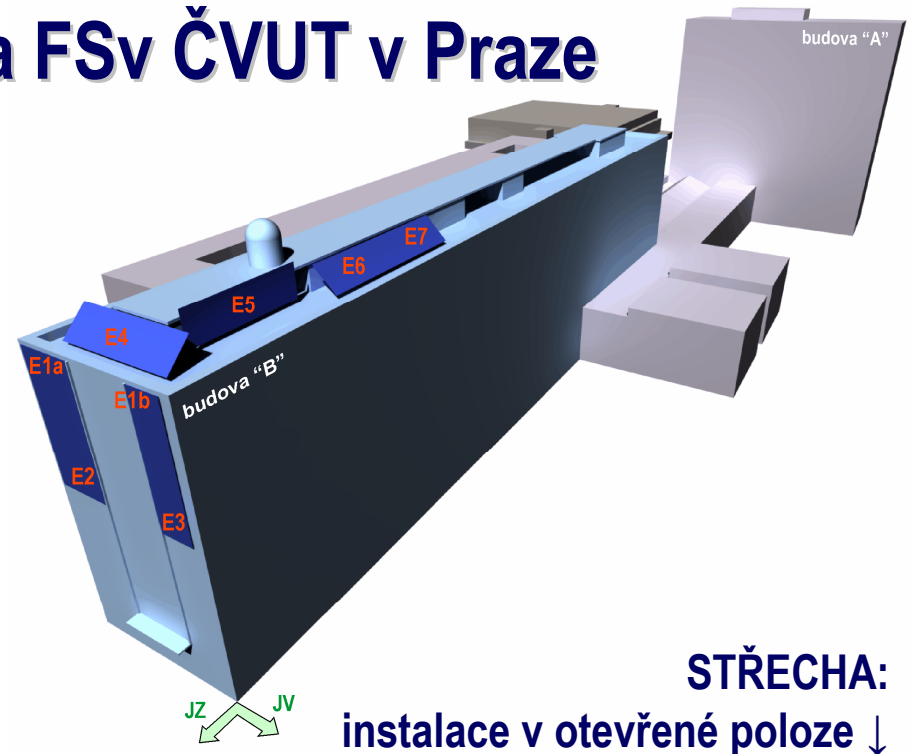


2. experimentální FV fasáda na ČVUT



Experimentální FV systém na FSv ČVUT v Praze

↓ FASÁDA: vysoká míra stavební integrace



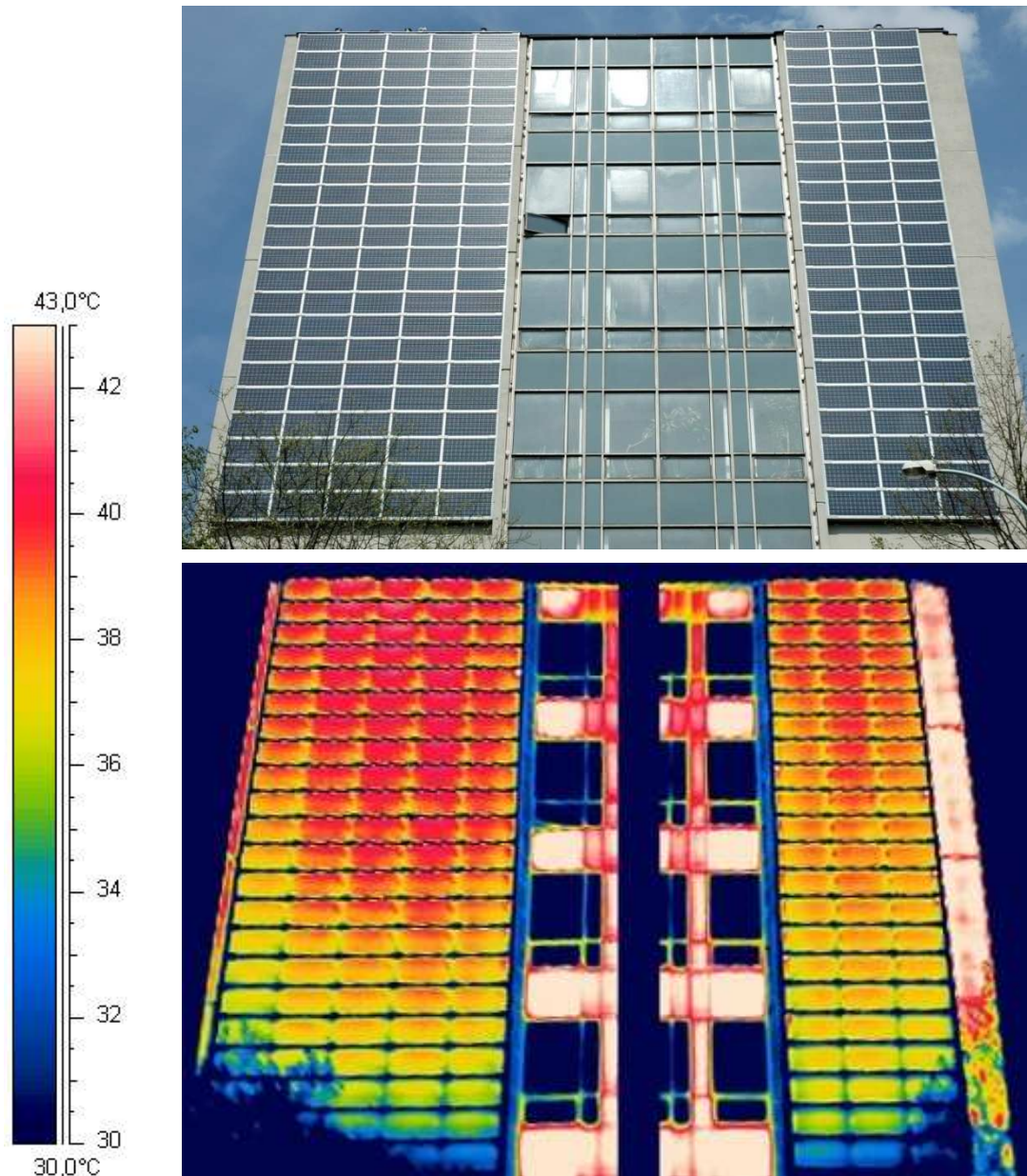
STŘECHA:
instalace v otevřené poloze ↓



Stavební detaily



Charakter rozložení teplot v systému větrané FV fasády



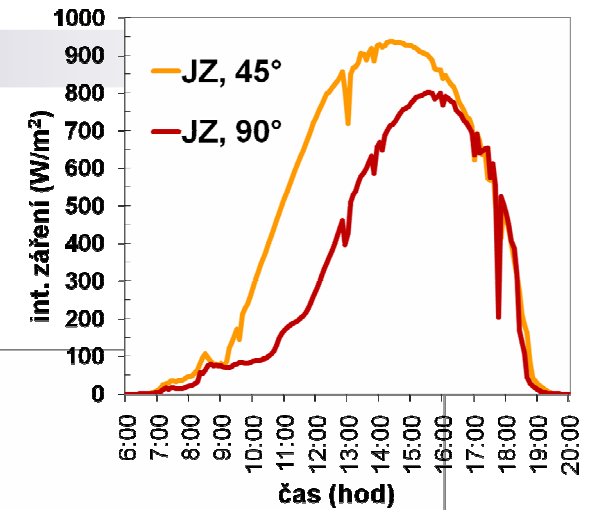
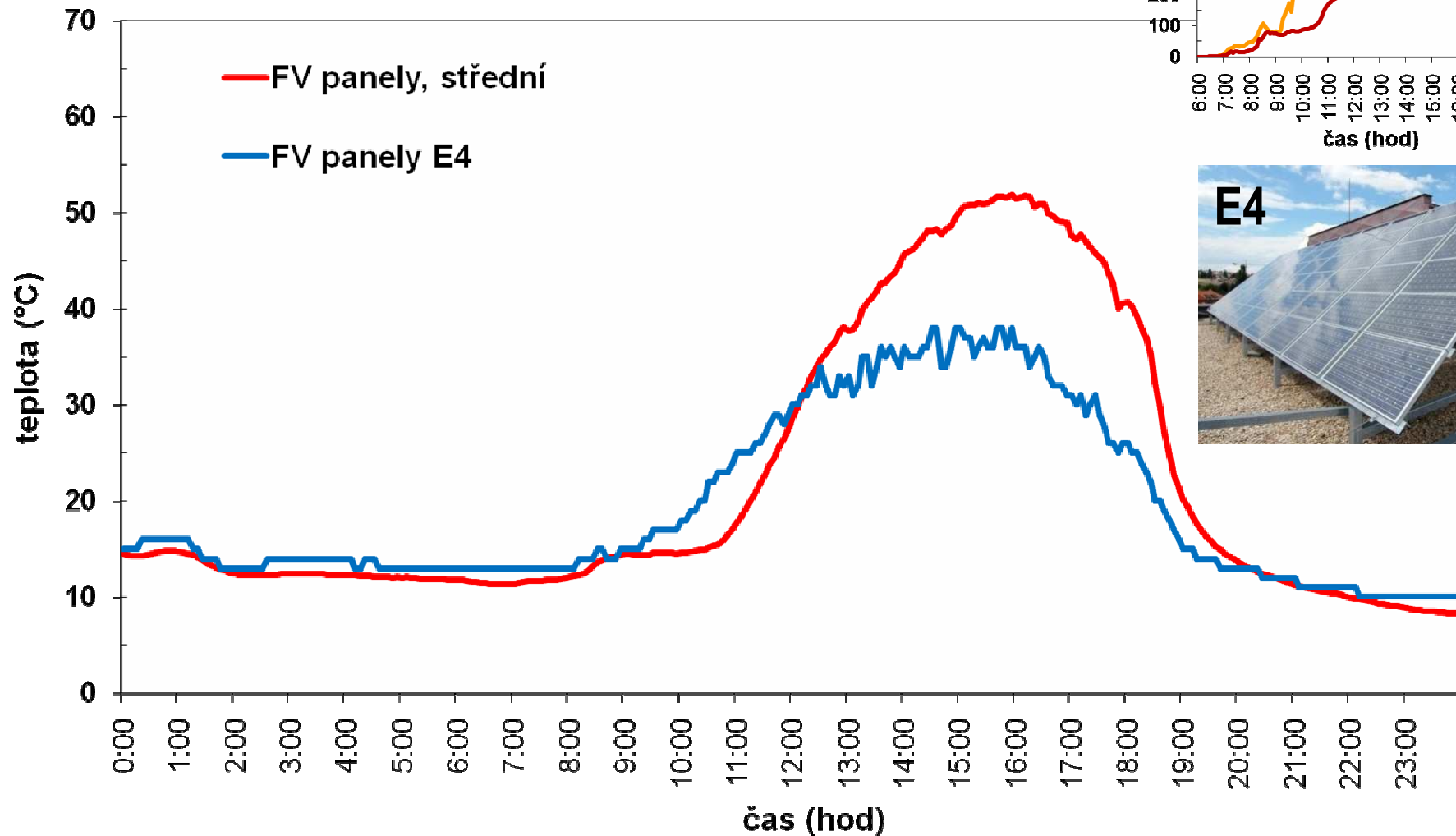
→ nárůst provozní teploty FV panelů

→ nerovnoměrné rozložení teploty FV panelů v rámci FV pole

- IR snímek 28.4.2008 -

Měření 13.9.2008: Teploty

→ FV fasáda Vs. střešní pole E4



Měření 13.9.2008: Rozložení teploty na panelech

date: 13-09-2008

time: 16 h

G_{hor} : 602 W/m²

$G_{in-plane}$: 644.3 W/m²

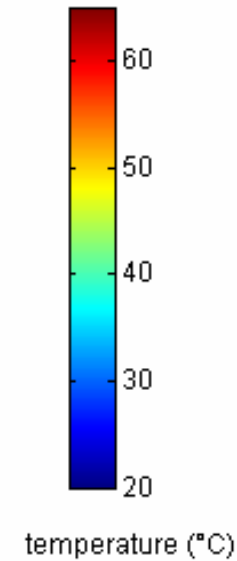
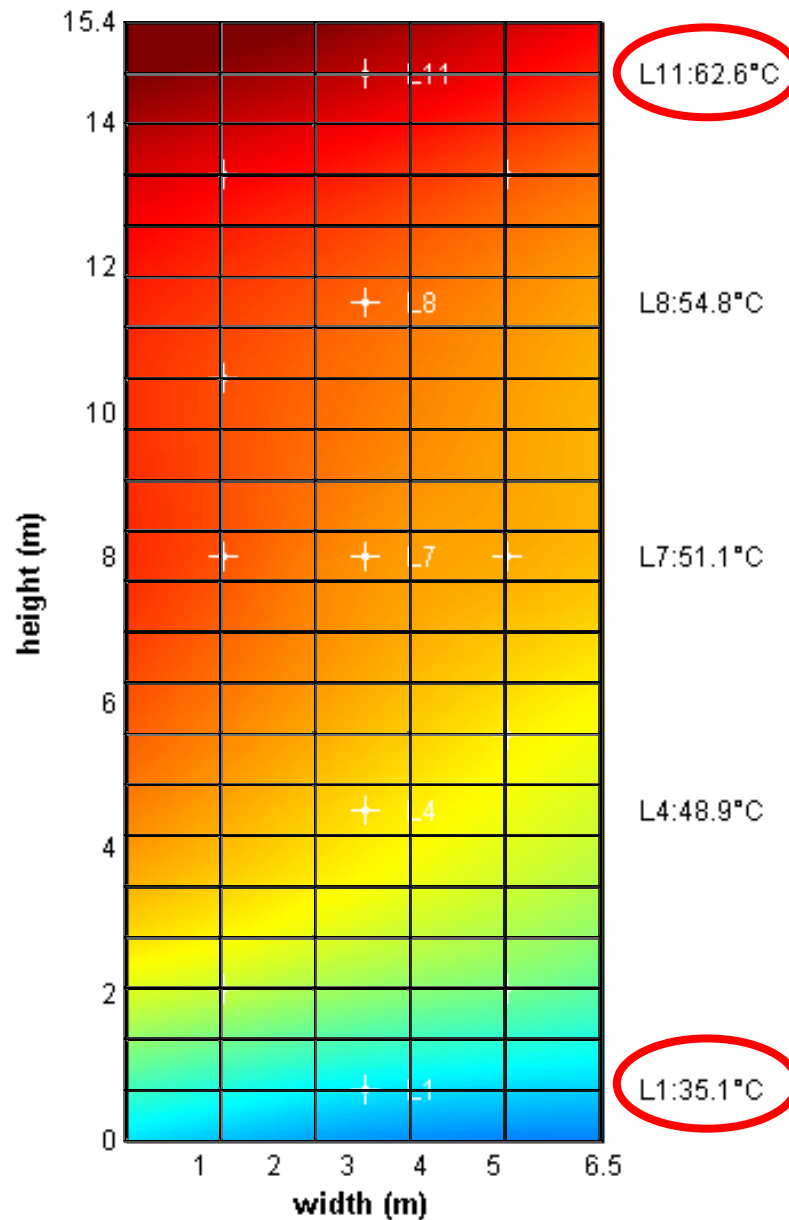
T_{ext} : 16.3 °C

wind: 4.2m/s

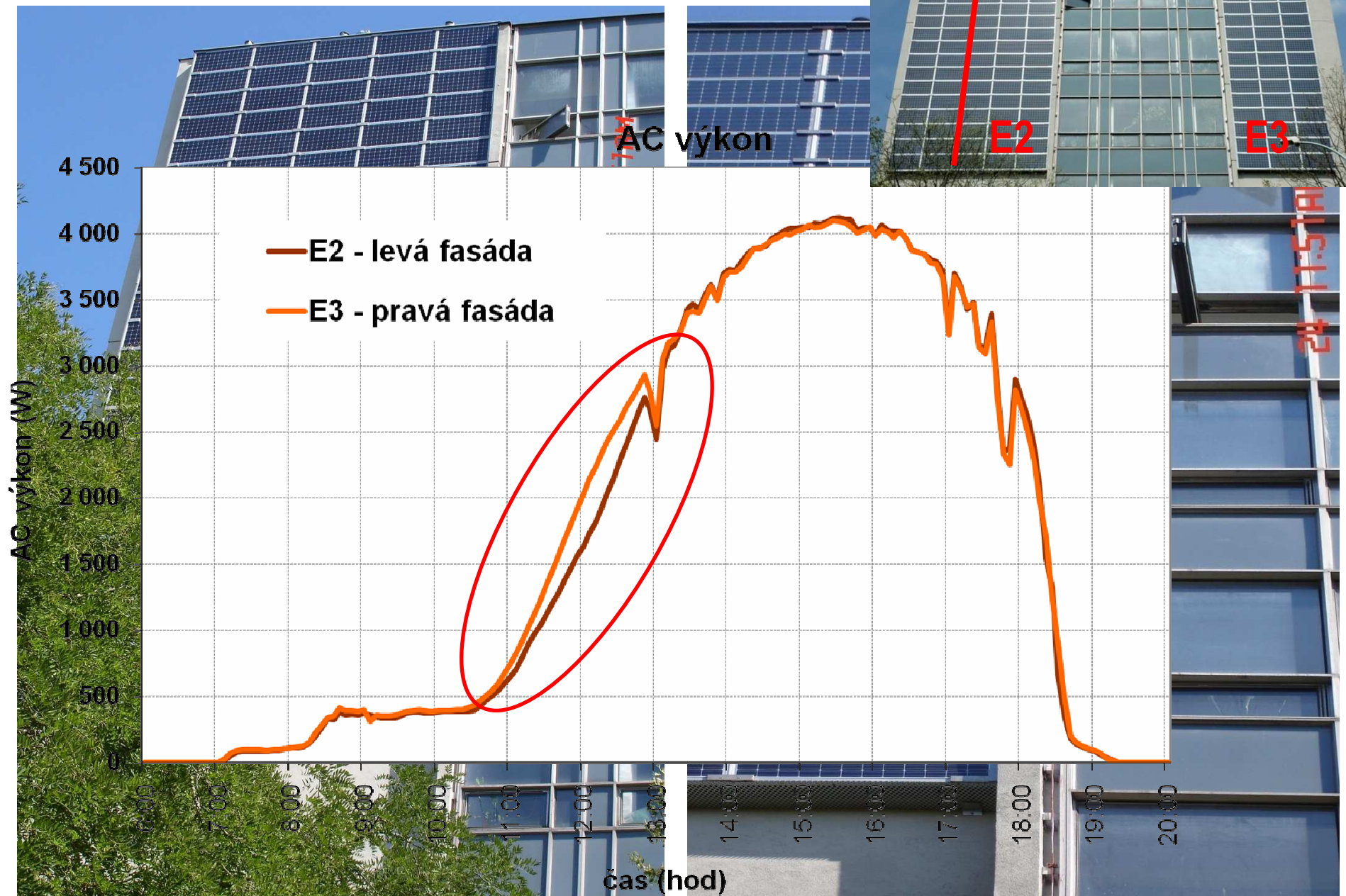
$T_{PV,mean}$: 51.4214°C

$w_{gap,mean}$: 0.67m/s

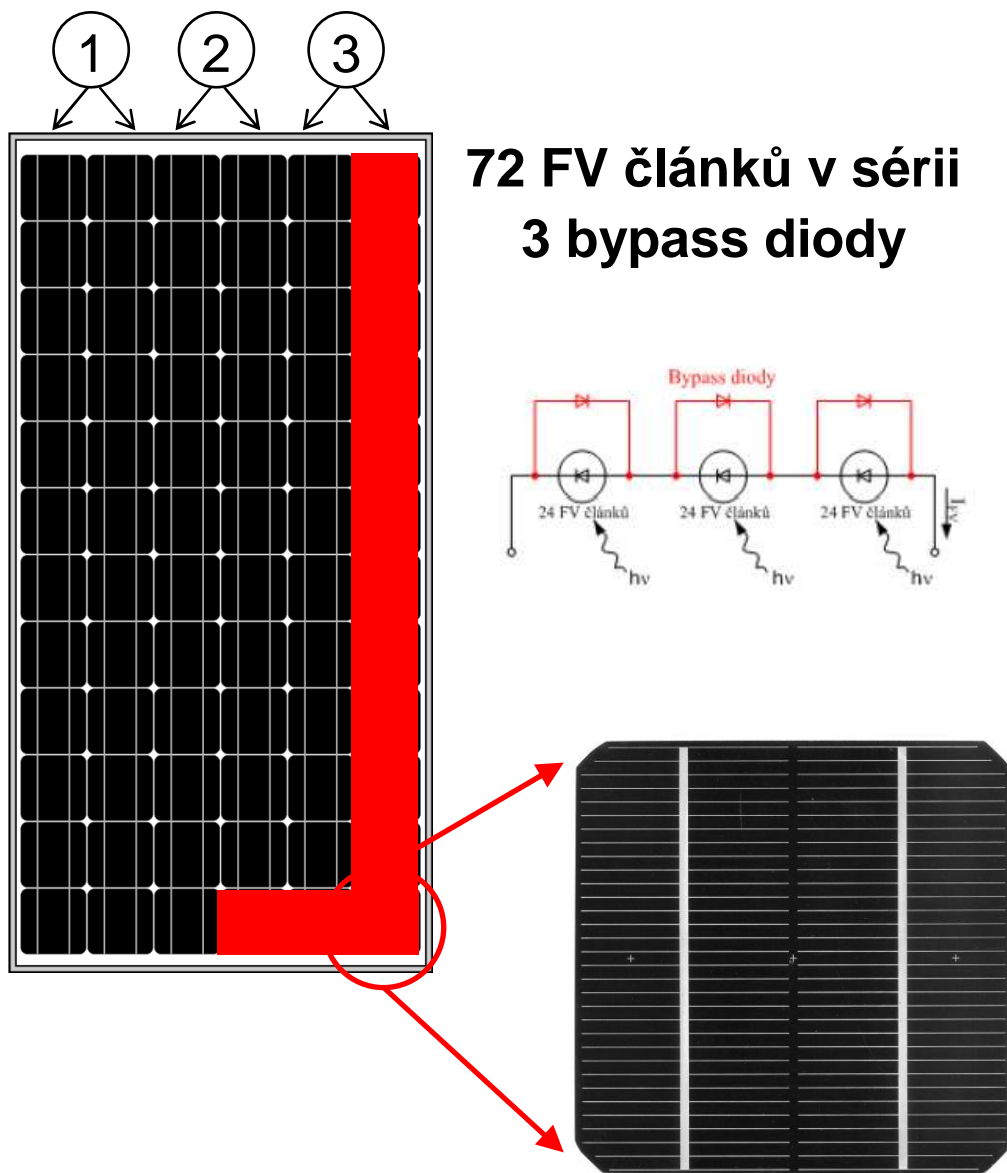
+ measuring points



Měření 13.9.2008: Vliv stínění



Vliv stínění FV panelů



Velikost stínění na
článcích

Výkon FV
panelu
[W]

Bez stínění

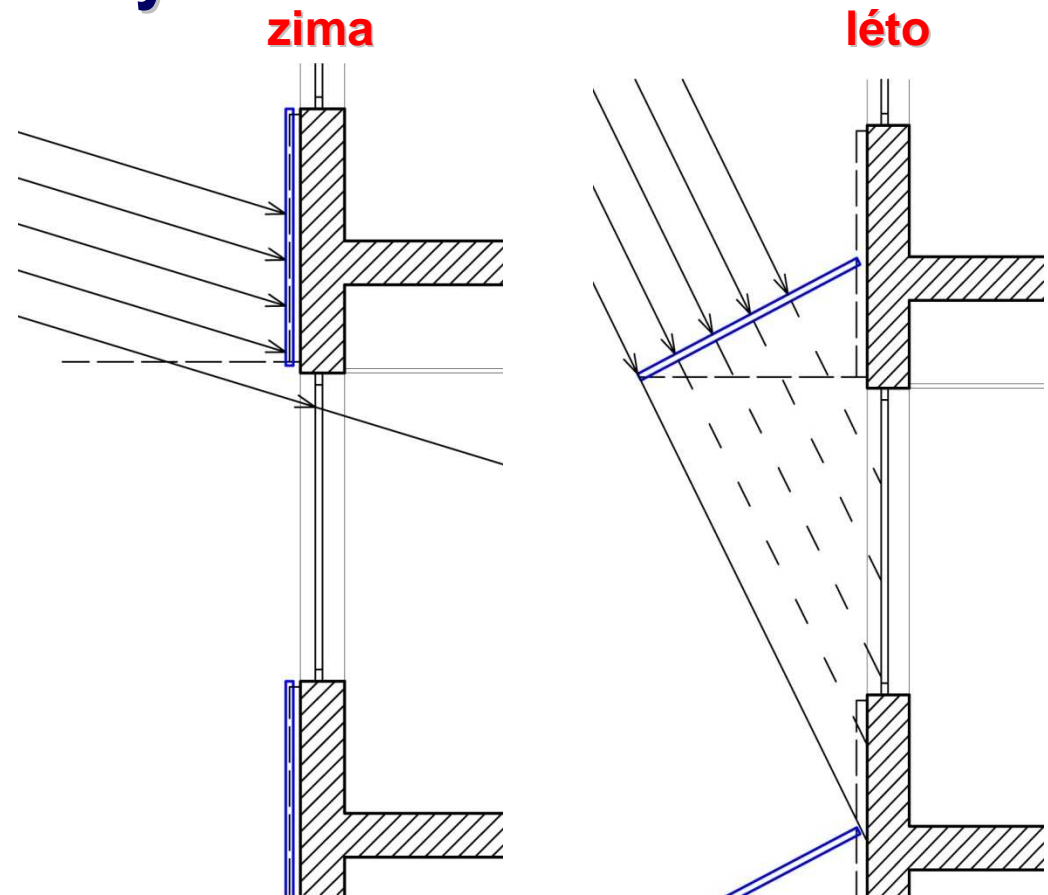
100,0

**Fotovoltaika je na
stínění velmi citlivá!**

3. Pokročilejší instalace



Stínění – fotovoltaická markýza



Jednoduchá statická instalace → hledání optimální polohy

– ochrana proti nadměrným tepelným ziskům, výroba el. energie, osvětlenost interiéru

Stínění – fotovoltaická markýza



Architektonicky výrazný prvek → **výzva** hledání atraktivního designu

– atypické výrobky, semitransparentní panely, bezrámové skleněné lamely,...

– sofistikovaná podpůrná konstrukce, možnost natáčení (regulace výkonu, osvětlení)

FV na rozhraní INTERIÉR - EXTERIÉR



- atria, schodiště → součást lehkých obvodových plášťů (ochrana proti přehřívání)
- vysoké požadavky na obvodové konstrukce → prostup tepla, požár,...
- architektonické ztvárnění → grafika, práce se světlem

Semitransparentní FV – hra se světlem



**Ostré rozhraní světla a stínu
(krystalický křemík)**

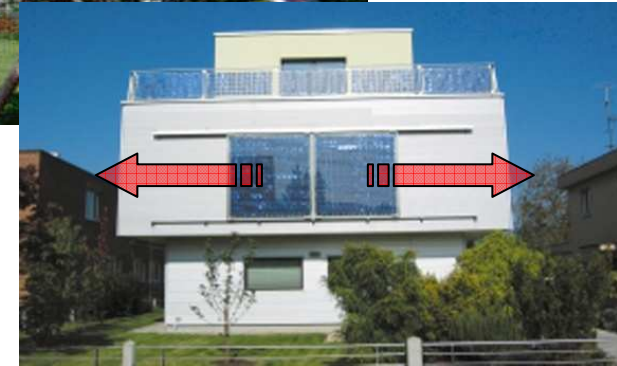
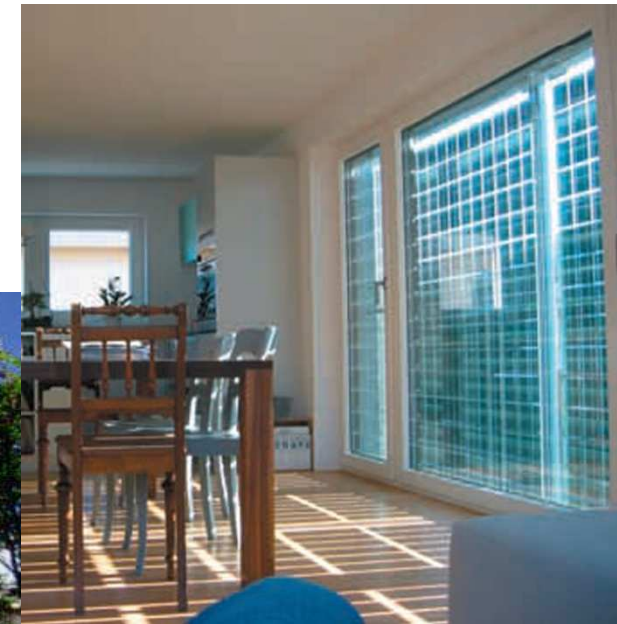
X



**Difúzní rozptýlené světlo
(tenkovrstvá FV amorfnní křemík)**

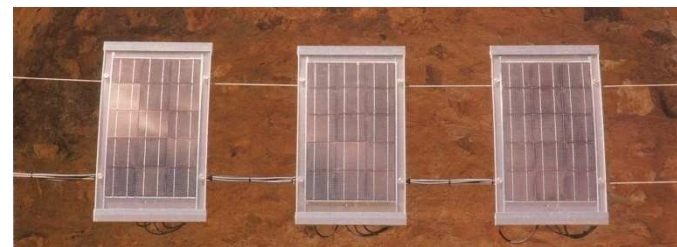
- optická pohoda interiéru
- účel místnosti

FV jako náhrada klasické stavební konstrukce



- pohyblivá sluneční clona
- výplňová konstrukce balkonu

Netradiční instalace FV





**DĚKUJI ZA
POZORNOST**