Sborník přednášek k 2. části kurzu

Solární tepelné soustavy

10. – 11. 5. 2011

Třeboňské inovační centrum
Dukelská 145
Třeboň

Program 2. části kurzu - Solární tepelné soustavy 2011 (Čechy)

Třeboňské inovační centrum
Dukelská 145, Třeboň

10/05/2011 Úterý Projektování solárních soustav, prvky

Čas	Přednášející	Téma	Délka
9:00-10:00	Pokorný	Sluneční energie v krajině	60 min
10:00-10:45	Šourek	Tepelná čerpadla a využití sluneční energie	45 min
10:45-11:00		Přestávka	15 min
11:00-11:45	Kalina	Solární soustavy v kombinaci se zdroji tepla na biomasu	45 min
11:45-12:30		Oběd	45 min
12:30-13:30	Beneš	Energetika a OZE v souvislostech	60 min
13:30-14:30	Matuška	Stagnační chování solárních soustav, zohlednění stagnace při návrhu potrubí, izolace, pojistného ventilu, expanzní nádoby	60 min
14:30-14:45		Přestávka	15 min
14:45-15:30	Šourek	Návrh hydrauliky, oběhová čerpadla, výměníky tepla	45 min
15:30-16:15	Broum	Regulace solárních soustav, základní a pokročilá regulace, řízení oběhových čerpadel	45 min

11/05/2011 Středa Realizace a provoz solárních soustav

Čas	Přednášející	Téma	Délka
9:00-10:00	Kramoliš	Specifika projektování velkoplošných solárních soustav, ukázky z realizací	60 min
10:00-10:15		Přestávka	15 min
10:15-11:15	Jirka	Aplikace koncentračních kolektorů s Fresnellovou čočkou - kombinace aktivních a pasivních prvků	60 min
11:15-12:00	Jirka	Exkurze do experimentálního skleníku v Třeboni	45 min
12:00-12:45		Oběd	45 min
12:45-13:45	Mužík	Problémy při instalaci solárních soustav	60 min
13:45-14:45	Gottas	Realizace velkých solárních soustav	60 min
14:45-15:00		Přestávka	15 min
15:00-16:00	Matuška	Provozní hodnocení solárních soustav, čidla, vyhodnocení, zapojení, zkušenosti z měření, ukončení kurzu	60 min

Toky sluneční energie v přírodě a v technologických systémech

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.
ENKI, o.p.s., Třeboň
Česká zemědělská univerzita Praha

8.12. 2009, České Budějovice

Výroba energie před a po průmyslové revoluci

Před průmyslovou revolucí (1750)
spotřeba dřeva, pastva, odlesnění
vodní energie (hamry, mlýny)

Průmyslová revoluce
Využití fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) a nukleární energie.
Snaha o setrvalý zdroj energie

Rozvojové země

- Země, které nemají přístup k fosilním palivům, odlesňují (příklady z východní Afriky - Etiopie, Keňa)
- Spotřeba dřeva a dřevěného uhlí. Spaluje se i za plného slunečního svitu
- Ztráta vegetace, vysoušení krajiny

ODVODNĚNÁ KRAJINA

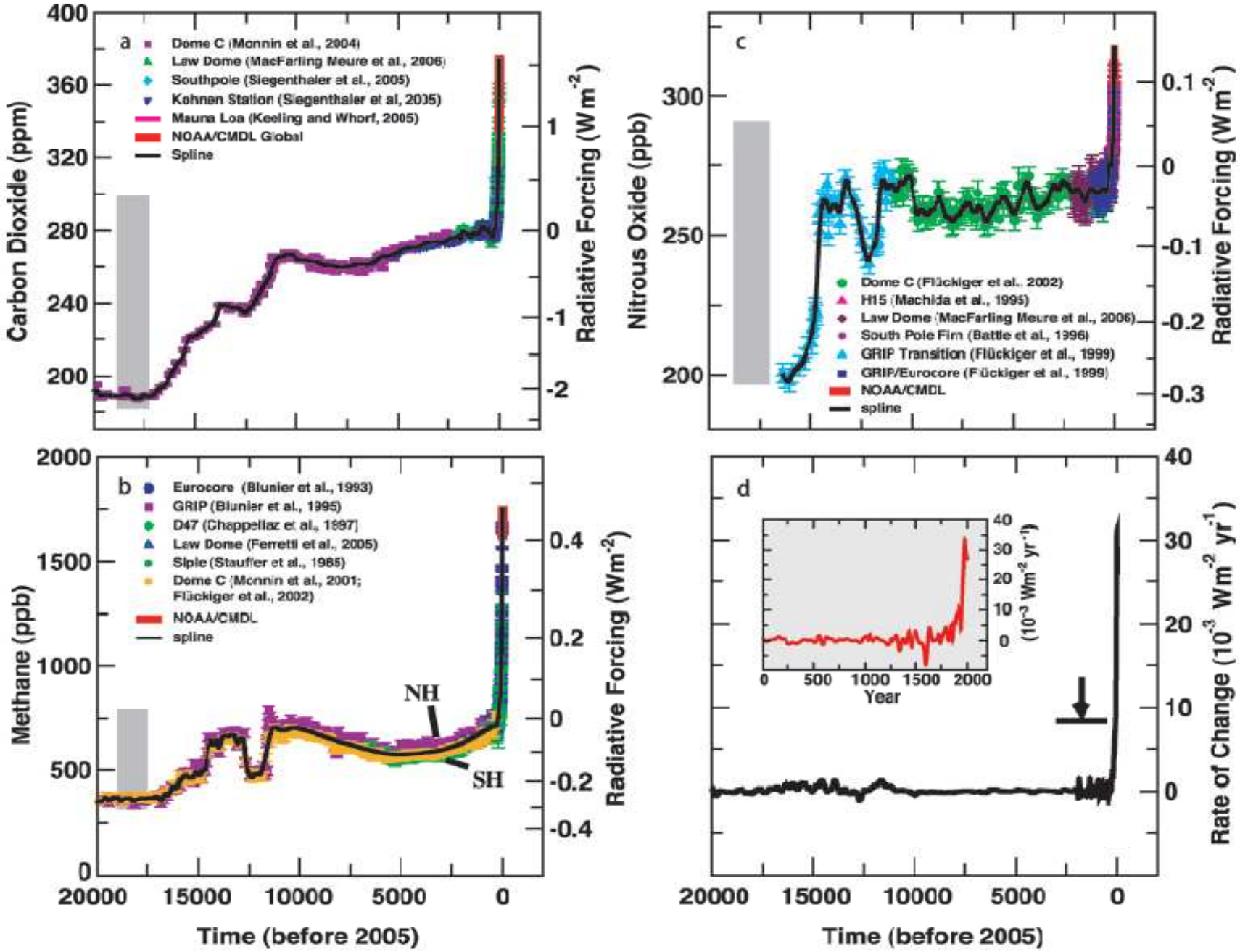
Těžba surovin

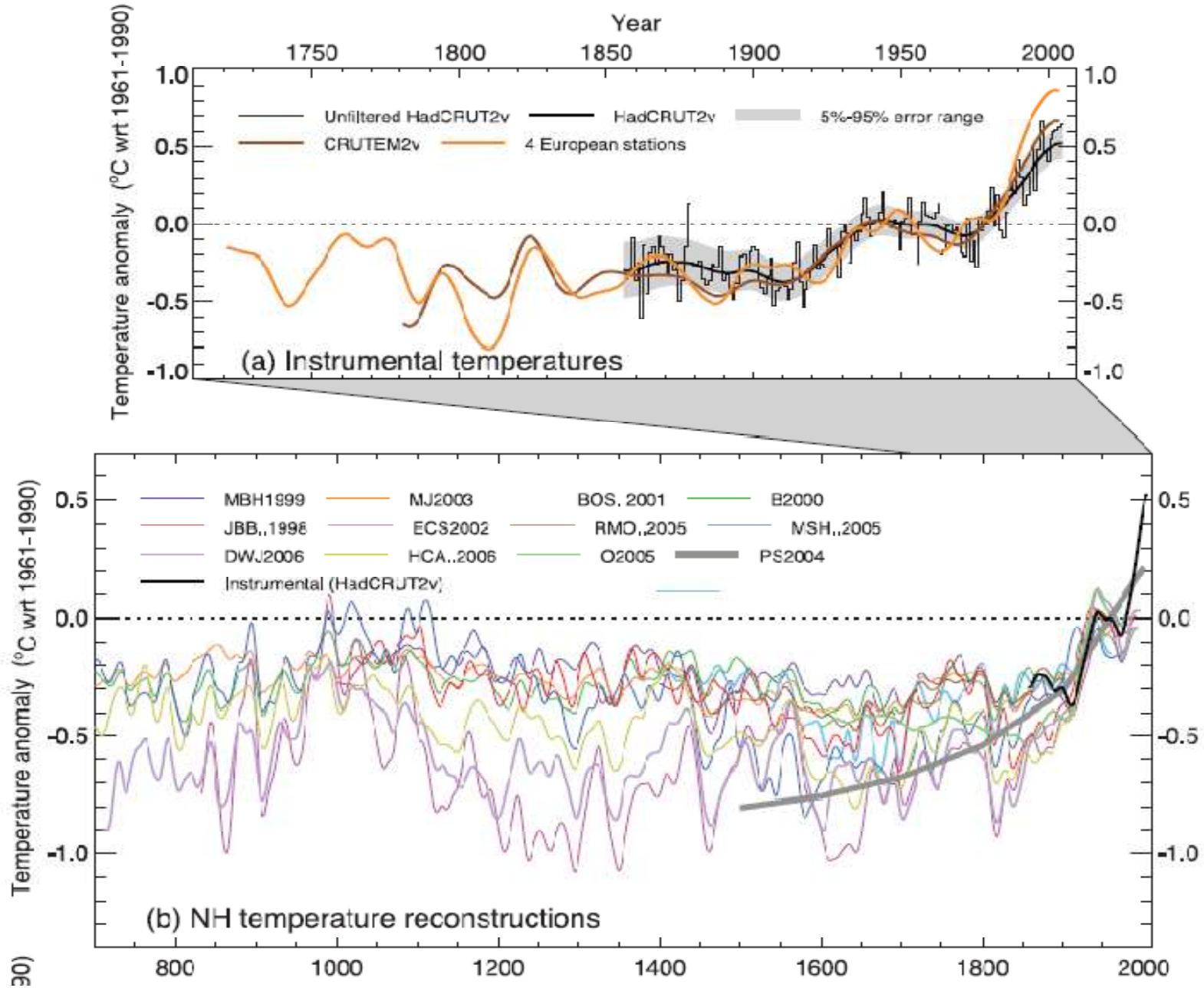
Lidská sídla

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Charakteristika klimatické změny:

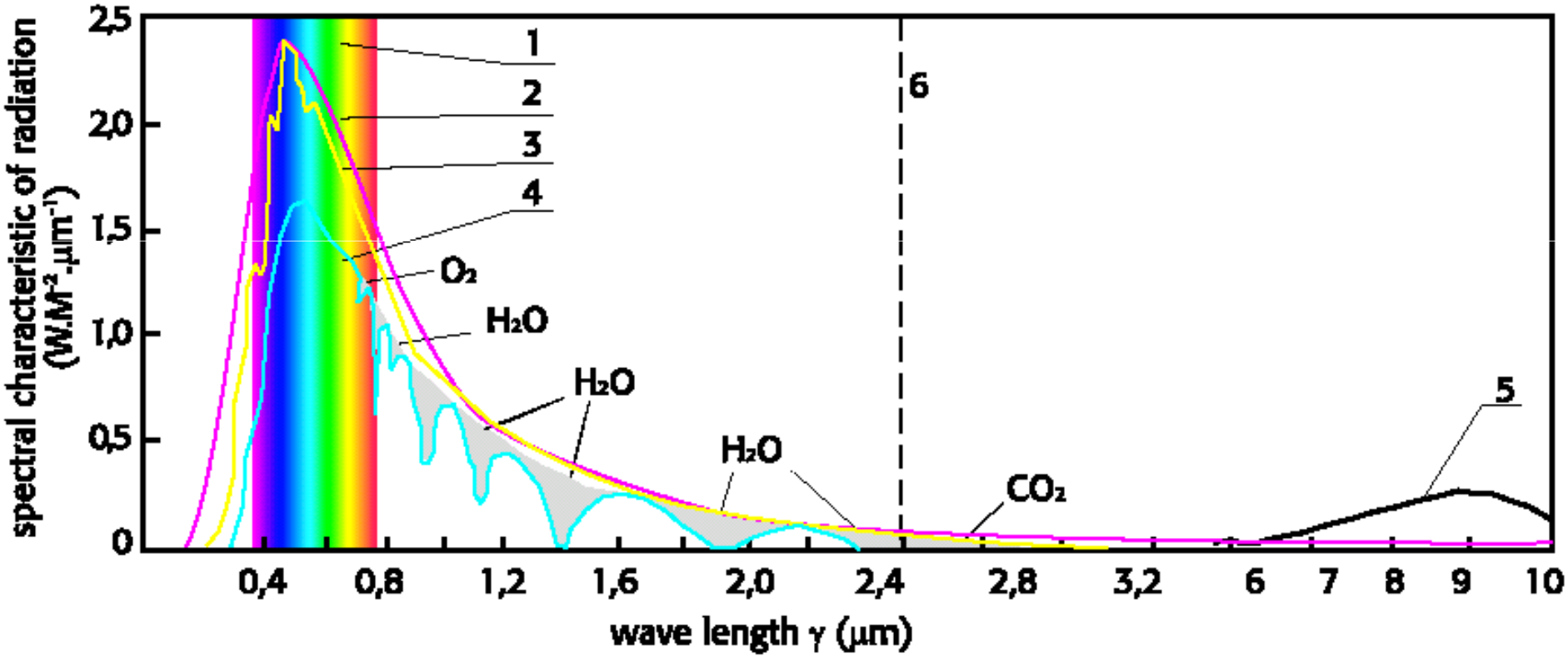
- Střídání sucha a povodní
- Vichřice
- Přívalové srážky
- Extrémy a nepravidelnost (období sucha a záplav), *sníh v Saudské Arábii, chlad v noci u Viktorina jezera*
- Vzestup teplot *v korelaci se skleníkovými plyny*
- Ubývání ledovců, zejména horských


a
Dome C (Monnin et al., 2004)
Law Dome (MacFarling Meure et al., 2006)
Southpole (Siegenthaler et al., 2005)
Kohnen Station (Siegenthaler et al, 2005)
Mauna Loa (Keeling and Whorf, 2005)
NOAA/CMDL Global
Spline
Carbon Dioxide (ppm)
Radiative Forcing (Wm-2)
400
360
320
280
240
200
1
0
-1
-2
b
Eurocore (Blunier et al., 1993)
GRIP (Blunier et al., 1995)
D47 (Chappellaz et al., 1997)
Law Dome (Ferretti et al., 2005)
Siple (Stauffer et al., 1985)
Dome C (Monnin et al., 2001; Flückiger et al., 2002)
NOAA/CMDL
spline
NH
SH
Methane (ppb)
Radiative Forcing (Wm-2)
2000
1500
1000
500
0
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
20000
15000
10000
5000
0
Time (before 2005)
c
Dome C (Flückiger et al., 2002)
H15 (Machida et al., 1995)
Law Dome (MacFarling Meure et al., 2006)
South Pole Firn (Battle et al., 1996)
GRIP Transition (Flückiger et al., 1999)
GRIP/Eurocore (Flückiger et al., 1999)
NOAA/CMDL
spline
Nitrous Oxide (ppb)
Radiative Forcing (Wm-2)
300
250
200
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
d
Year
(10-3 Wm-2 yr-1)
Rate of Change (10-3 Wm-2 yr-1)
40
30
20
10
0
500
1000
1500
2000
20000
15000
10000
5000
0
Time (before 2005)


Year
1750
1800
1850
1900
1950
2000
Temperature anomaly (°C wrt 1961-1990)
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
Unfiltered HadCRUT2v
HadCRUT2v
5%-95% error range
CRUTEM2v
4 European stations
(a) Instrumental temperatures
MBH1999
MJ2003
BOS, 2001
B2000
JBB,,1998
ECS2002
RMO,,2005
MSH,,2005
DWJ2006
HCA..2006
O2005
PS2004
Instrumental (HadCRUT2v)
(b) NH temperature reconstructions
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000

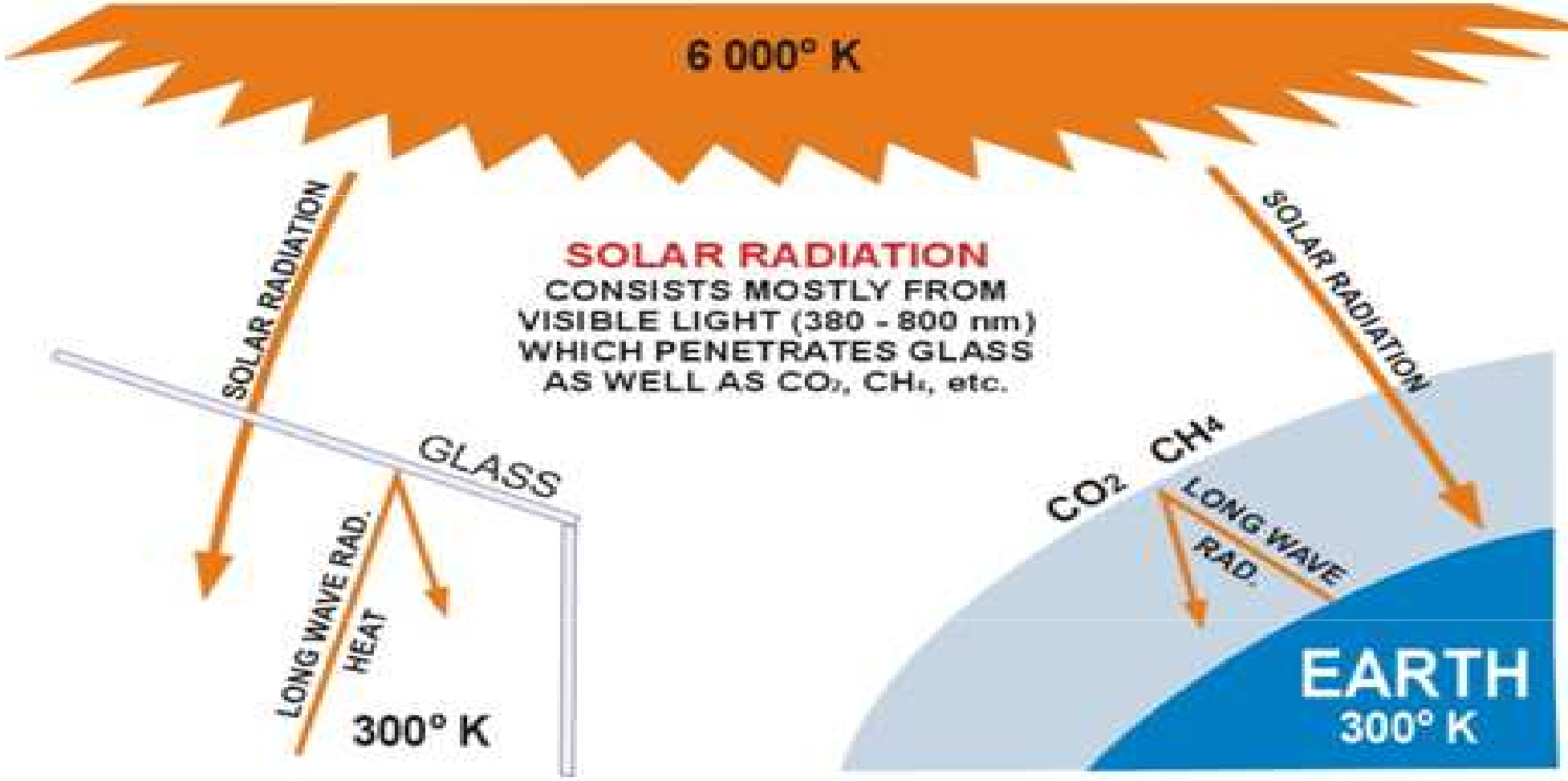
- Mezivládní panel klimatické změny (IPCC) vysvětluje změnu klimatu výhradně skleníkovým efektem

SPEKTRUM SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ



1 - visible range
2 - diagram of intensity of radiation of black body by Plank law
3 - diagram of intensity of sun radiation on border Earth atmosphere
4 - diagram of intensity of sun radiation on Earth surface
5 - diagram of intensity of radiation of Earth surface by 300K according Plank law
6 - spectral transmition of glass

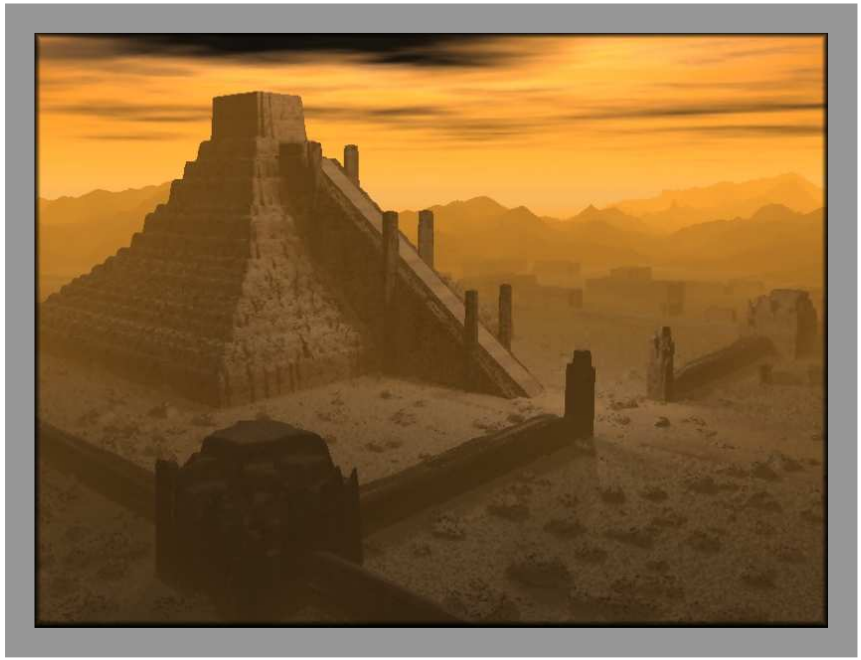
GREEN HOUSE EFFECT



Radiative force

Desertifikace

- Země ztrácí ročně 200 000 km^2 produkčních ploch následkem nedostatku vody
- Desertifikace: 60 000 km^2/rok
- Podle údajů FAO 30 - 40 % plochy kontinentů trpí nedostatkem vody (6.45 x 107 km^2).
- v Německu mizí pod betonem, asfaltem a nepropustnou dlažbou denně 1km^2.



SUMER a MEZOPOTÁMIE
(Irák, Jordánsko, Sýrie)

Zavlažovací systémy

Vyčerpání krajiny, zasolení

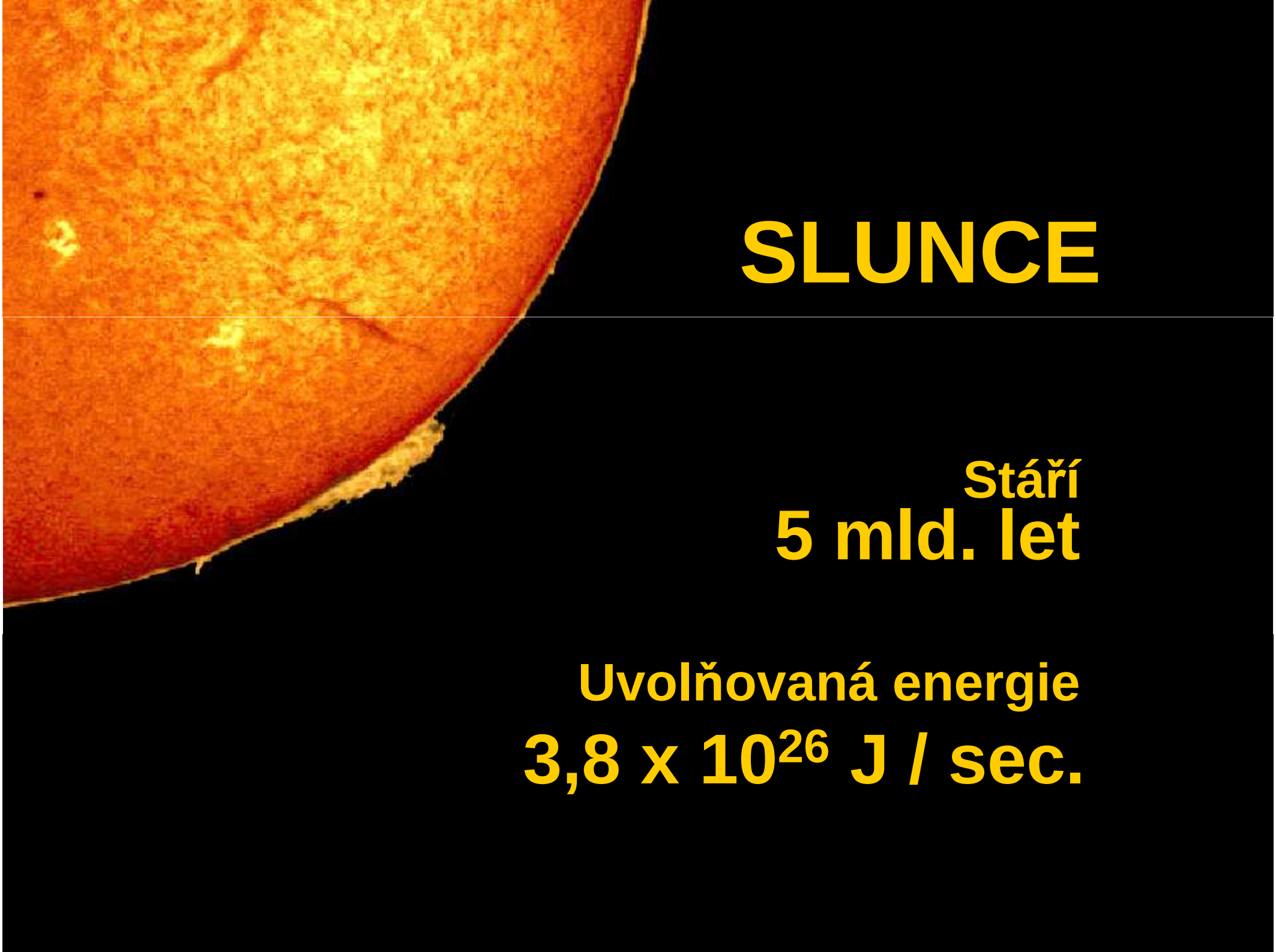
Eridu (sídlo boha ENKI) →

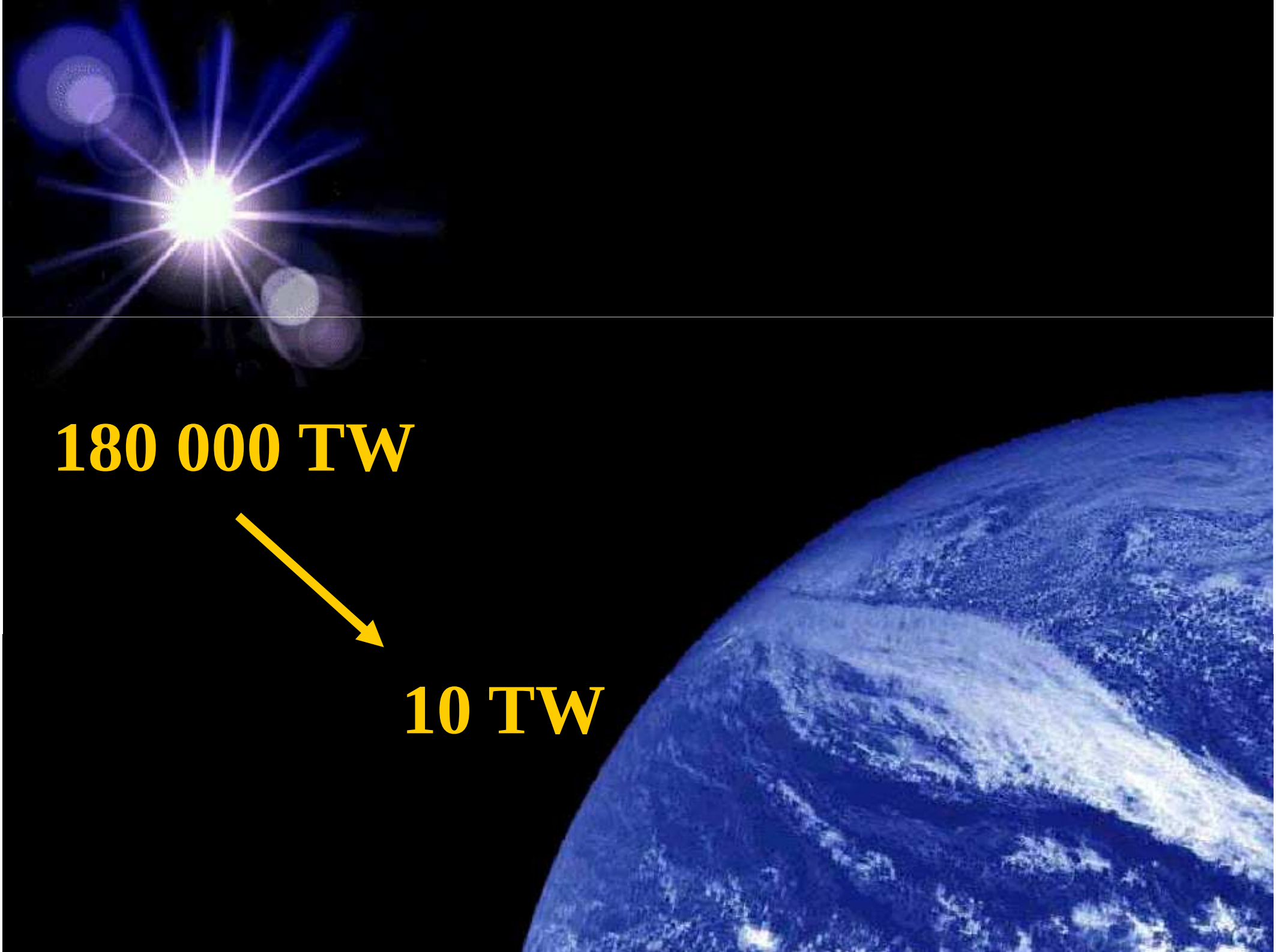
MODERNÍ STEP

Čechy

Keňa

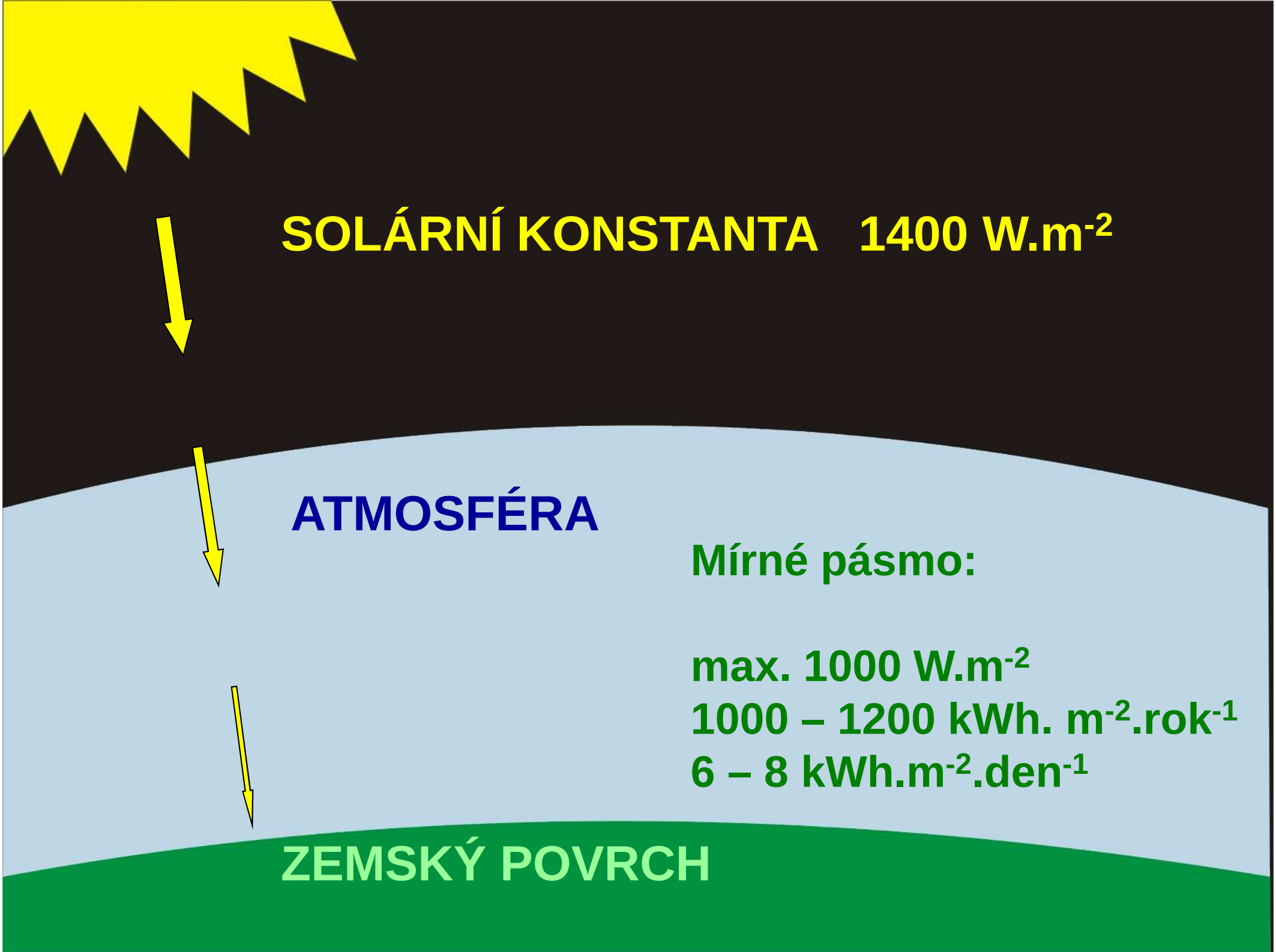
ODVODNĚNÍ KRAJINY


SLUNCE
Stáří
5 mld. let
Uvolňovaná energie
3,8 x 10^26 J / sec.


180 000 TW
10 TW

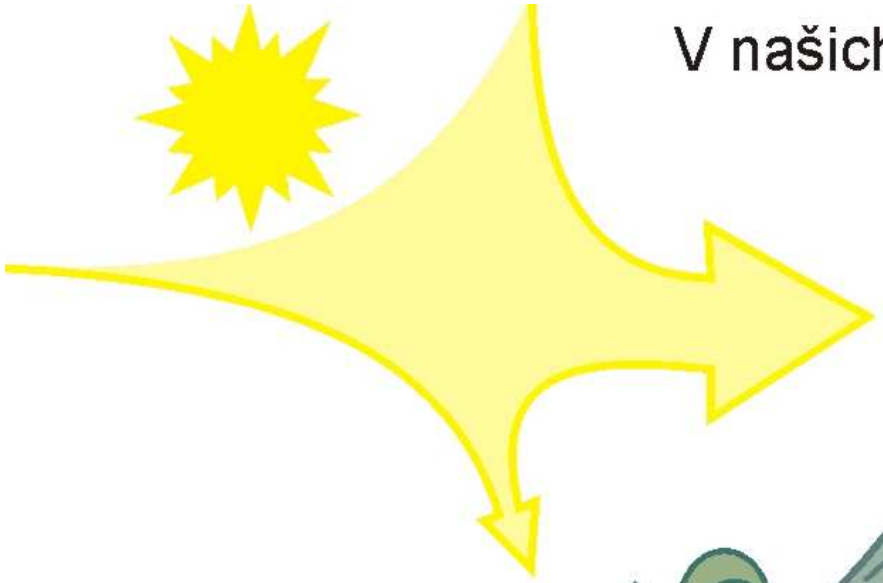
Sluneční energie ohřívá Zemi téměř o 300 stupňů

- Slunce udržuje atmosféru v plynném stavu
- Energie vodních elektráren – Sluncem vypařovaná voda
- Energie větru – proudění vzduchu působené teplotními rozdíly
- Energie biomasy (dřevo) i uhlí a nafta vznikla fotosyntézou
- Na fasádu o 10m x 5m přichází až 50kW


SOLÁRNÍ KONSTANTA 1400 W.m-2
ATMOSFÉRA
Mírné pásmo:
max. 1000 W.m-2
1000 – 1200 kWh. m-2.rok-1
6 – 8 kWh.m-2.den-1
ZEMSKÝ POVRCH

ÚČINNOST PŘEMĚNY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

Přírodní systémy		Technické systémy	
Fotosyntéza…… (ATP, NADPH)	10 %	Fotovoltaika ……	15 %
Fotosyntéza…… (tvorba cukrů)	2 %	Fotothermal ……	40 %
Fotosyntéza…… (tvorba biomasy)	1 %	Fresnelovy č. ….	12 %
Produkce……. biomasy	0,5 %		



V našich podmínkách dopadne na 1m^2
1000 - 1200 kWh za rok.

99 % energie se spotřebuje
na odraz, ohřev a výpar vody.

Pouze necelé 1 %
z dopadající sluneční
energie se naváže
v biomase, která
běžně za rok vytvoří
0,5 - 1 kg/m^2.

Jeden kilogram biomasy (sušiny)
obsahuje 4 - 5 kWh, tedy pouze 0,5%
energie, která dopadla za rok na porost.

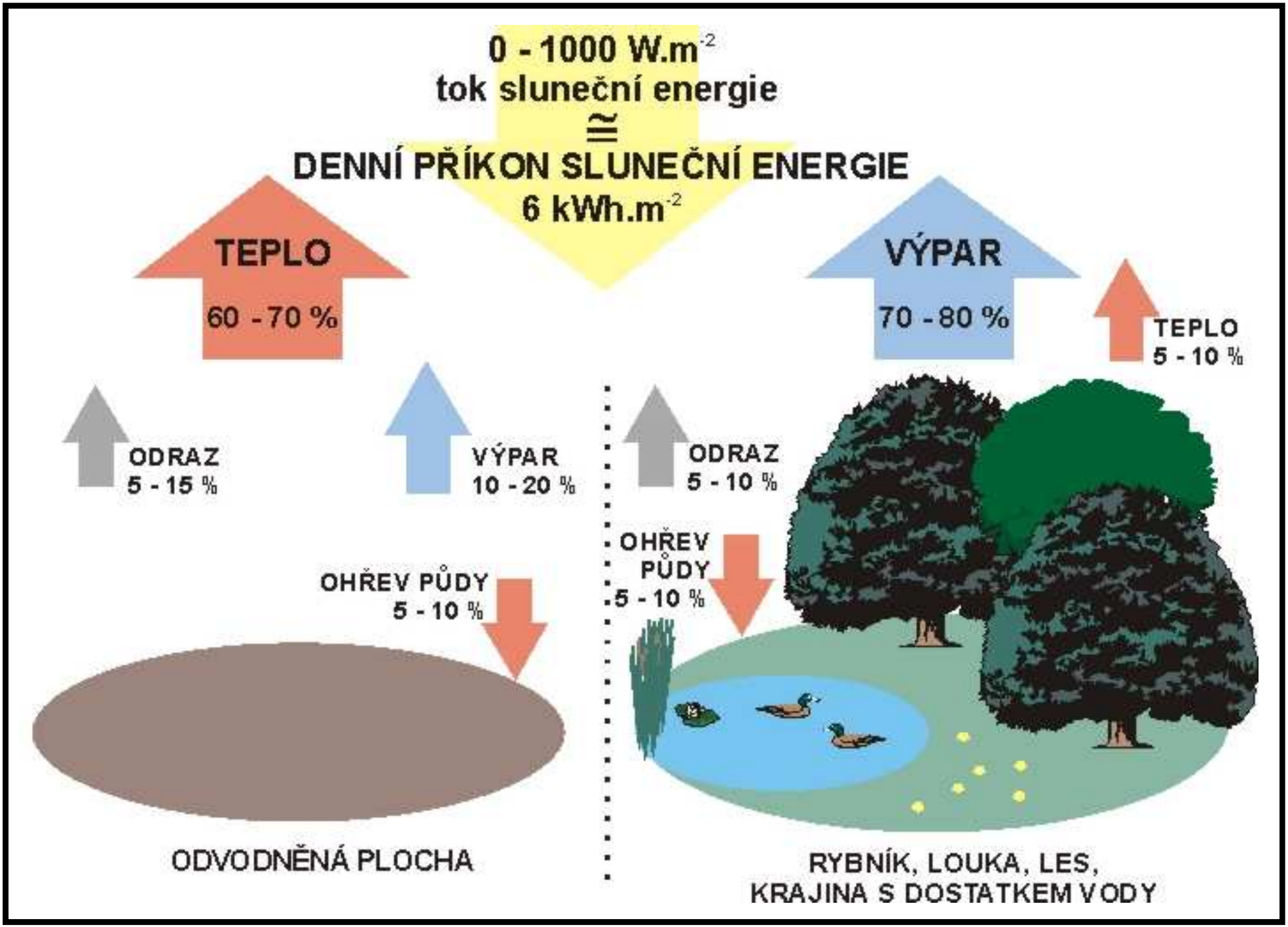
ENERGIE V BIOMASE

Roční produkce **biomasy** (tedy i uhlí)

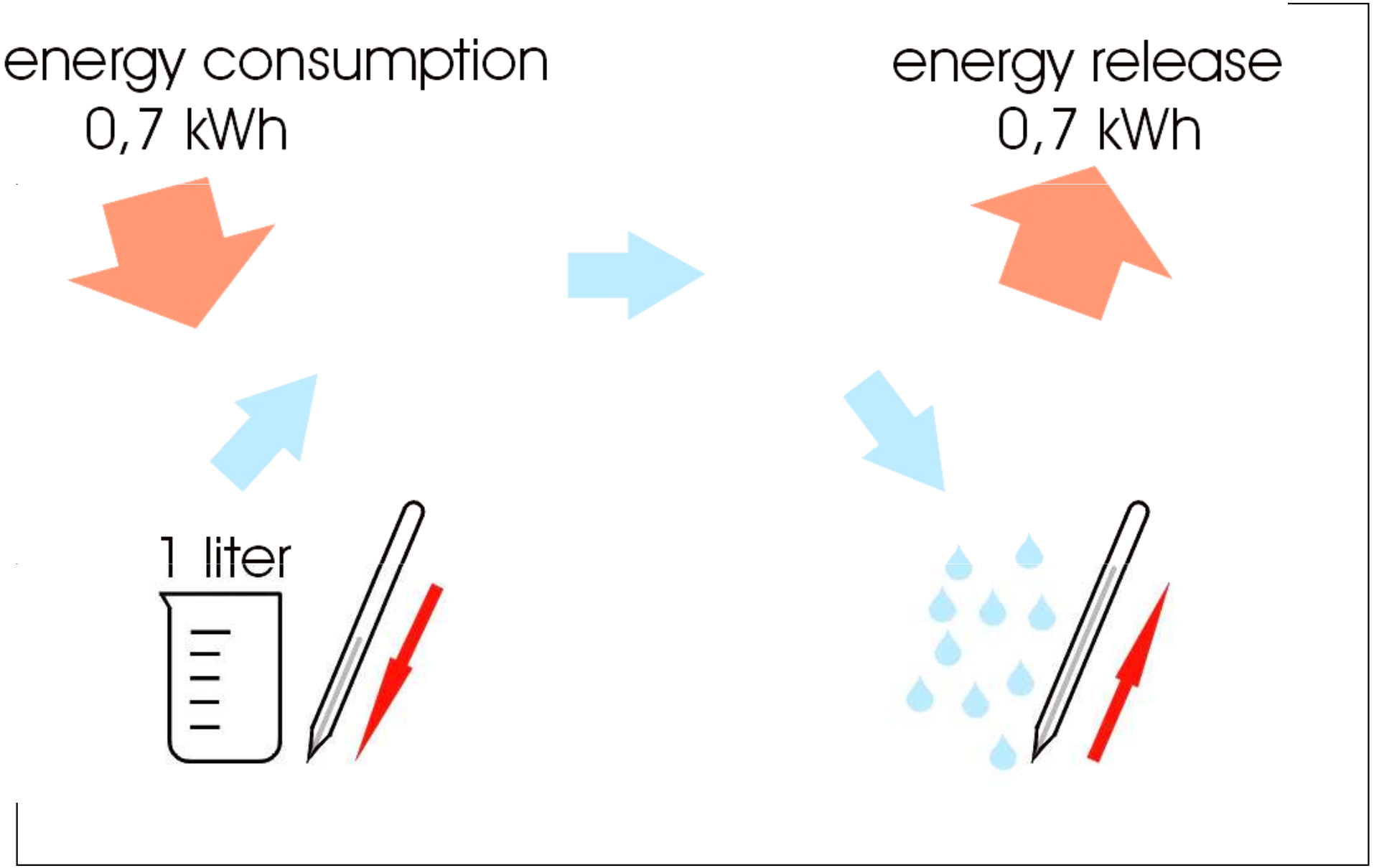
0,5 %

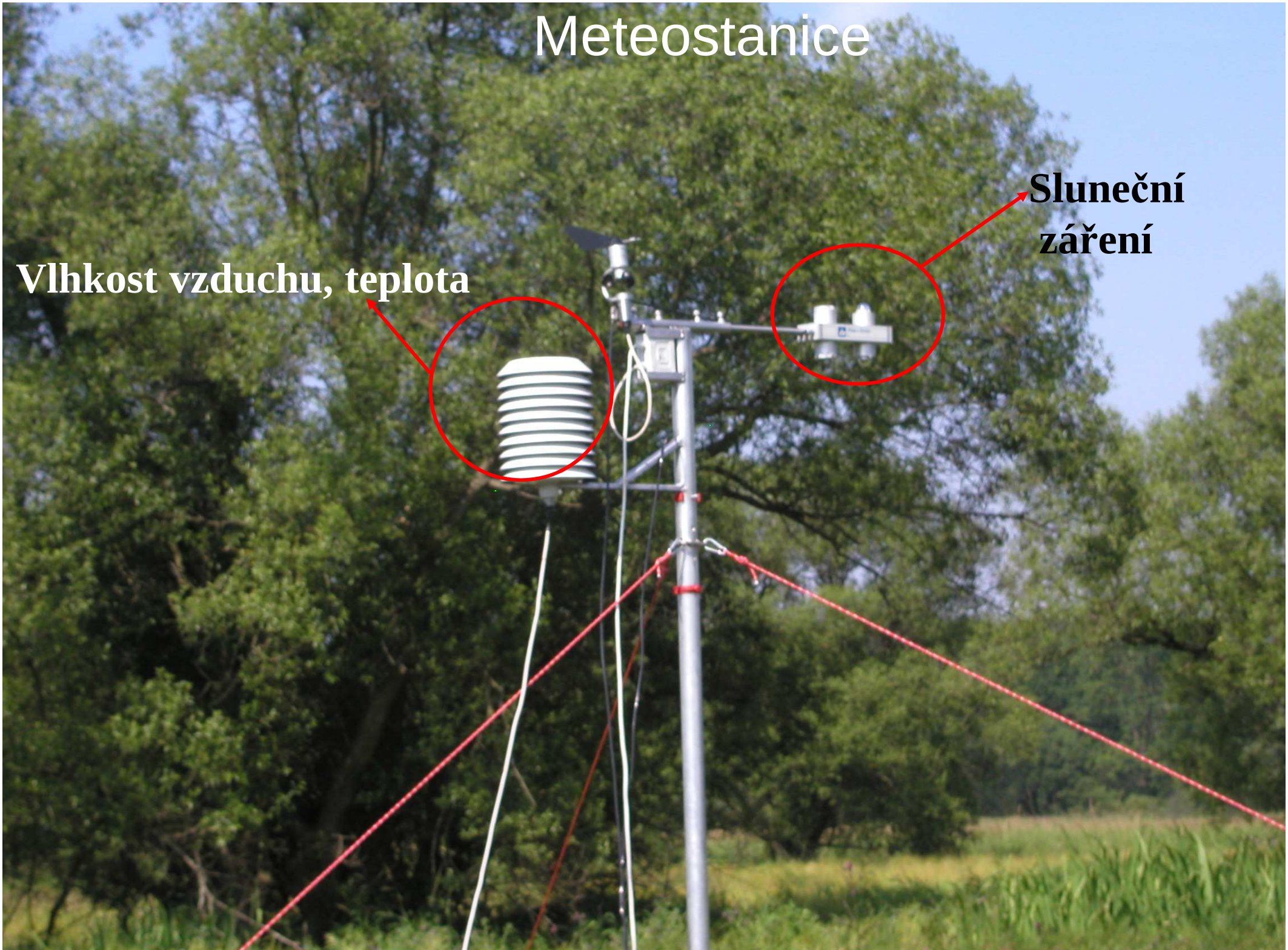
z celkového množství energie přicházející za rok

Produkce: 1 kg sušiny z 1 m^2
1 kg obsahuje 5 – 6 kWh


0 - 1000 W.m-2
tok sluneční energie
≅
DENNÍ PŘÍKON SLUNEČNÍ ENERGIE
6 kWh.m-2
TEPLO
60 - 70 %
VÝPAR
70 - 80 %
TEPLO
5 - 10 %
ODRAZ
5 - 15 %
VÝPAR
10 - 20 %
ODRAZ
5 - 10 %
OHŘEV PŮDY
5 - 10 %
OHŘEV PŮDY
5 - 10 %
ODVODNĚNÁ PLOCHA
RYBNÍK, LOUKA, LES,
KRAJINA S DOSTATKEM VODY

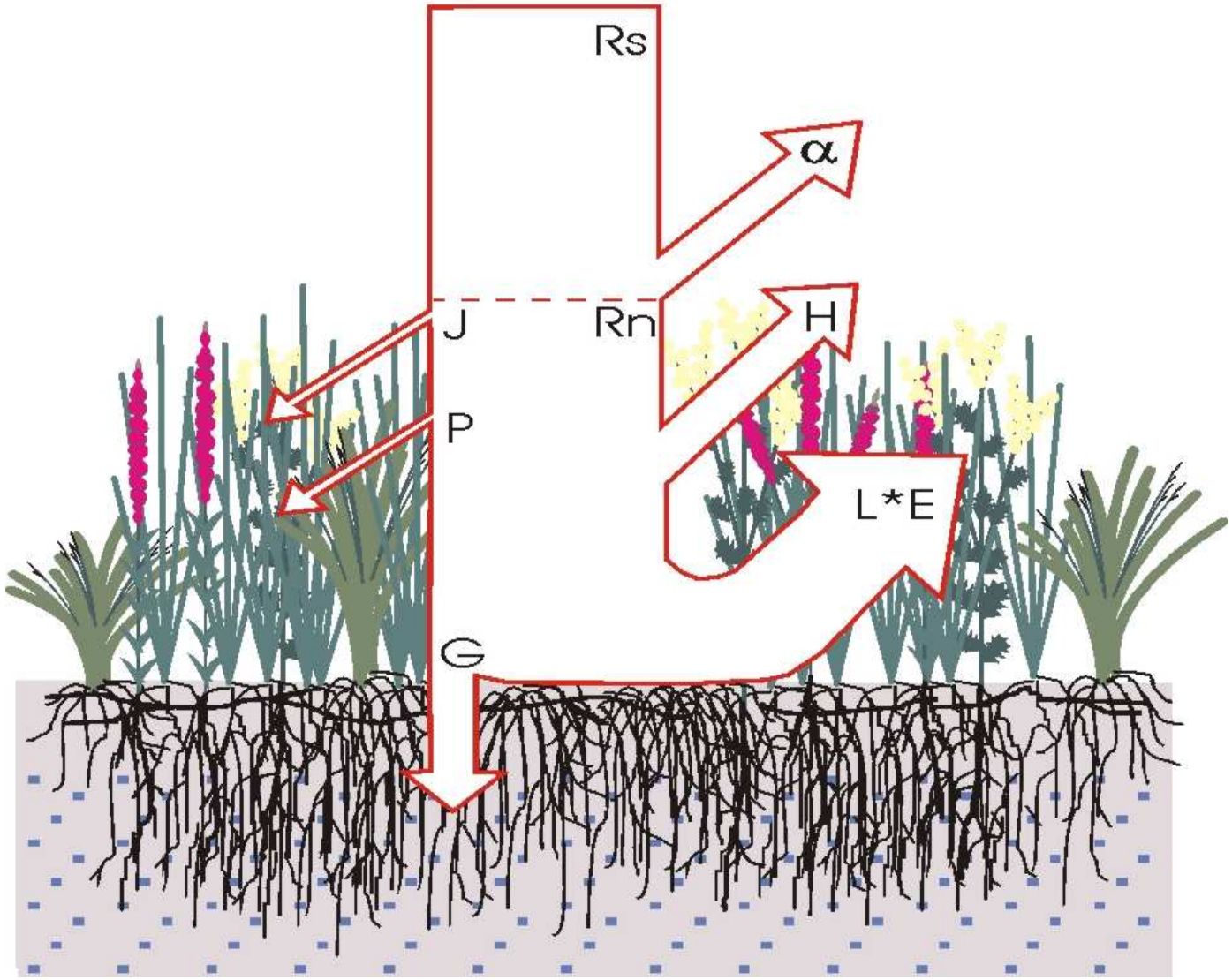
LATENTNÍ TEPLO



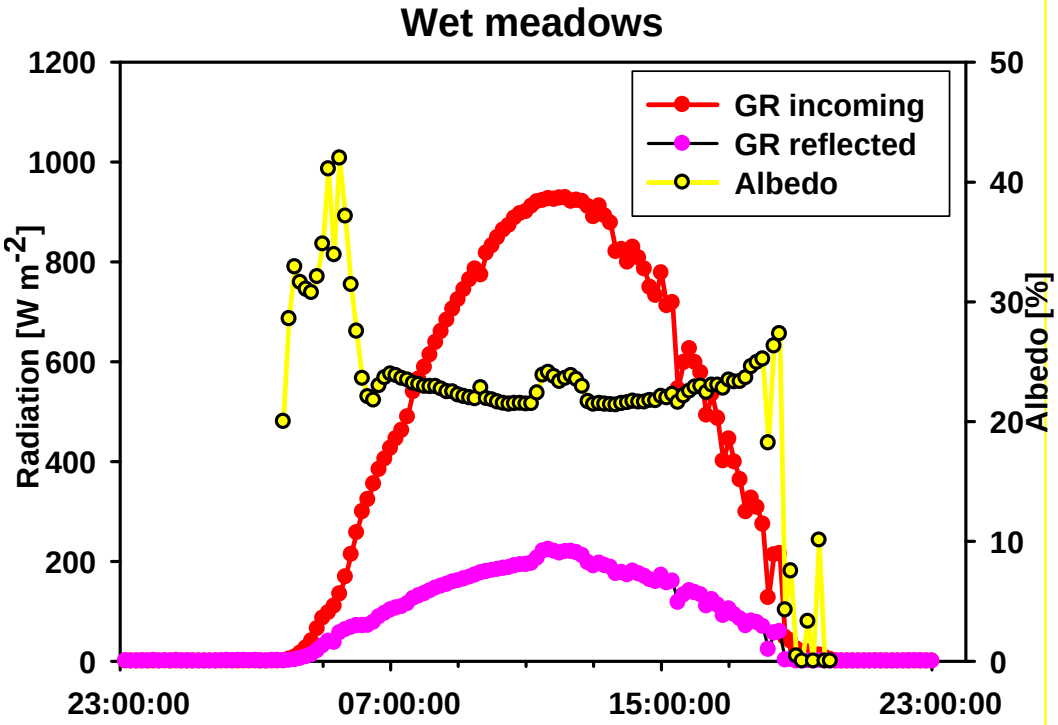

Meteostanice
Sluneční záření
Vlhkost vzduchu, teplota

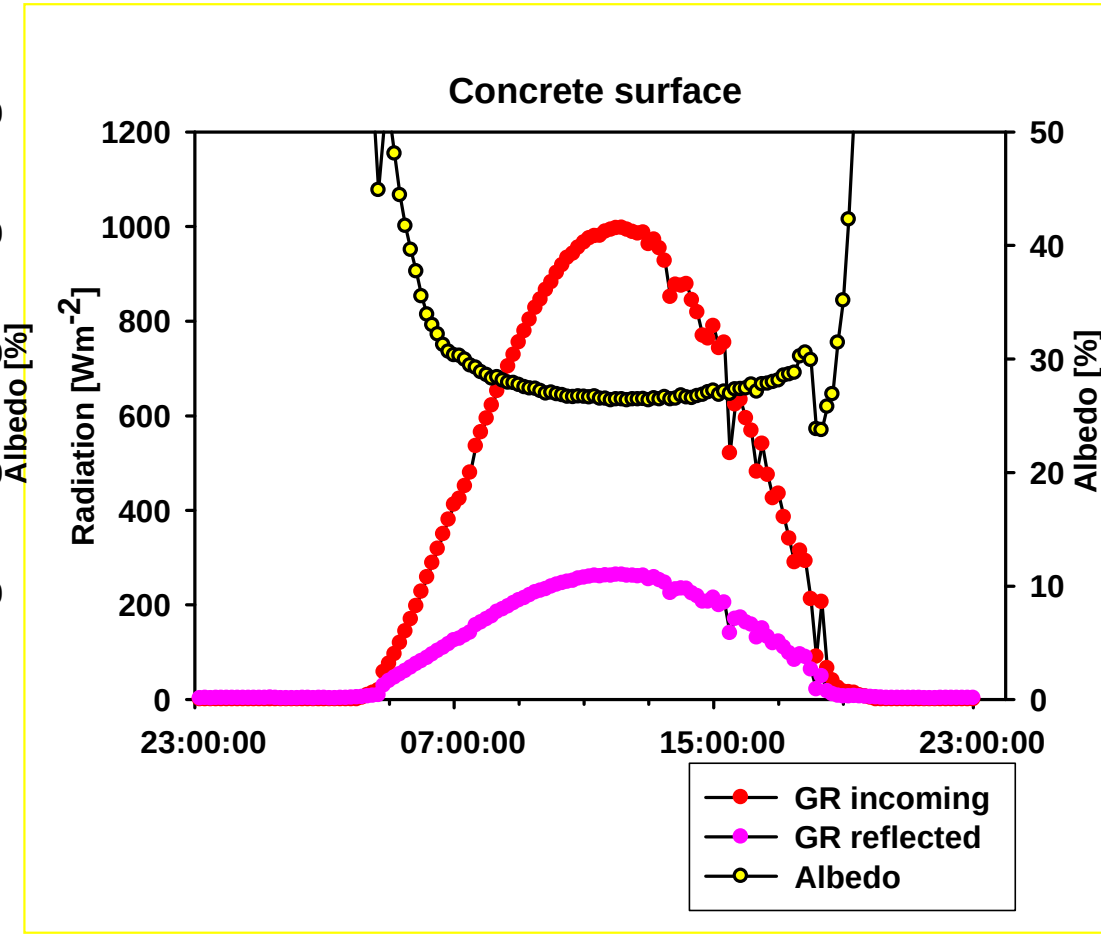
Meteorologická stanice na betonovém povrchu

Rs - Globální záření
Rn - Čisté záření
α - Odraz (albedo)
H - Uvolněné pocitové teplo
L x E - Skupenské teplo x Evapotranspirace
G - Tok tepla do půdy
P - Fotosyntéza
J - Akumulované teplo v biomase



Přicházející a odražené sluneční záření (22.06.08)

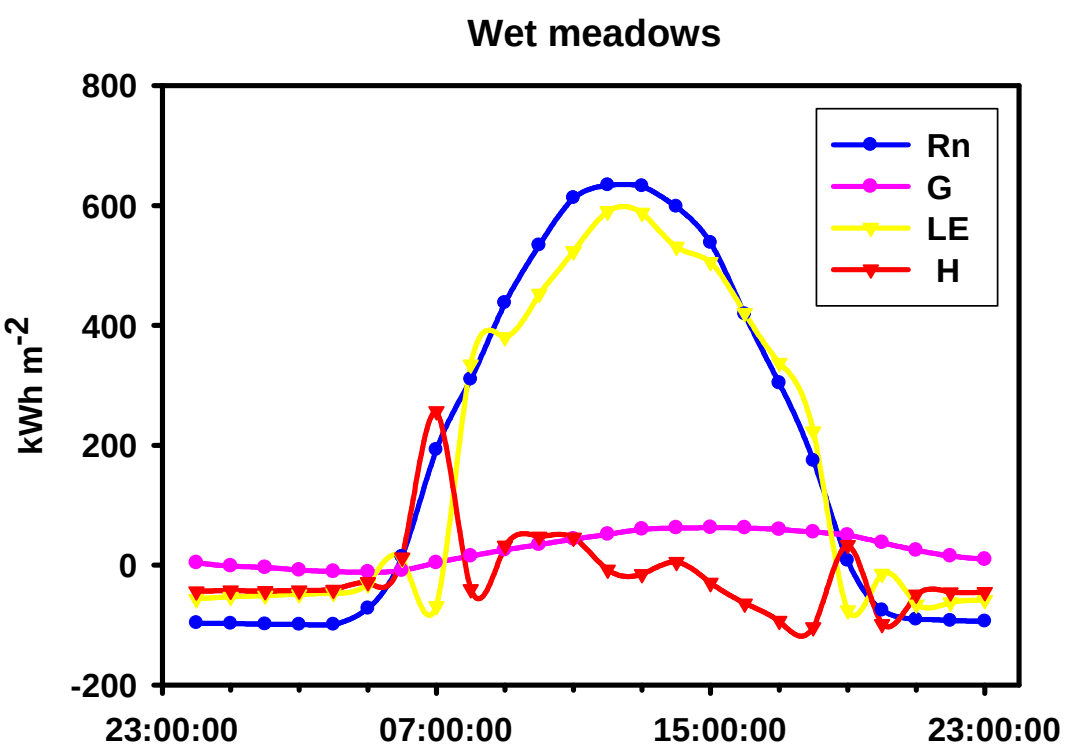


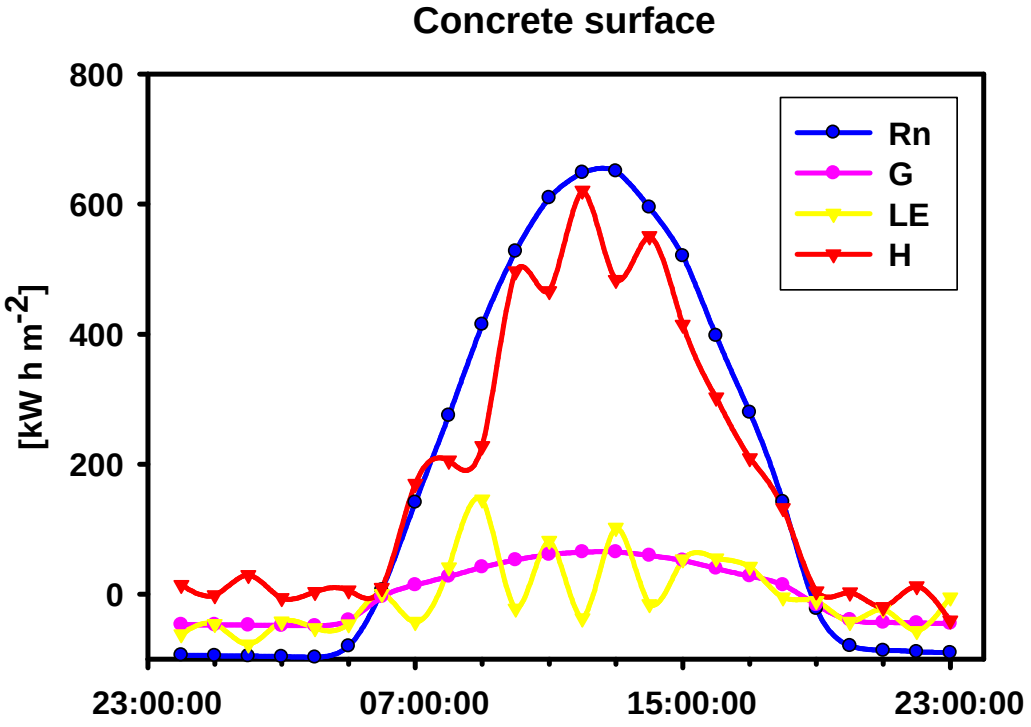


.Hodnoty slunečního záření dosahují až 1000W/m2, odráží se až 200W/m2

Albedo = poměr mezi odraženým a přicházejícím slunečním zářením

Hlavní toky sluneční energie na vlhké louce a betonovém povrchu (22.06.08)



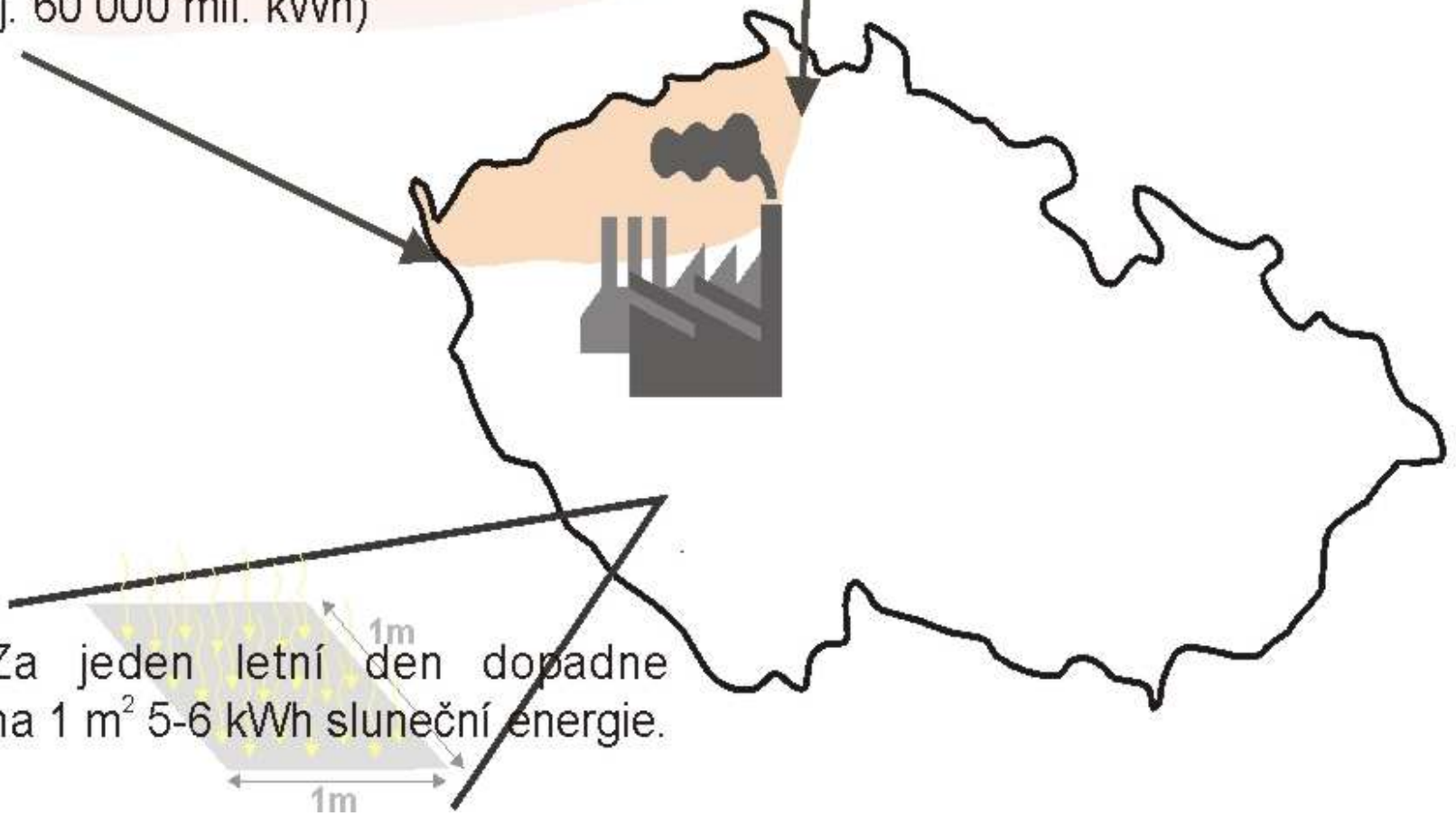


Na mokré louce se spotřebovává většina energie (několik set W.m-2) na výpar vody

Na betonové ploše se většina energie se uvolňuje jako zjevné teplo

Na území ČR bylo odvodněno a rekultivováno přibližně **10 000 km²**. Na stejnou plochu dopadne za **1 průměrný letní den** stejné množství energie, které v ČR vyprodukují všechny elektrárny za celý rok. (tj. 60 000 mil. kWh)

Za den vyrobí naše elktrárny tolik energie (165 000 MWh) kolik dopadne za slunečný den na cca 33 km².



Za jeden letní den dopadne na 1 m² 5-6 kWh sluneční energie.

Množství zjevného tepla uvolňované z 20 km^2 odvodněného povrchu

~

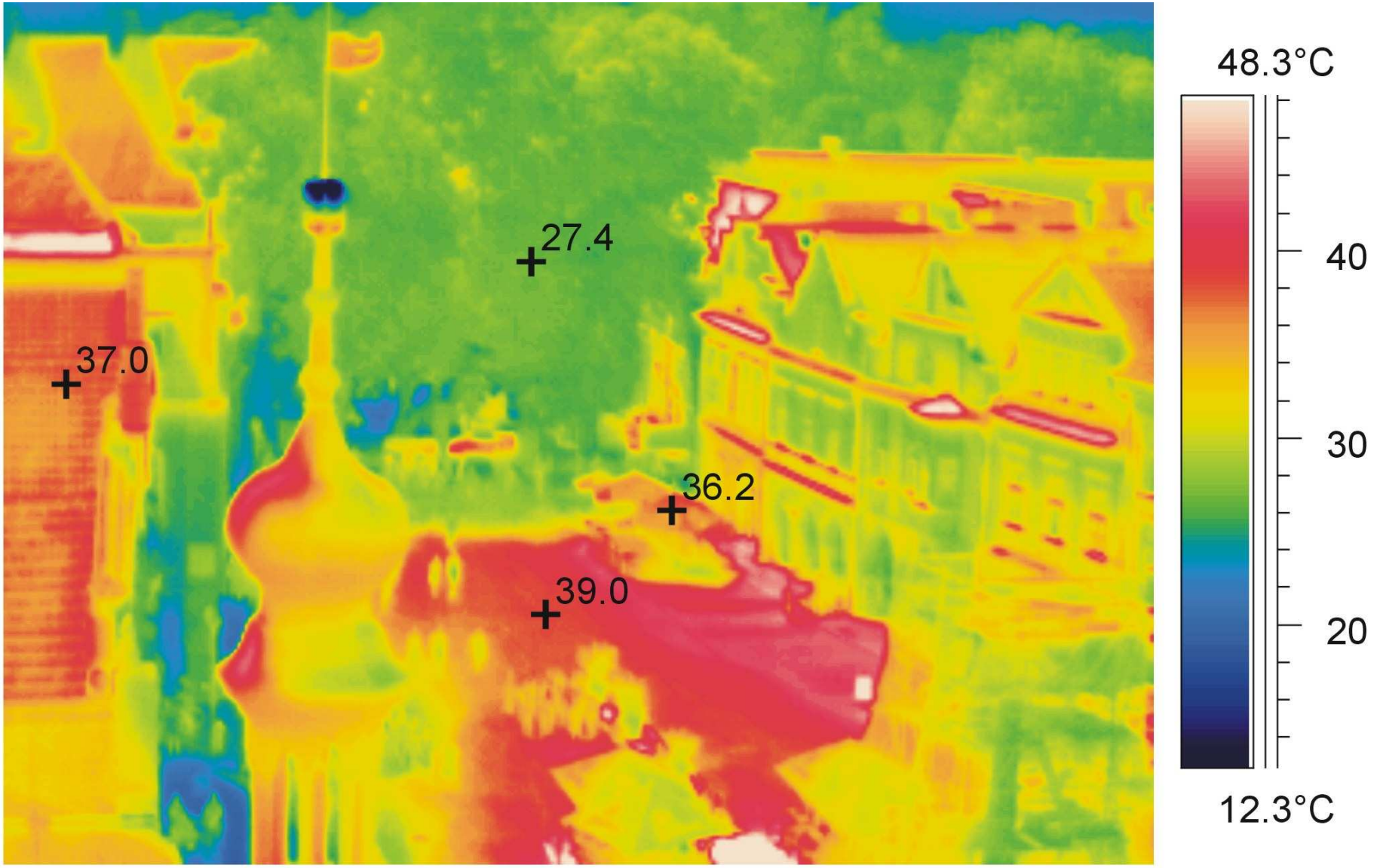
je srovnatelné s instalovaným výkonem elektráren v ČR (12 000 MW)

Termovizní snímek

- Termovizní kamera snímá v infračervené oblasti spektra (7.5 – 13.5 μm) a umožňuje zachytit rozložení teplot.
- Následují snímky náměstí, střech a vegetace pořízené z věže staré třeboňské radnice v horkém, slunném letním dnu.
- Čísla v IČ snímcích znázorňují teploty. Barevná teplotní stupnice je vpravo

Třeboňské náměstí s pohledem do parku

Slunný den – teploty na střechách, na dláždění a teplota stromů v parku



Teplotní rozdíly ve vysušené a vlhké krajině

- Satelitní snímky umožňují záznam rozložení teplot v krajině
- Následují satelitní snímky Mostecka a Třeboňska ve viditelném spektru, se znázorněním vodních těles a v IČ spektru (teplotní mapa).
- Patrné jsou větší teplotní rozdíly na Mostecku nežli na vlhčím Třeboňsku

Povrchový důl (Most)

Třeboňsko

Mostecká pánev

Krušné hory

město

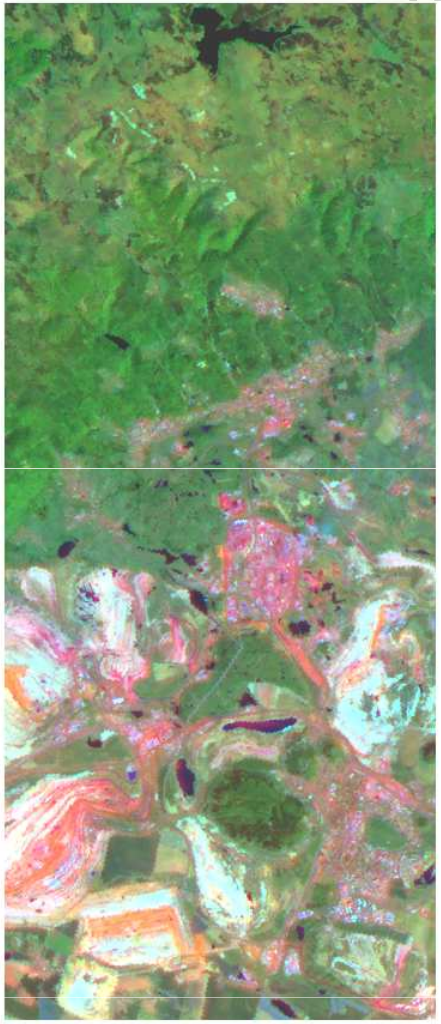
povrchové doly

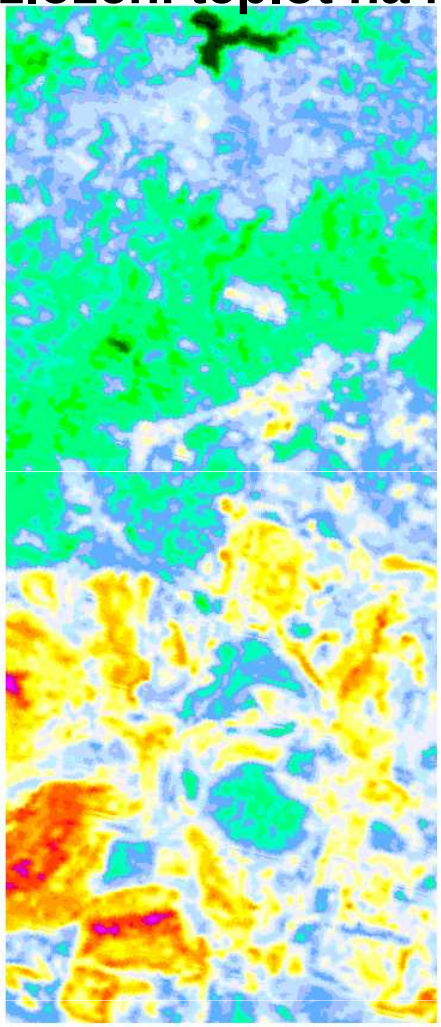
Třeboňská pánev

rybník Rožmberk (400ha)

Třeboň

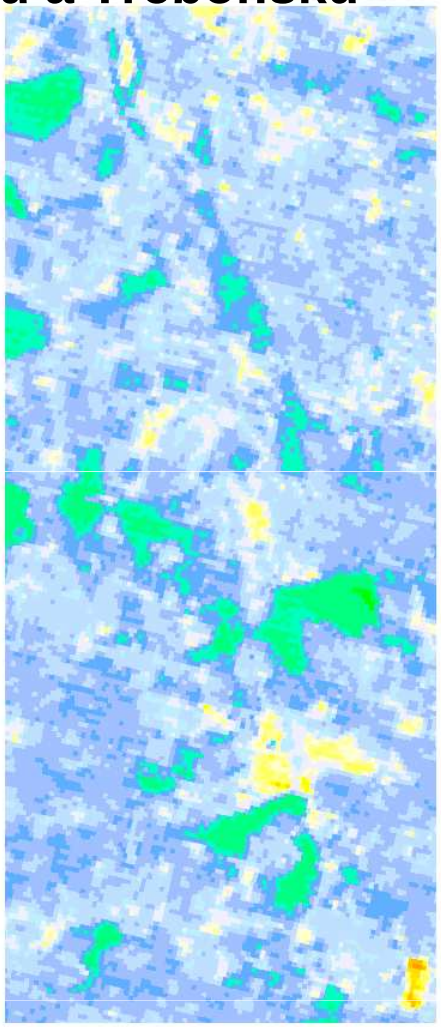
Rozložení teplot na Mostecku a Třeboňsku

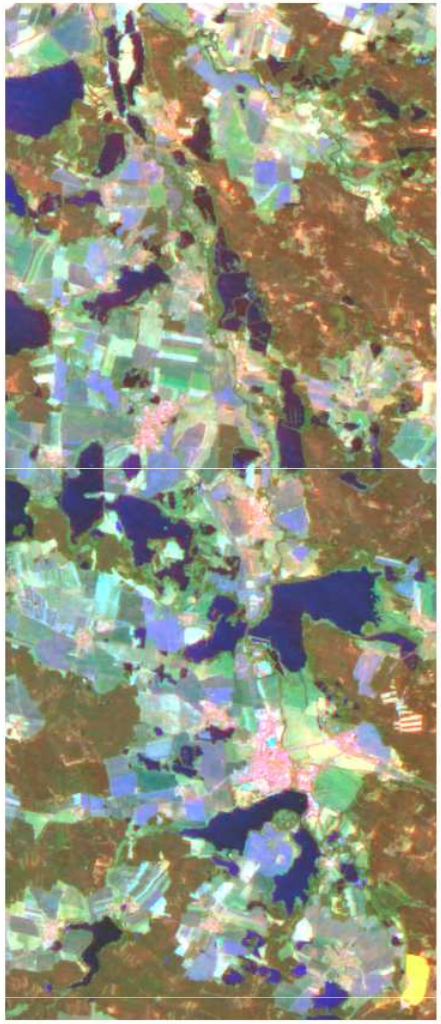




TEPLOTA POKRYVU

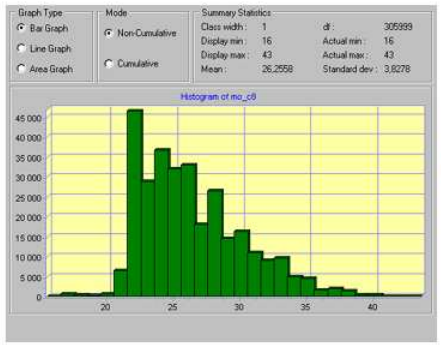
16 °C
17 °C
18 °C
19 °C
20 °C
21 °C
22 °C
23 °C
24 °C
25 °C
26 °C
27 °C
28 °C
29 °C
30 °C
31 °C
32 °C
33 °C
34 °C
35 °C
36 °C
37 °C
38 °C
39 °C
40 °C
41 °C
42 °C
43 °C



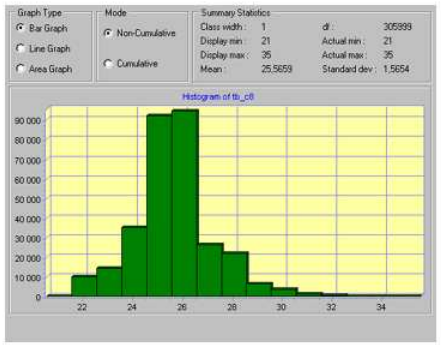


Mostecko 1.7.1995 - RGB 6-5-2 & teplota pokryvu

Třeboňsko 10.7.1995 - RGB 6-5-2 & teplota pokryvu



HISTOGRAM TEPLOTY

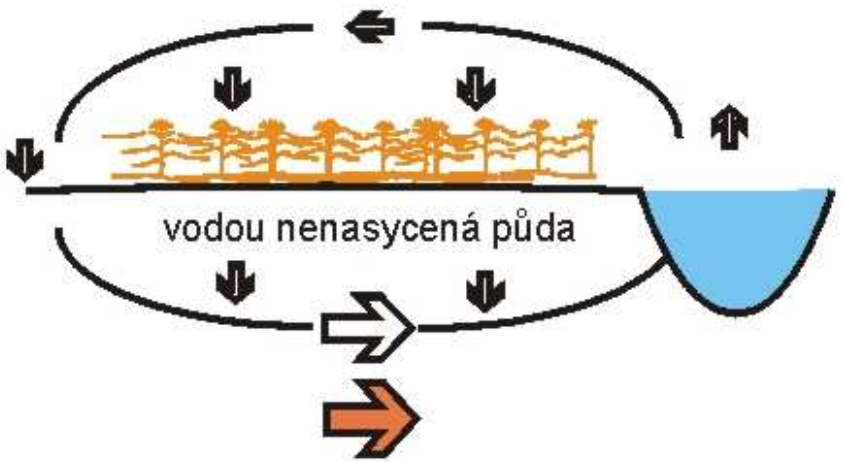


Data Landsat Thematic Mapper 191-025 / 19950701 & 192-026 / 19950710

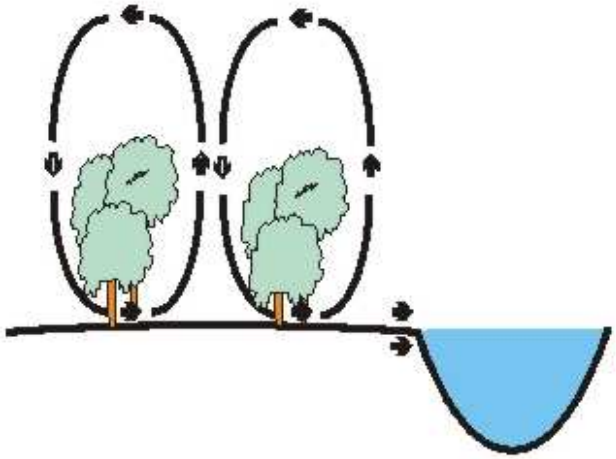
Původní data © ESA (1995), distribuováno EURIMAGE

Vlatník dat ENKI Třeboň, tématický obsah M. Šíma - Orbitec Consulting

Tok vody a látek vegetací a půdou



otevřený koloběh vody v zemědělské krajině charakterizovaný vysokým únikem látek do povrchových vod



krátký, uzavřený koloběh vody s minimálním únikem látek

legenda: tok vody

tok rozpuštěných látek

Radiative forcing = radiační účinnost

- Od počátku průmyslové revoluce, (IPCC srovnává současný stav s rokem 1750), stoupla **radiační účinnost** následkem zvýšené koncentrace skleníkových plynů o 1 – 3 $W.m^{-2}$. **Podle modelů klimatické změny stoupá radiační účinnost během deseti let o 0,2 $W.m^{-2}$ neboli o 1 $W.m^{-2}$ za 50 let.**
- Koncepce skleníkového efektu pracuje s předpokladem homogenně promíchaných skleníkových plynů *(Hansen 2000, CRFEC 2005).*

Energetické toky v porostech a radiační účinnost

- Tvorba biomasy (fotosyntéza): W. m^{-2}
- Evapotranspirace: stovky W. m^{-2}
- Dekompozice: až desítky W. m^{-2}
- Ohřev porostů: několik W. m^{-2}
- Tok tepla do půdy: až desítky W. m^{-2}
- Radiační účinnost: stoupne o **0,2 W.m^{-2} za 10 let**
- Solární konstanta: průběhu roku:

  1351 W m^{-2} - 1431 W m^{-2} (dlouhodobé výkyvy W.m)

Desertifikace

- Země ztrácí ročně 200 000 km^2 produkčních ploch následkem nedostatku vody
- Desertifikace: 60 000 km^2/rok
- Podle údajů FAO 30 - 40 % plochy kontinentů trpí nedostatkem vody (6.45 x 107 km^2).
- v Německu mizí pod betonem, asfaltem a nepropustnou dlažbou denně 1km^2.

Úbytek vody v krátkém oběhu

- Ztráty vody výparem

  x

- Odtok vody do nádrží z povodí

- Dlouhodobě ubývá voda v krajině, krajina vysychá

Návrat vody do krajiny (do krátkého oběhu)

Sníží se rozdíly teplot mezi dnem a nocí

i mezi místy

Zvýší se produkce rostlin a ekosystémů

Zvýší se akumulace oxidu uhličitého v půdě (sníží se koncentrace skleníkových plynů)

Dostatek vody v krajině i dostatek pro obyvatele

Staré a nové paradigma

- Voda v krajině nemá vliv na klima
- Zkoumá se vliv klimatické změny na oběh vody
- Rozsah urbanizace a lidské činnosti má minimální vliv na oběh vody
- Vliv člověka na oběh vody je nepatrný
- Nepříznivé klimatické trendy se budou stupňovat, zmírnění lze očekávat za staletí
- Dominuje zájem o velký oběh vody
- Příčinou růstu extrémů klimatu je globální oteplení

- Odvodnění vede k přehřívání
- Zkoumá se vliv změn vodního cyklu na klima
- Urbanizace a odvodnění má zásadní vliv na oběh vody
- Člověk zásadně mění oběh vody

- Obnova oběhu vody positivně ovlivní klima
- Dominuje zájem o krátký oběh vody
- Příčinou narůstání extrémů jsou změny oběhu vody

Staré a nové paradigma

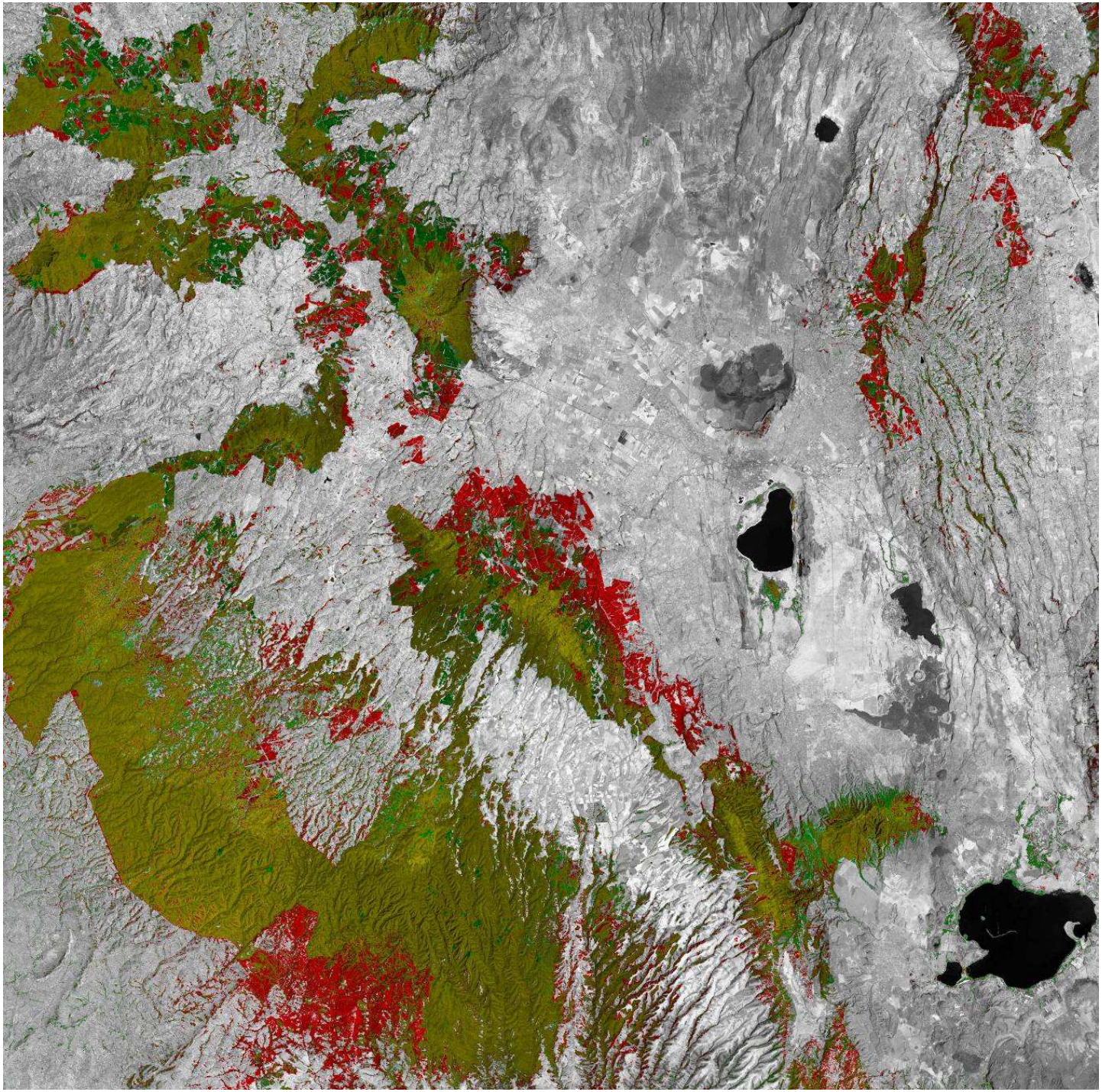
- **Globální oteplení je hlavní problém**
- **Vegetace není z hlediska oteplení ideální, protože má nízké albedo (odrazivost) a vodní pára zvyšuje skleníkový efekt**
- **Hovoří o skleníkovém obalu Země**
- **Vzestup hladiny oceánů je působen táním ledovců**
- **Dešťová voda je problém a je třeba ji rychle odvést**

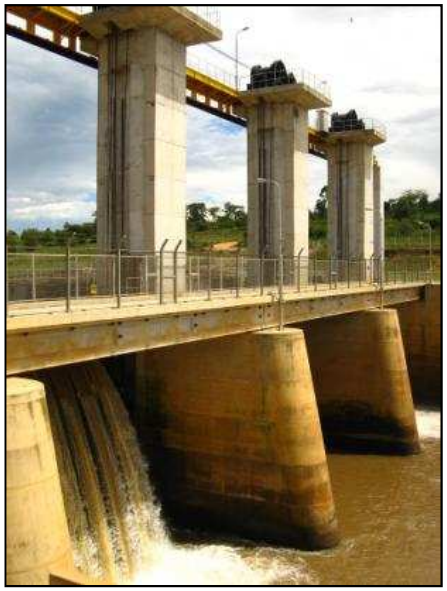
- **Růst extrémů počasí je hlavní problém**
- **Voda a vegetace zmírňují nežádoucí tepelné rozdíly, oblačnost zmírňuje intenzitu slunečního záření**
- **Hovoří o ochranném obalu Země**
- **Vzestup hladiny oceánů je působen nejenom táním ledovců ale i odvodněním kontinentů**
- **Dešťovou vodu je třeba zadržet v rostlinách a půdě**

Mau Forest - Keňa

- V povodí Mau Forest pramení 12 řek
- 400 000 ha lesa v západní Keni bylo od 1990 přeměněno na zemědělskou půdu
- Jezera Nakuru, Naivasha ztrácejí vodu
- Nová hydrolektrárna japonského investora na řece **Sondumiriu** nemá očekávaný výkon. Stavba další hydroelektrárny byla zastavena.
- Japonský investor žaluje vládu Keni
- Vláda nařizuje vystěhovat na 200tis lidí, obnovit a oplotit les.

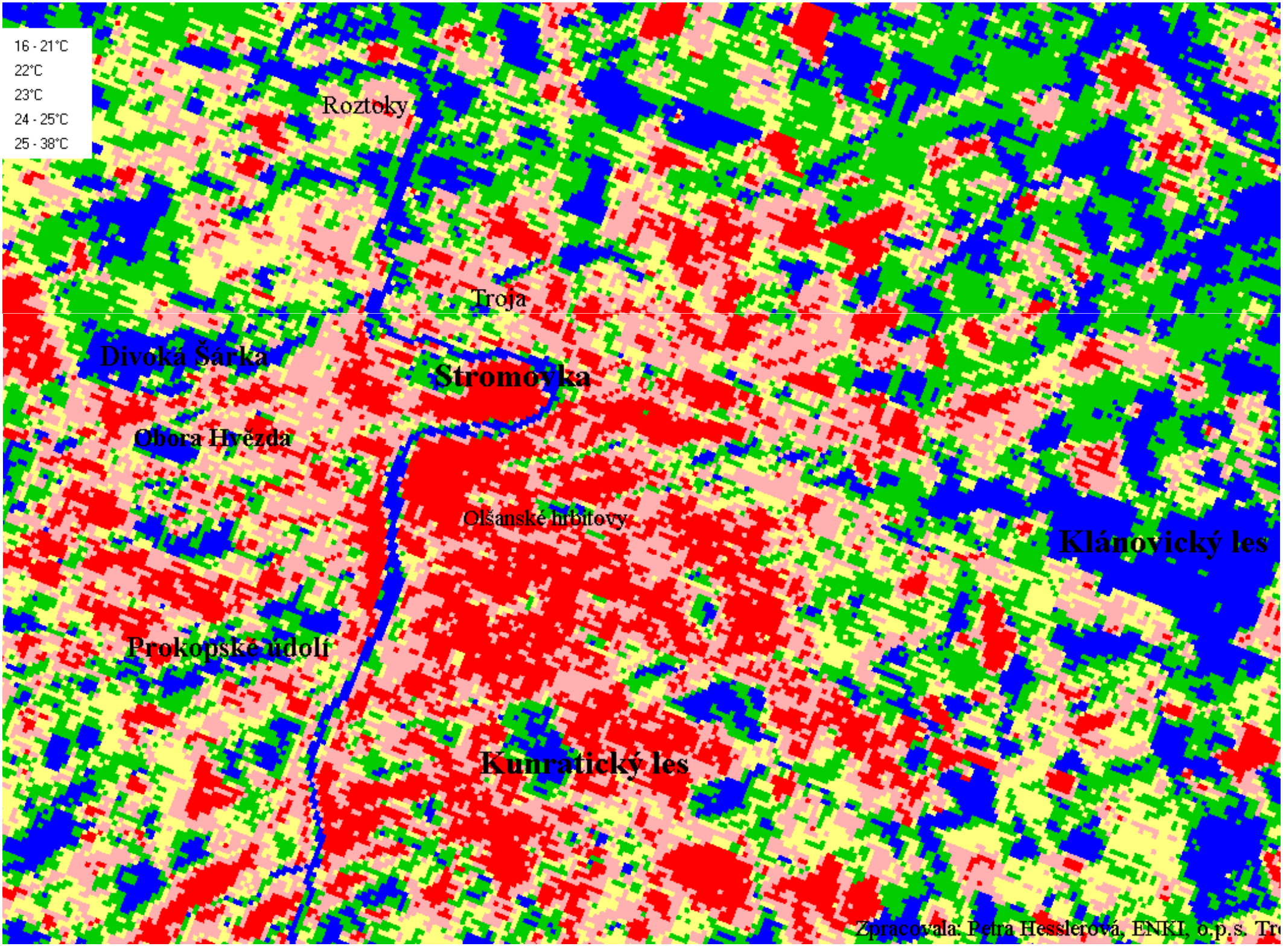
Uganda
Rift Valley
Eastern
Kampala
Kenya
Nyanza
Nairobi

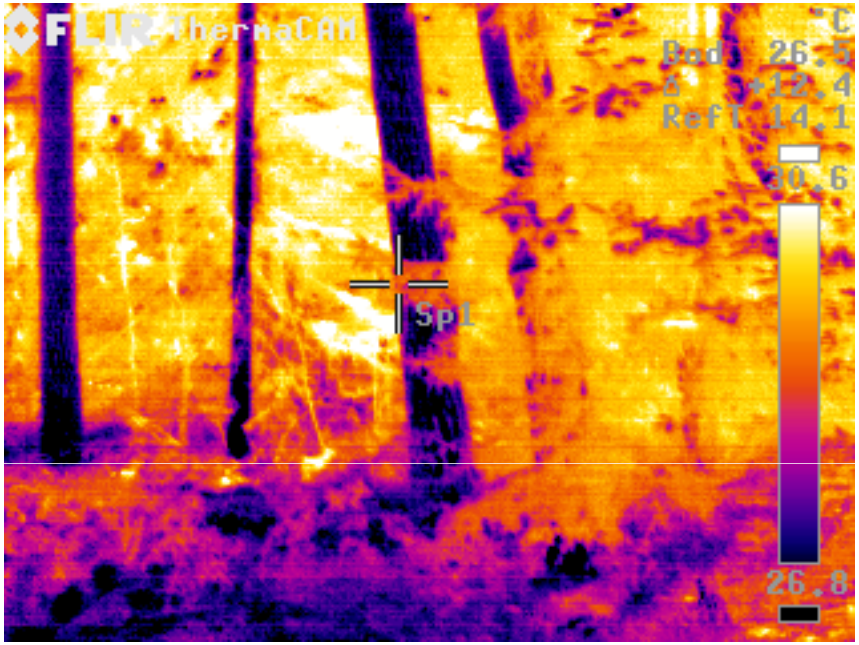




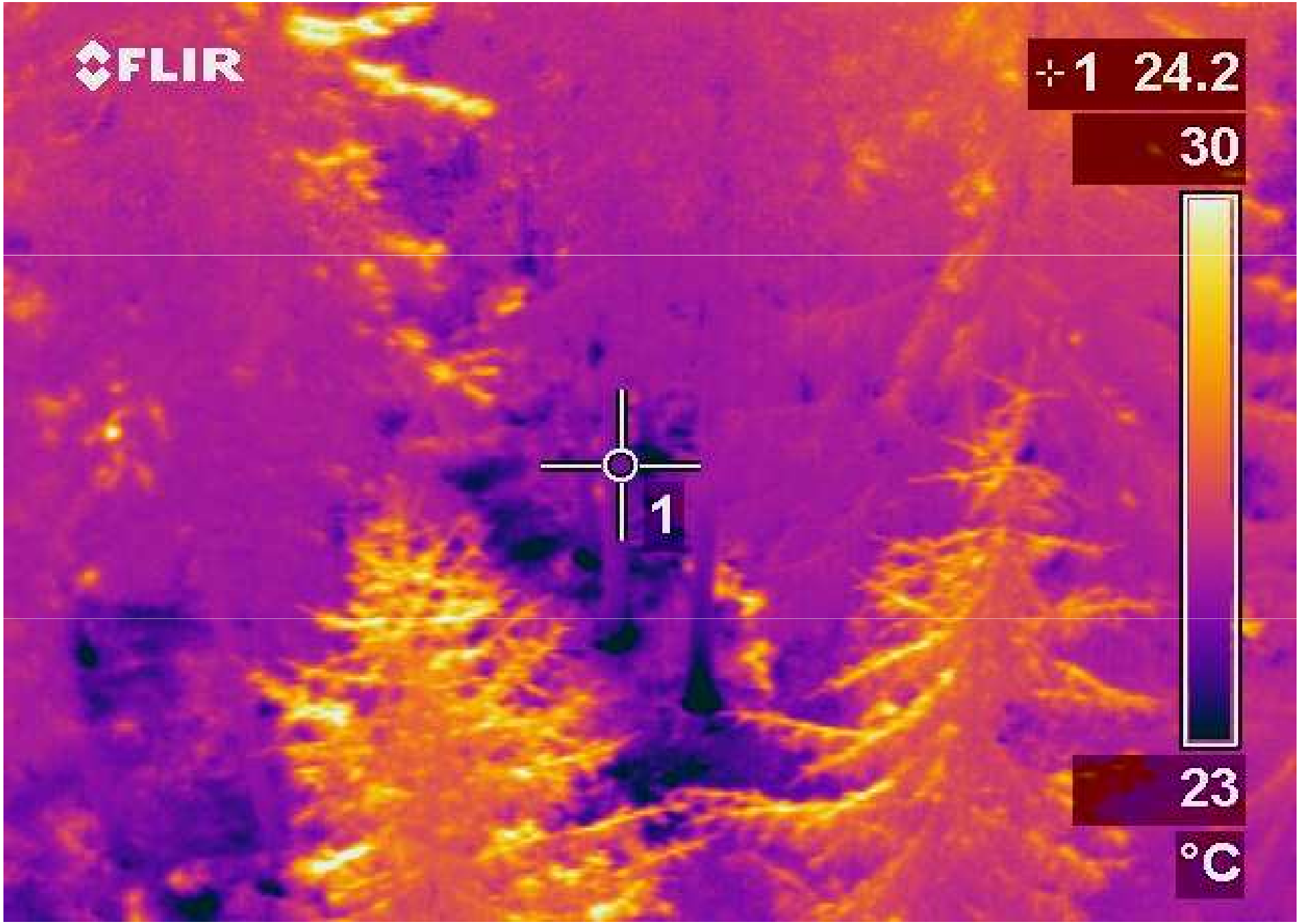
Zásadní úloha lesa

- Biotic pump – Makarieva, Gorshkov
- Mechanizmus „nasávání“ vody lesem z oceánů.
- Souvislé lesní porosty udržují vysoké dešťové srážky hluboko do vnitrozemí
- a) inverze teplot
- b) pokles tlaku nad lesy po kondenzaci vodní páry

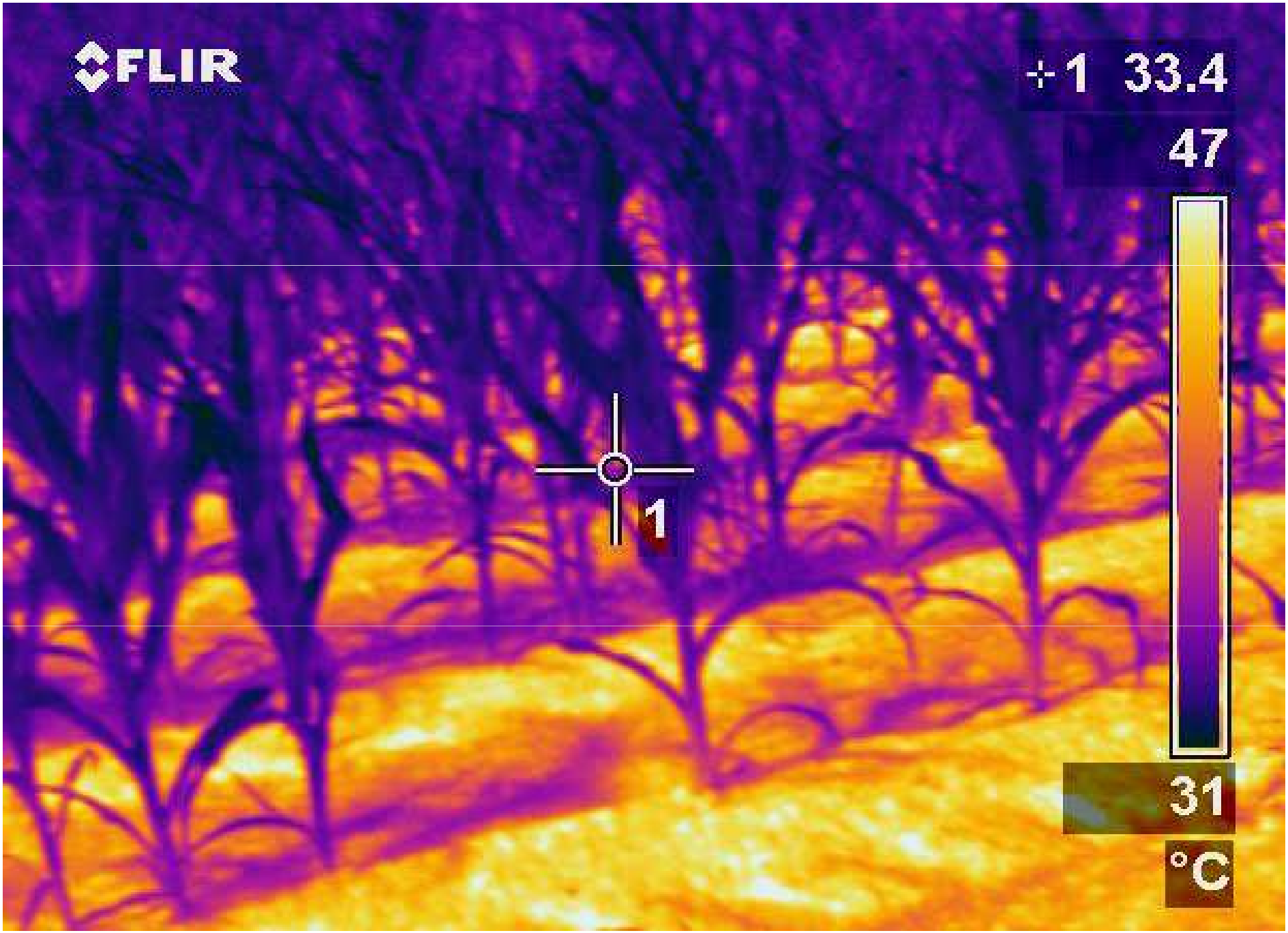

16 - 21°C
22°C
23°C
24 - 25°C
25 - 38°C
Roztoky
Troja
Divoká Šárka
Stromovka
Obora Hvězda
Olšanské hřbitovy
Klánovický les
Prokopské údolí
Kunratický les
Zpracovala: Petra Hesslerová, ENKI, o.p.s. Tr


FLIR ThermaCAM
°C
Pod 26.5
Δ +12.4
Ref 14.1
30.6
Sp1
26.8

Rozložení teplot v lesním porostu

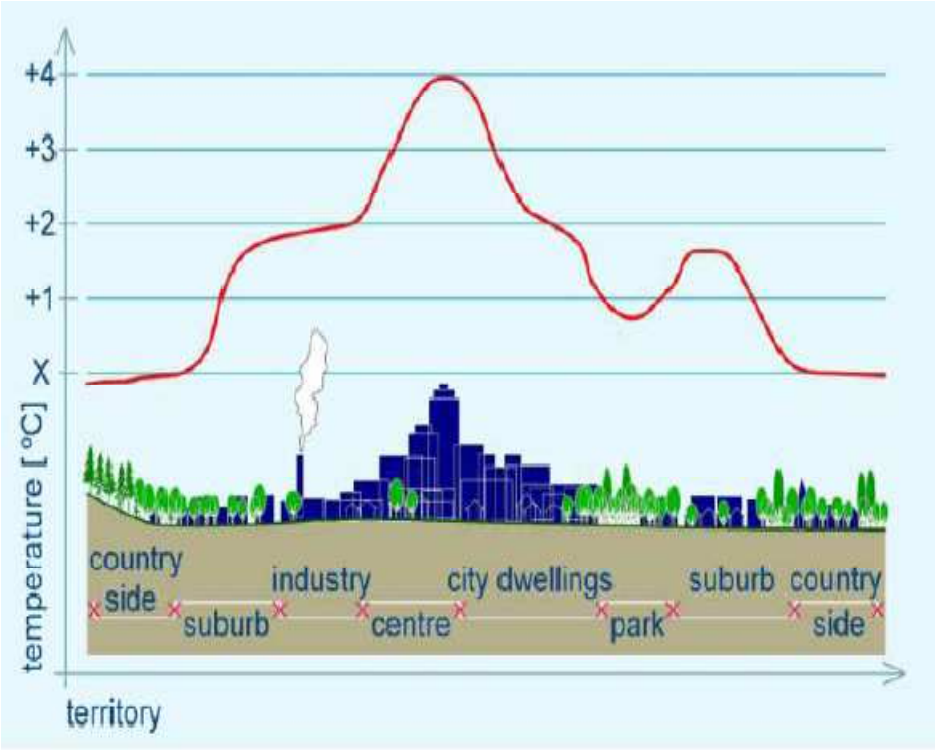


Teploty v kukuřičném poli v letním dnu



Heat potentials in landscape

- interaction between climate change and land cover management goes both ways
- sensible heat is created due to human draining. Heat potentials in landscape are created – strong wind, heavy rains.



Množství CO_2 a vody ve vzduchu

- Vzestup koncentrace CO_2
- 280 – 360 ppm
- Jaké jsou koncentrace vodní páry ve vzduchu?

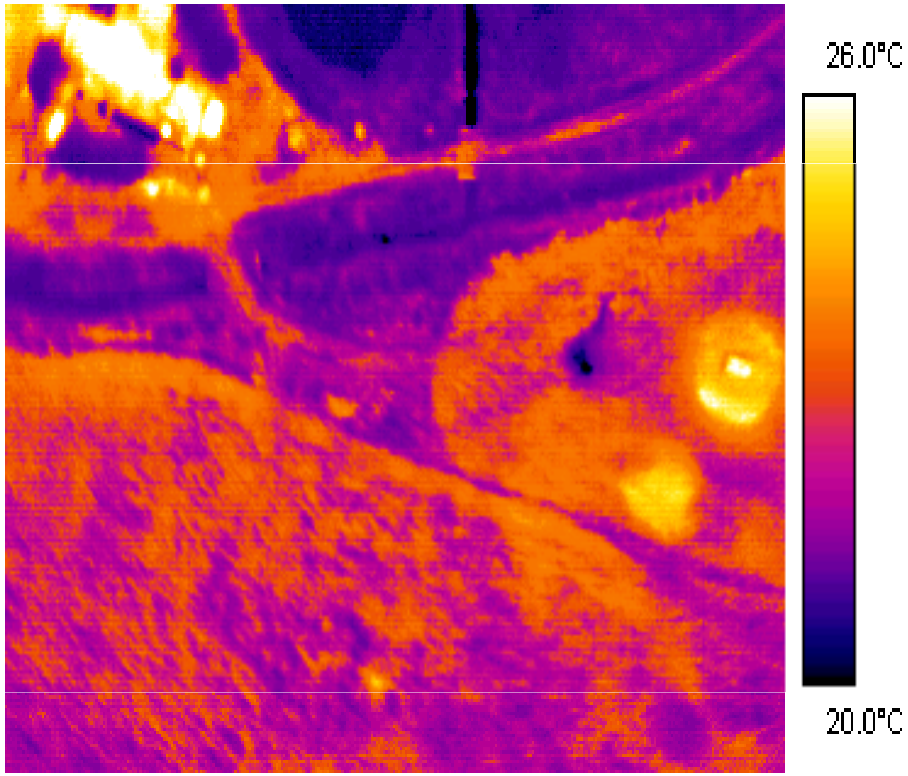
Remote sensing technologies used for method verification

Thermographic screening comprises data from observations at three different altitudes. For near-ground altitudes of up to 1 000 m, an airship equipped with GPS is currently being developed and has been successfully tested; broad-scale monitoring from an altitude of 300 - 5000 m is carried out by aircraft with photogrammetric equipment. Both aerial reconnaissance devices are equipped with FLIR thermographic cameras operating within a spectral range of 7.5 – 15 µm. Satellite photography in the same spectral region can be used for data interpretation in larger scales.

Airship

A helium-filled airship, which is 8 m long, has 2.5 m in is equipped with an inertial measurement unit for direct measurements of the heeling angle and acceleration in all directions in relation to a coordinate system of the gondola, an accurate altimeter, short-wave radio stations with a range of at least 10 km and a GPS navigation device. Its operating speed with accumulators and electric engines is 5 m/s; the operating height is up to 1000 m and the maximum duration is 30 minutes. A gravity suspension located on the gondola is balanced so as to be constantly at a right angle to the Earth's surface. Attached to it are camera operated with a common trigger. The frequency of photography is derived from the forward speed of the airship.

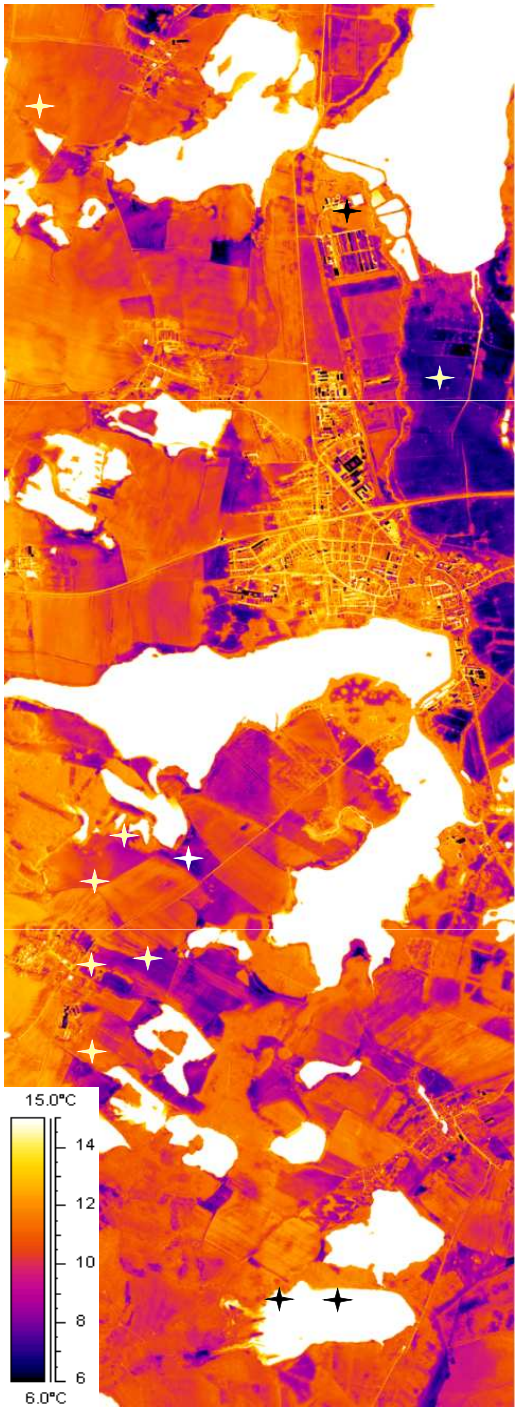
Airship



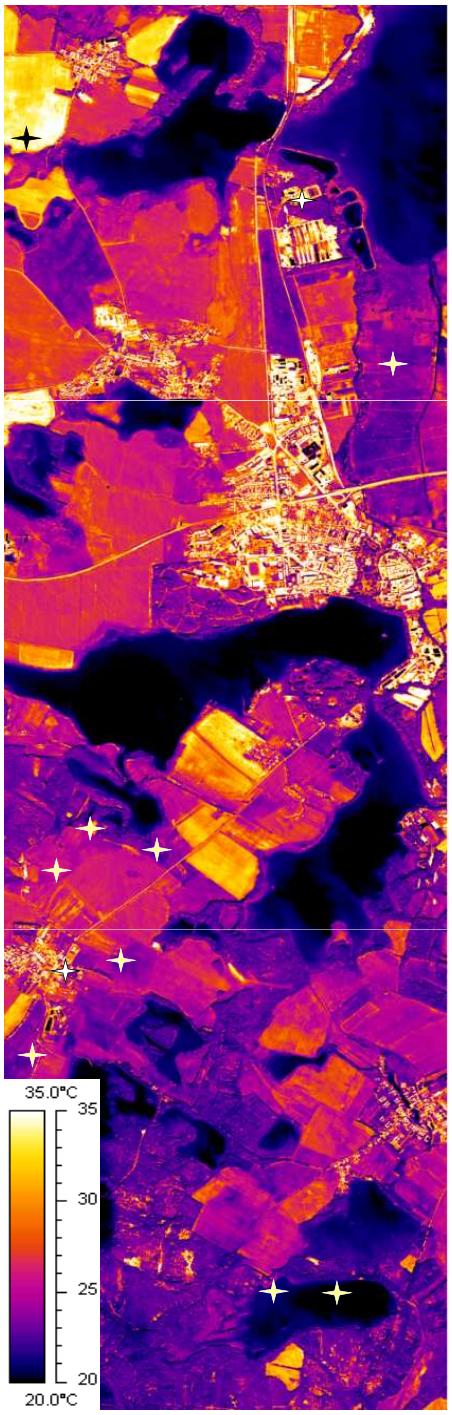
Photographs taken from the airship in VIZ a IR

Temperature map of the studied area. Locations of meteorological stations are marked by asterisk.

Morning scene



Afternoon scene

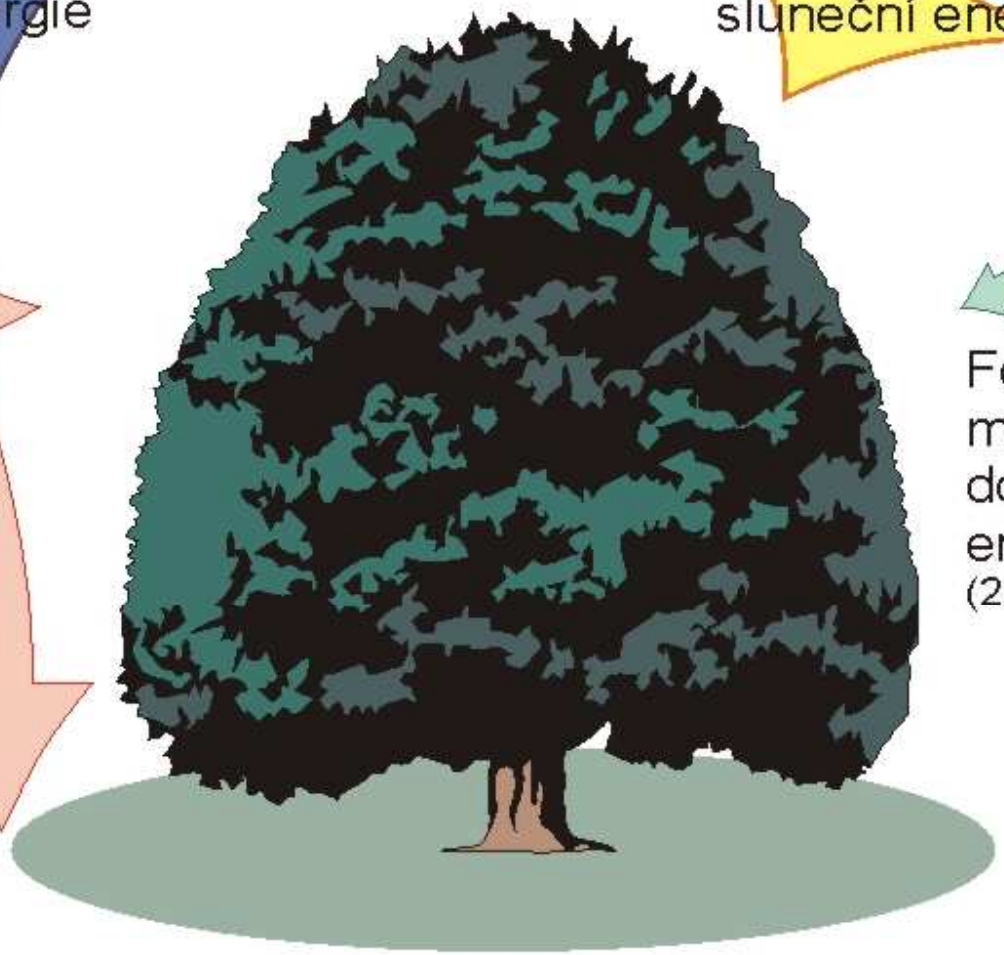


Strom o průměru koruny 10 m vydá transpirací (výparem) 400 l vody za den

Do vodní páry se váže okolo 70% sluneční energie (280 kWh)

Na 1 m^2 dopadne za den 4-6 kWh.

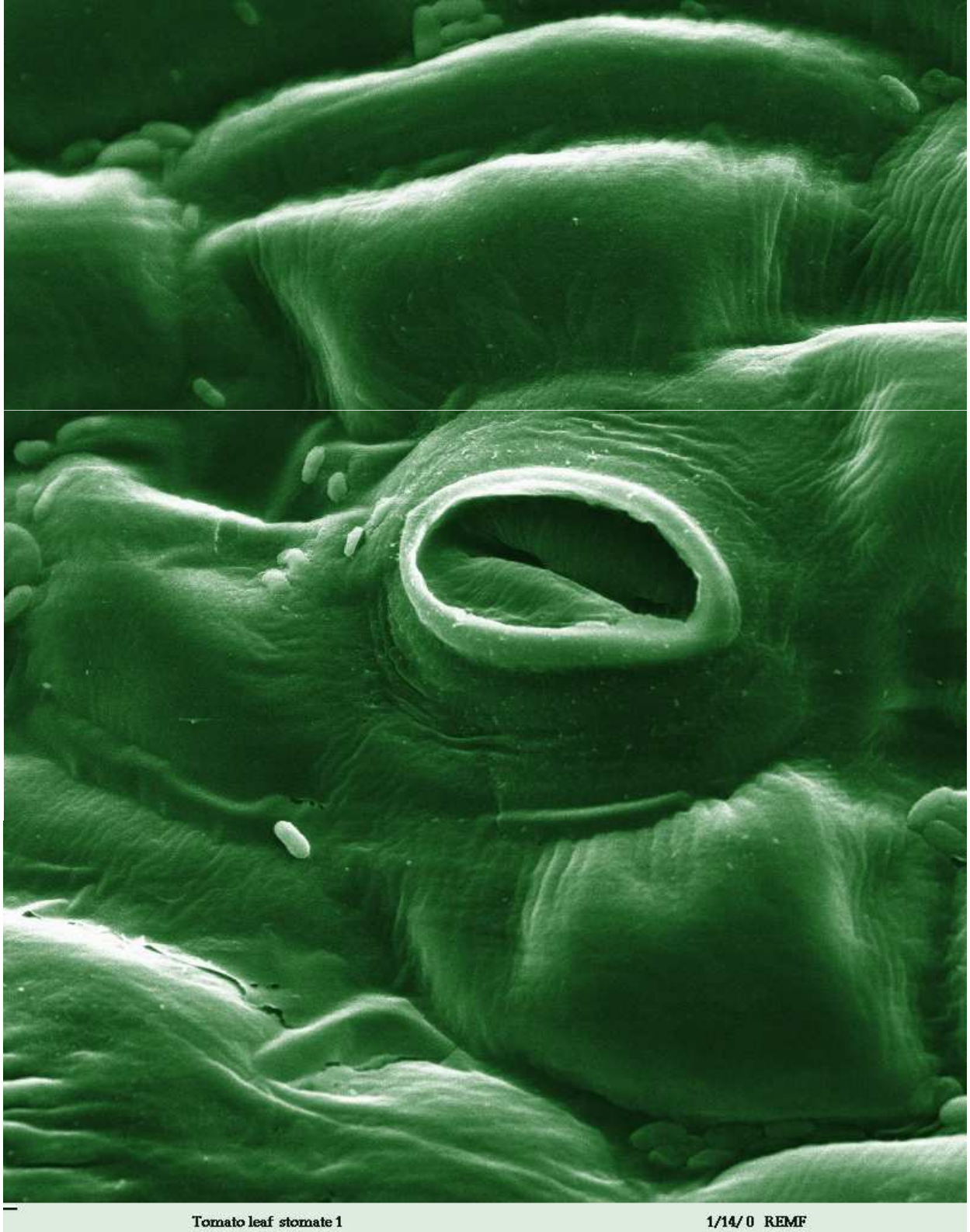
Na průmět koruny stromu 80 m^2 dopadne za den 450 kWh sluneční energie



Odrazem, přeměnou na teplo a tokem tepla do půdy se spotřebuje okolo 30% (160 kWh)

Fotosyntézou se váže méně než 1% dopadající sluneční energie (2 - 4 kWh)

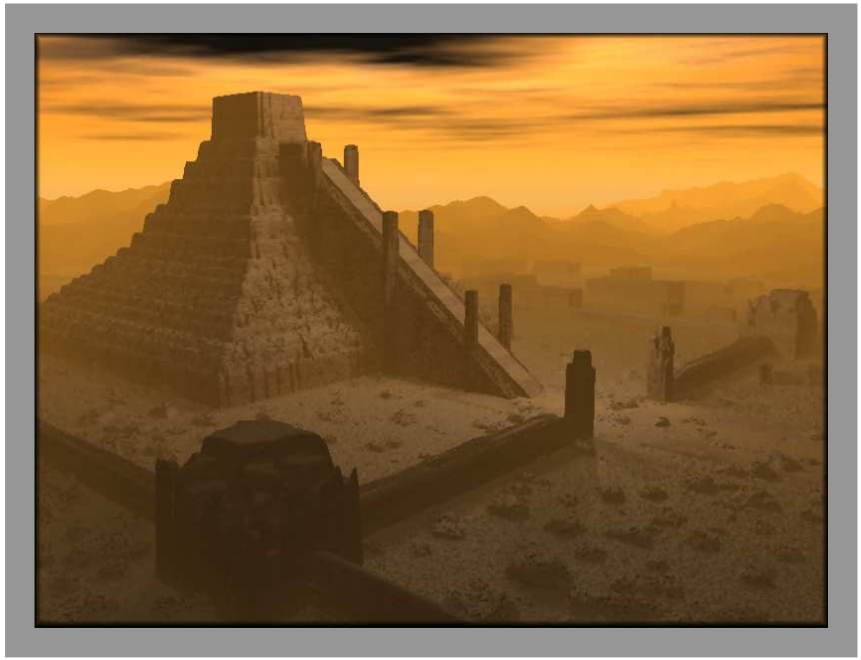
Jediný velký strom dostatečně zásobený vodou v létě chladí výkonem 20-30 kW.



Každý průduch působí jako ventil, reaguje na teplotu, vlhkost vzduchu a množství vody v rostlině.

50 – 100 průduchů na mm2

Průduchy odpařují vodu a přijímají oxid uhličitý



SUMER a MEZOPOTÁMIE
(Irák, Jordánsko, Sýrie)

Zavlažovací systémy

Vyčerpání krajiny, vysychání a zasolení

DESERTIFIKACE

vysychání a přeměna v poušť

- Země ztrácí ročně 200 000 km2 produkčních ploch následkem nedostatku vody
- Desertifikace: 60 000 km2/rok

rozloha ČR: 78 864 km2

Návrat vody do krajiny (do krátkého oběhu)

Sníží se rozdíly teplot mezi dnem a nocí

i mezi místy

Zvýší se produkce rostlin a ekosystémů

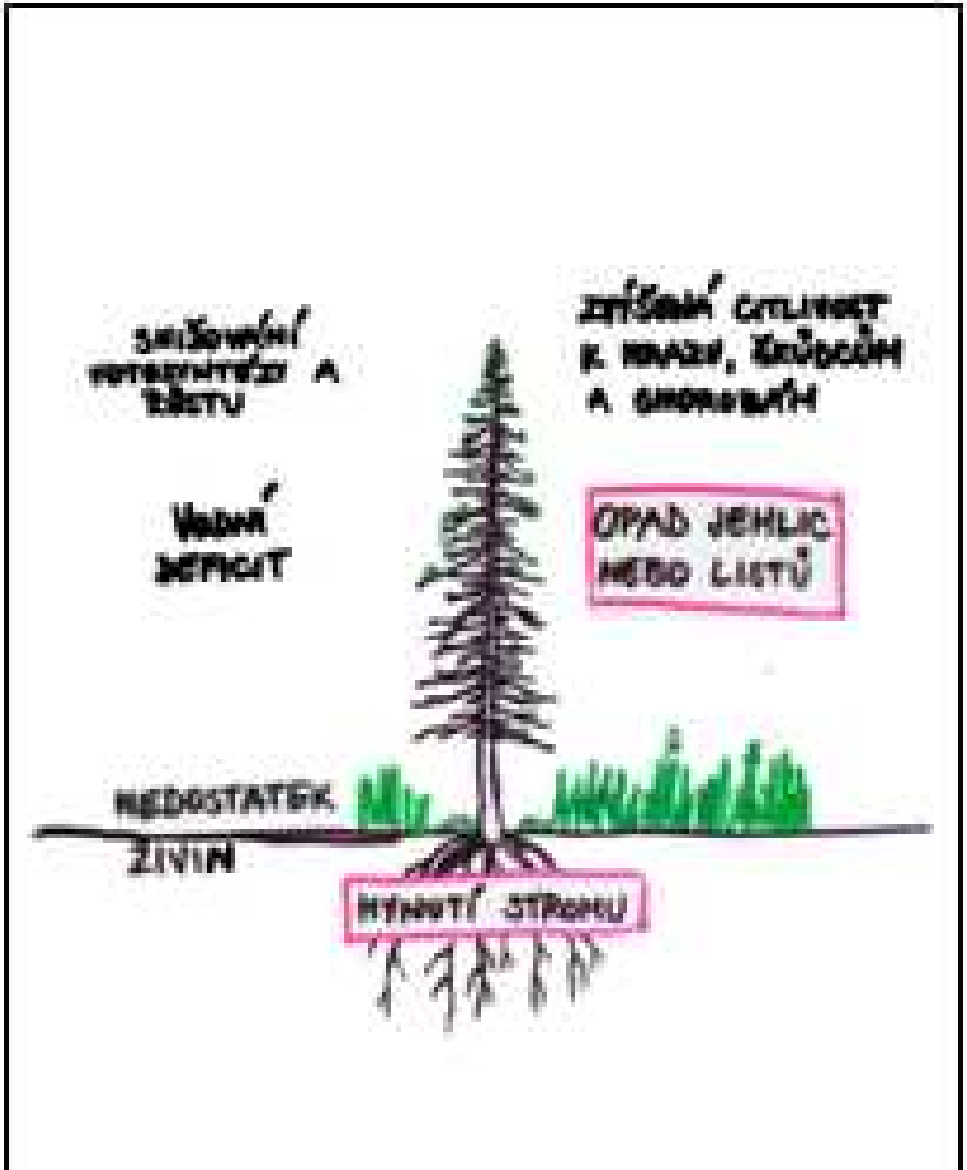
Zvýší se akumulace oxidu uhličitého v půdě (sníží se koncentrace skleníkových plynů)

Dostatek vody v krajině i dostatek pro obyvatele

Působení kyselého deště

- Narušení jehlic stromů
- Usychání stromů
- Uvolňování kovů do půdního roztoku
- Okyselování horských jezer
- Narušení staveb

PŘÍČINY OSLABENÍ A ÚHYNU LESA



odsiřování

- Spalování uhlí s vápencem – vzniká sádra
- Les regeneruje, je to patrné i na družicových snímcích

Vedlejší efekty výroby energie

Kyselé deště (SO2 ze spalování uhlí s vyšším obsahem síry)

Kysličníky dusíku, ozón v přízemních vrstvách

Stoupající koncentrace oxidu uhličitého, skleníkový efekt

Krajina poškozená těžbou uhlí (severozápadní Čechy)

Těžba uranu pomocí kyseliny sírové

Úložiště vyhořelého paliva

Vodní energie – problém se zachováním sanačních průtoků při klesajícím množství vody v krajině

Staré a nové paradigma

- Voda se používá jednou a vede na ČOV
- Voda se dodává jednou soustavou jako pitná
- Vzájemná izolovanost, resortismus ve vztahu k vodě
- Sektorový přístup v hospodaření s vodními zdroji

- Voda se recykluje, opakovaně využívá
- Voda se dodává do sídel odděleně jako pitná a užitková
- Holistické vnímání vody v rámci celkového oběhu vody v krajině
- Integrovaný management povodí a ekosystémový přístup

Tepelná čerpadla a využití sluneční energie

Bořivoj Šourek,

Siemens, s.r.o.

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Zdroje tepla pro tepelná čerpadla

- **energie pocházející ze slunečního záření = energie okolního prostředí**

  sluneční záření: až 1000 W/m^2

  vzduch

  srážky, povrchová voda, studniční voda

  země: tok z povrchu 10 až 40 W/m^2 (v nejchladnějších dnech)

  tok ze zemské kůry 0,04 až 0,06 W/m^2

- **geotermální voda** v několika oblastech (KV, Teplice, jižní Morava)
- **odpadní energie**

  technologické procesy, prádelny, mycí linky, větrání budov

Tepelné čerpadlo + solární soustava

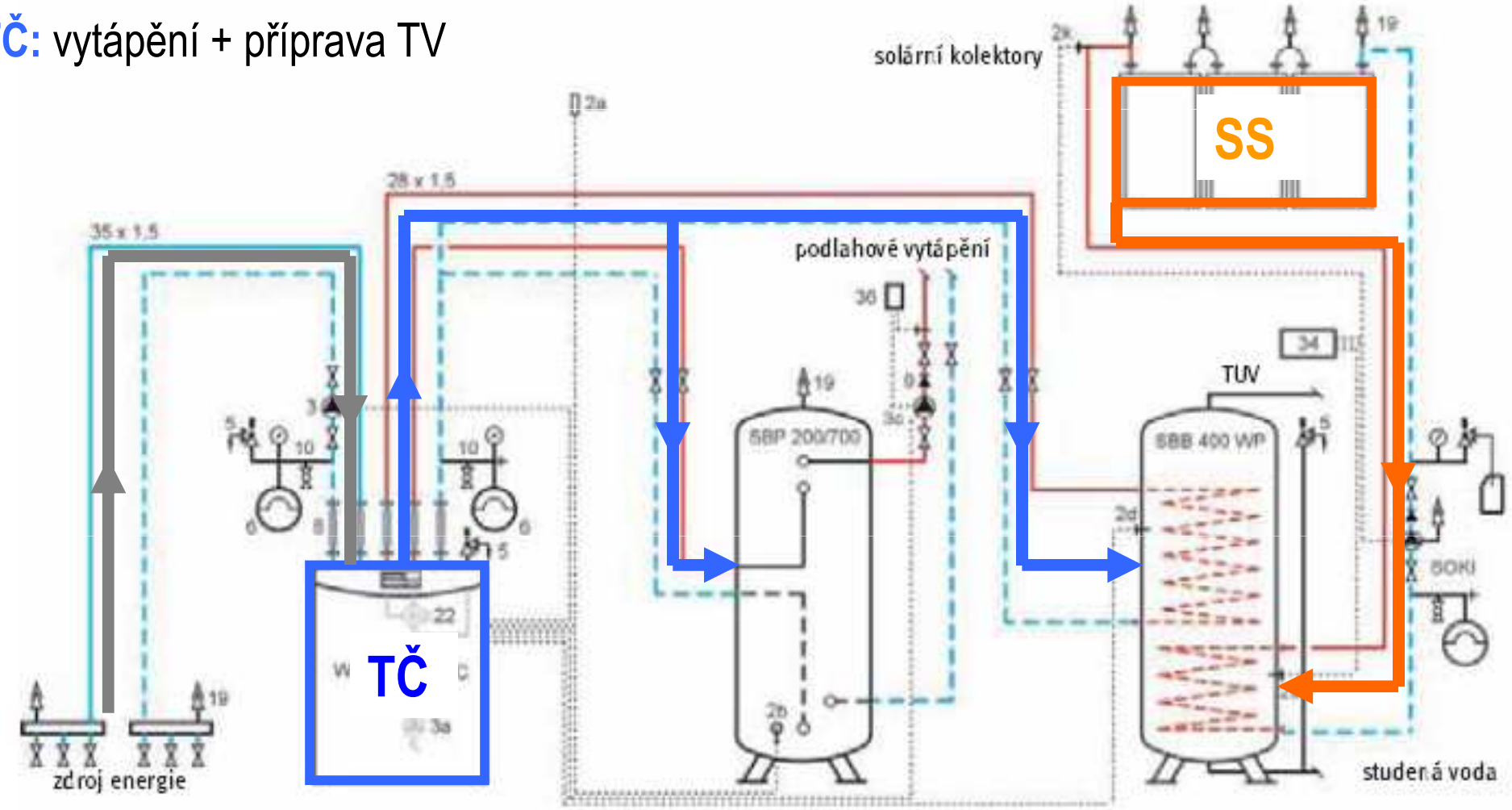
paralelní (oddělené) řešení

- jedna aplikace, jeden regulátor, jeden výrobce, jeden zásobník tepla
- **dva vzájemně nezávislé zdroje tepla**
- solární soustava prioritní pro dodávku tepla
  - menší spotřeba el. energie
- tepelné čerpadlo
  - ve funkci záložního zdroje tepla
  - ve funkci dalšího zdroje, záložním zdrojem je elektrovložka

Tepelné čerpadlo + solární soustava

SS: příprava TV

TČ: vytápění + příprava TV

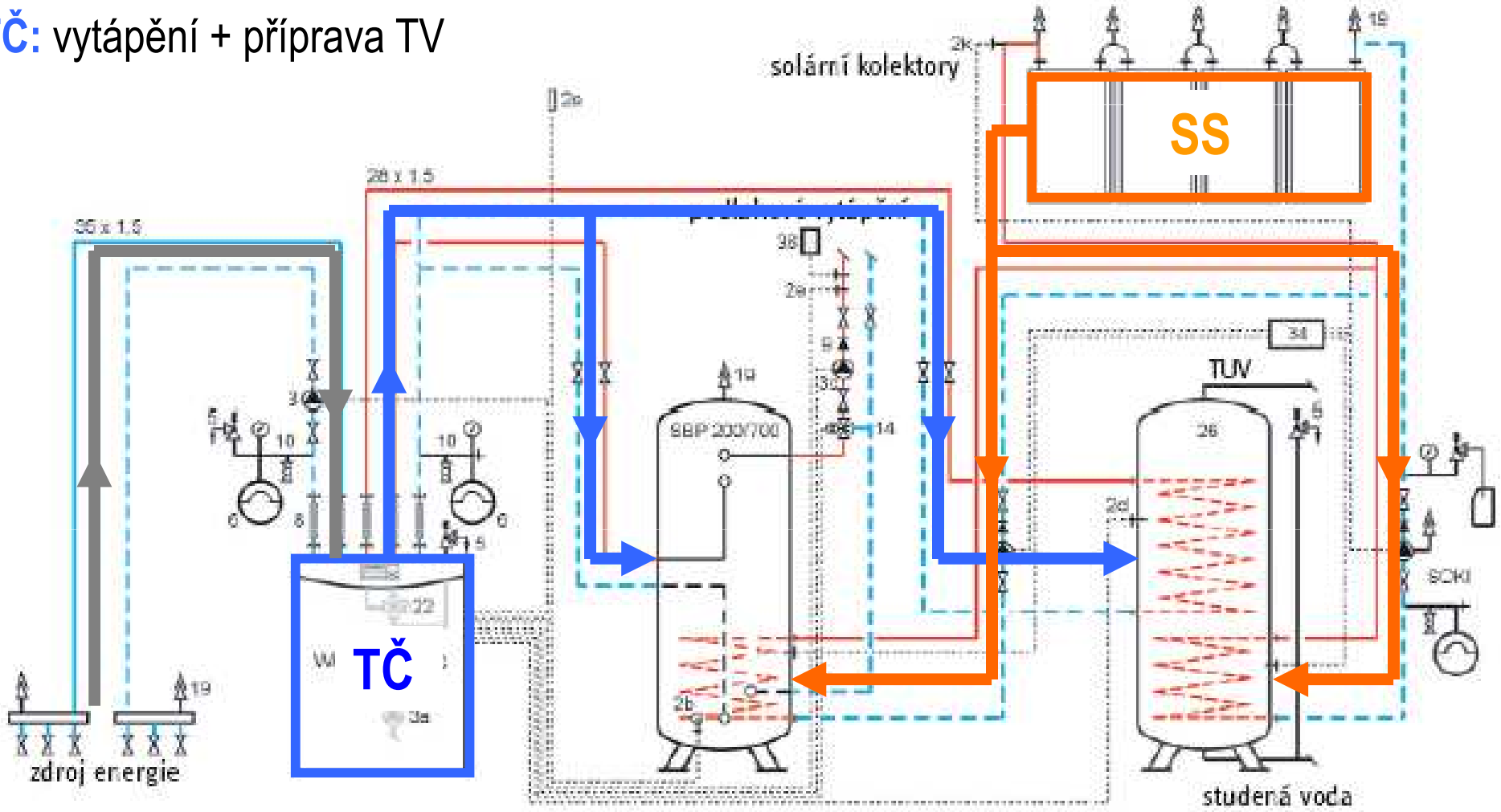


NPZT: 0 °C

Tepelné čerpadlo + solární soustava

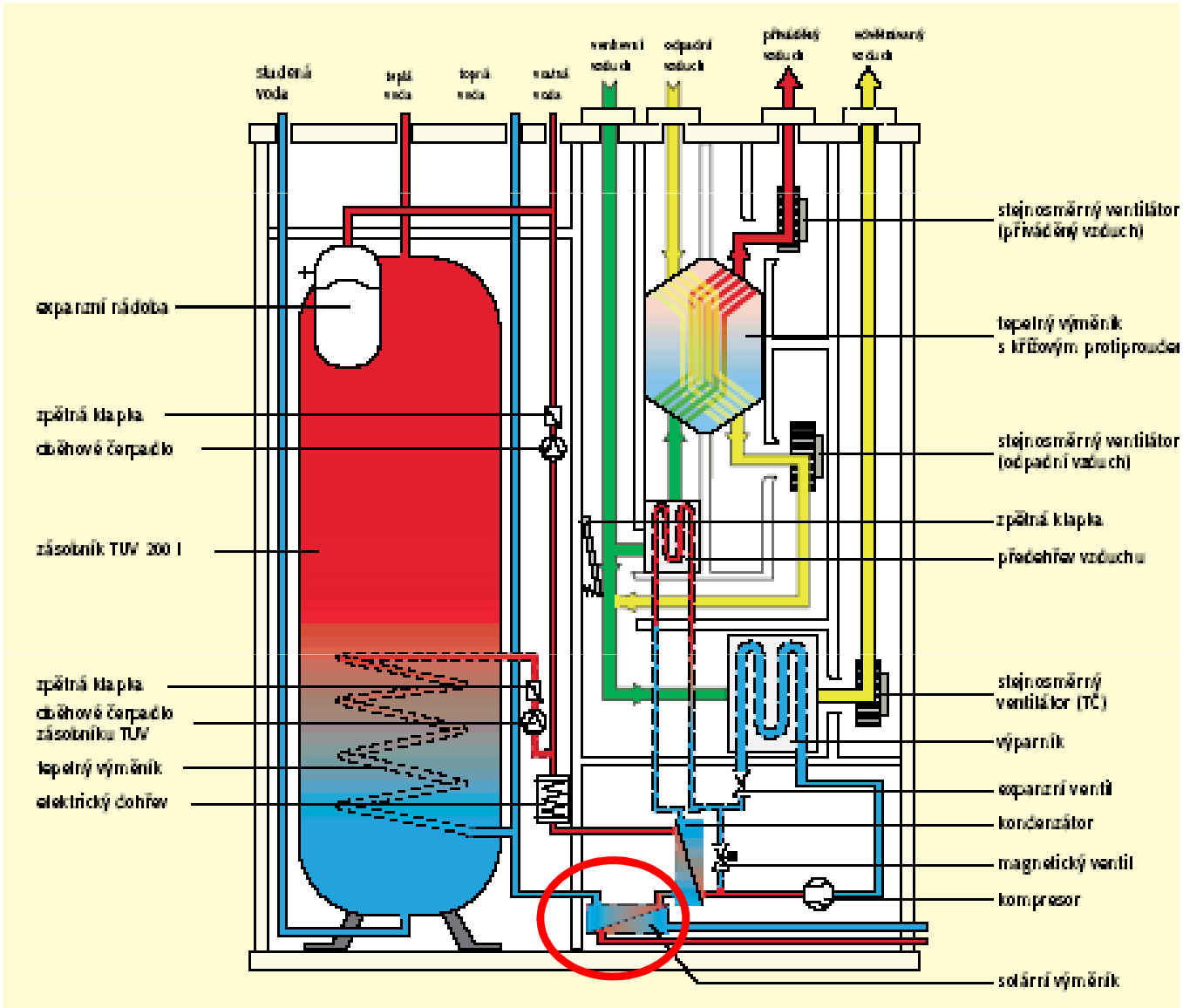
SS: vytápění + příprava TV

TČ: vytápění + příprava TV



NPZT: 0 °C

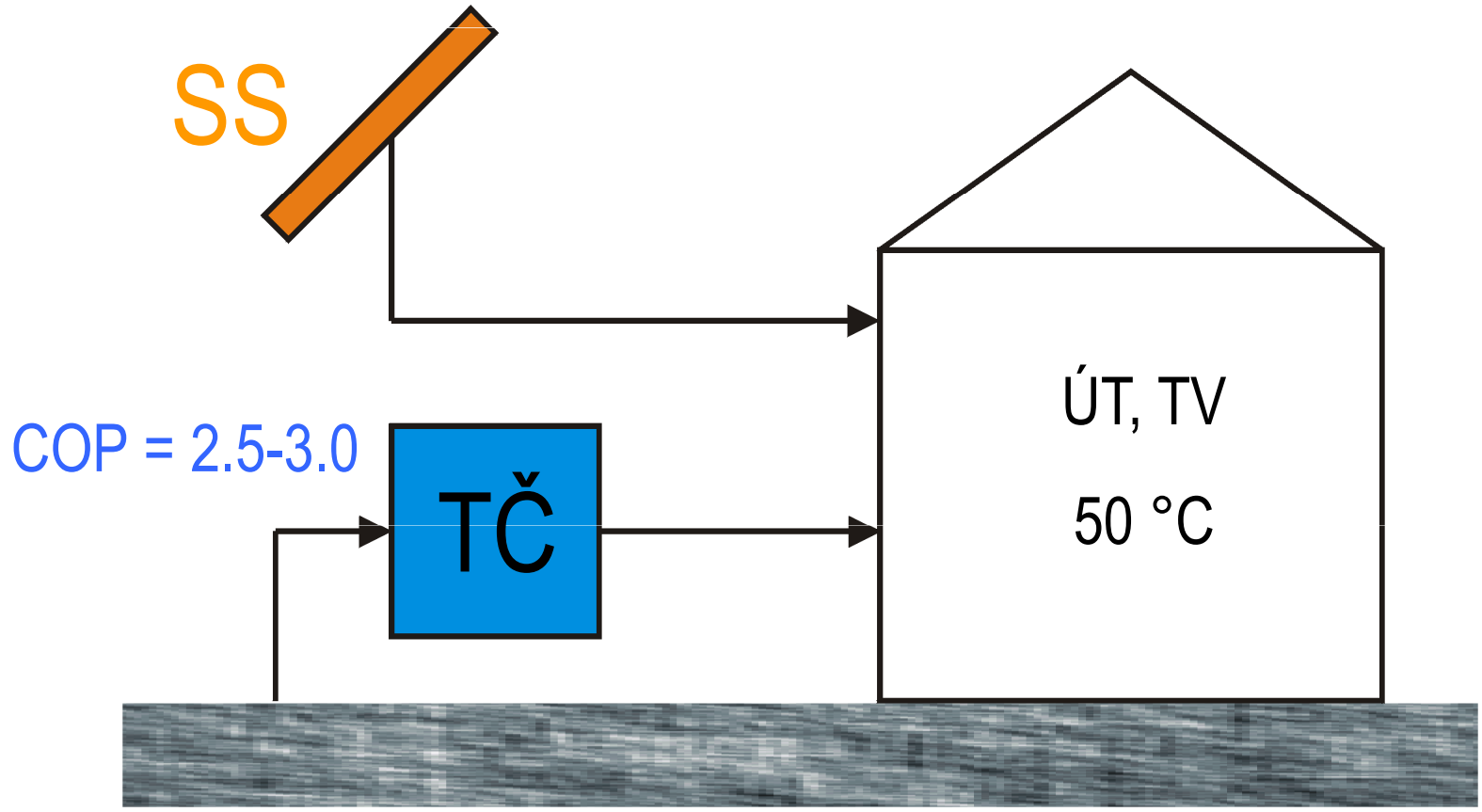
Kompaktní jednotky SS-TČ



Tepelné čerpadlo + solární soustava

TV + UT ⟷ TV

300 až 400 kWh/m^2

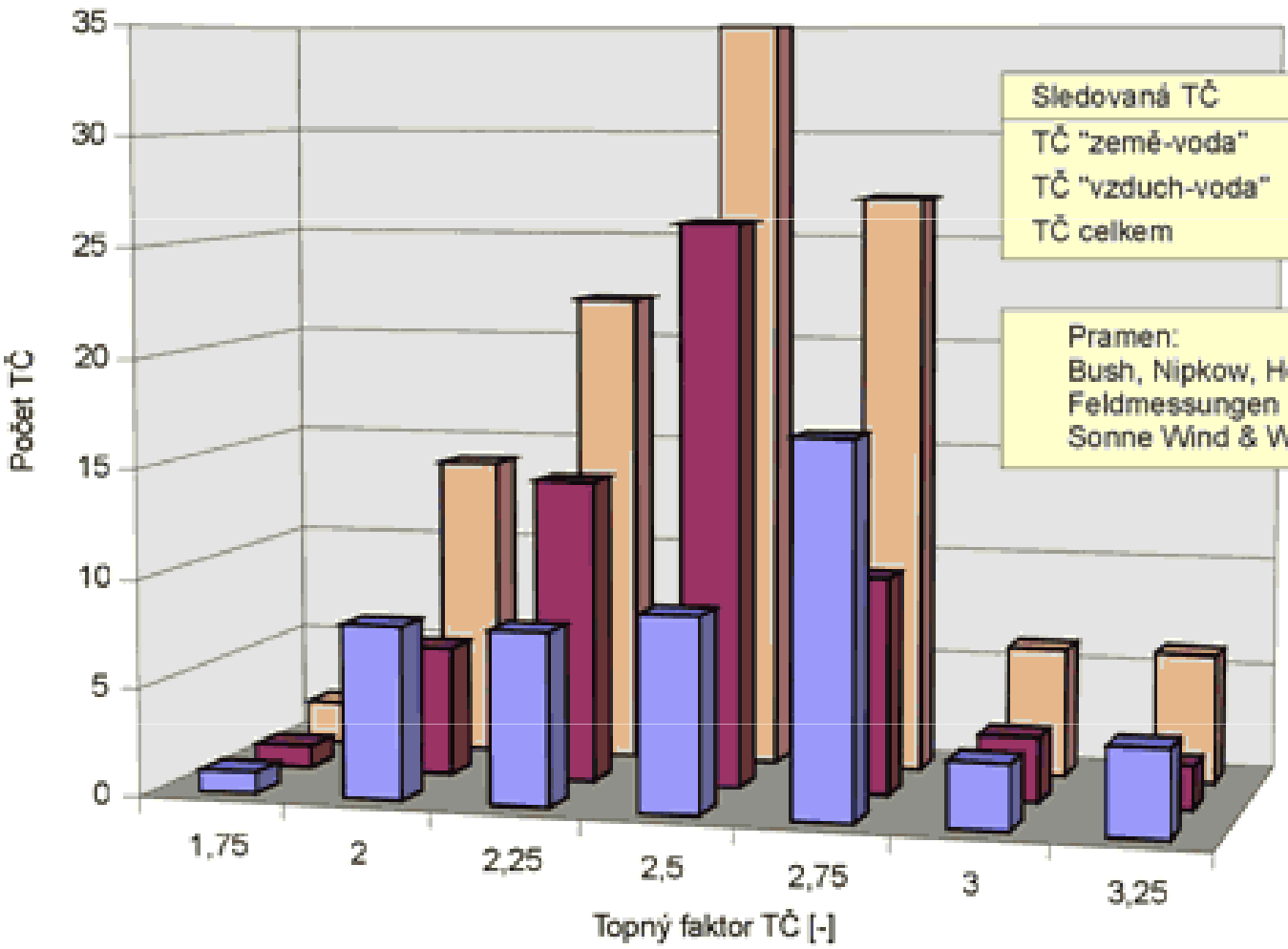


Tepelné čerpadlo + solární soustava

paralelní (oddělené) řešení

- (-) navzájem energeticky nespolupracují – kombinací nezvyšují svou účinnost (naopak)
- (-) navzájem si „kradou“ úspory (**konkurenční provoz**)
  - např. vzduch-voda x solár: oba maxima výkonu a účinnosti v létě
    oba minima výkonu a účinnosti v zimě
- (-) kombinace dvou úsporných opatření pro jeden účel
- (-) neekonomická varianta (viz rozbory Klazar: tzb-info)
- (-) zhoršení návratnosti obou opatření

Reálný provoz tepelných čerpadel



Sledovaná TČ	Počet	ϕTF
TČ "země-voda"	50	2,5
TČ "vzduch-voda"	62	2,5
TČ celkem	112	2,5

Pramen:
Bush, Nipkow, Hennig
Feldmessungen offenbaren Schwächen
Sonne Wind & Wärme 1/2000

	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25
TČ "země-voda"	1	8	8	9	17	3	4
TČ "vzduch-voda"	1	6	14	26	10	3	2
Všechna sledovaná TČ	2	14	22	35	27	6	6

průměrný topný faktor:

2.3 až 2.8

voda-voda (neuvedena)

až **3.3** (minimum instalací)

Minimální provozní topný faktor TČ

minimální topný faktor tepelného čerpadla s el. pohonem pro nahrazení primárního paliva

- **konvenční zdroj tepla:** přeměna primárního paliva na teplo s účinností η_k

  (např. plynový kotel)

$$Q_{p1} = \frac{Q_d}{\eta_k}$$

- **tepelné čerpadlo:** přeměna primárního paliva na elektrickou energii s účinností η_e – přeměna elektrické energie (mechanická práce) na teplo z tepelného čerpadla (využití **obnovitelné** části z prostředí) s topný faktorem ε

$$Q_{p2} = \frac{P_e}{\eta_e} = \frac{Q_d}{\varepsilon} \cdot \frac{1}{\eta_e}$$

Minimální provozní topný faktor TČ

- minimální topný faktor tepelného čerpadla pro nahrazení primárního paliva (včetně ztrát akumulace)

$$Q_{p2} < Q_{p1} \qquad \varepsilon > \frac{\eta_k}{\eta_e}$$

- **plynový kotel** η_k = 0.92, účinnost elektrárny (0.35) + ztráty v rozvodech η_e = 0.30
  minimální průměrný topný faktor ε **> 3.1**
- **plynový kondenzační kotel** η_k = 1.04, účinnost produkce el. energie η_e = 0.30
  minimální průměrný topný faktor ε **> 3.5**

uspoří tepelná čerpadla primární energii konvenčních paliv ?

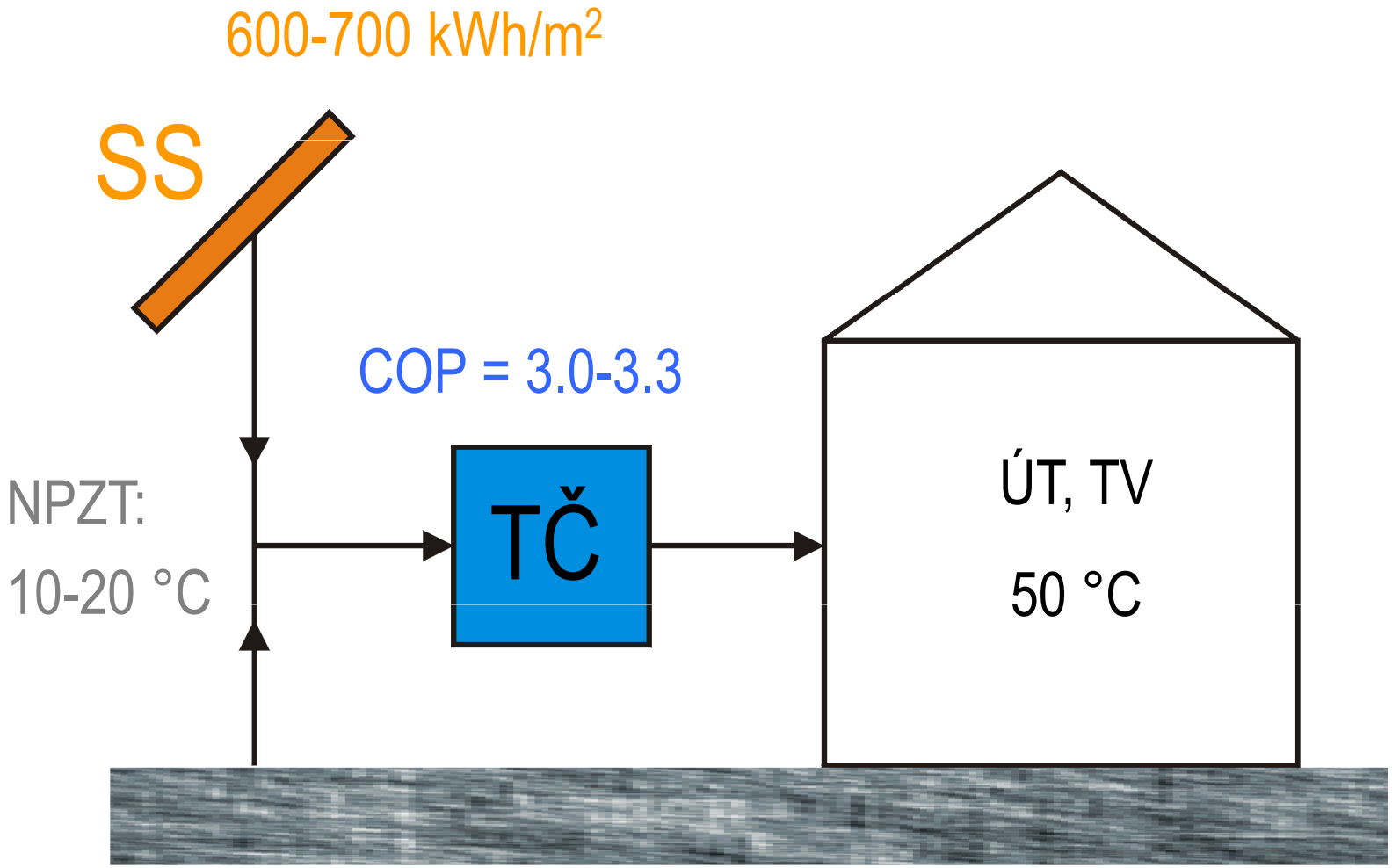
jsou ekologickými zdroji tepla ? ... jak situaci zlepšit ?

Tepelné čerpadlo + solární soustava

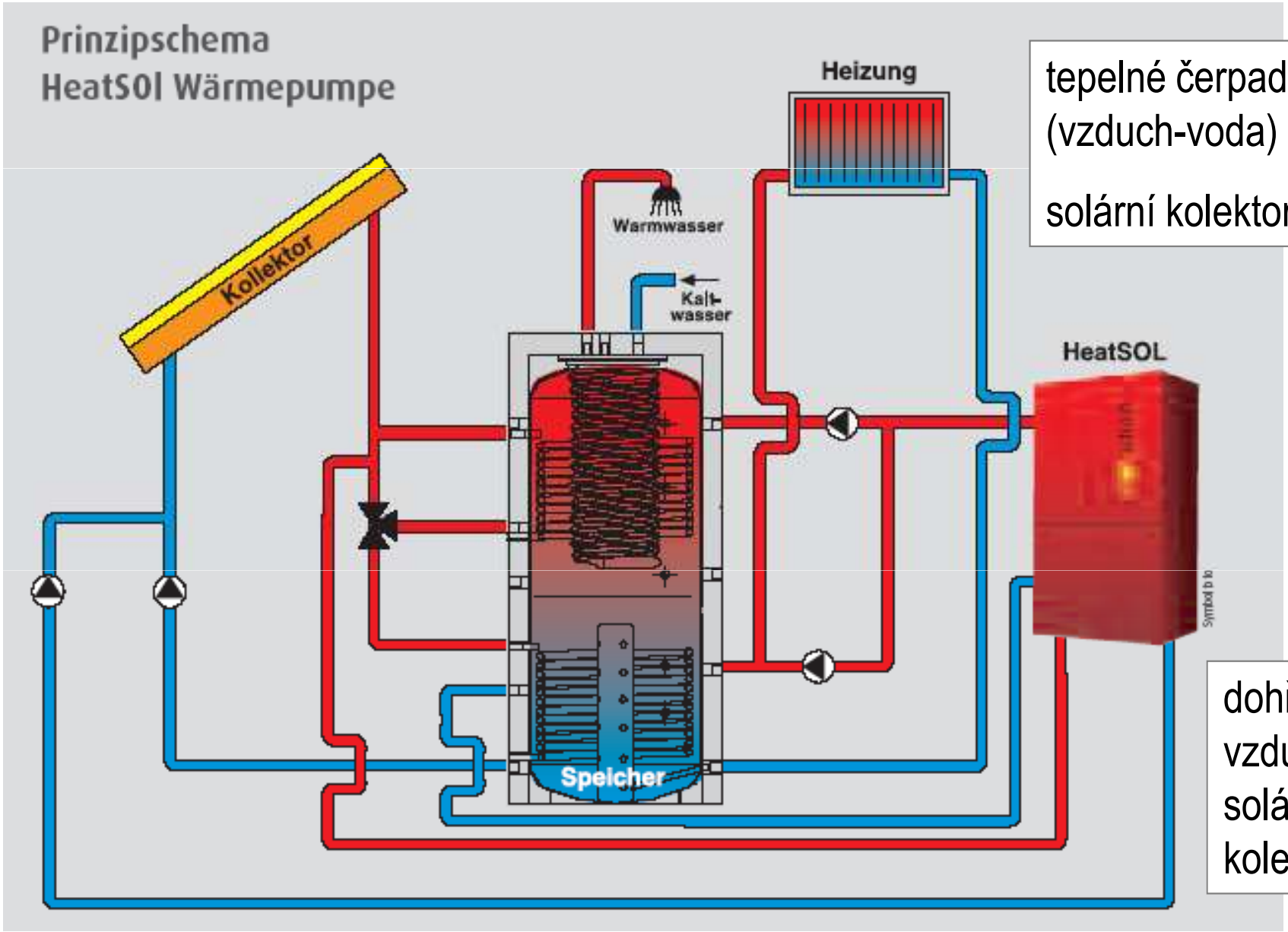
sériové (synergetické) řešení

- jedna aplikace, jeden regulátor, jeden výrobce, jeden zásobník tepla
- solární soustava jako primární okruh tepelného čerpadla = **solárně podpořené tepelné čerpadlo**, přečerpávání solárních zisků (a energie venkovního prostředí)
- dva vzájemně se ovlivňující zdroje tepla za účelem dosažení vyšší účinnosti
- **solární soustava:** provoz za nízkých teplot = vysoké zisky i při nízké úrovni slunečního záření
- **tepelné čerpadlo:** provoz za vyšších teplot primárního zdroje tepla = vyšší topný faktor

Tepelné čerpadlo + solární soustava



Solární kolektor v primárním okruhu

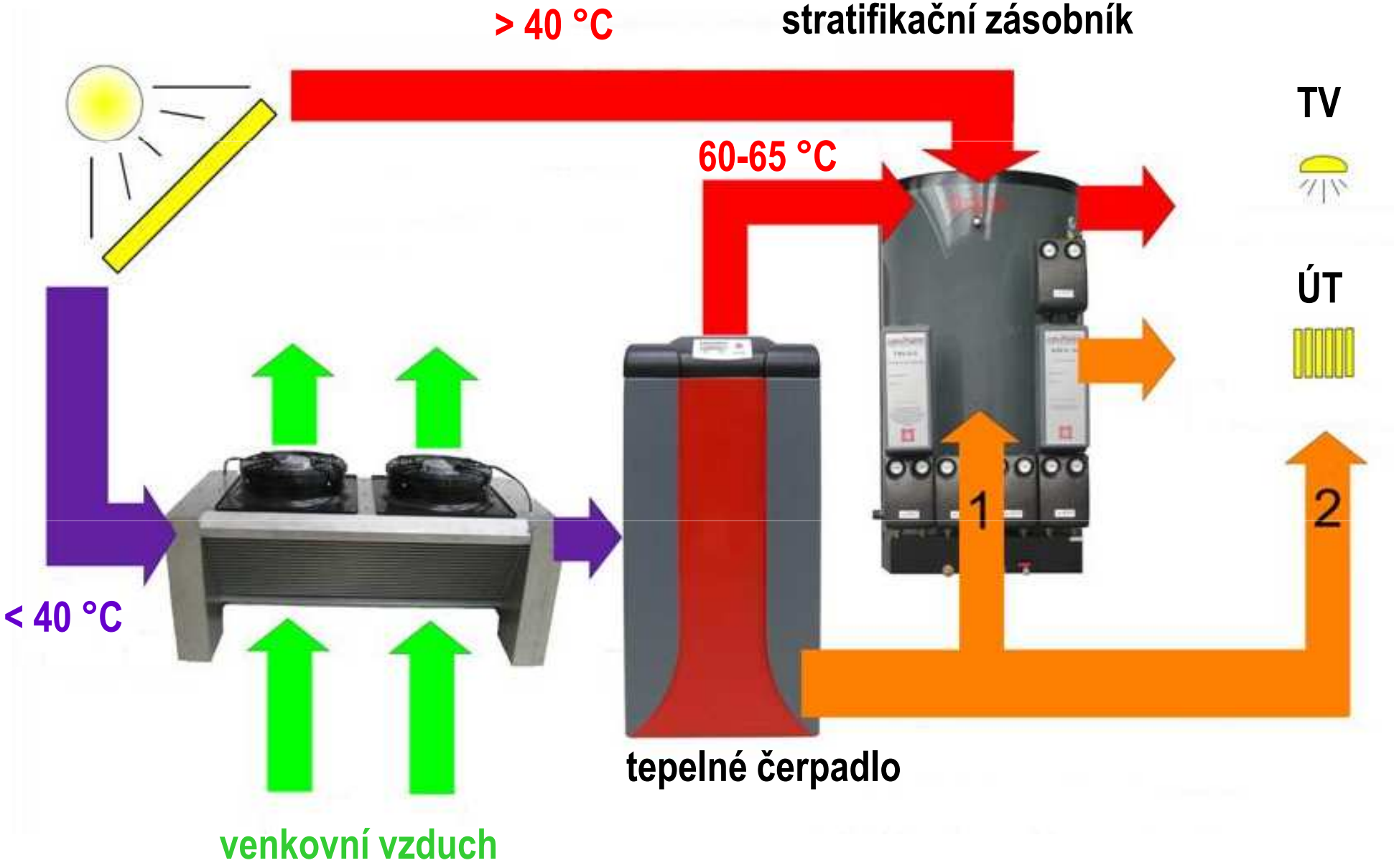


tepelné čerpadlo 15 kW (vzduch-voda)

solární kolektor 16-30 m^2

dohřev vzduchu od solárních kolektorů

Tepelné čerpadlo s hybridním výparníkem



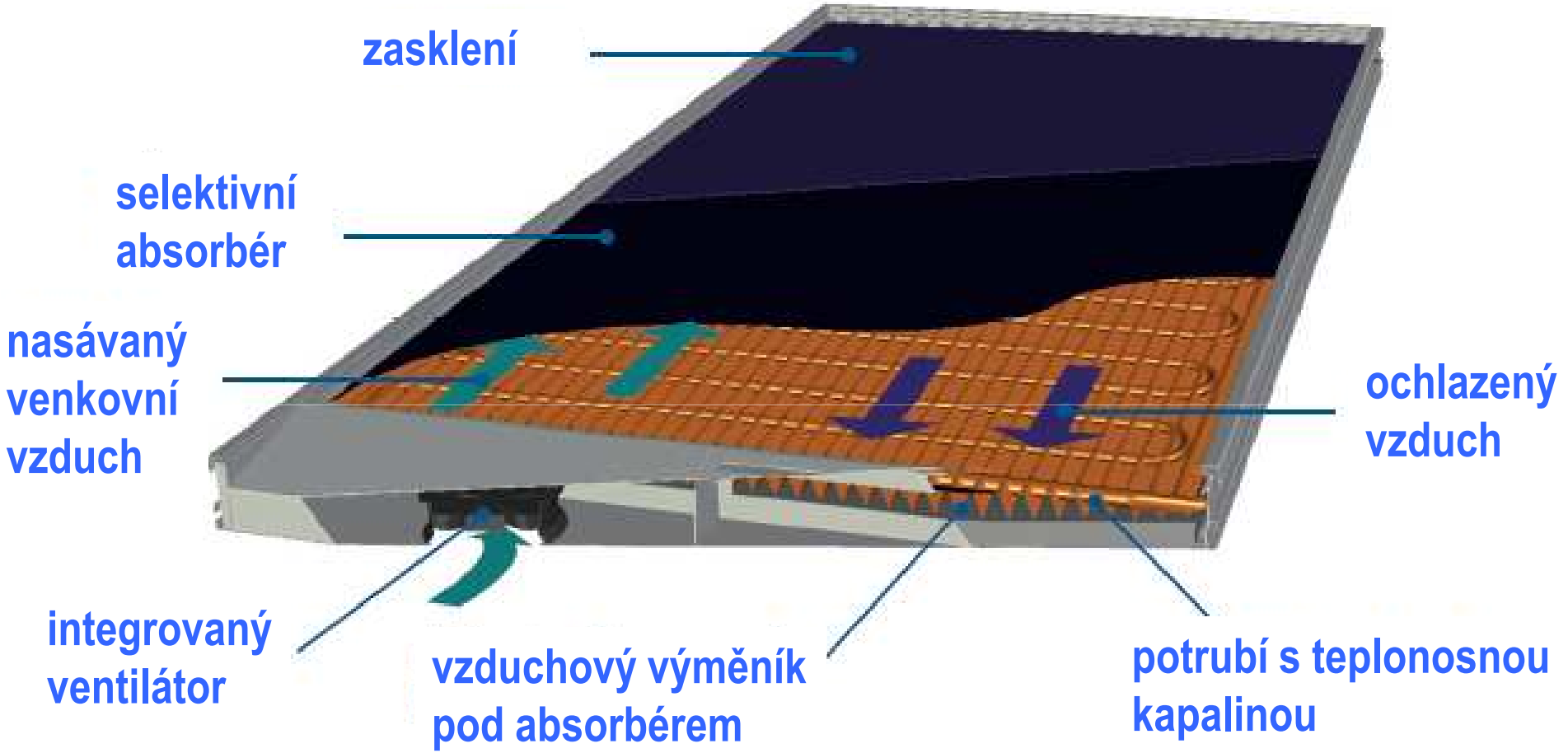
Tepelné čerpadlo s hybridním výparníkem

- **solární kapalinová soustava**
  - teploty > 40 °C: přímé předání tepla do zásobníku pro přípravu TV a vytápění
  - teploty – 5 °C až 40 °C: hybridní výparník
  - tepelné zisky solární soustavy 600 kWh/m^2.rok

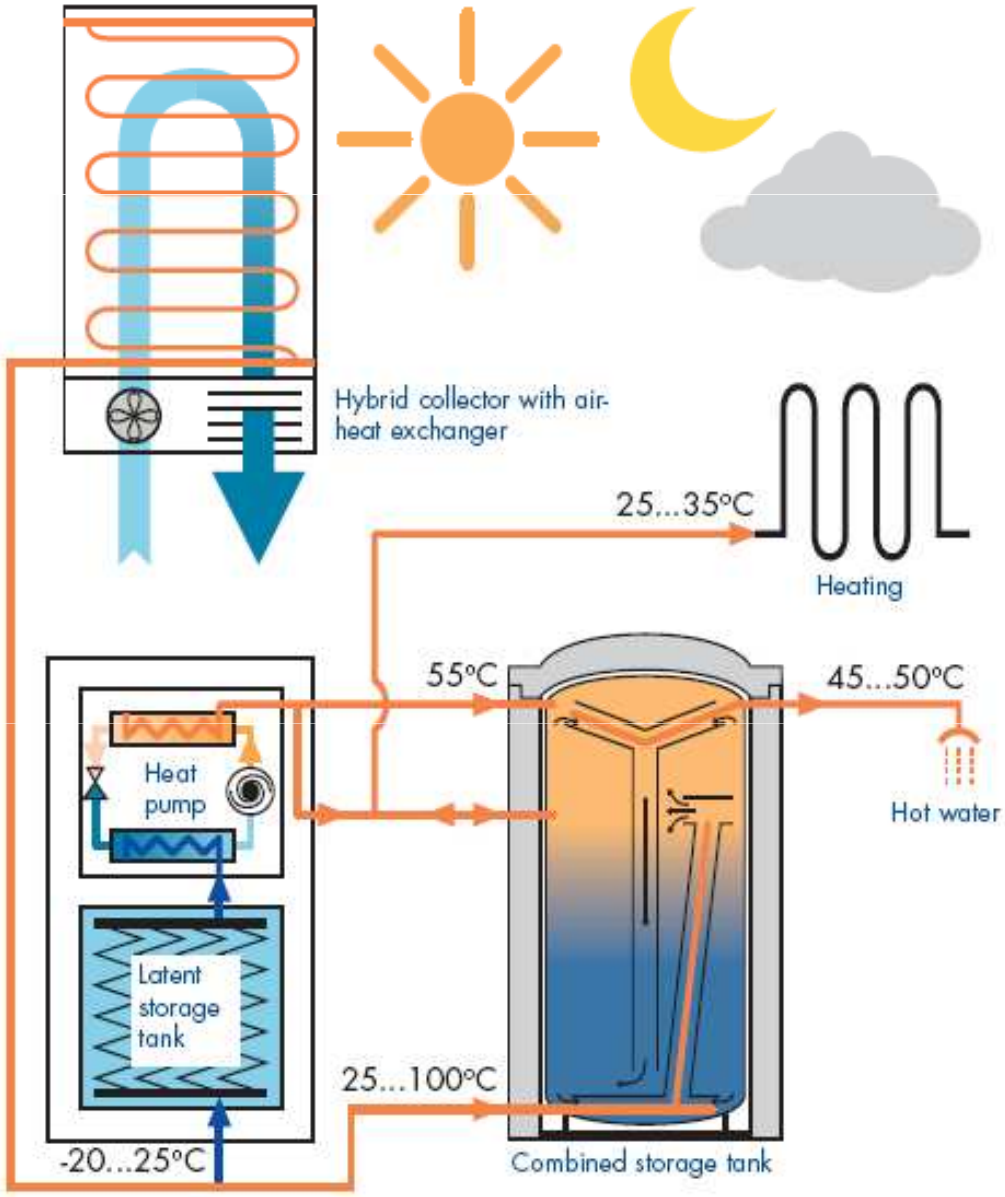
- **tepelné čerpadlo**
  - zvýšení vypařovací teploty
  - zvýšení topného faktoru

Hybridní tepelný kolektor vzduch-kapalina

sluneční energie + energie vnějšího prostředí (vzduch)



... v kombinaci s akumulací do ledu

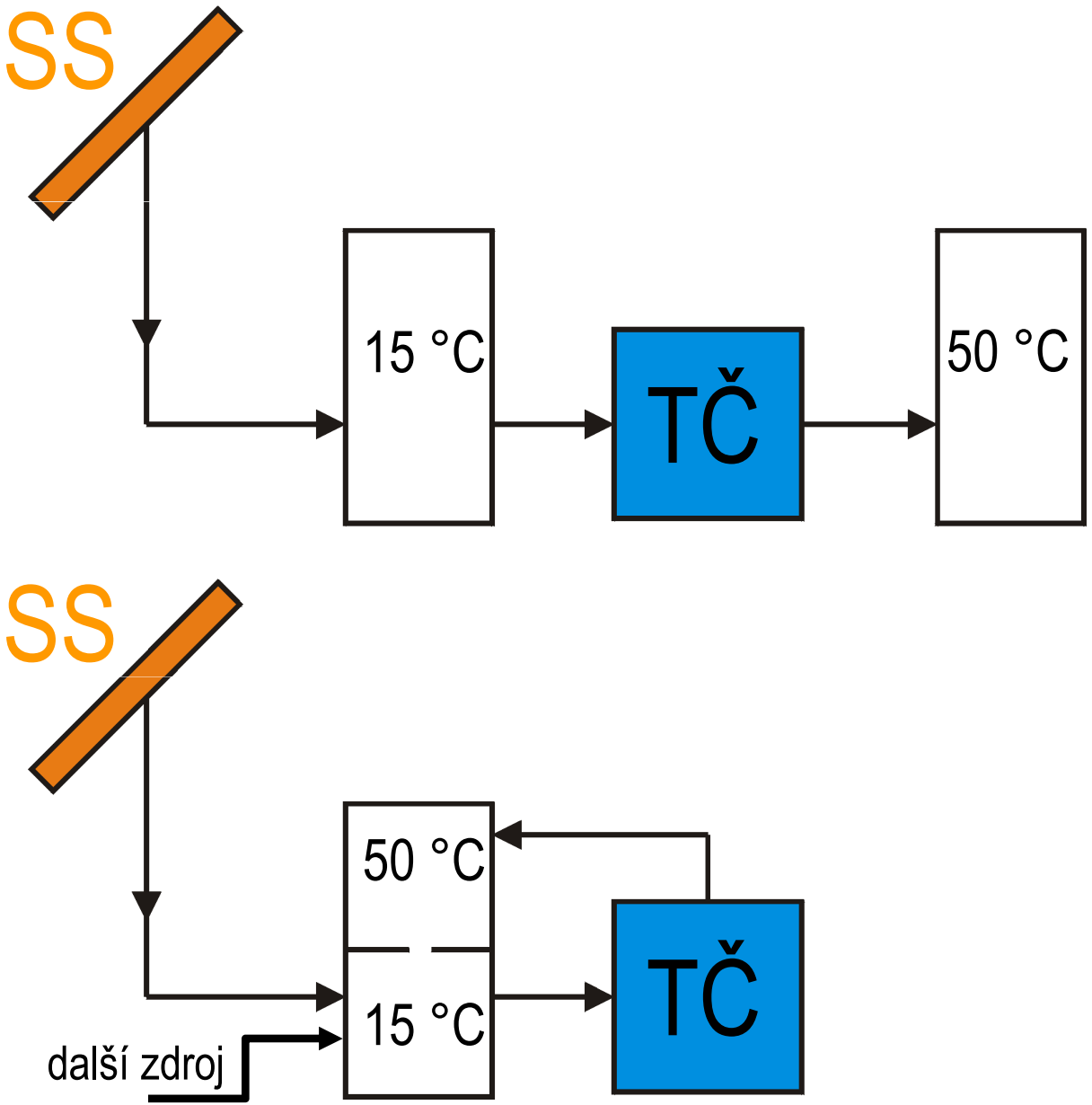


- teplo z kolektoru podle teploty z kolektorů
  - do kombinovaného zásobníku pro přímé využití
  - do zásobníku skupenského tepla (led) pro nepřímé využití tepelným čerpadlem

tepelné čerpadlo 5-7 kW

hybridní kolektor 20-25 m^2

TČ + sol. zásobník na primární straně

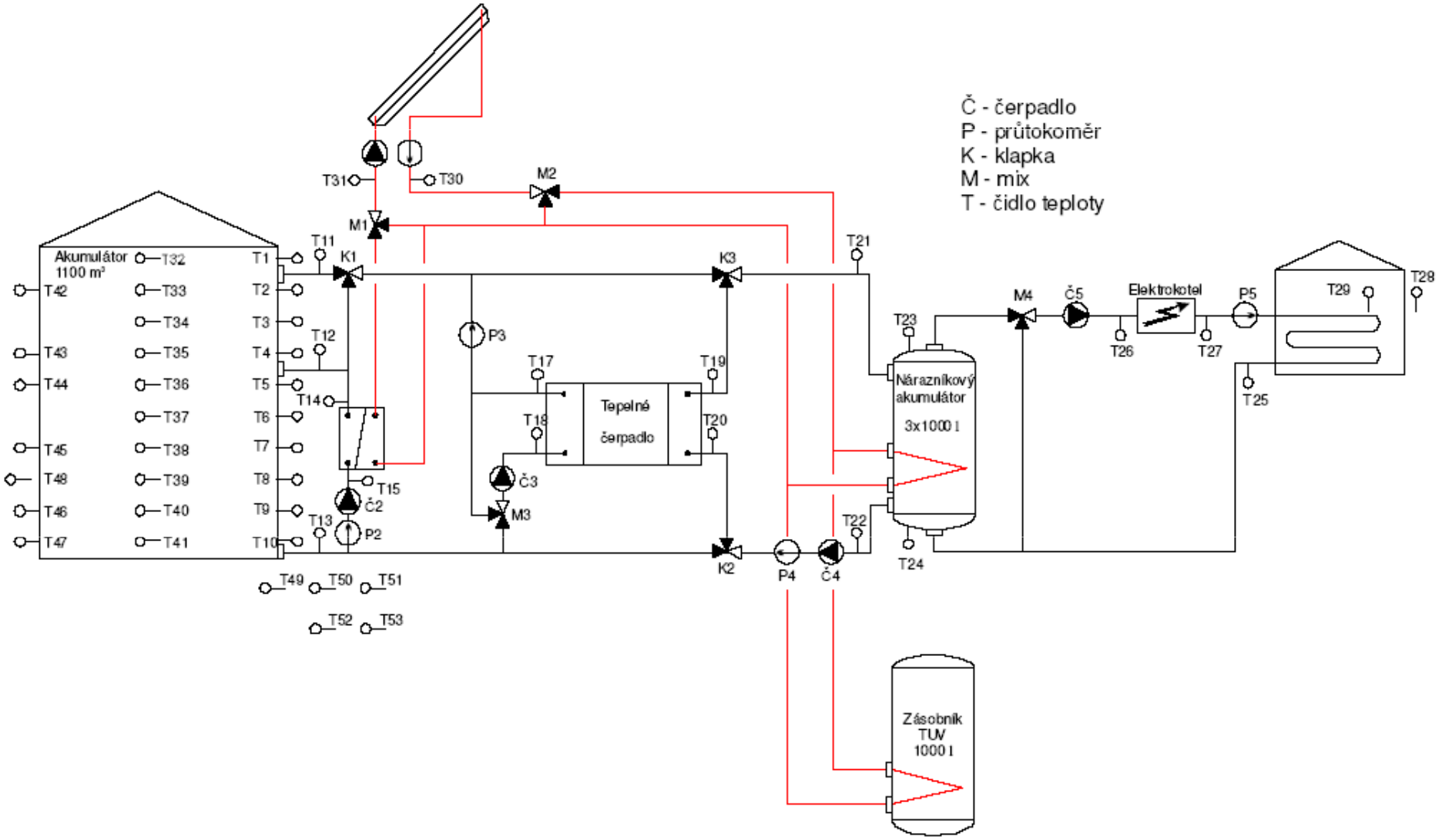


- nárazový zásobník primárního tepla
  - výstup solární soustavy
  - vstup tepelného čerpadla
- nárazový zásobník sekundárního tepla
  - výstup tepelného čerpadla)
- kombinovaný zásobník

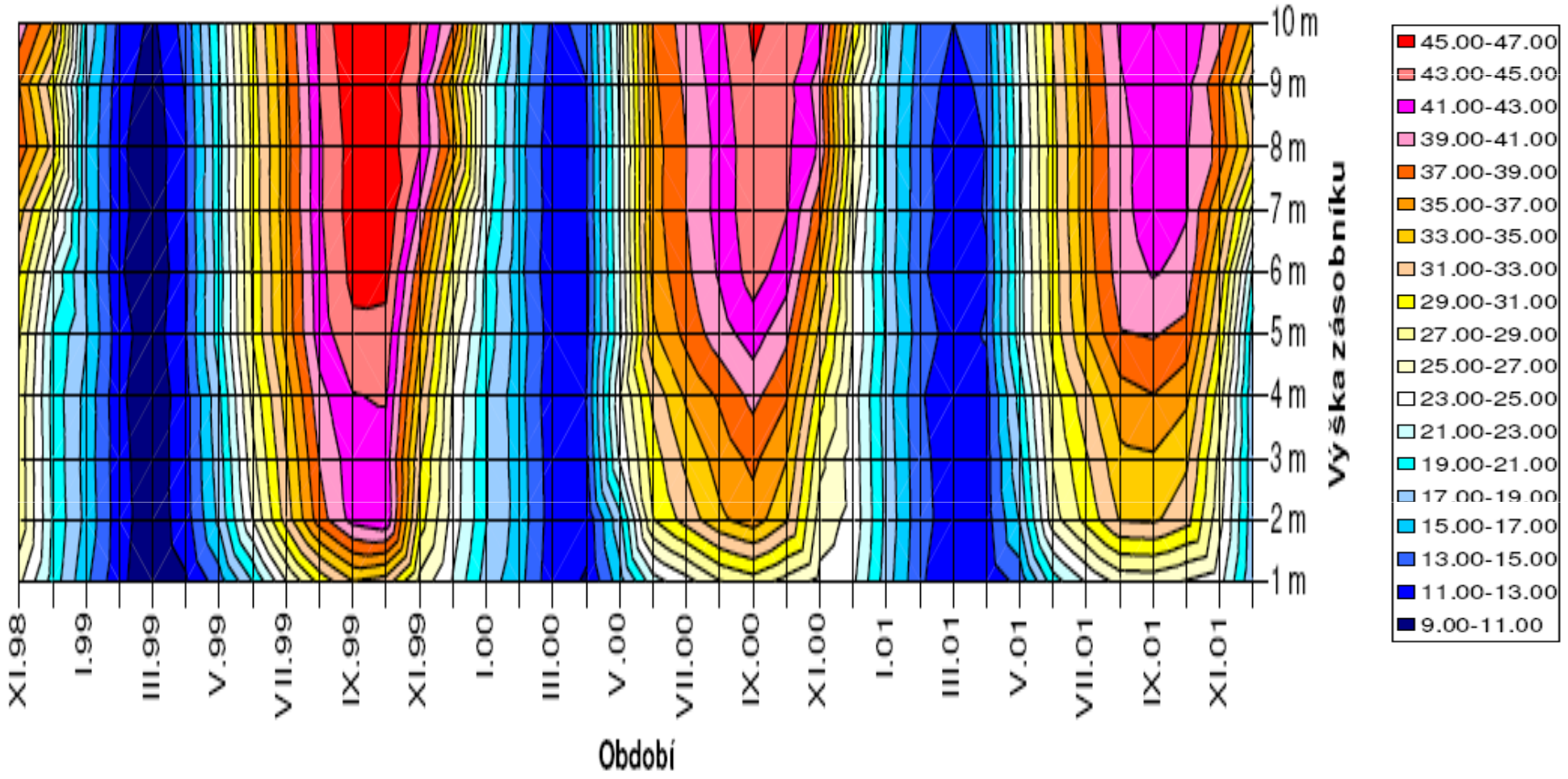
DSP Slatiňany: TČ + solární soustava

- solární kolektory: **148 m^2**
- sezónní zásobník: **1100 m^3**
- tepelné čerpadlo **37 kW**, záloha **5 x 7,5 kW**

DSP Slatiňany: schéma zapojení

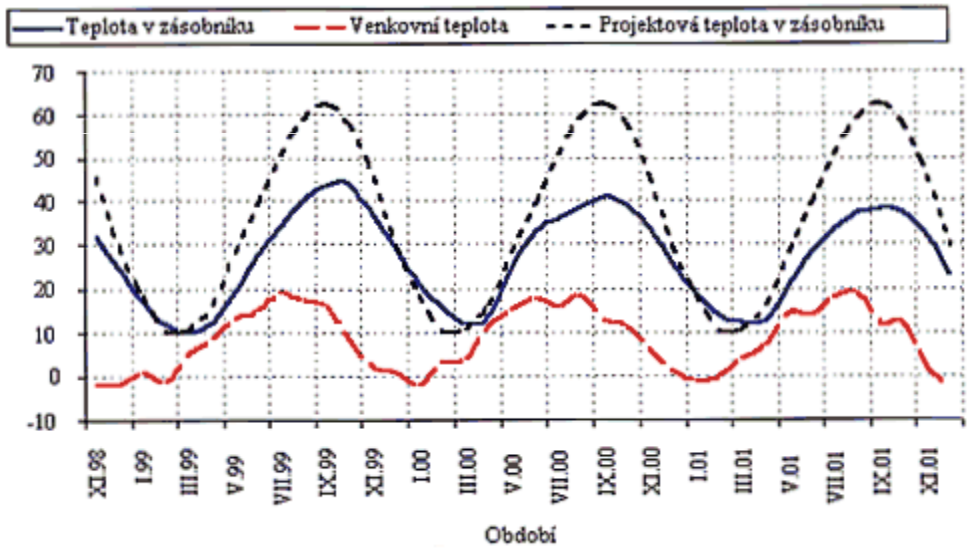


DSP Slatiňany: sezónní akumulace

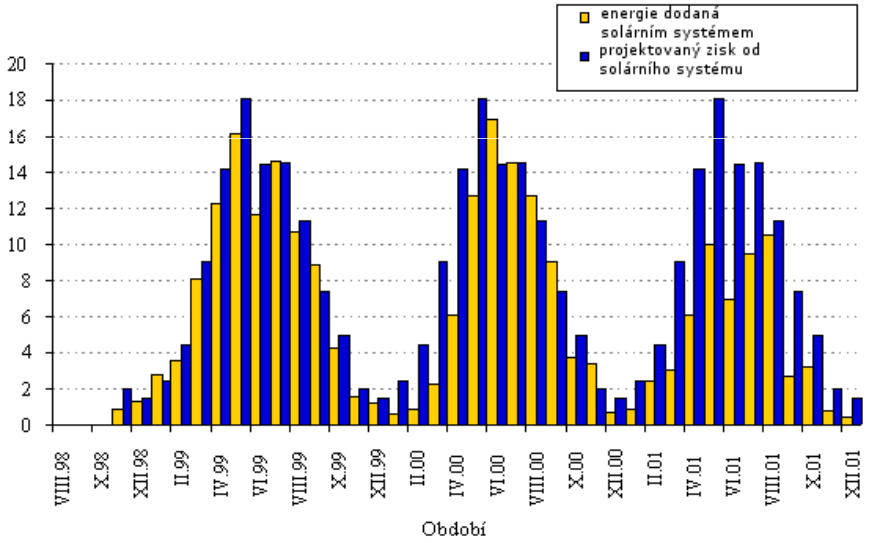


DSP Slatiňany: monitoring

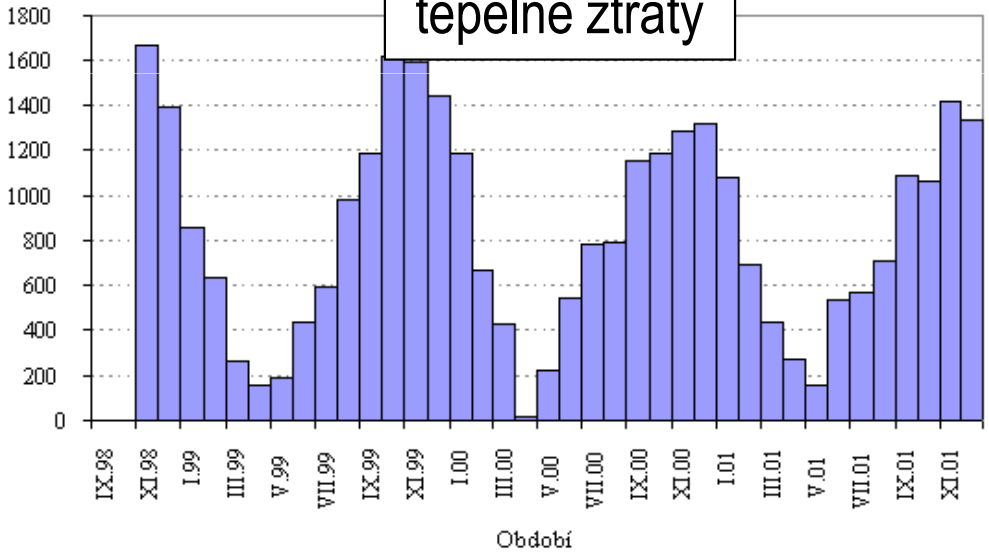
teplota v AKU



solární zisky



tepelné ztráty



solární zisky: 600-700 kWh/m^2

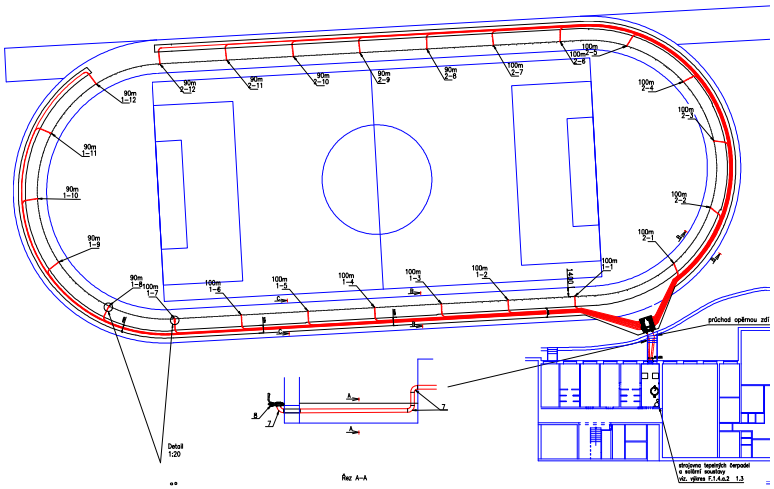
tepelné ztráty AKU: 10-15 %

topný faktor: **???**

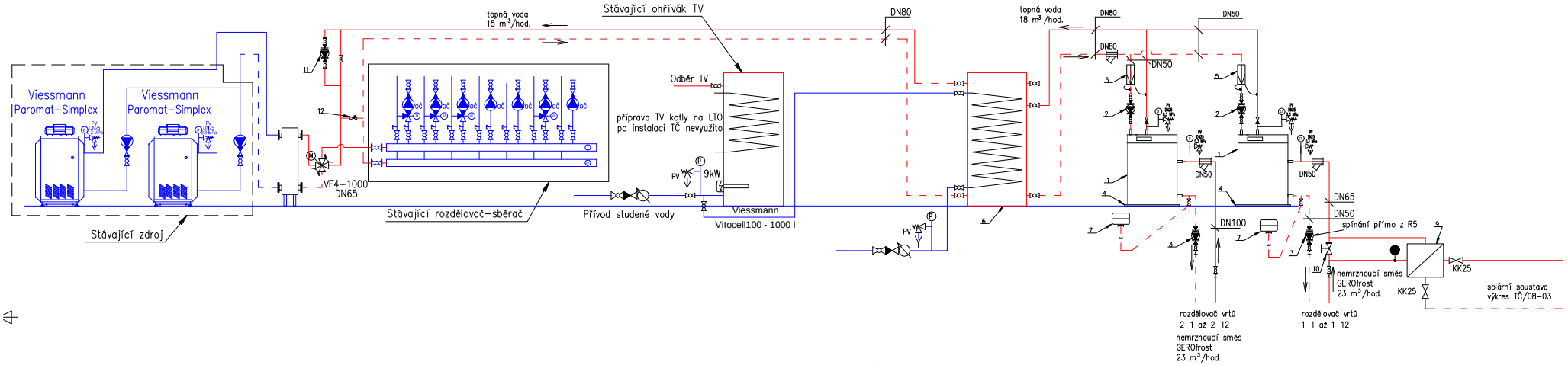
bez TČ: objem AKU 2,5xvětší

Tepelná čerpadla a solární soustava v Lukavec

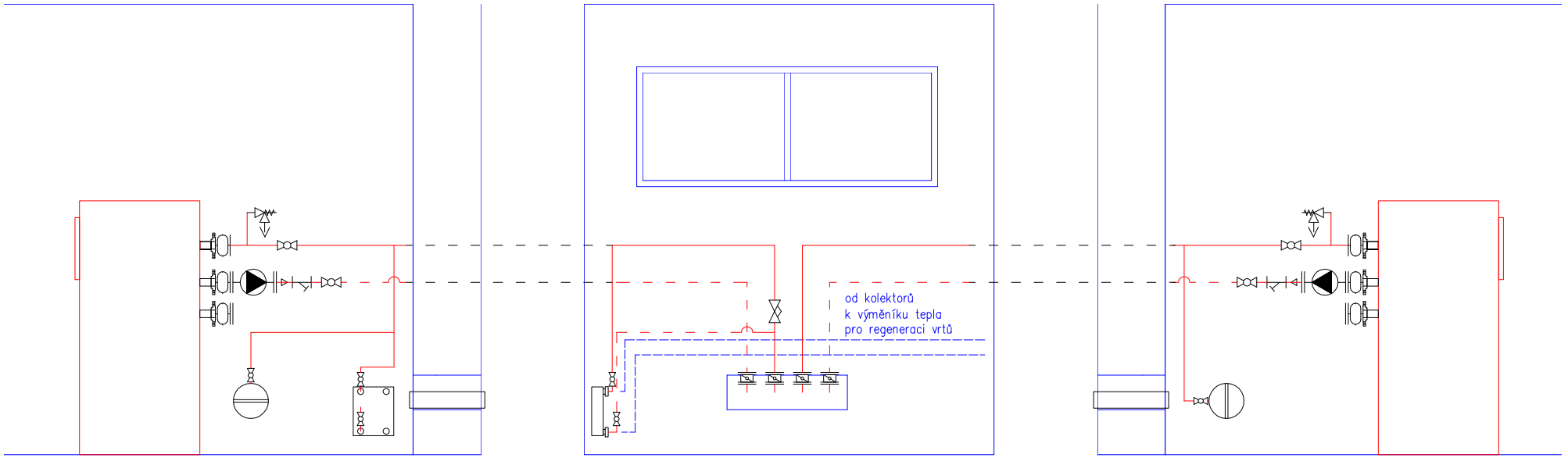
- dvě tepelná čerpadla Alpha Innotec SWP 670
- 24 suchých sond – 14x 100 m, 10x 90 m
- 20 ks kolektorů Regulus KPS 11 ALP
- příprava teplé vody a přitápění
- regenerace 12 vrtů



Tepelná čerpadla a solární soustava v Lukavec

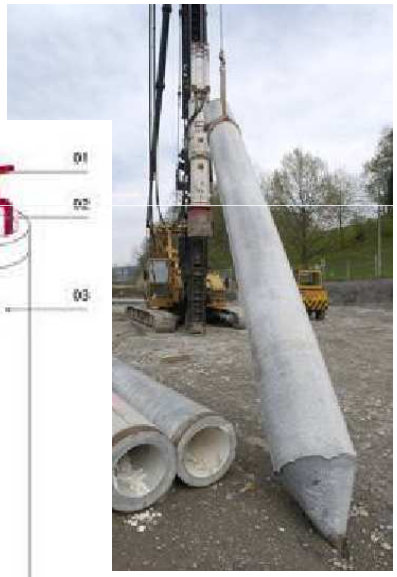


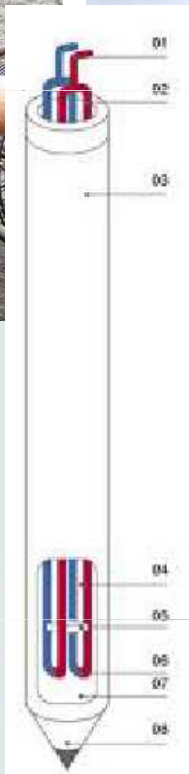
Primární stana TČ

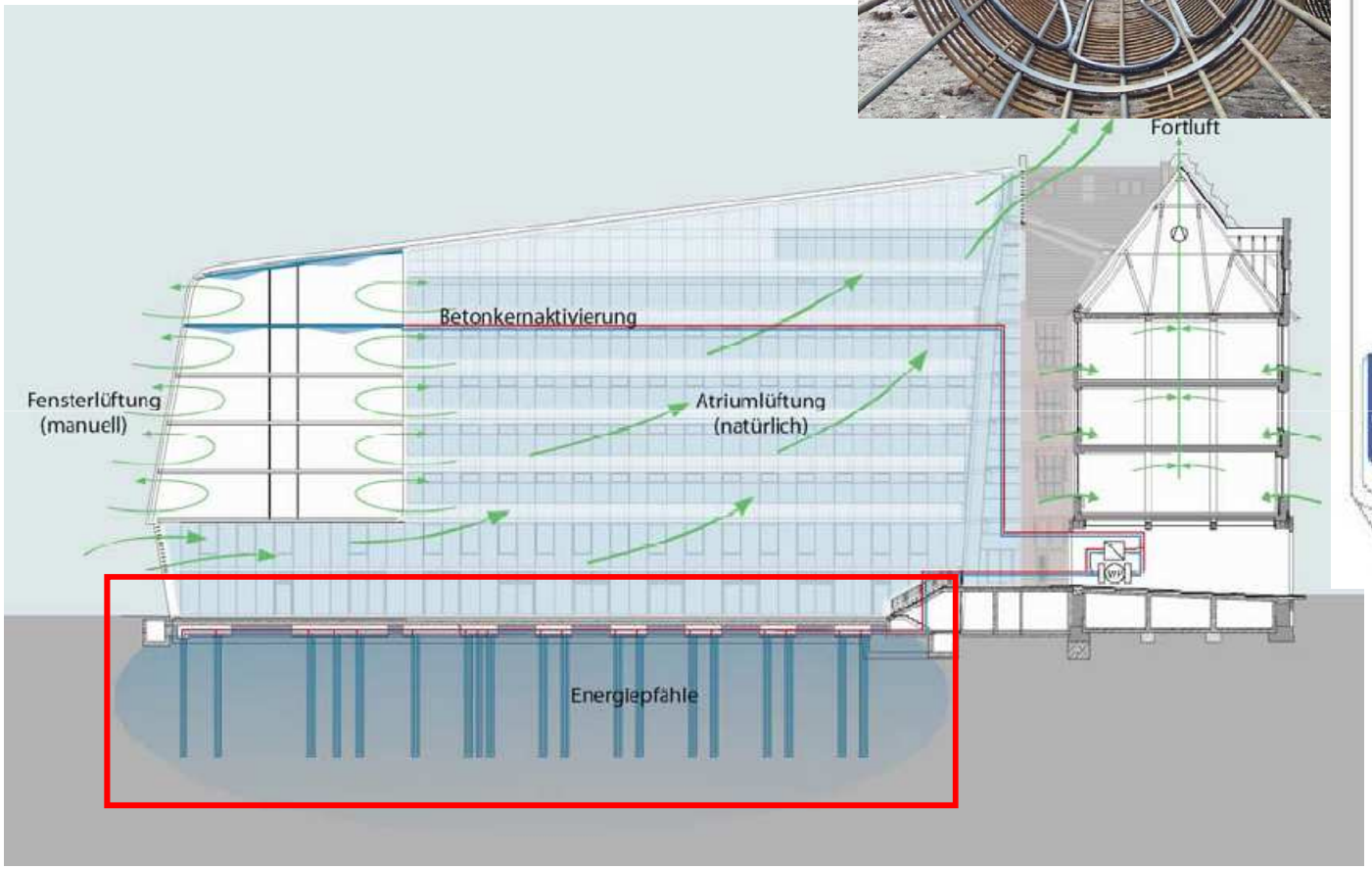


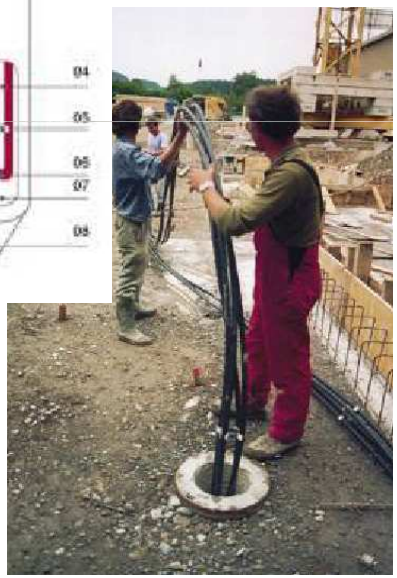
Energetické piloty

- využití energie zemského masivu
- využití solárních zisků – odpadní teplo z chlazení budovy

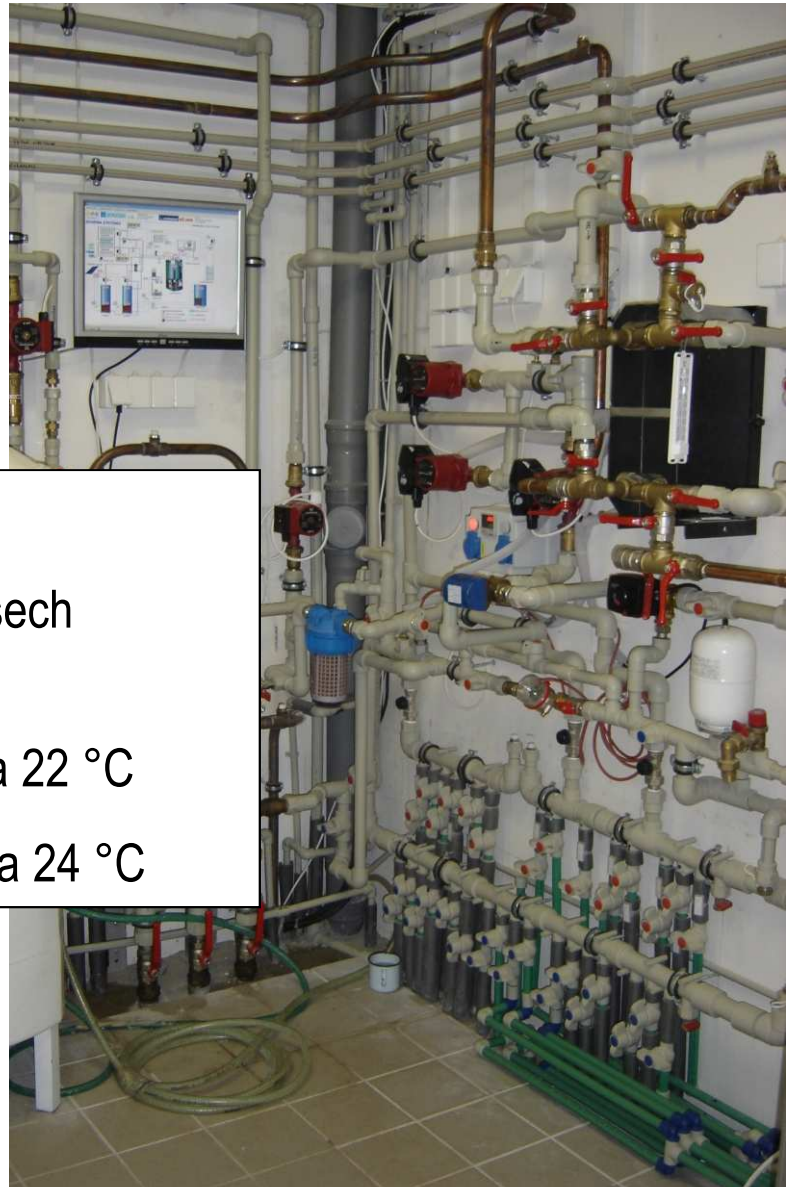








Experimentální rodinný dům Zápy



nízkoenergetický RD

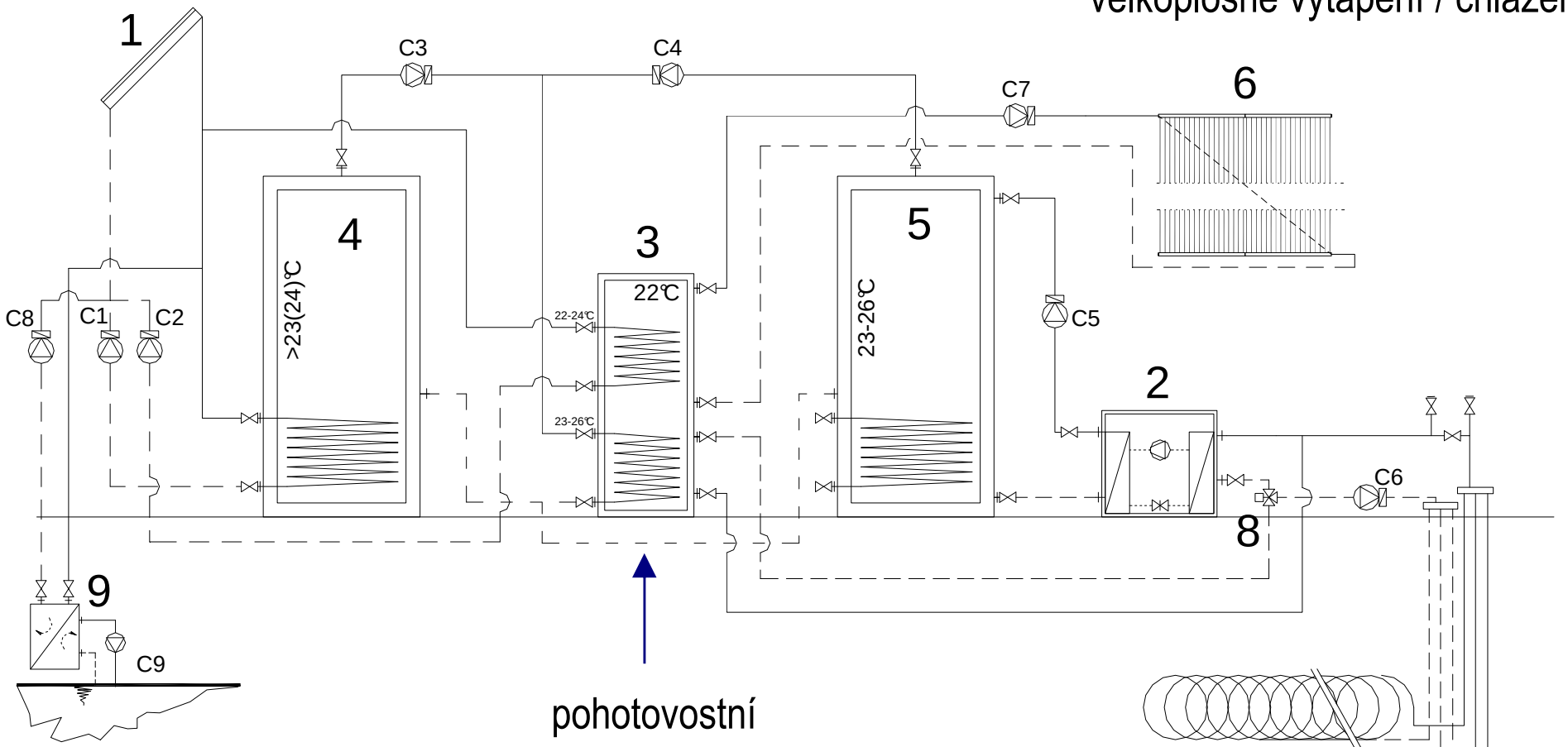
kapilární rohože ve všech vnitřních konstrukcích

vytápění: otopná voda 22 °C

chlazení: chladicí voda 24 °C

Experimentální rodinný dům Zápy

velkoplošné vytápění / chlazení



solární systém
priority: 3 – 4 – 9

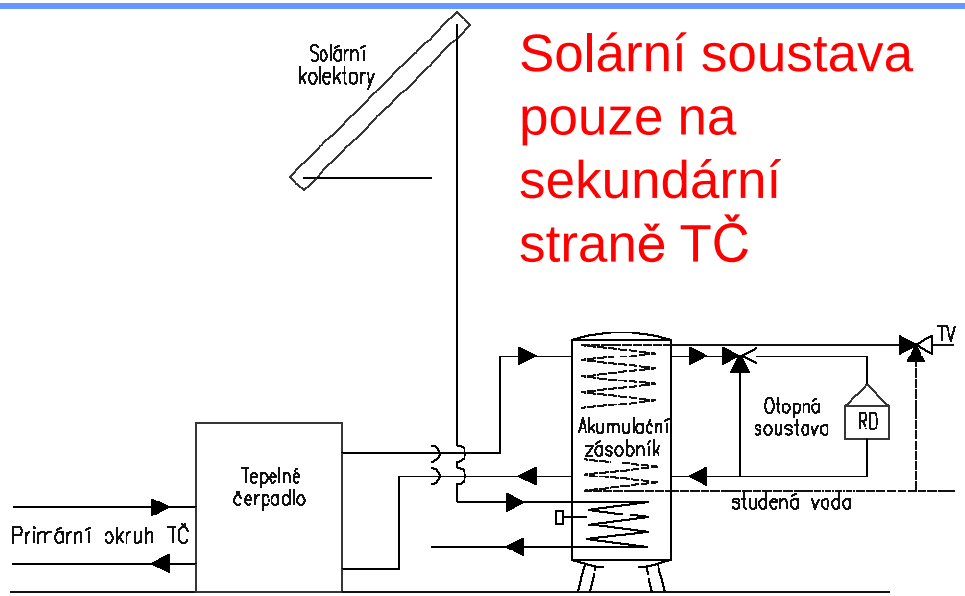
pohotovostní
zásobník
tepla / chladu
22 °C / 22 °C

primár pro TČ, pasivní chlazení pro (3)

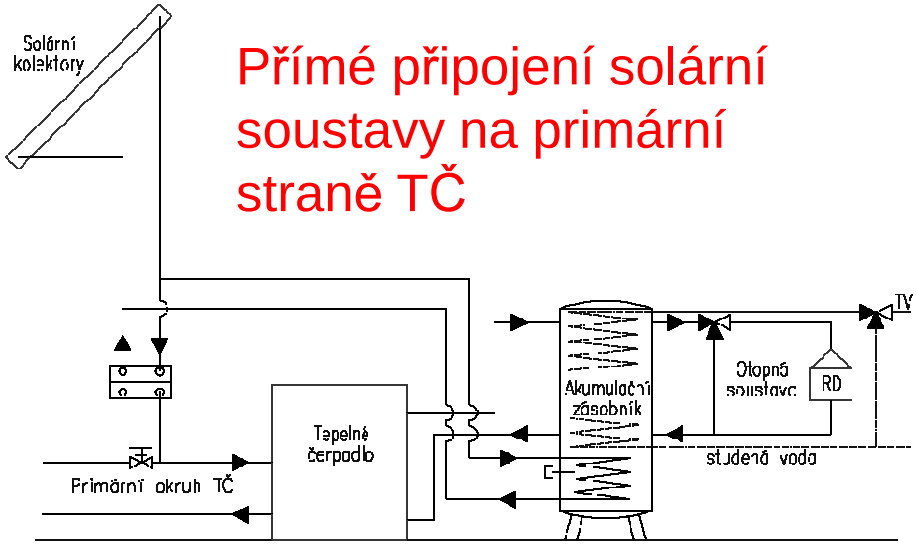
Teoretický model

Použité varianty ve výpočetním modelu

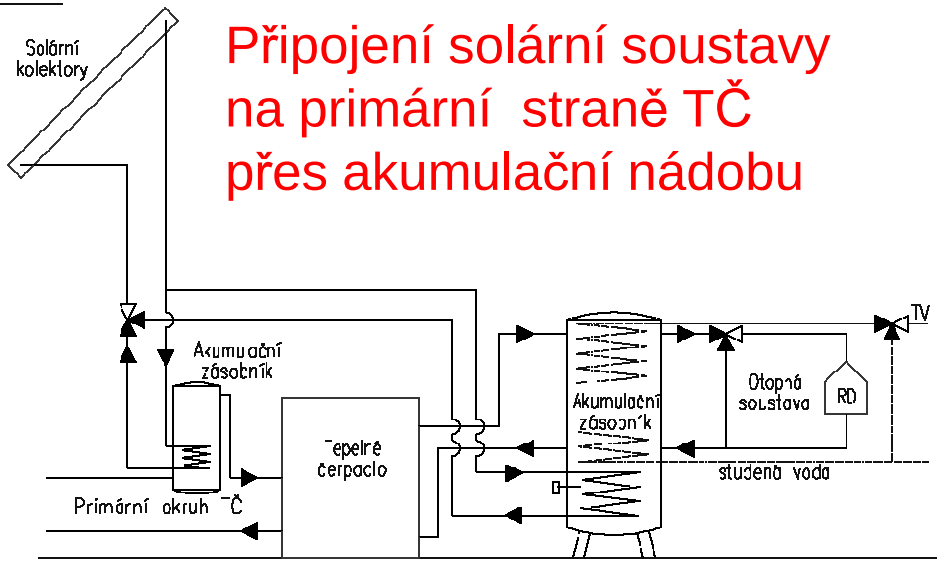
Solární soustava pouze na sekundární straně TČ



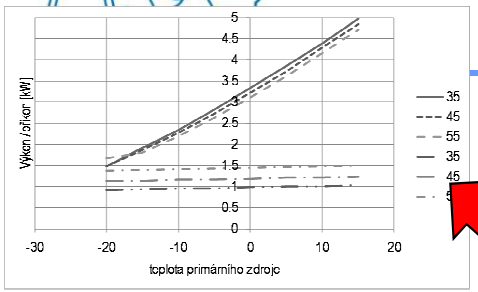
Přímé připojení solární soustavy na primární straně TČ

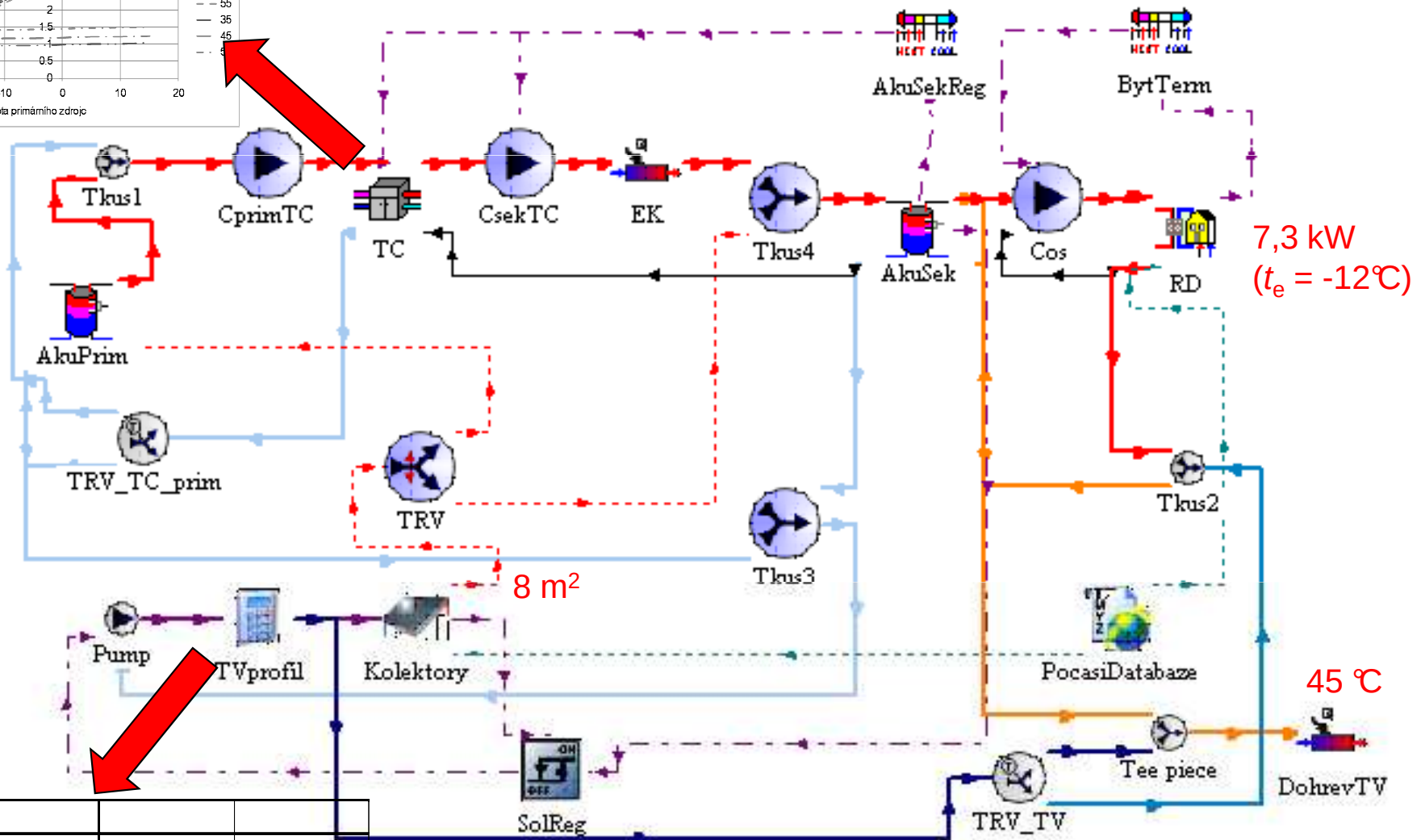


Připojení solární soustavy na primární straně TČ přes akumulační nádobu



Teoretický model

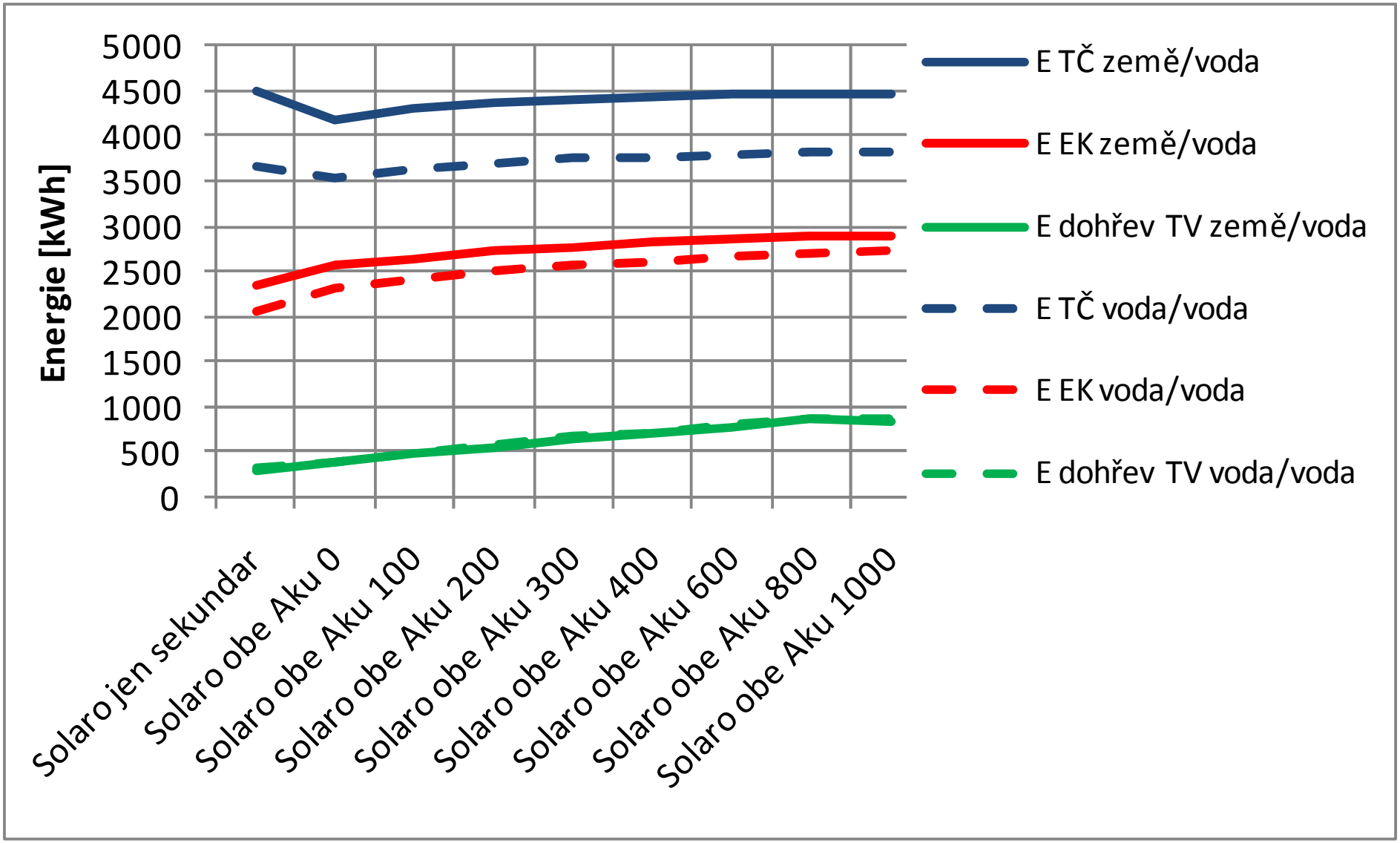




od 7:00 do 7:12	400 l/hod	80 litrů
od 12:00 do 12:06	400 l/hod	40 litrů
od 19:00 do 19:12	400 l/hod	80 litrů

Vyhodnocení výsledků

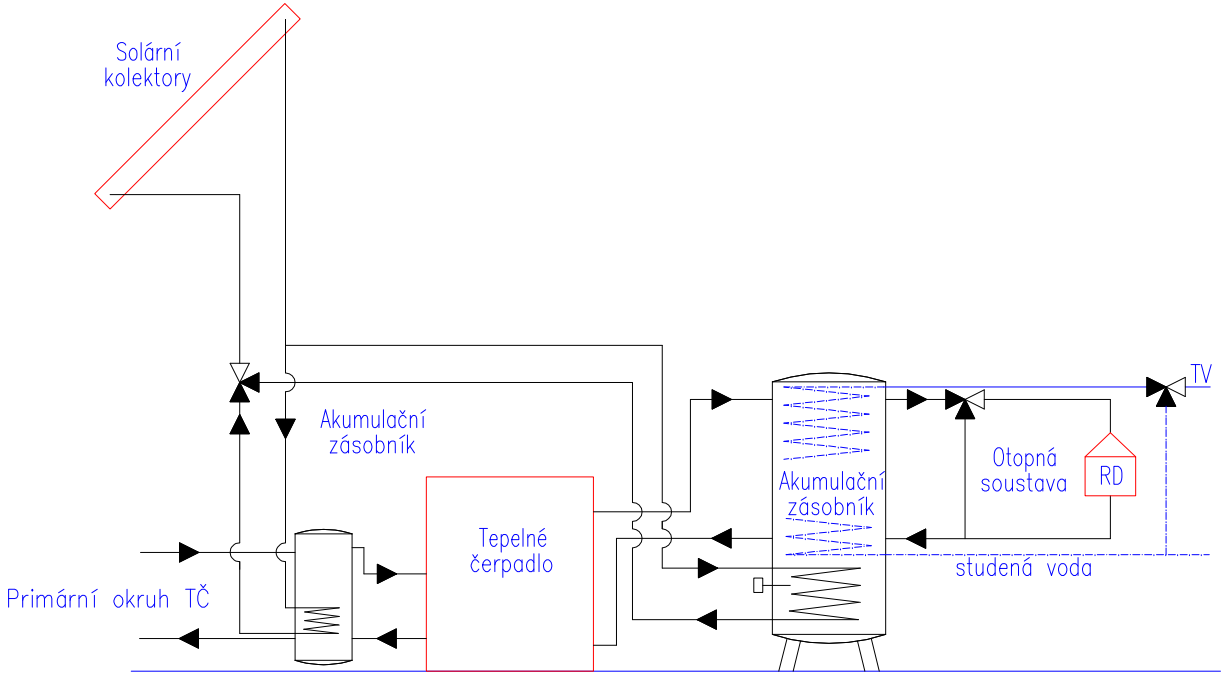
Konečná spotřeba



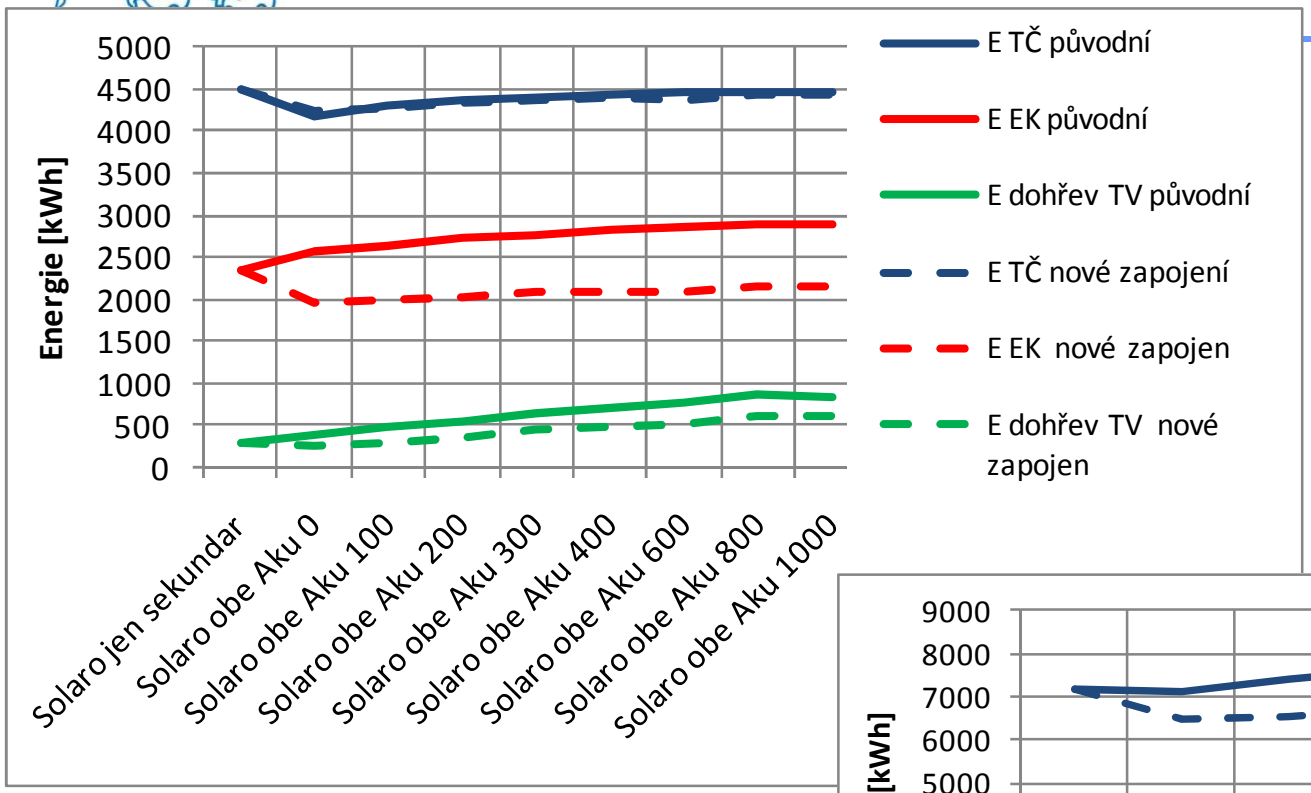
Možné příčiny a řešení

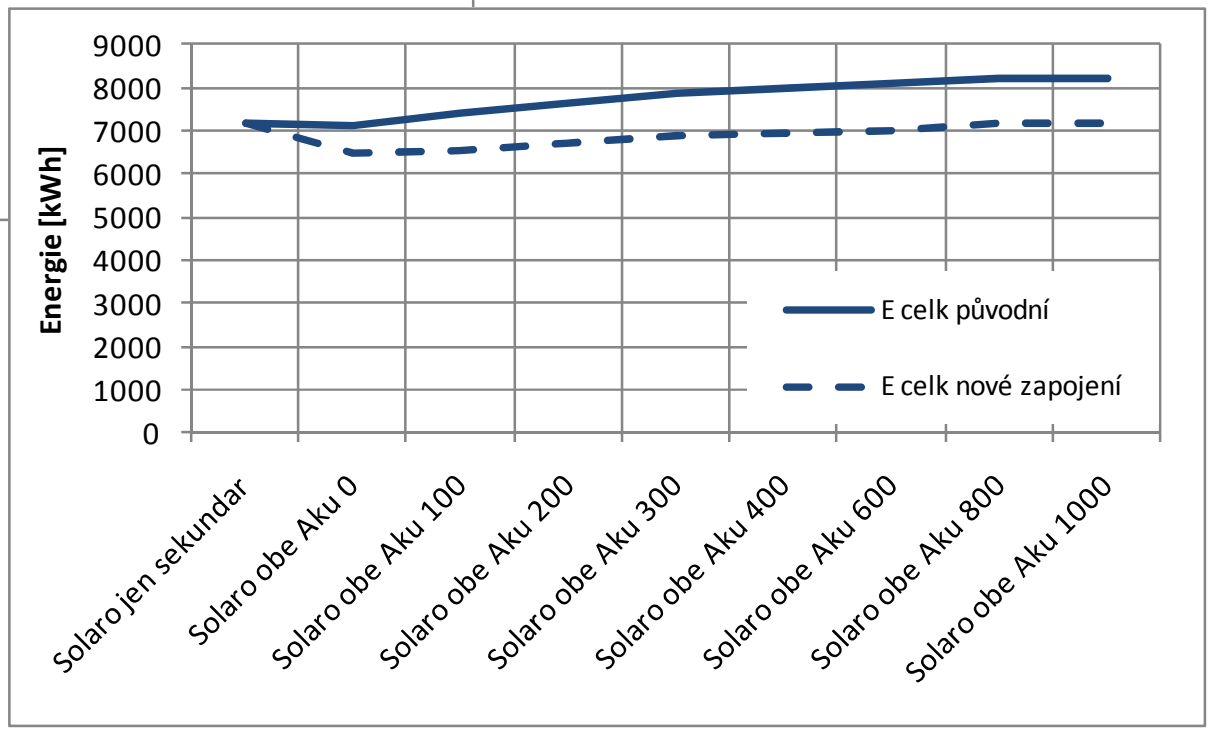
- Nevhodné hydraulické zapojení
- Zvýšená teplota odcházející do primárního zdroje tepla

- Lepší hydraulické zapojení na primární straně

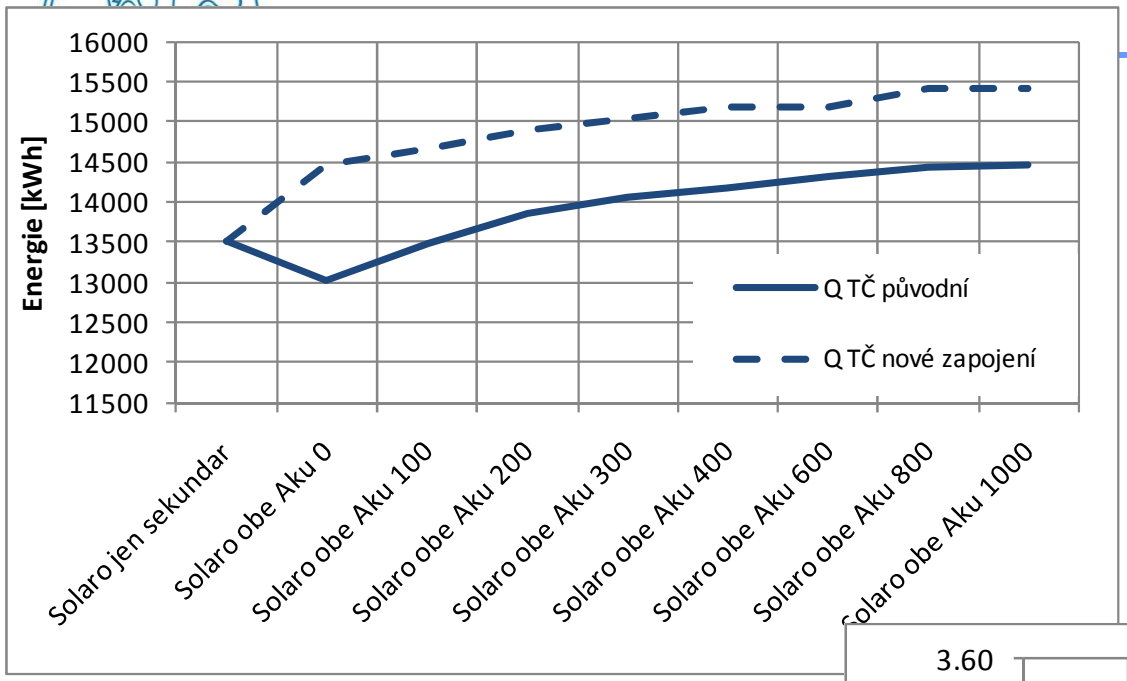


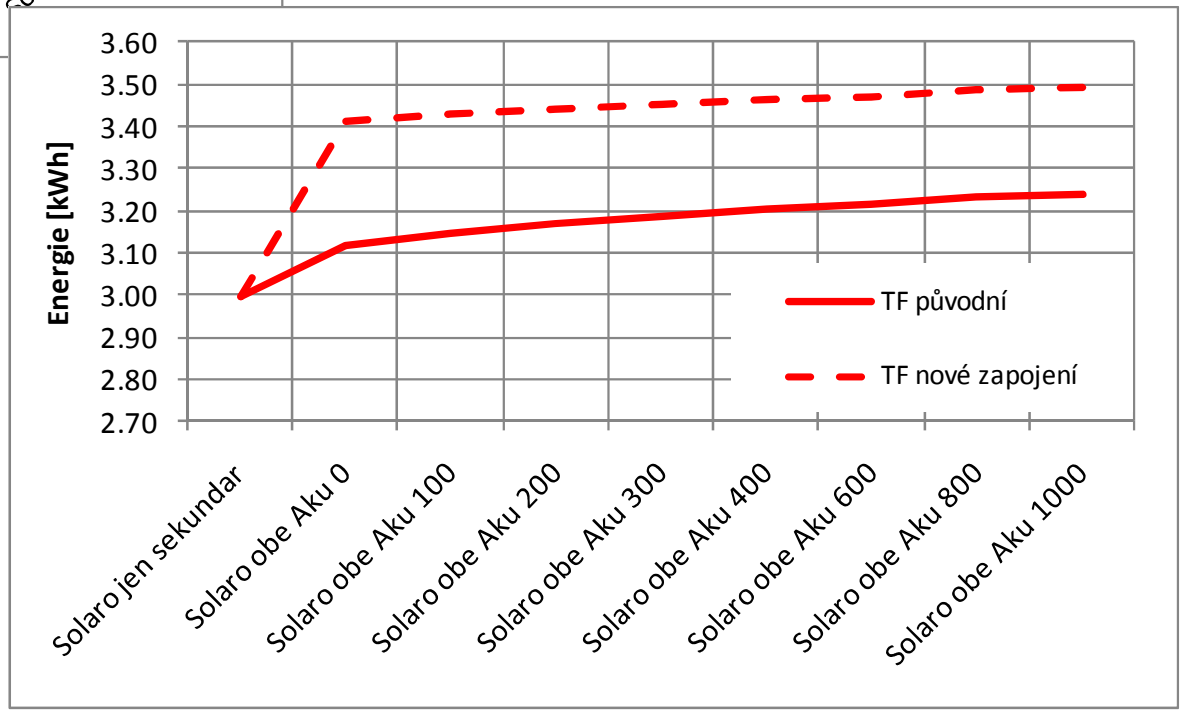
Výsledky s novým zapojením



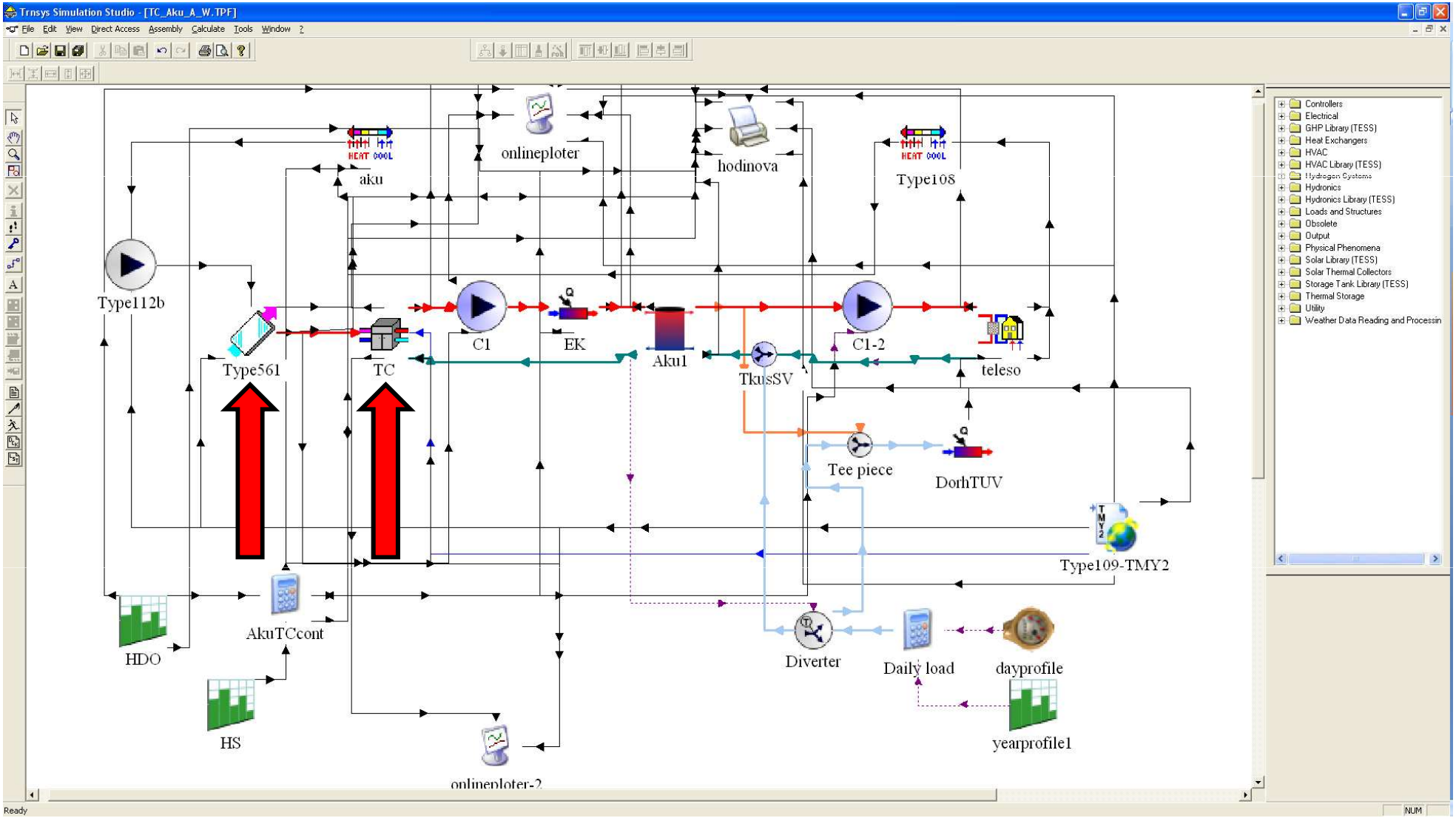


Výsledky s novým zapojením

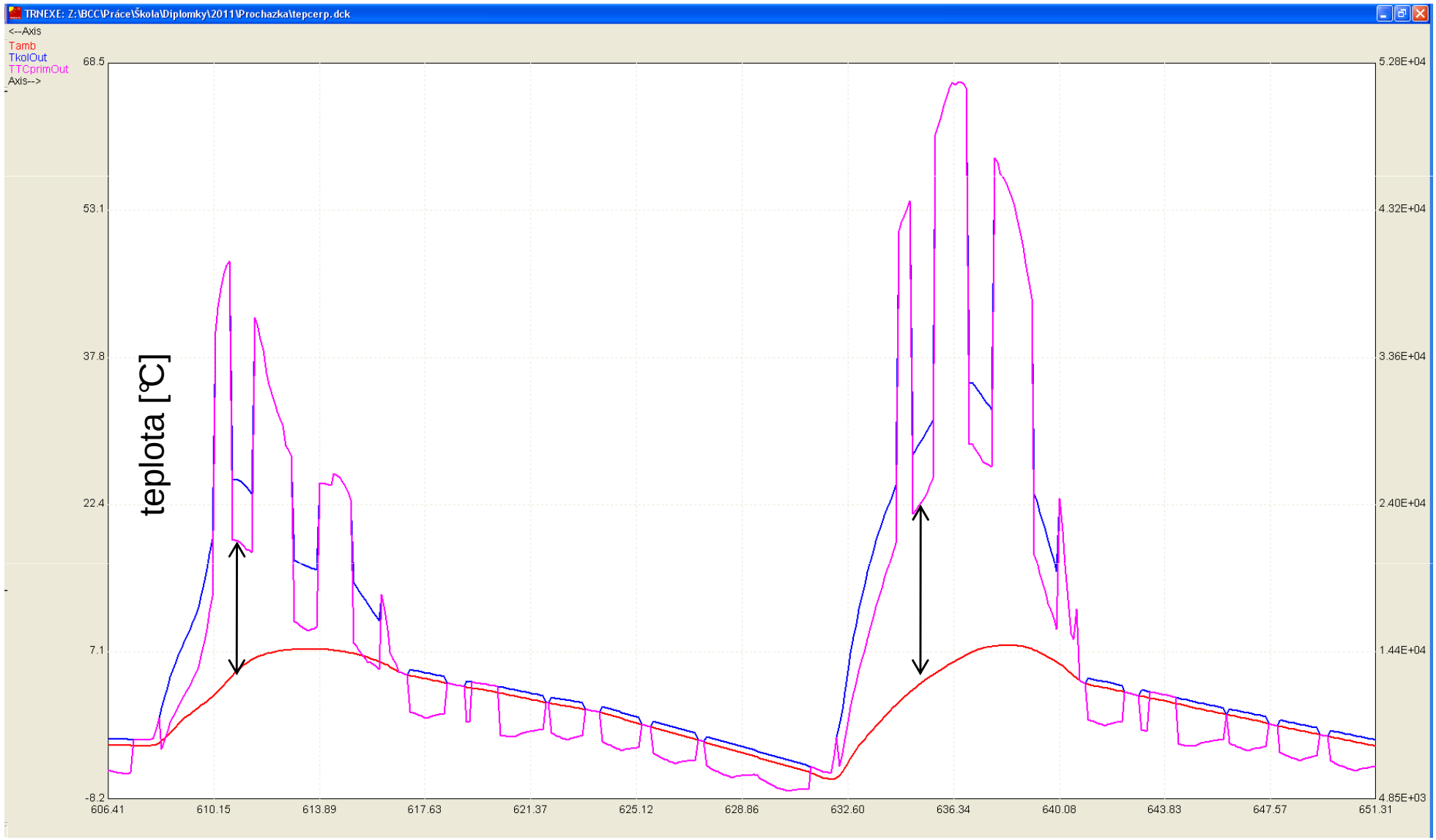




Tepelné čerpadlo + solární soustava



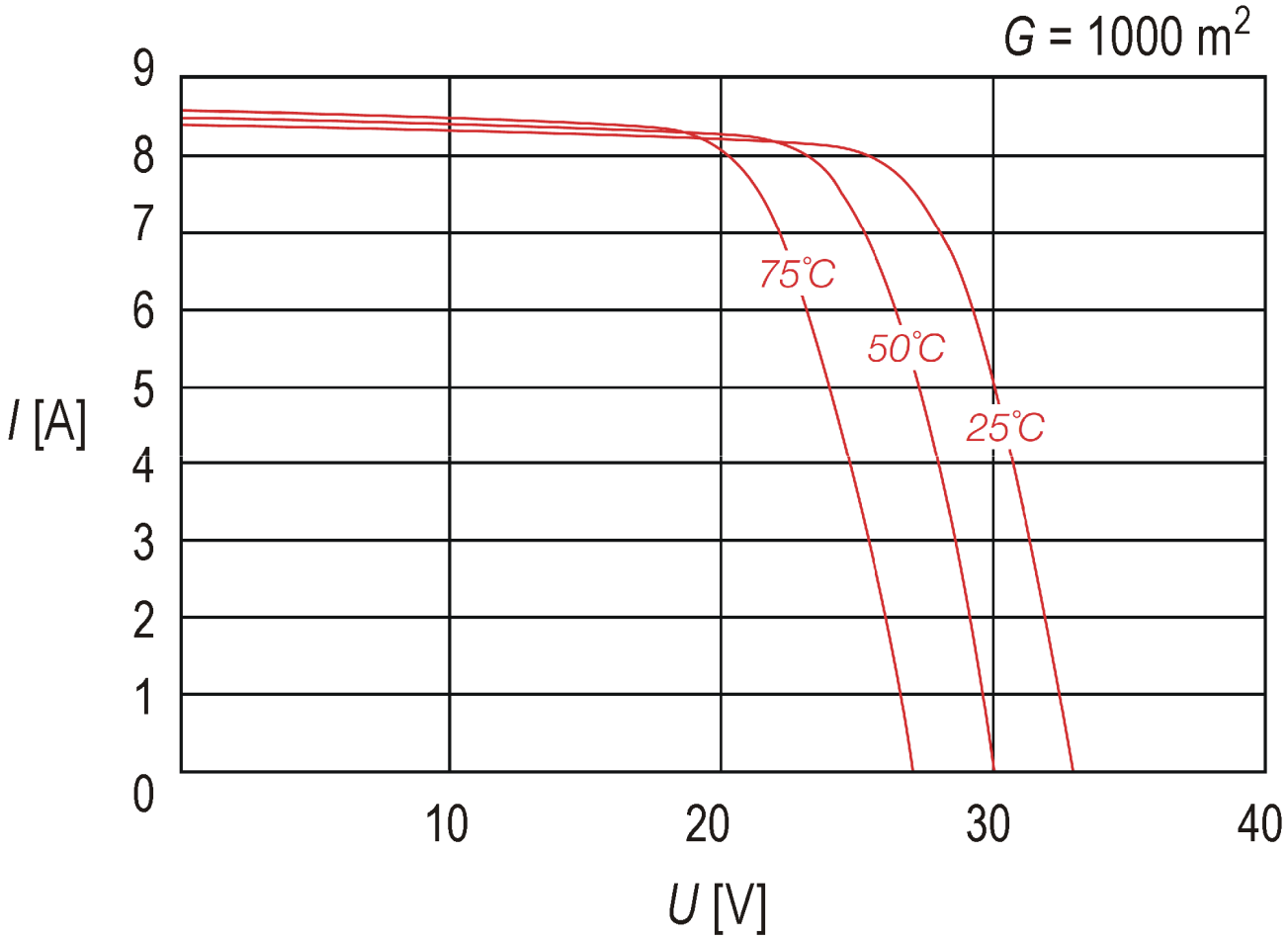
Tepelné čerpadlo + solární soustava



Hybridní fotovoltaicko-tepelné kolektory

vliv teploty na účinnost FV článku

- pokles účinnosti s teplotou vzhledem k nominální $\eta_e = \eta_r [1 - \beta(t - t_r)]$



Typ modulu	β [%/K]
Krystalické Si	**0,35 … 0,52**
Amorfní Si	0,10 … 0,30
CIS	0,33 … 0,60
CdTe	0,18 … 0,36

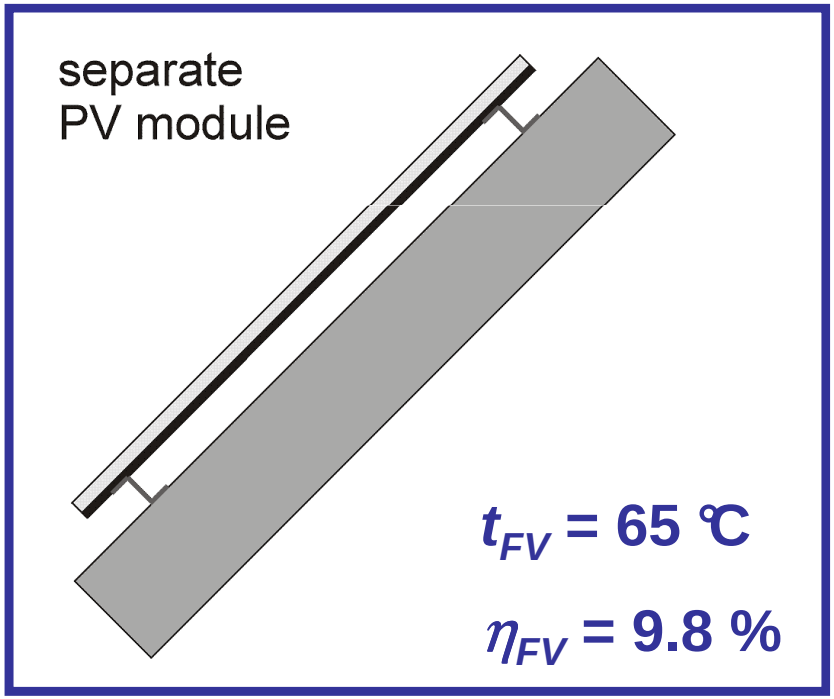
Hybridní fotovoltaicko-tepelné kolektory

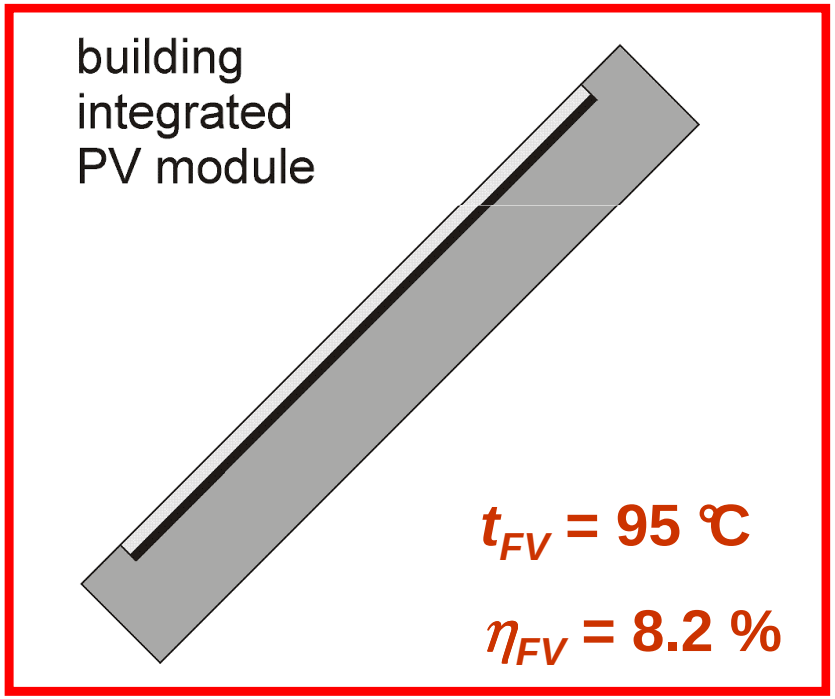
vliv teploty na účinnost FV článku

- potřeba účinného chlazení, zvláště u integrace do budov (**BIPV**)

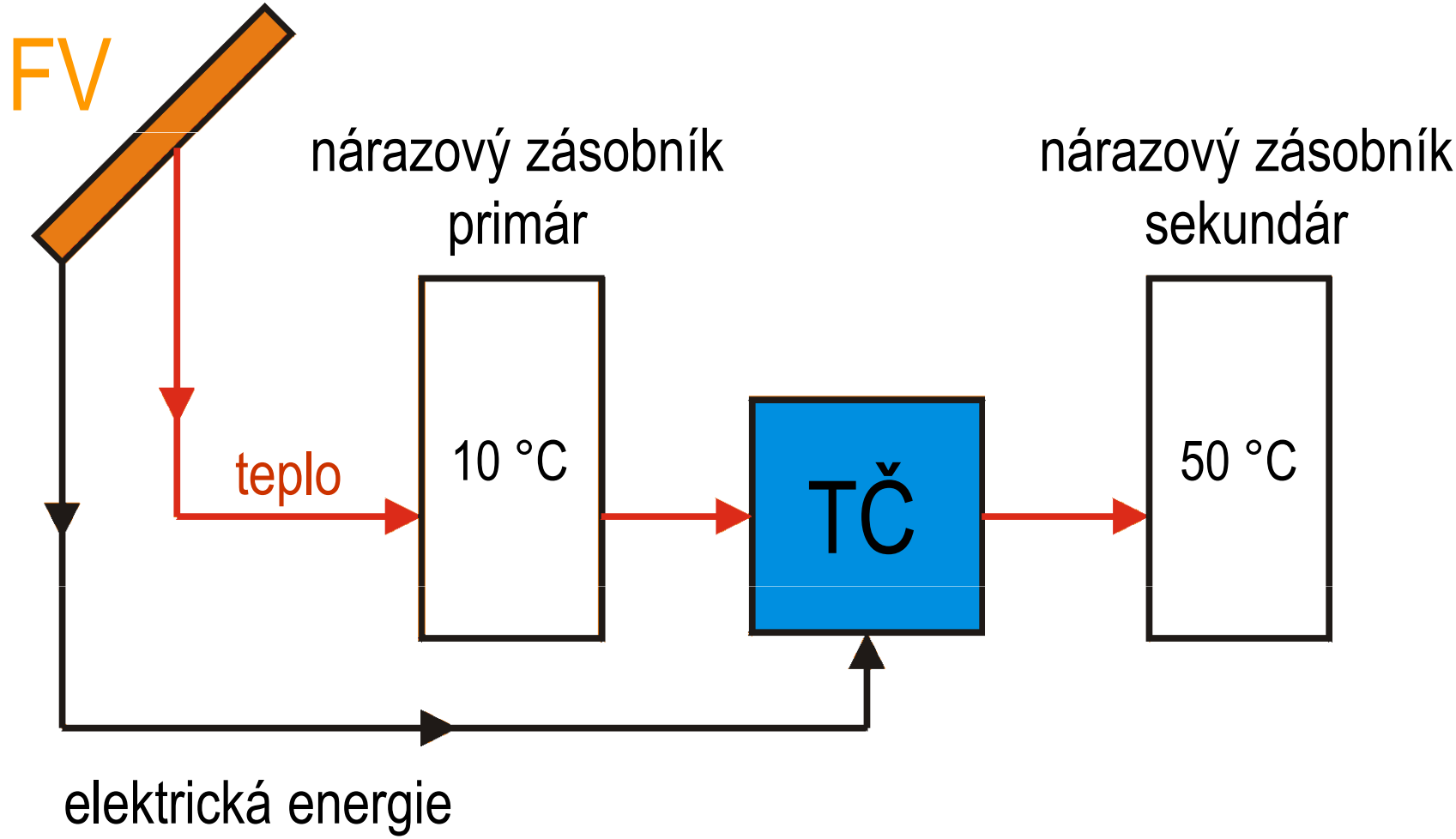
podmínky: G = 1000 W/m^2, t_a = 30 °C, w = 0 m/s

referenční účinnost η_{PV} = 12 % at 25 °C





Chlazení FV článku tepelným čerpadlem



Chlazení FV článku (modulu)

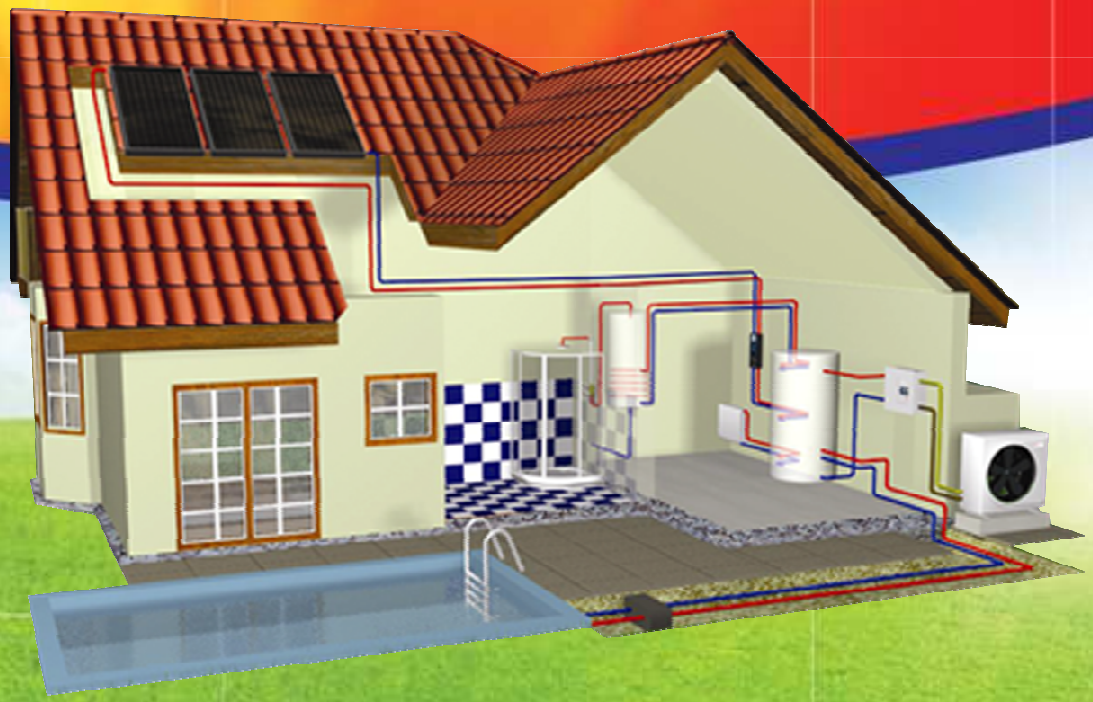
Odvod tepla z FV článků:

- snižuje teplotu článků, chrání je před tepelnou zátěží a **prodlužuje životnost FV článků**
- zvyšuje elektrickou účinnost FV článku a produkci elektrické energie při chlazení na 10 °C celoročně **cca o 10 %**
- odvedené teplo je využitelné pro nízkoteplotní aplikace až **700 kWh/m^2** při teplotě primárního okruhu 10 °C
- zvyšuje celkové využití sluneční energie z 1 m^2 obálky budovy
- **multifunkční prvek** – kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (solární kogenerace)

Děkuji za pozornost

Kombinace solárního systému a kotle na biomasu

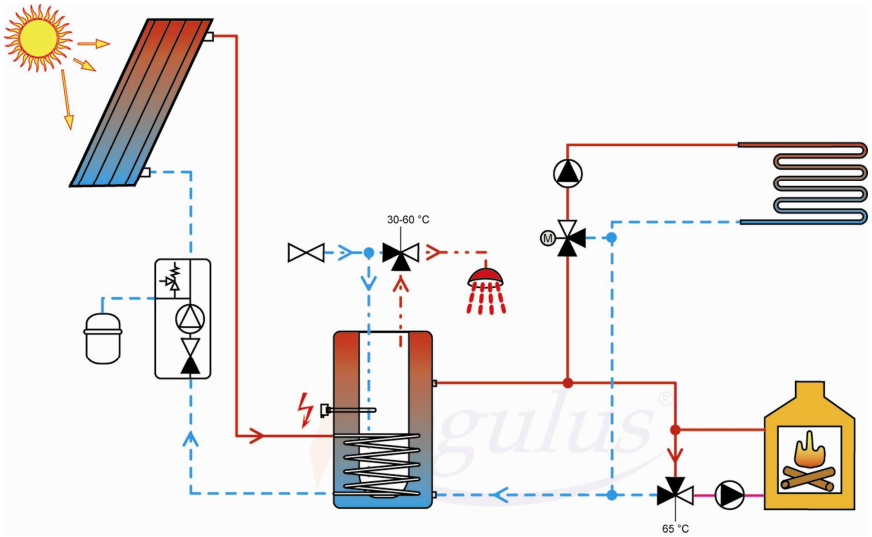
Jiří Kalina



Regulus

Výhody kombinace solárního systému a kotle na biomasu

- Použití dvou obnovitelných zdrojů energie pro krytí hlavních energetických potřeb objektu
- Dostatek energie od slunce v době mimo otopnou sezónu (není potřeba zatápět v krbu)
- Dostatečný výkon kotle pro vytápění a přípravu TV v době nedostatečného slunečního svitu
- Dlouhá životnost obou systémů
- Jednotná regulace



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Kotle s modulovaným výkonem lze zapojit do otopné soustavy jako jakýkoli jiný spínaný a modulovaný zdroj (plynový kotel, kotel na LTO apod.).

Kotle s ruční obsluhou je doporučeno zabezpečit proti nízkoteplotní korozi a přehřátí. Dále volit zapojení s ohledem na maximální účinnost kotle.

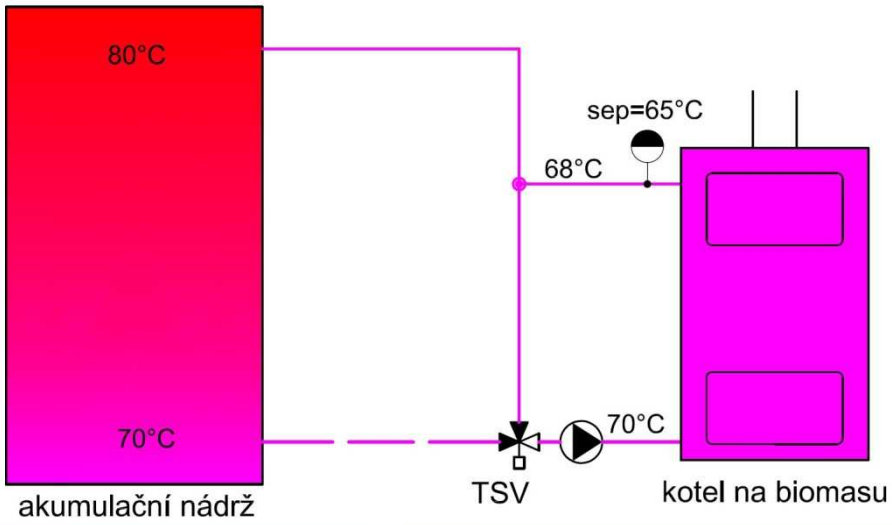
Řízení sepnutí oběhového čerpadla kotle

Spalinový termostat integrovaný ve zdroji

přesné řízení sepnutí čerpadla podle skutečného stavu zdroje (hoří-nehoří)

Příložný termostat na výstupu zdroje

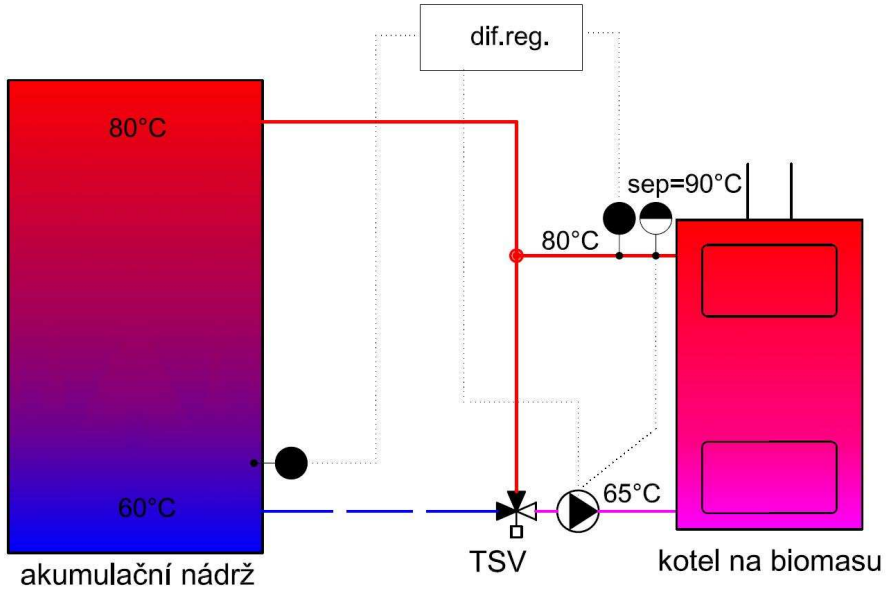
Může docházet k nechtěnému vychlazování akumulace přes vyhaslý kotel – viz obrázek



Řízení sepnutí oběhového čerpadla kotle

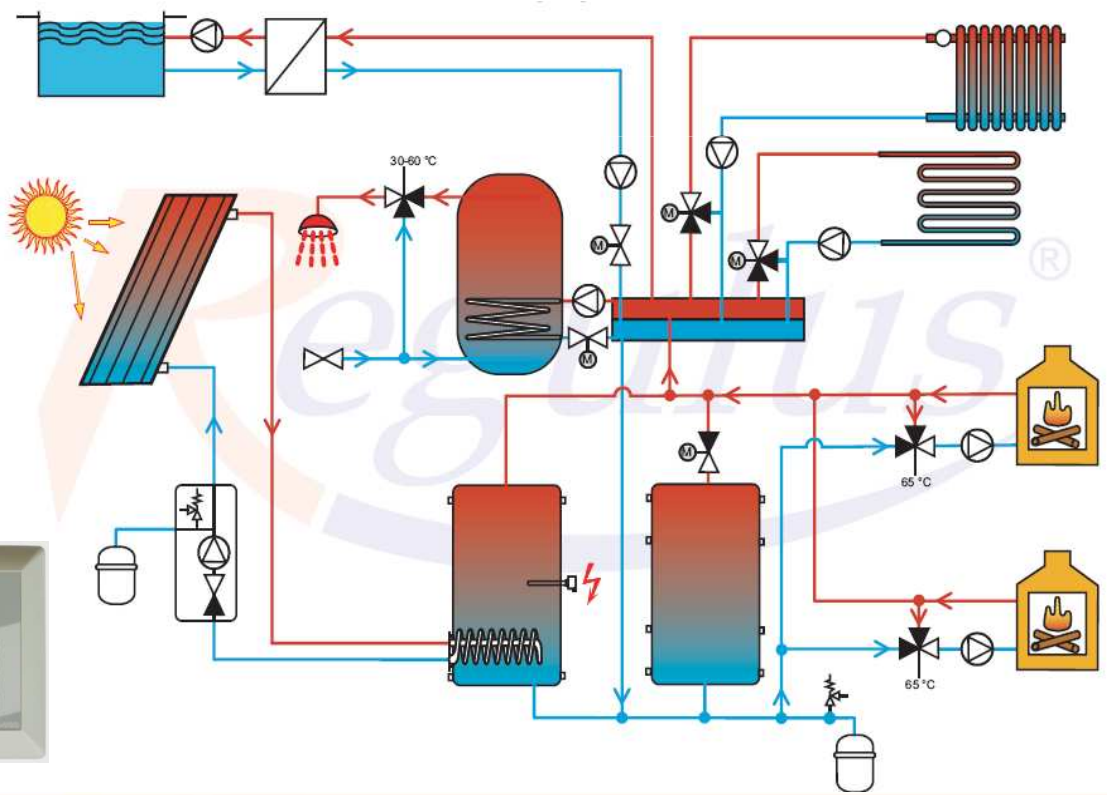
Diferenciální regulace

přesné řízení sepnutí čerpadla podle skutečného teplotního rozdílu mezi výstupem zdroje a akumulační nádrží – toto řešení znemožňuje nechtěné vychlazování akumulace při vyhaslém zdroji



Inteligentní regulátory pro kotle i solární systém

Pro regulaci složitějších soustav obsahující více zdrojů, či topných okruhů. Volba řízení jednotlivých topných okruhů (ekvitermní řízení, konstantní teplota, PID). U kotlů na tuhá paliva možnost řízení teploty vratné vody na požadovanou teplotu.



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Hlavní rozdíly zdrojů na biomasu a solárních soustav, které je při návrhu nutno řešit:

-**Rozdílné teploty** při kterých oba zdroje pracují efektivně (solární soustava v nízkých teplotách, kotle na biomasu při vyšších než 70°C)

-**Rozdílné požadované objemy** akumulace (u solární soustavy cca 70 l/1m^2 kolektoru, u zdrojů na biomasu cca 50 l/kW zdroje)

= oba rozdílné požadavky lze řešit volbou vhodného typu akumulační nádrže, návrhem zapojení jednotlivých vstupů a výstupů, volbou vhodného zapojení, apod.

Volba velikosti akumulační nádrže

Velikost (objem) akumulační nádrže se stanoví výpočtem na základě vstupních údajů a požadavků na provoz.

Vstupní údaje:

Tepelná ztráta objektu, nominální výkon kotle, tepelný spád otopné soustavy, velikost solárních kolektorů.

Požadavky na provoz:

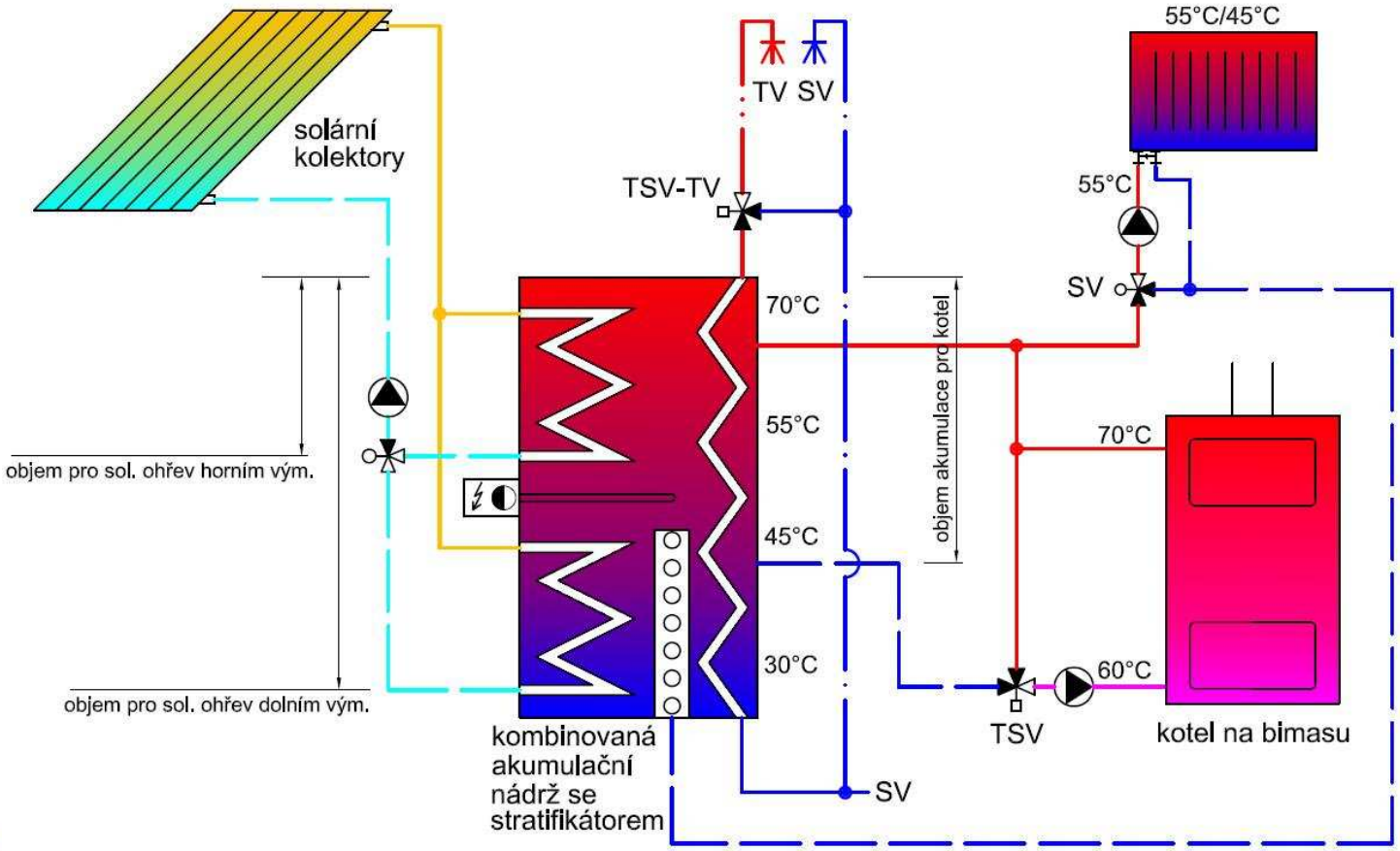
Počet násypek za den, doba bez přikládání, efektivní využití letních solárních přebytků.

Obvyklý objem: 800 – 3000 litrů.

Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Požadavek na podobný objem akumulace pro oba zdroje:

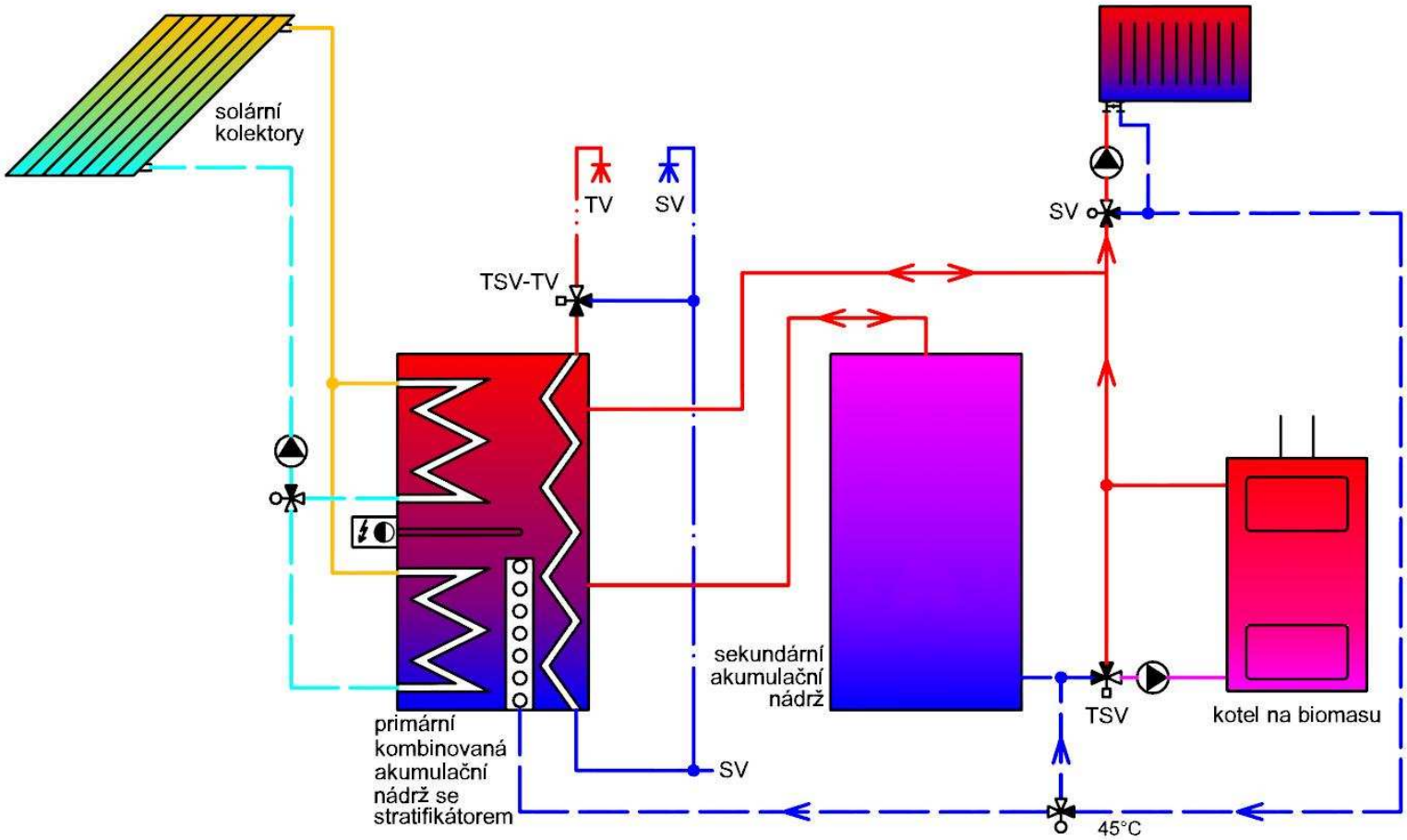
- je možné použít jednu akumulační nádrž, dbá se pouze na správné zapojení jednotlivých výstupů zejména vzhledem k předpokládaným teplotním vrstvám v akumulaci:



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Požadavek na různý objem akumulace pro oba zdroje:

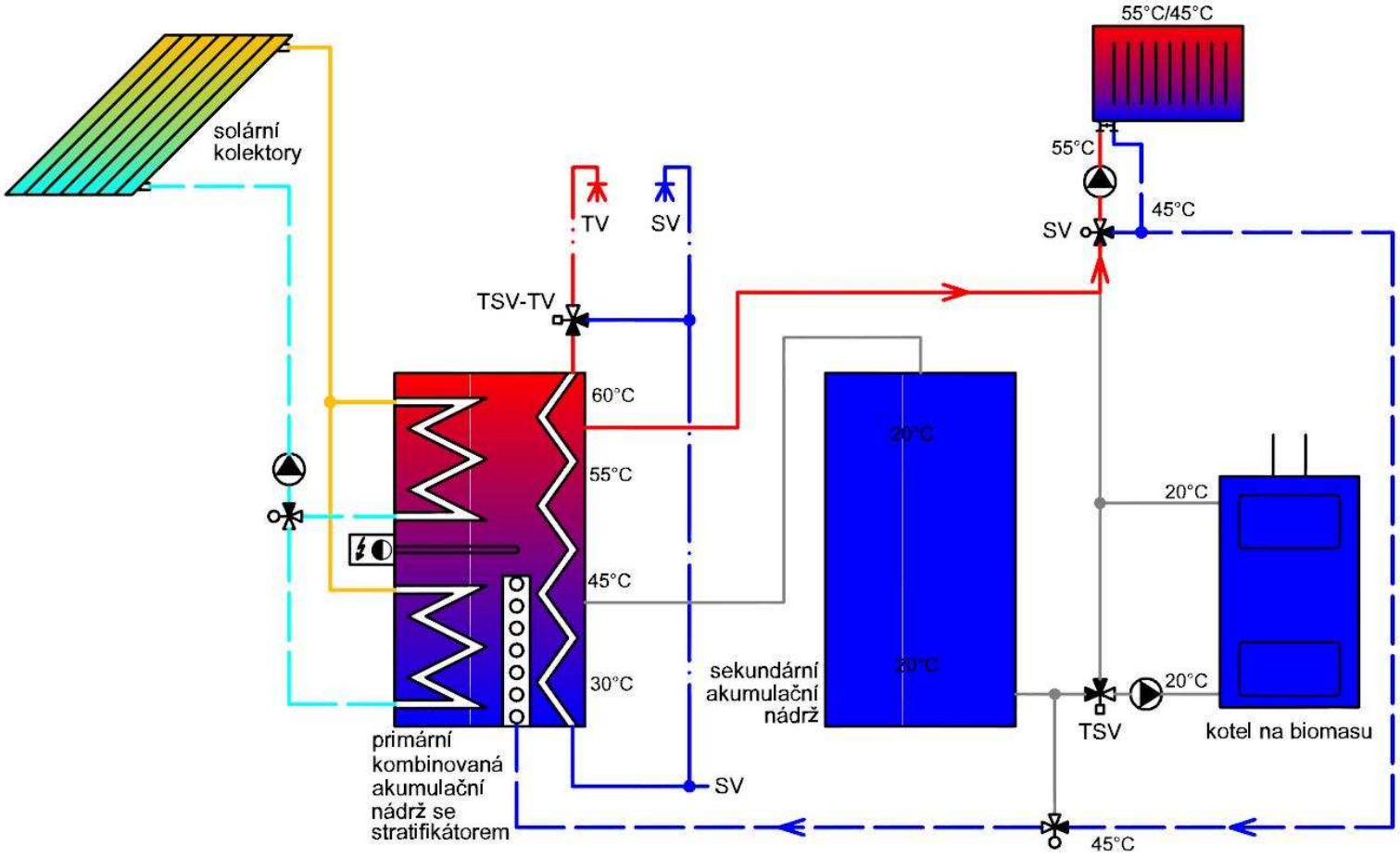
- nejčastěji se využije sérioparalelního zapojení dvou nebo více akumulačních nádrží:



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Provozní stavy 2 sérioparalelně zapojených nádrží

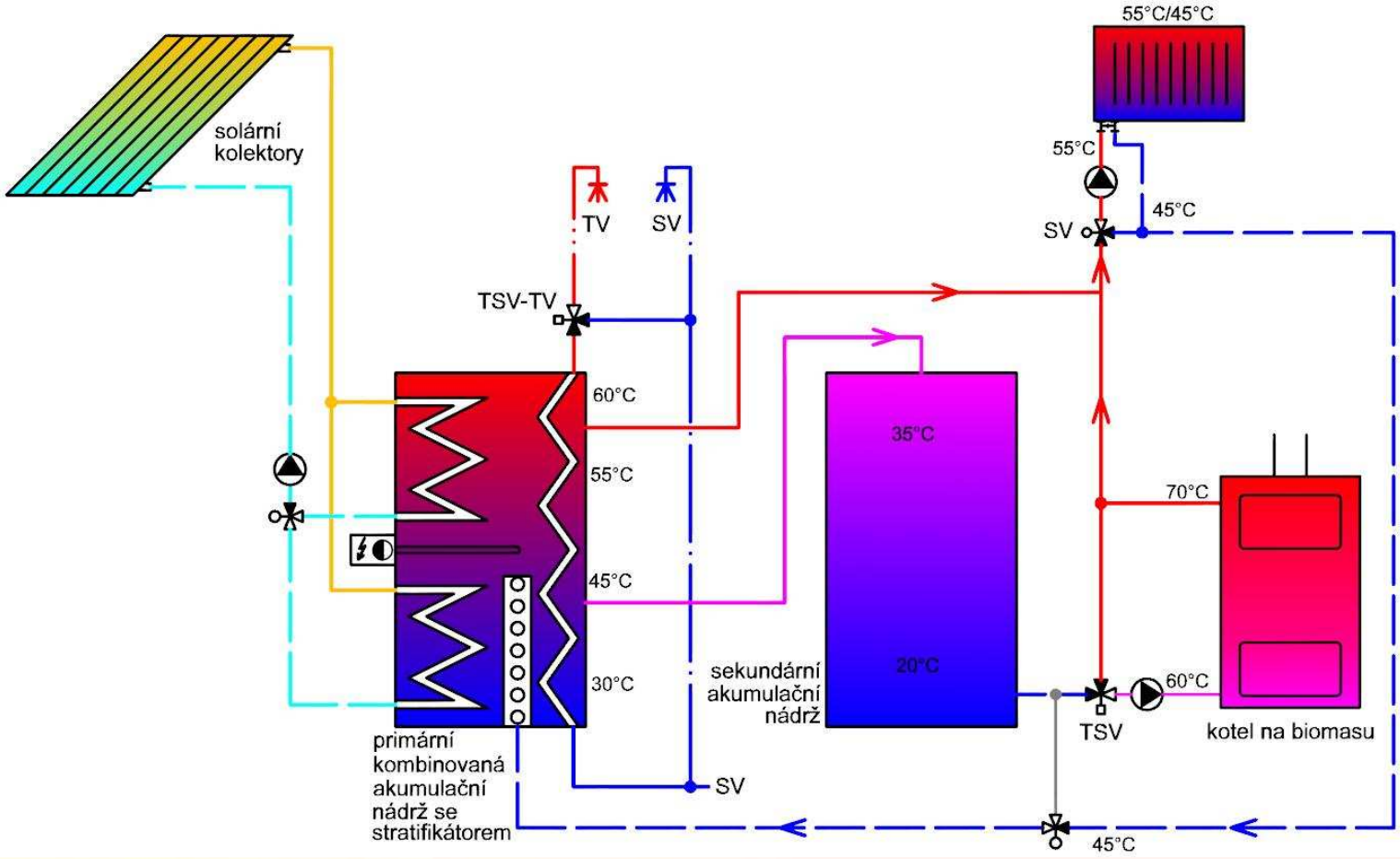
kotel nehoří, vytápění bivalentním zdrojem



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Provozní stavy 2 sérioparalelně zapojených nádrží

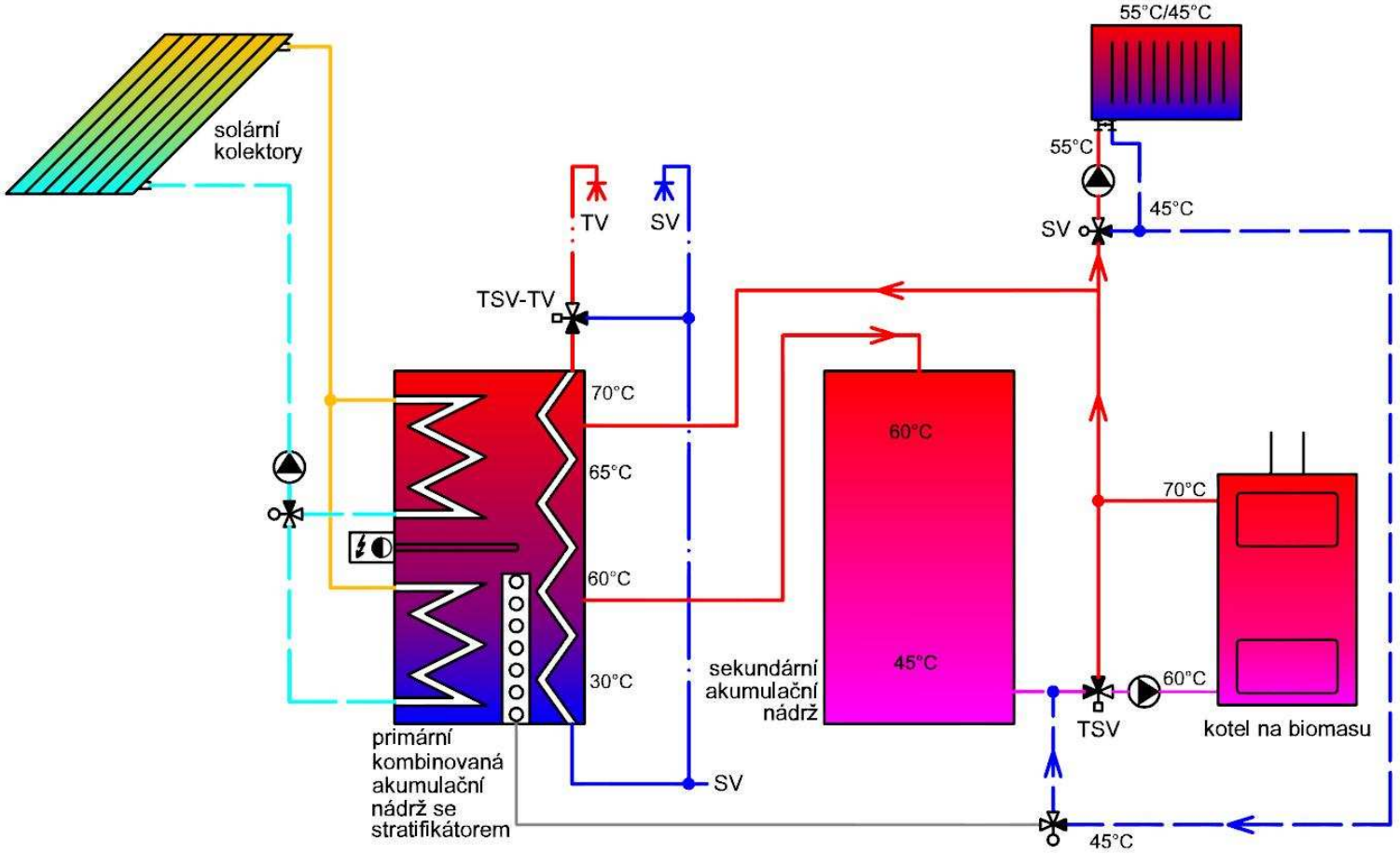
zátop kotle, bivalentní zdroj vypíná



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

Provozní stavy 2 sérioparalelně zapojených nádrží

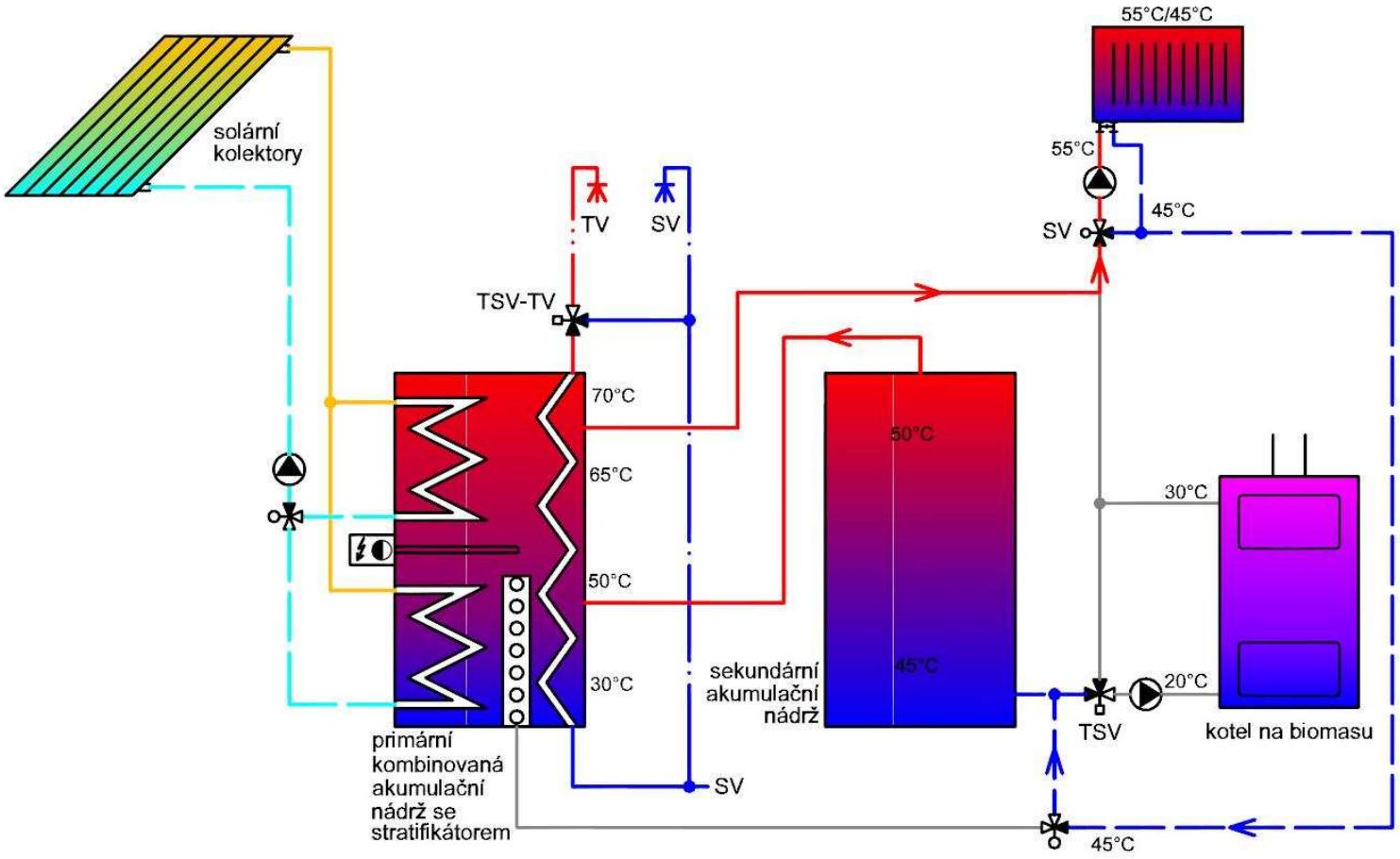
Kotel v nominálním výkonu vytápí a nabíjí akumulace



Kombinace solárních systémů s kotli na biomasu

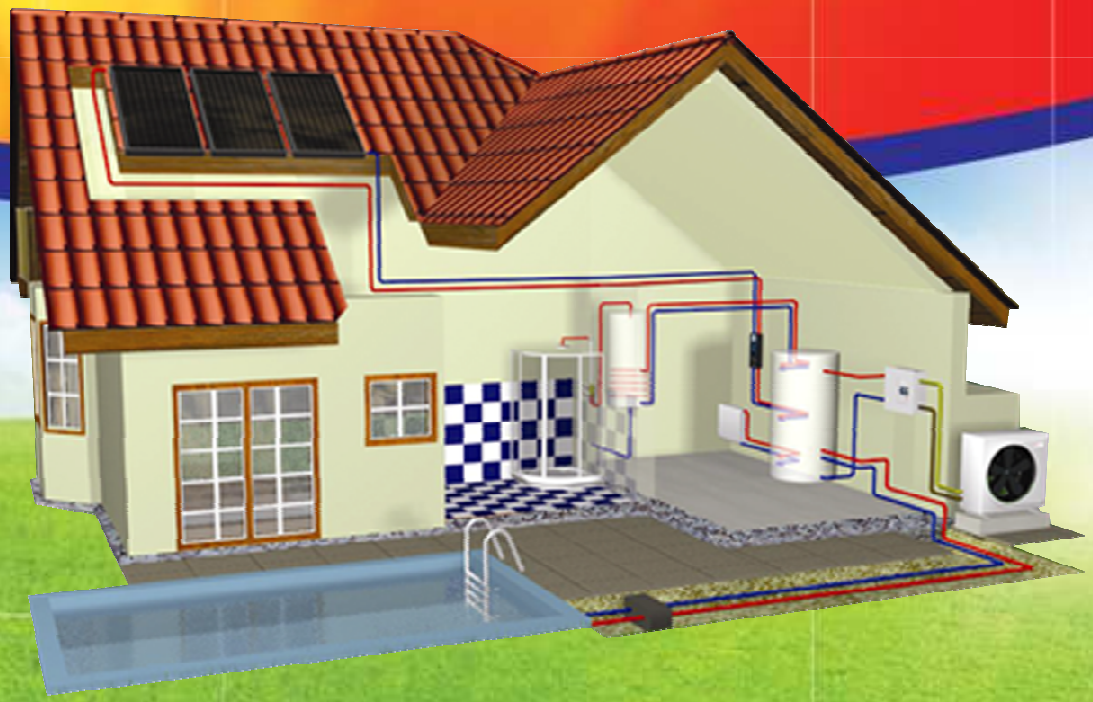
Provozní stavy 2 sérioparalelně zapojených nádrží

Kotel vyhasnul, vytápí se z akumulačních nádrží



Děkuji za pozornost

Jiří Kalina
E-mail: kalina@regulus.cz
Tel.: 244 016 911
www.regulus.cz



Regulus

CityPlan

Energetika a OZE v souvislostech

Ing. Ivan Beneš, CityPlan spol. s r.o.

Solární tepelné soustavy 2011 (Čechy)

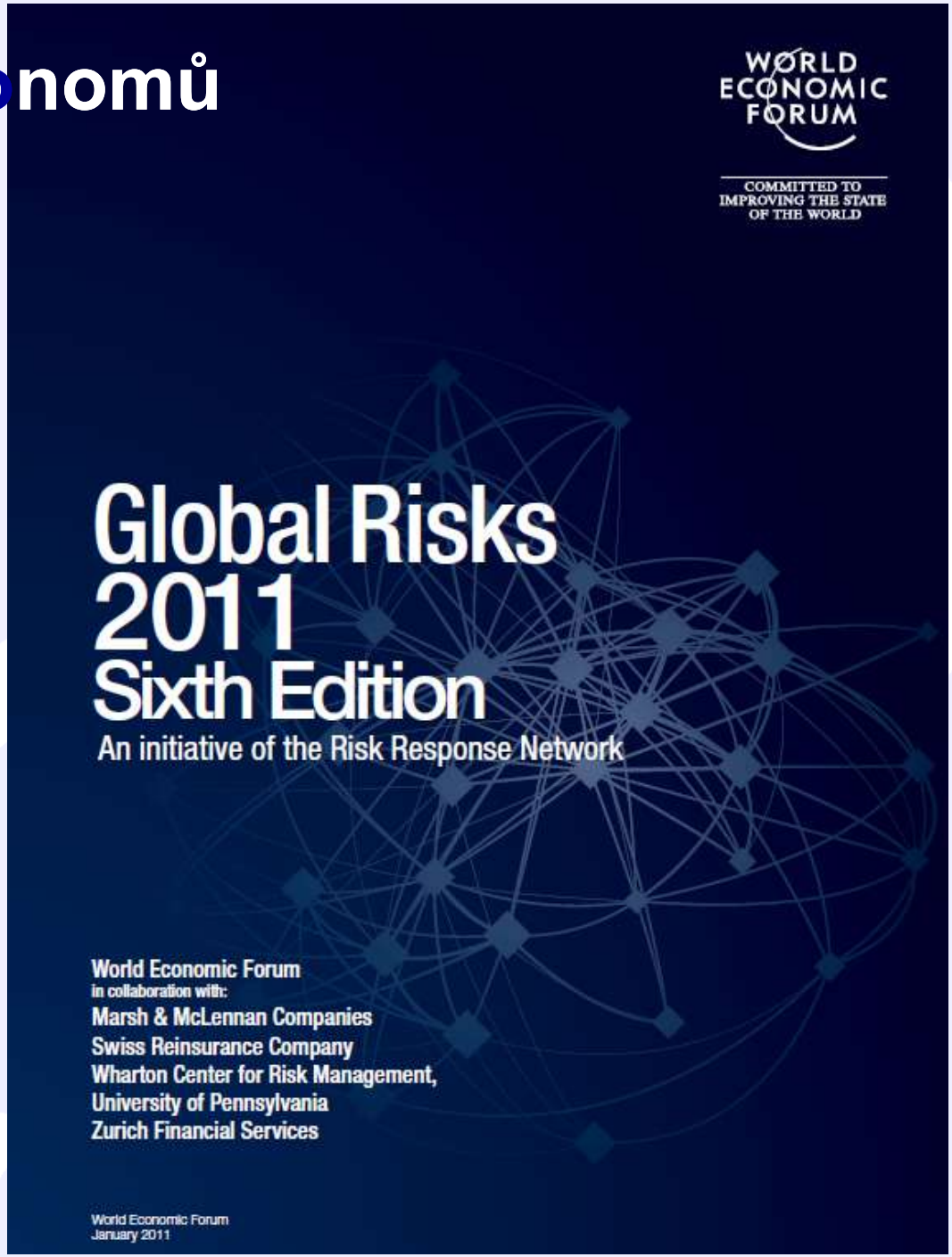
CTIV, Fakulta strojní ČVUT

Třeboň, 10.5.2011

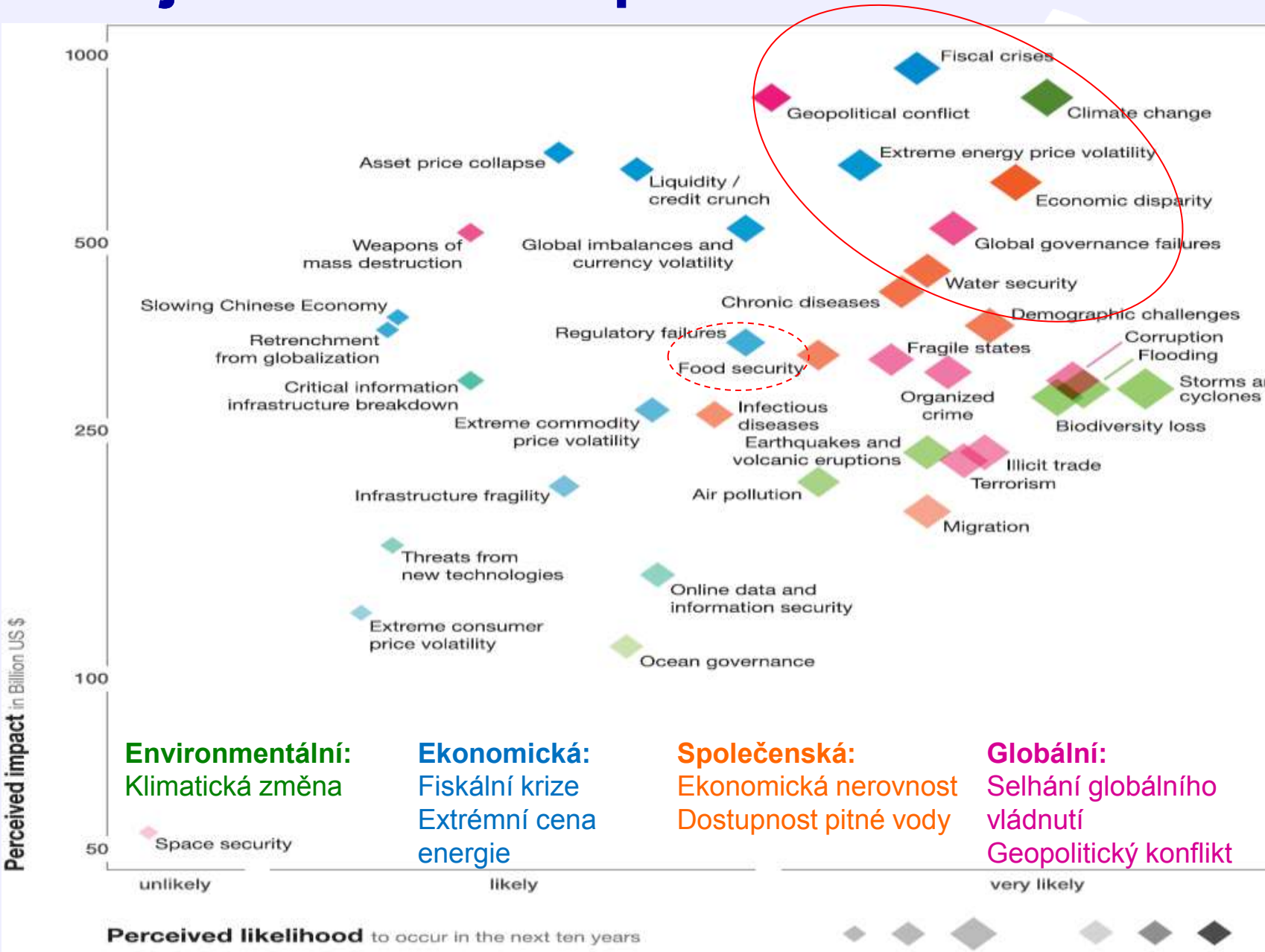
Obsah presentace

- Hlavní hrozby jímž budeme v příštích 10 letech čelit
- Celostní pohled na energetiku a energetickou bezpečnost
- Rozdíl mezi neobnovitelnou energií a OZE
- Nehrozí nám energetická krize ale ignorance faktů
- Jak přežít 21. století

Pohled ekonomů



7 největších rizik v příštích 10 letech



Environmentální:
Klimatická změna

Ekonomická:
Fiskální krize
Extrémní cena energie

Společenská:
Ekonomická nerovnost
Dostupnost pitné vody

Globální:
Selhání globálního vládnutí
Geopolitický konflikt

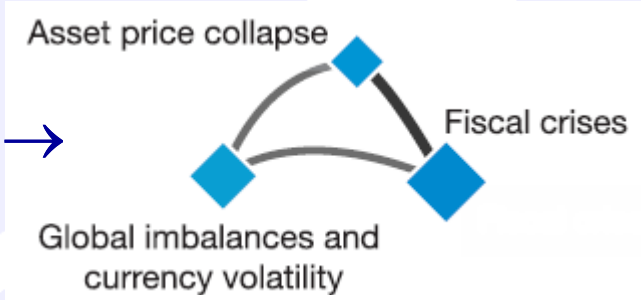
Zdroj: 2011 World Economic Forum

Vzájemné závislosti

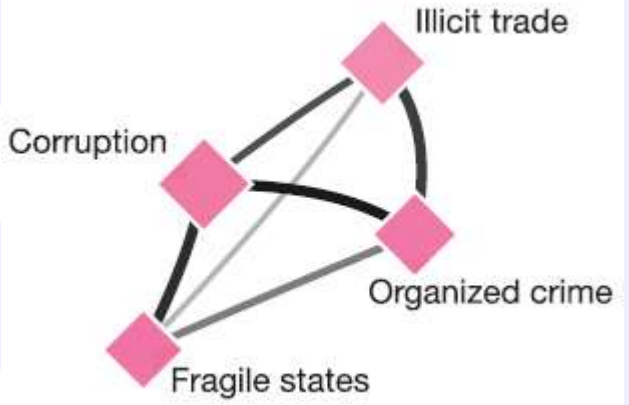
Zdroj: 2011 World Economic Forum

3 významné rizikové klastry

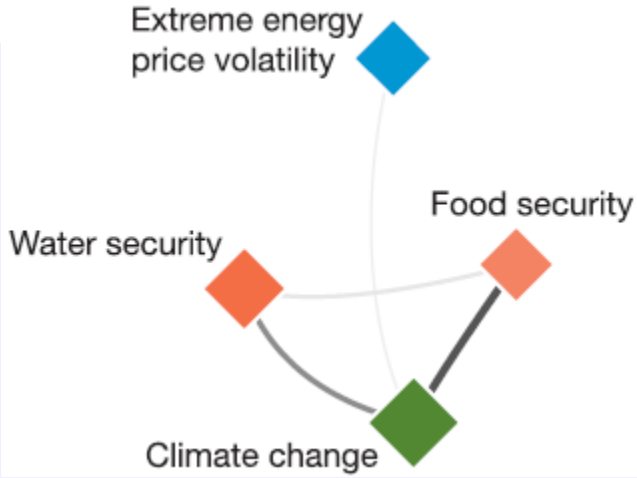
- Klastr ekonomické nerovnováhy →



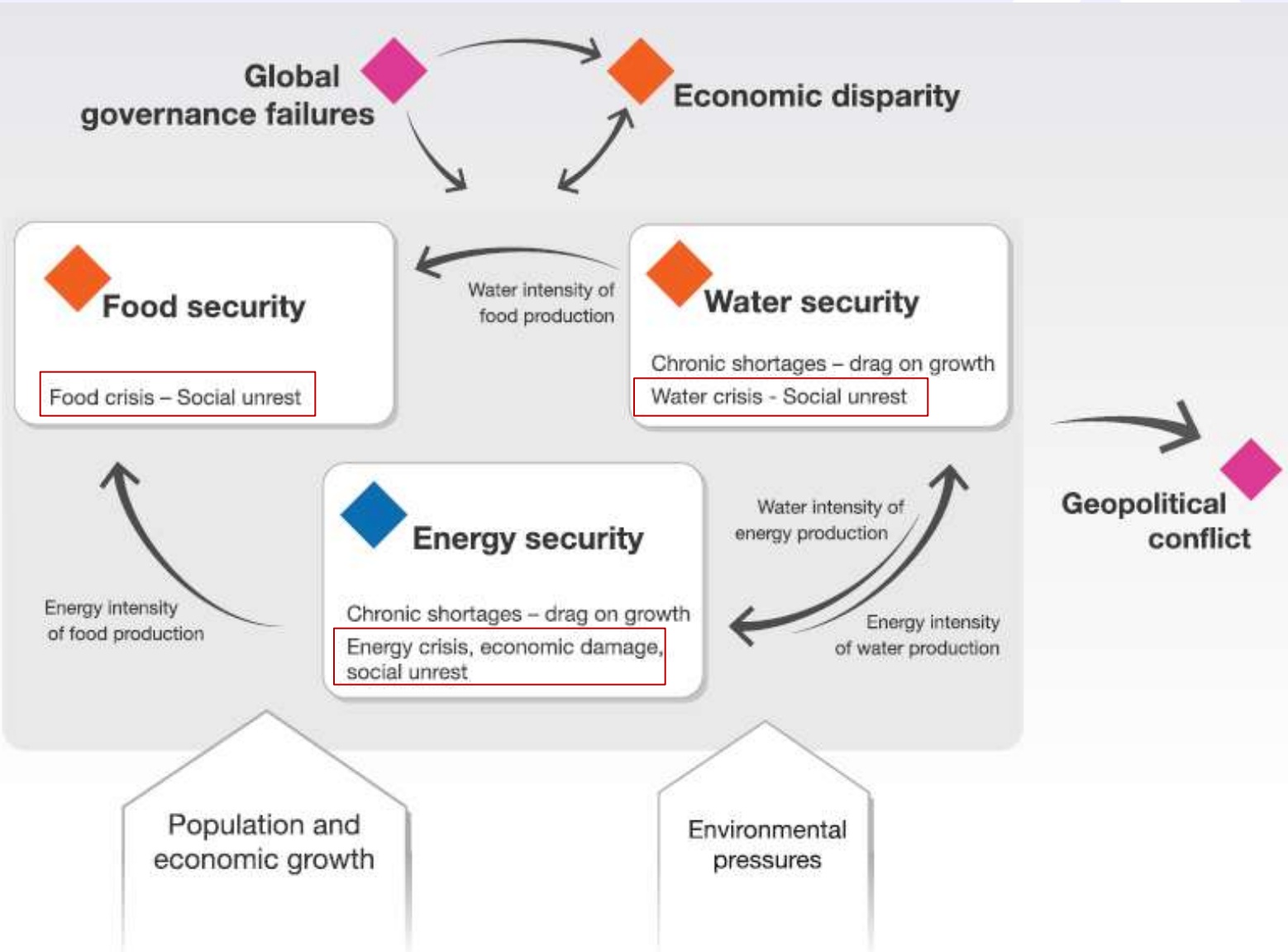
- Klastr nelegální ekonomiky →



- Klastr voda-potraviny-energie →

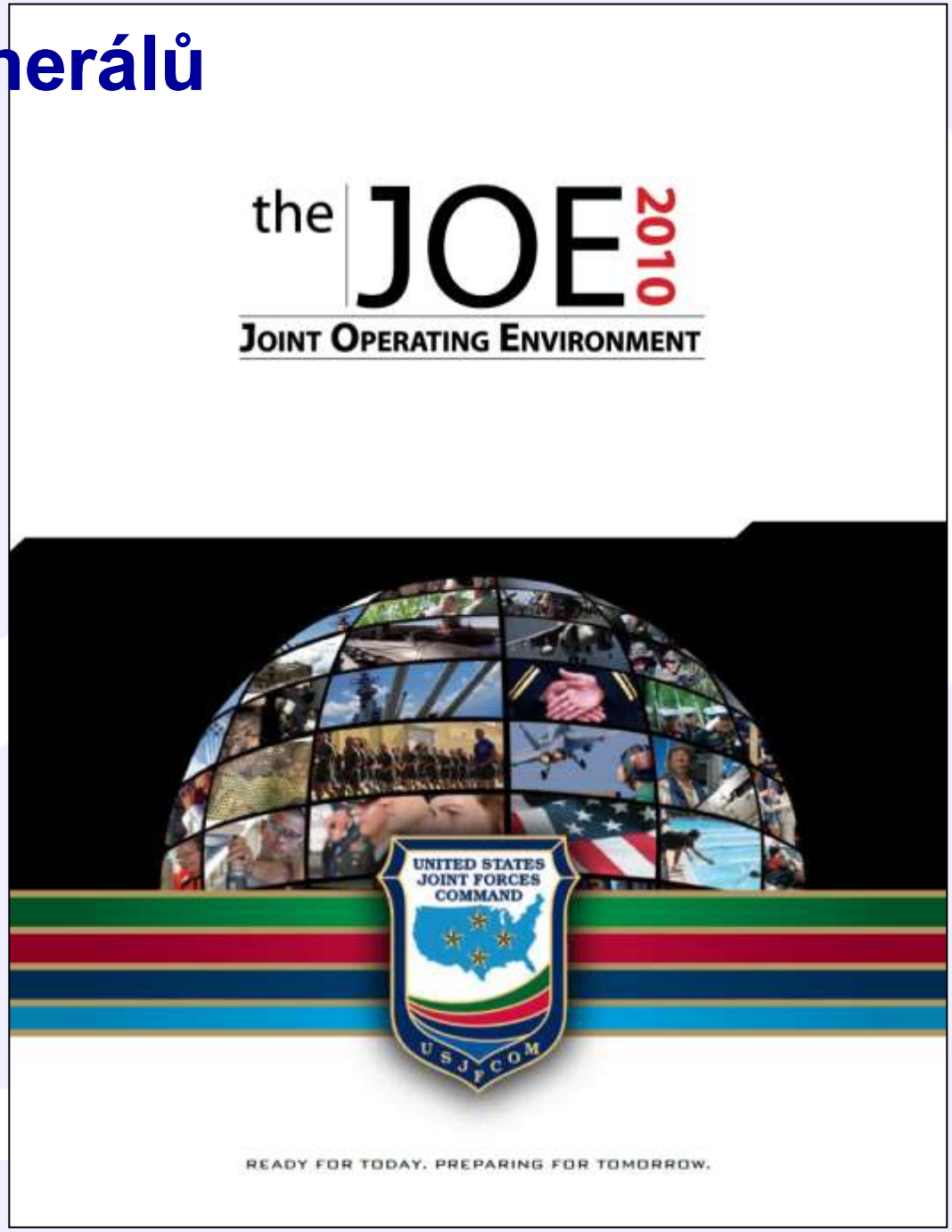


Klastr energie-voda-potraviny

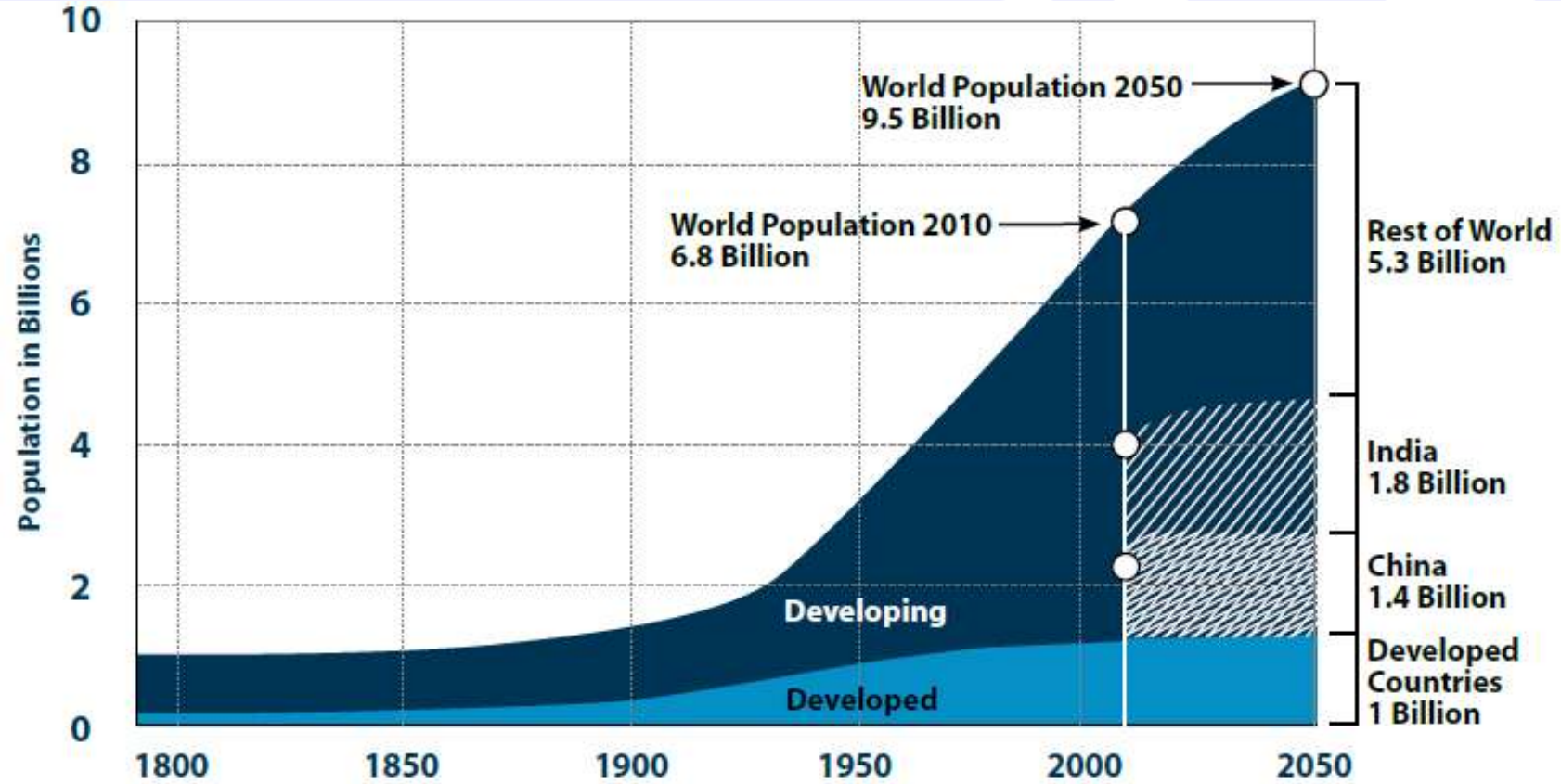


Zdroj: 2011 World Economic Forum

Pohled generálů



Konflikt rostoucí populace a disponibilních zdrojů (energie, vody potravin)



POPULATION TO 2050: DEVELOPED AND DEVELOPING WORLD

SOURCE: United Nations Population Reference Bureau

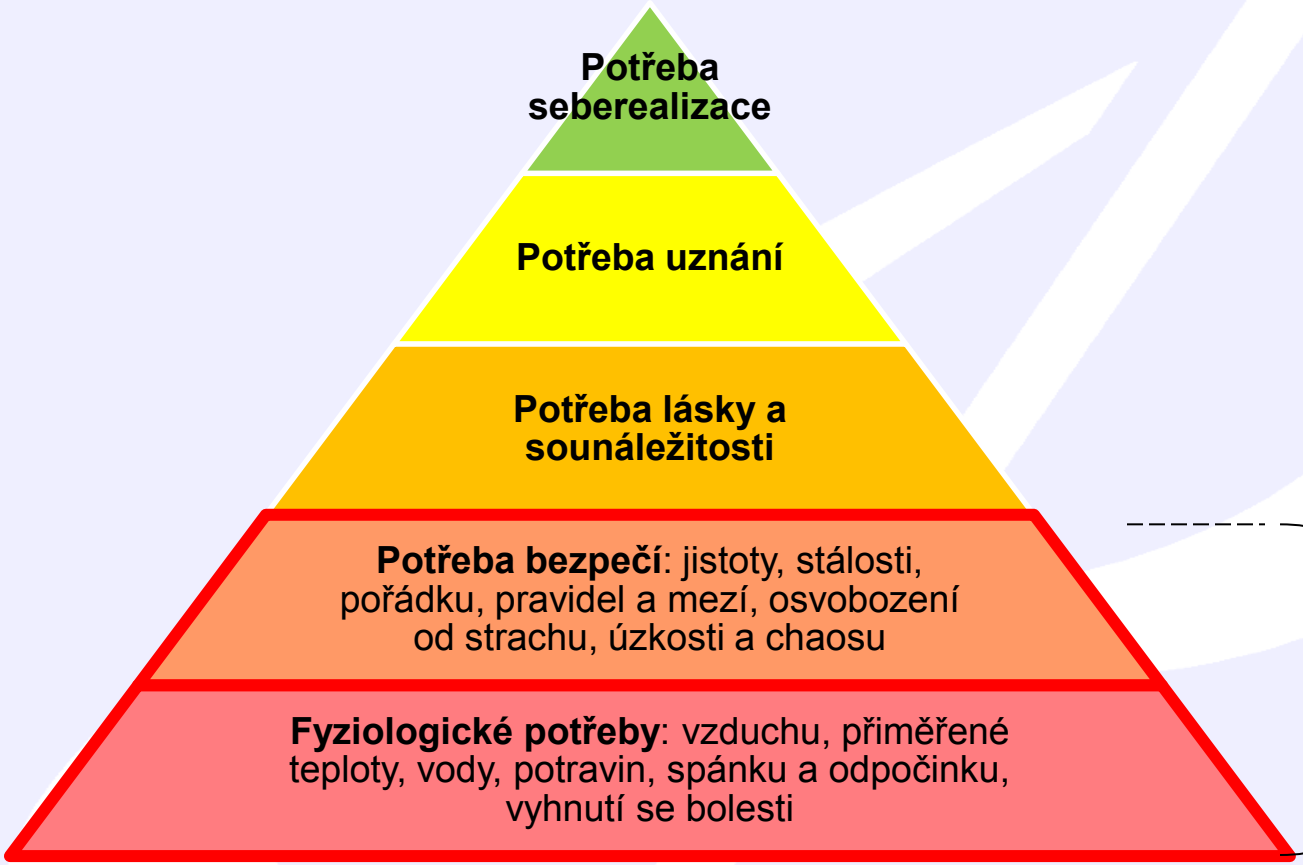
Energy and water summary podle zprávy U.S. Joint Forces Command

- Během příštích 25 let budou pro uspokojení energetických požadavků nebytné: uhlí, ropa a zemní plyn.
- V roce 2012 zmizí přebytek kapacity těžby ropy a v roce 2015 bude chybět denně 10 mil. barelů
- Investice do OZE a obnovený zájem o JE (před 11.3.2011) mohou zmírnit růst cen fosilní energie
- Jak se budeme blížit k roku 2030, bude ve světě vzrůstat riziko ohrožení zásobování vodou

Food summary podle zprávy U.S. Joint Forces Command

- V globálním světě s lokálním nedostatkem potravin bude hlavní problém v oblasti jejich distribuce
- Potravinová krize vedla v minulosti k hladomorům, vnitřním i vnějším konfliktům.
- V takových případech jsou mnozí lidé v oblasti dobře vyzbrojení a nebezpeční, což ztěžuje pomoc.
- V hladovějící zemi se potraviny stávají stejně důležité jako munice.
- Velké riziko je v zemích nejen s vysokým populačním růstem, ale i v zemích s nedostatek orné půdy, její desertifikací a nedostatkem dešťových srážek.

Zajištění základních potřeb v příštích 10 letech nebude vůbec samozřejmostí



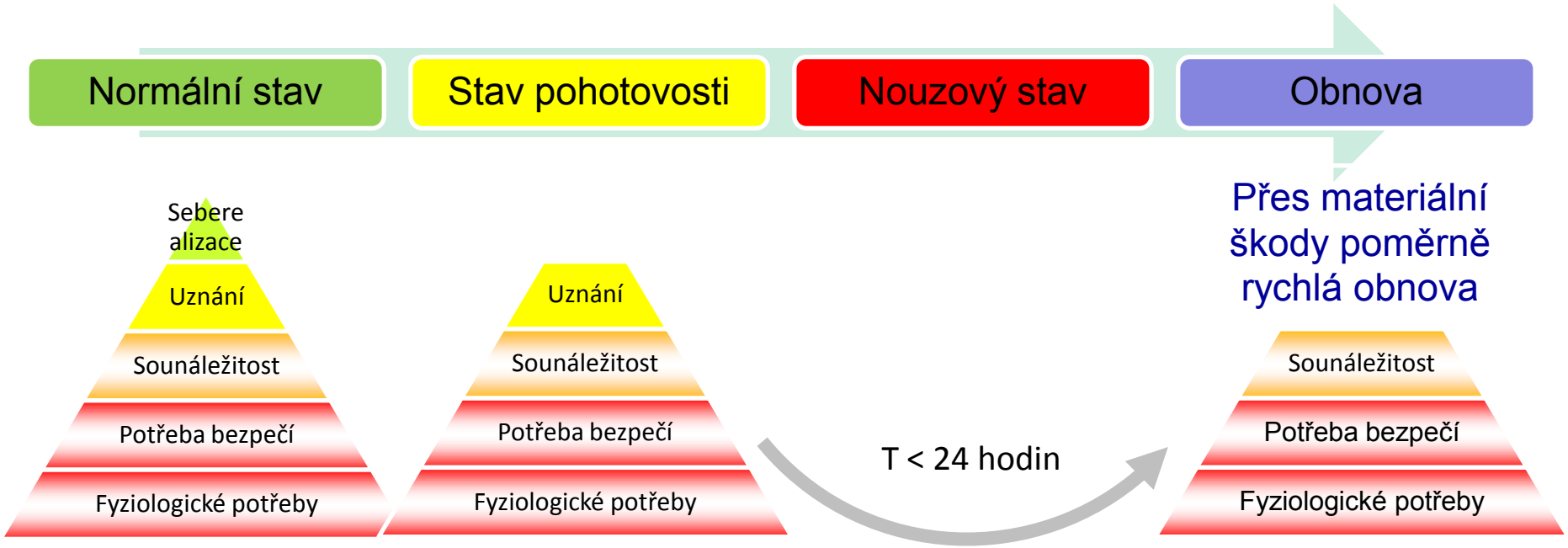
Základní potřeby pro přežití ⇔ základní role státu a cíle HOPKS

Abraham H. Maslow - hierarchie lidských potřeb

HOPKS = Hospodářská opatření pro krizové stavy Zák. 241/2000 Sb.

Zranitelnost komunity krátkodobou mimořádnou událostí

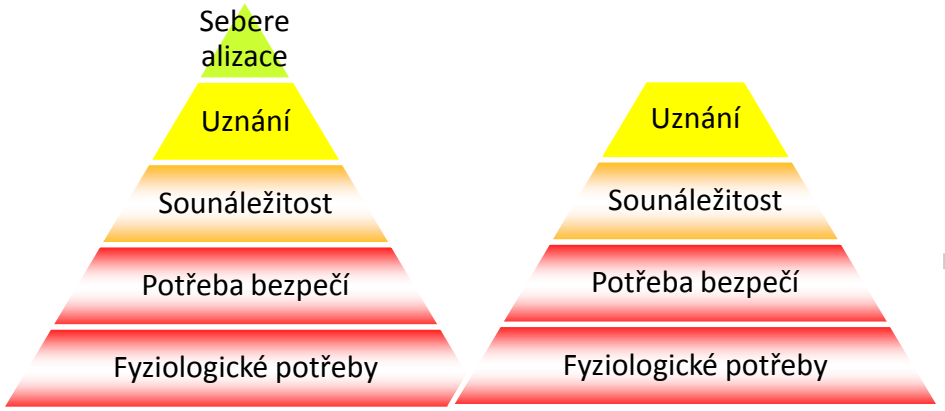
Blackout USA 2003, Itálie 2003, …



Zranitelnost komunity při déletrvající mimořádné události

Auckland (Blackout 1998), New Orleans (Katrina 2005), Haiti a Chille (zemětřesení 2010),…

Normální stav → Stav pohotovosti → Nouzový stav → Obnova



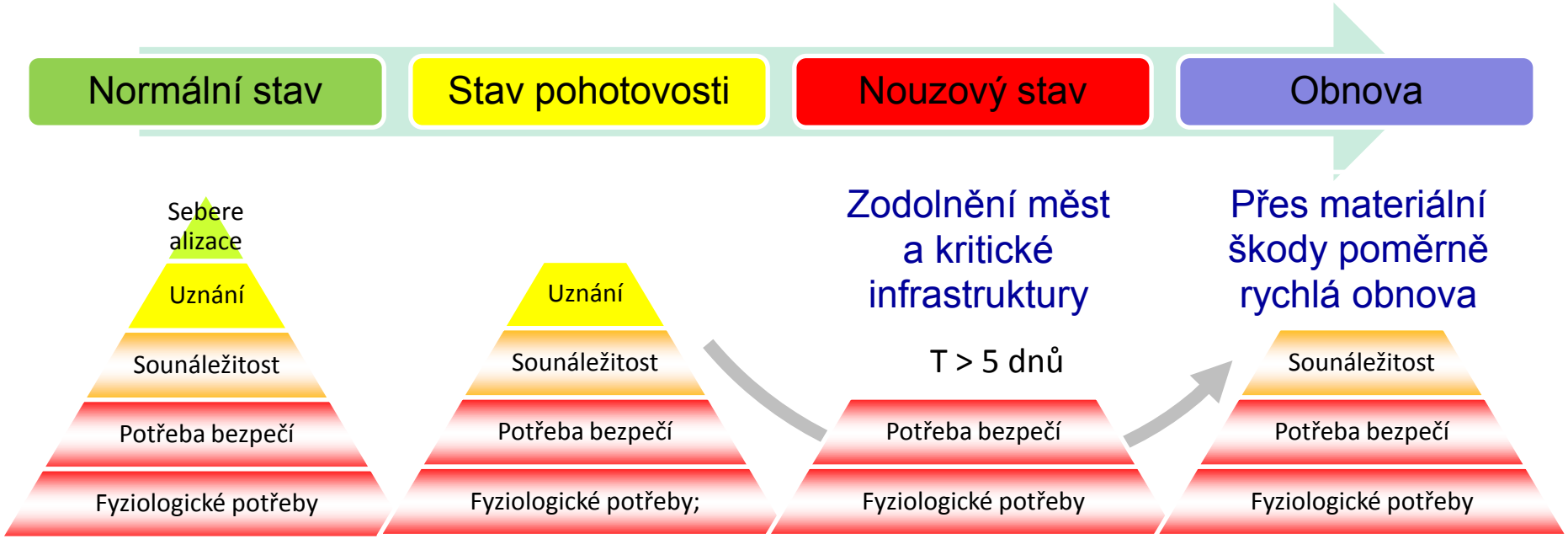
Domobrana

T > 5 dnů

Rozpad společnosti

(město ovládnou rabující gangy)

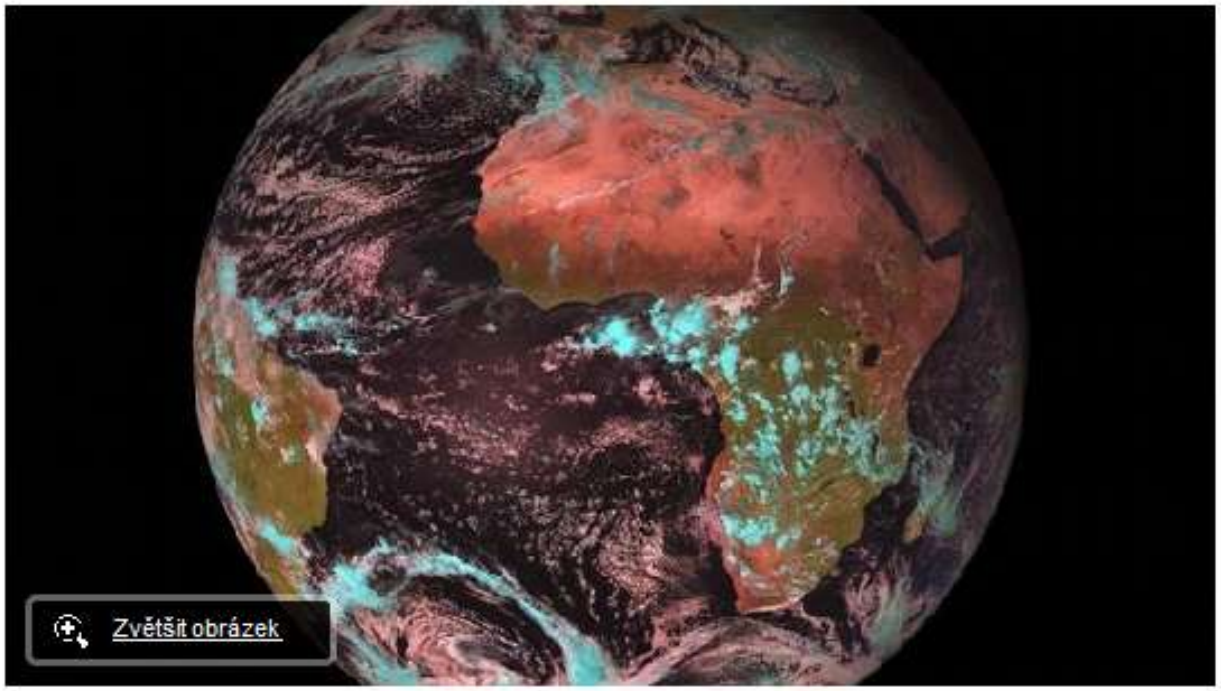
Cíl zvýšení odolnosti měst: vždy zachovat plnění alespoň základních potřeb obyvatel



Světu hrozí do roku 2030 nedostatek potravin, vody a energie, varuje vědec

S jednou krizí si svět poradí, ale co když se jich sejde víc? Hlavní vědecký poradce britské vlády, profesor John Beddington varuje, že kolem roku 2030 postihne lidstvo znásobený efekt několika krizí najednou, které budou souviset s nedostatkem potravin, pitné vody a energie. Profesor toto varování podle listu Guardian přednesl na konferenci o Udržitelném rozvoji ve Spojeném království.

John Beddington
Chief Scientific Adviser to the UK Government and Professor of Applied Population Biology at Imperial College London



▲ Snímek země z metosatu MSG-1

FOTO: ESA

neděle 22. března 2009, 17:27 - Londýn

"Dokonalá bouře", jak Beddington nazývá souběh krizí způsobených nedostatkem potravin, vody a energií, povede k vyvolání rozsáhlých nepokojů, které se budou šířit dál s

Komodští draci zabili muže
▶ Video

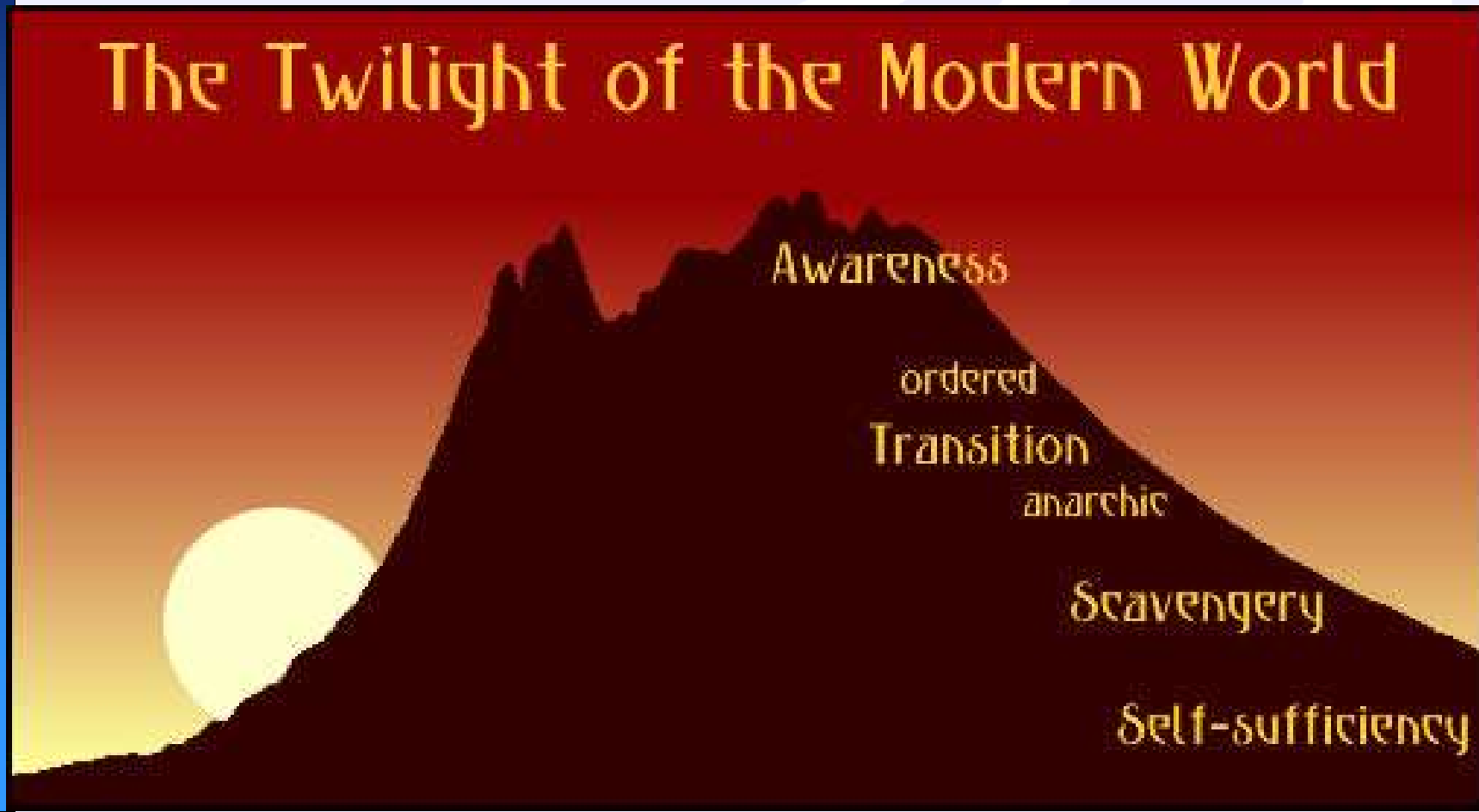
Svět » dnes 9 zpráv

REKLAMA
Suzuki bandit 65000 Kč
Autosedačka 1390 Kč
Aukro

Komerční sdělení
Založte si ING Konto. Vysoký úrok a peníze k dispozici kdykoliv.
Za účet, kartu, platby, ... Neplaťte za běžný účet! Smažte poplatky!
20 tisíc dětí má dovolenou zadarmo! Pouze u EXIM tours...
Likvidujeme zásoby.Parfémy a toaletní vody se slevou až 70%.

CityPlan

Nechceme být katastrofisty, ale vstup do postmoderního světa může být soumrakem naší civilizace ale i příslibem zrodu udržitelné společnosti



Obsah presentace

- Hlavní hrozby jímž budeme v příštích 10 letech čelit
- Celostní pohled na energetiku a energetickou bezpečnost
- Rozdíl mezi neobnovitelnou energií a OZE
- Nehrozí nám energetická krize ale ignorance faktů
- Jak přežít 21. století

Oprea Diana

CityPlan

Energetika a OZE v souvislostech

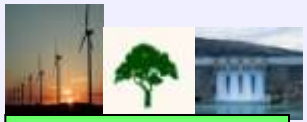
Celostní pohled na energetiku a bezpečnost

Energetická bezpečnost **uživatelů energie**

Bezpečnost **energetických transformací a dopravy energie**

Energetická bezpečnost **zdrojů primární energie**

Krizová situace nastává na konci vedení či potrubí



obnovitelné zdroje

jaderná fúze s bezdrátovým přenosem

7 000 000 000 roků

atomy, chemické a jaderné vazby

neobnovitelné zdroje

R/P: 85 roků

jaderná energie

R/P: 155 roků

uhlí

R/P: 67 roků

zemní plyn

R/P: 42 roků

ropa

fosilní zdroje

(sluneční energie z pravěku)

bydlení

doprava

terciér

zemědělství

průmysl

elektrárny

teplárny

rafinerie

potřeby lidí

Ekonomický, sociální, environmentální a bezpečnostní rozměr ⇒ udržitelný rozvoj

Ožehavé oblasti energetické bezpečnosti: sítě objekty

Nejdůležitější přírodní energetickou infrastrukturou je Slunce a Země

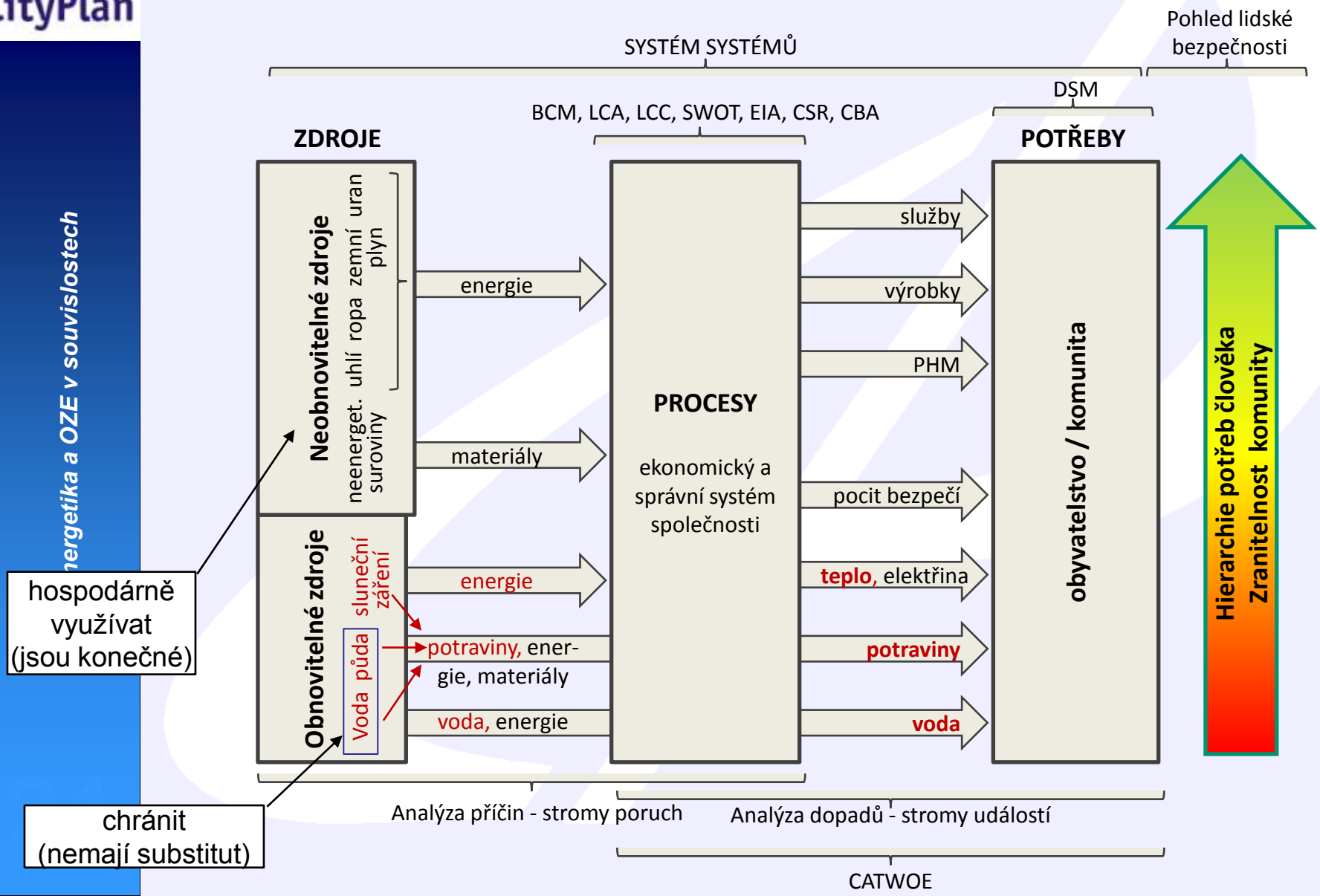
Jsme částečka Vesmíru,
Země nám půjčuje atomy,
Slunce nám dává energii

Infrastruktura nezbytná pro život je: **VODA** a **PŮDA , KTERÁ RODÍ**

Jediná infrastruktura, kterou nelze zničit, je **SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ**
O ostatní zdroje se vedly a vedou války

Ilustrace naší hmotné závislosti na Zemi a energetické na Slunci (Josip Kleczek)

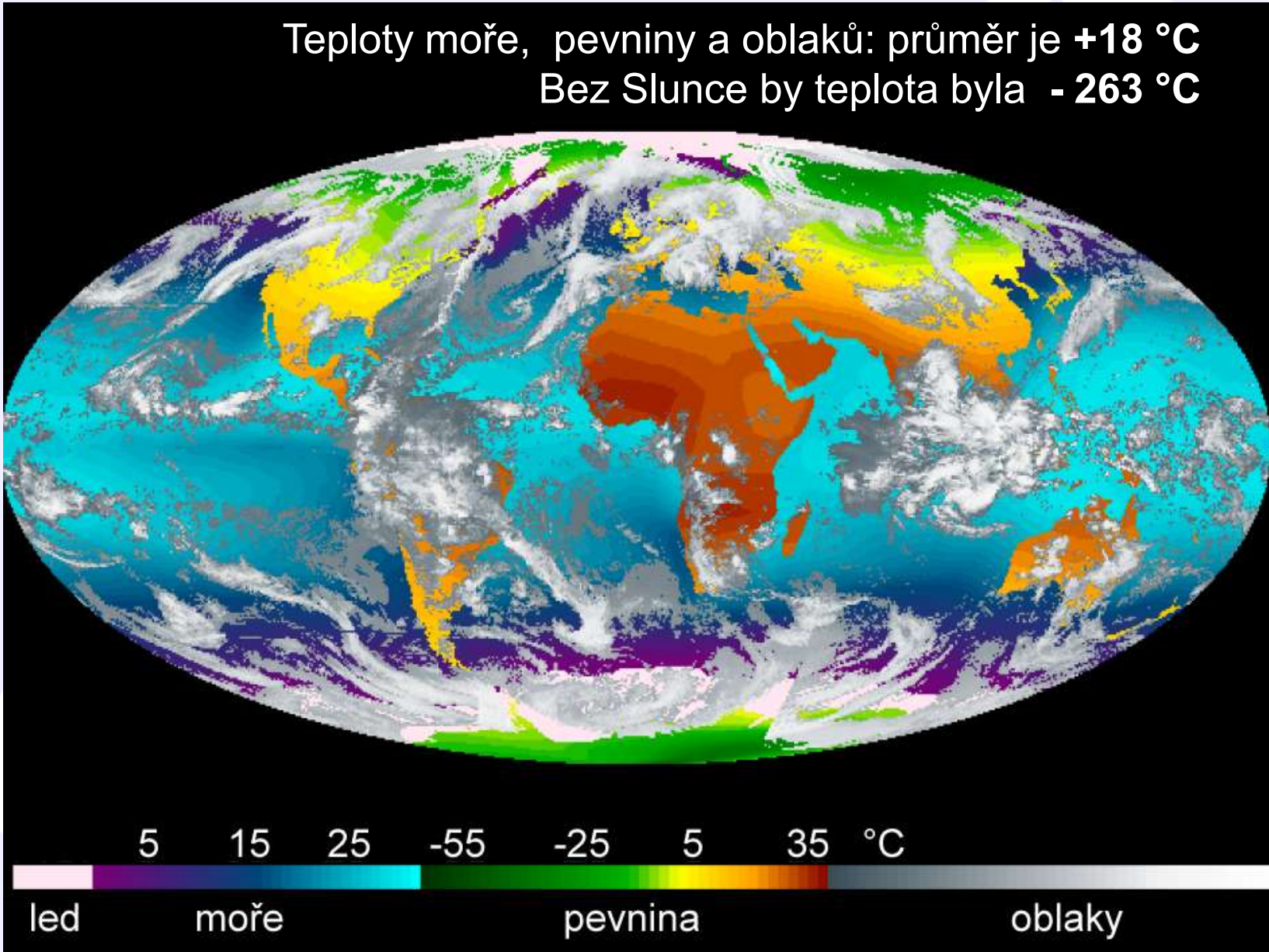
Celostní pohled na potřeby, zdroje a procesy



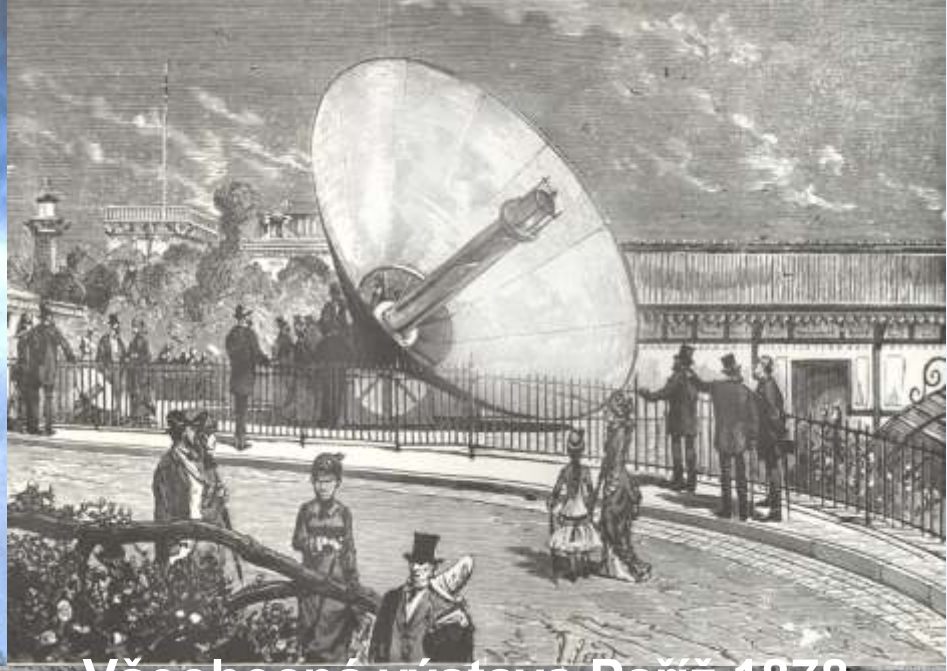
ergetika a OZE v souvislostech

Teplo povrchu Země je pohlcená sluneční energie

snímek z několika družic dne 26.1.1997 (NOAA)



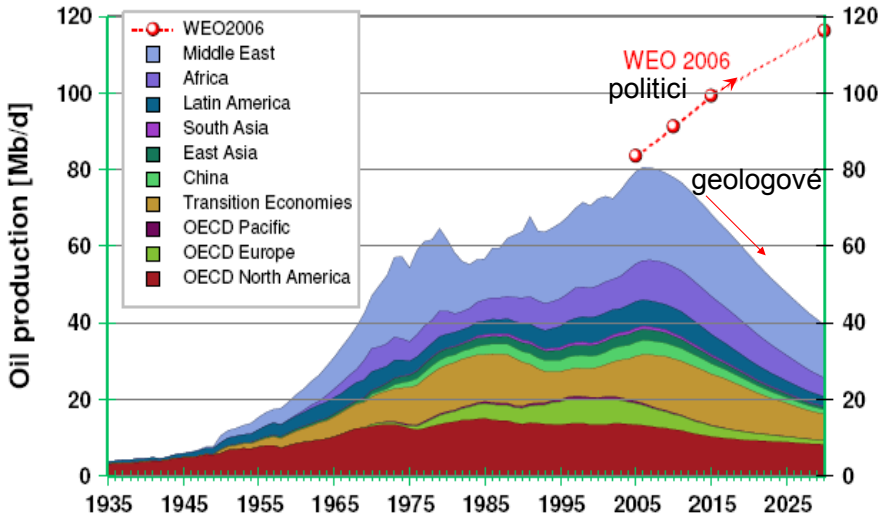
parogenerátor 88kW
Nová technologie?

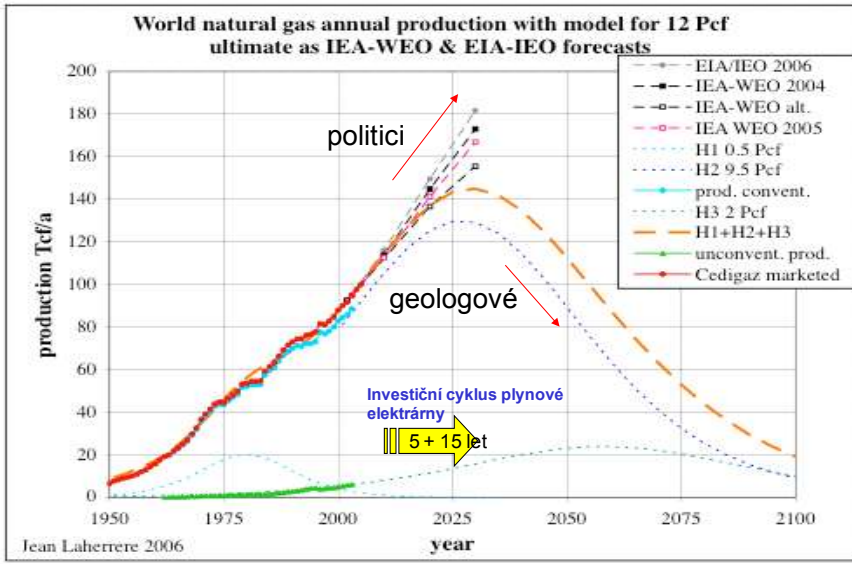


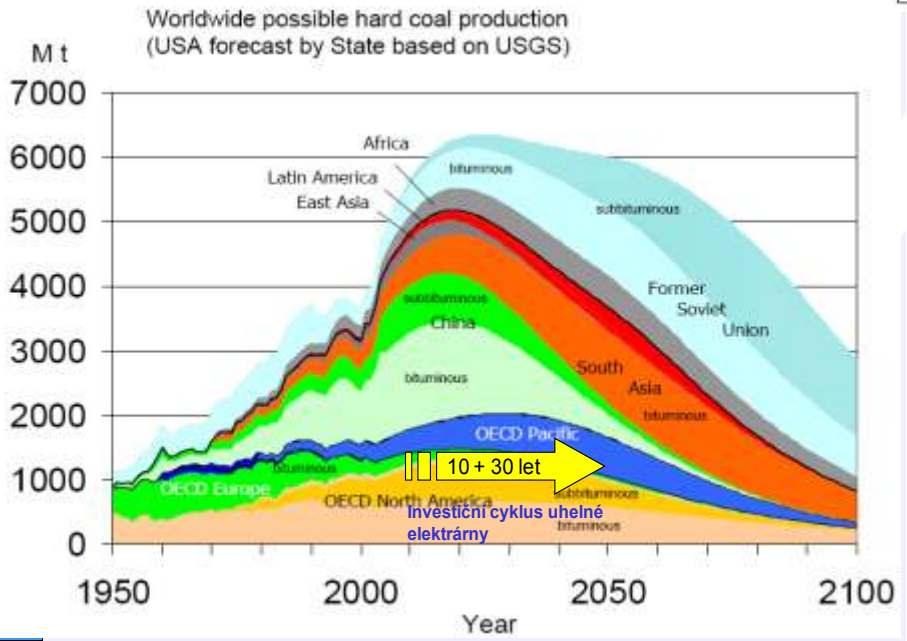
Všeobecná výstava Paříž 1878

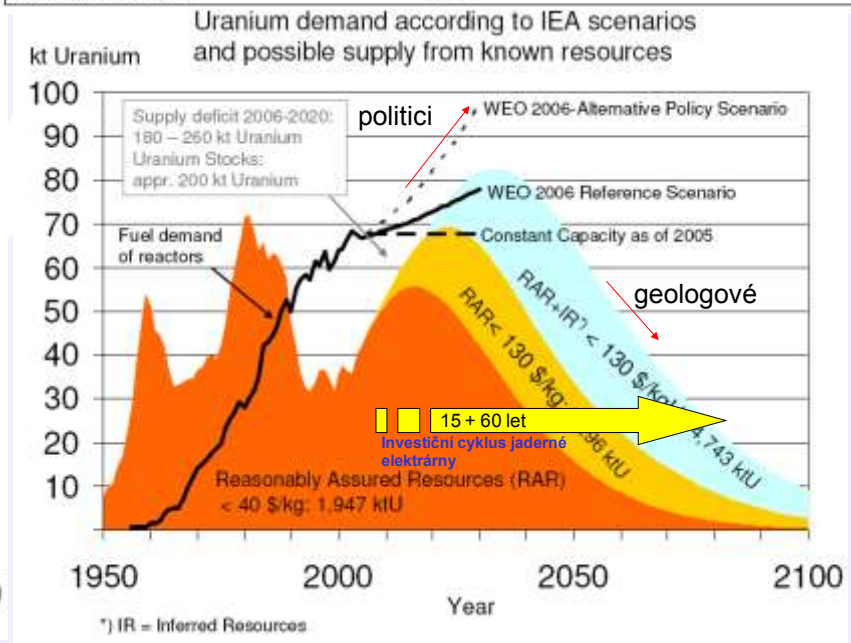
Augustin Mouchot

V tomto století pocítíme nedostatek fosilních paliv i uranu

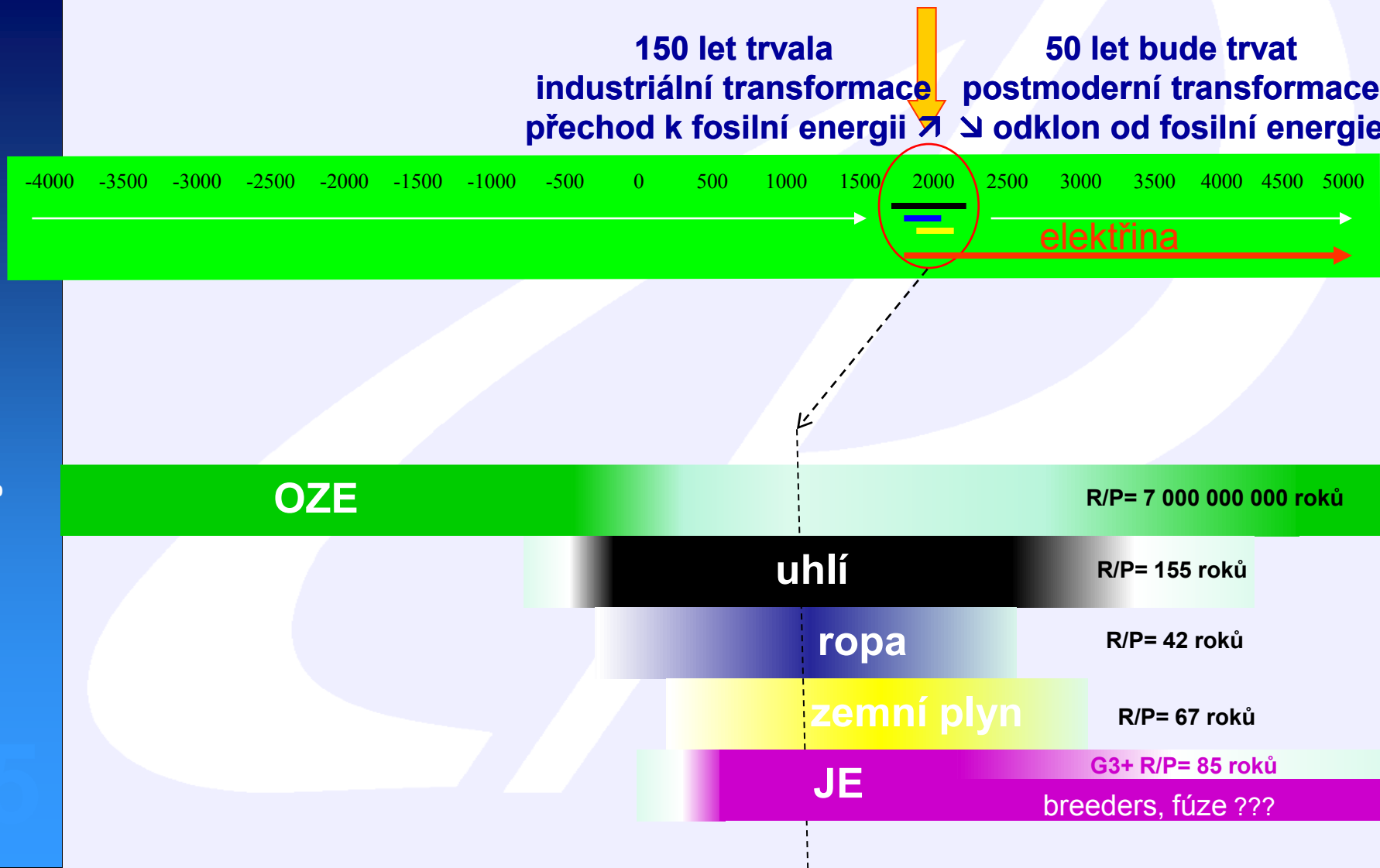








Co po fosilních palivech? JE G3 (G3+) jsou z dlouhodobého pohledu jen epizoda



Obsah presentace

- Hlavní hrozby jímž budeme v příštích 10 letech čelit
- Celostní pohled na energetiku a energetickou bezpečnost
- Rozdíl mezi neobnovitelnou energií a OZE
- Nehrozí nám energetická krize ale ignorance faktů
- Jak přežít 21. století

Dilema: Ředit koncentrovanou, versus koncentrovat rozředěnou energii

Řízené uvolnění energie

Neřízené uvolnění energie umožňuje vojenské zneužití

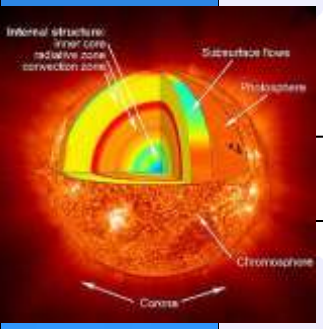
Koncentrovaná neobnovitelná energie

Fosilní energie ⇨chemická reakce ⇨

… ale také ⇨

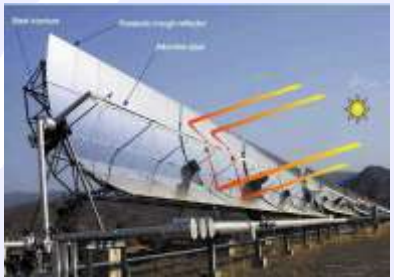
Jaderná energie ⇨řetězová reakce ⇨

… ale také ⇨



Jaderná sluneční energie je cestou k zemi rozředěna …

Sluneční energie ⇨koncentrace ⇨



… proto ji nelze vojensky zneužít jako ZHN (WMD)

Klasické výbušniny lze detekovat snadno, jaderné nikoliv

1 kg štěpného materiálu může uvolnit energii o síle 10 kt TNT

Kobercový nálet (Drážďany)

Little Boy (Hirošima)
15 000 tun TNT

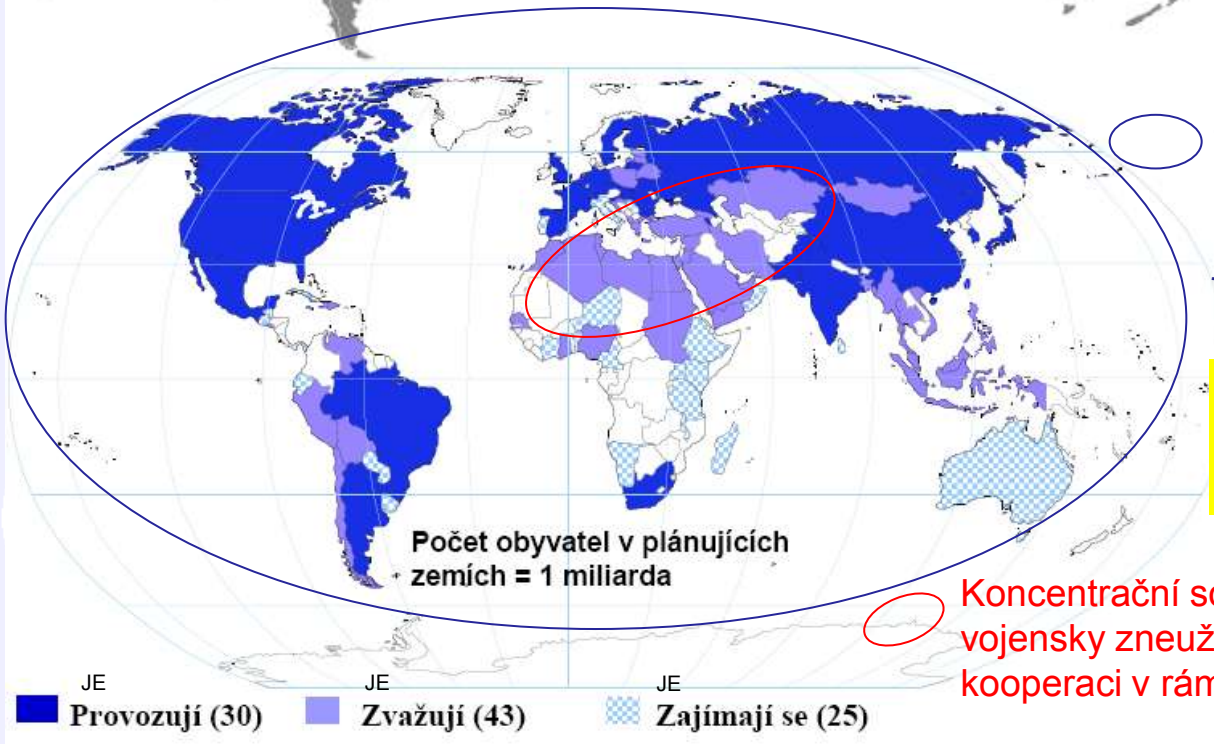
Fat Man (Nagasaki)
21 000 tun TNT

TNT
2 000 x

=

6 kg Pu_{239} je nemožné detekovat špionážními satelity

Rozvoj jaké energetiky je pro nás geopoliticky bezpečnější?

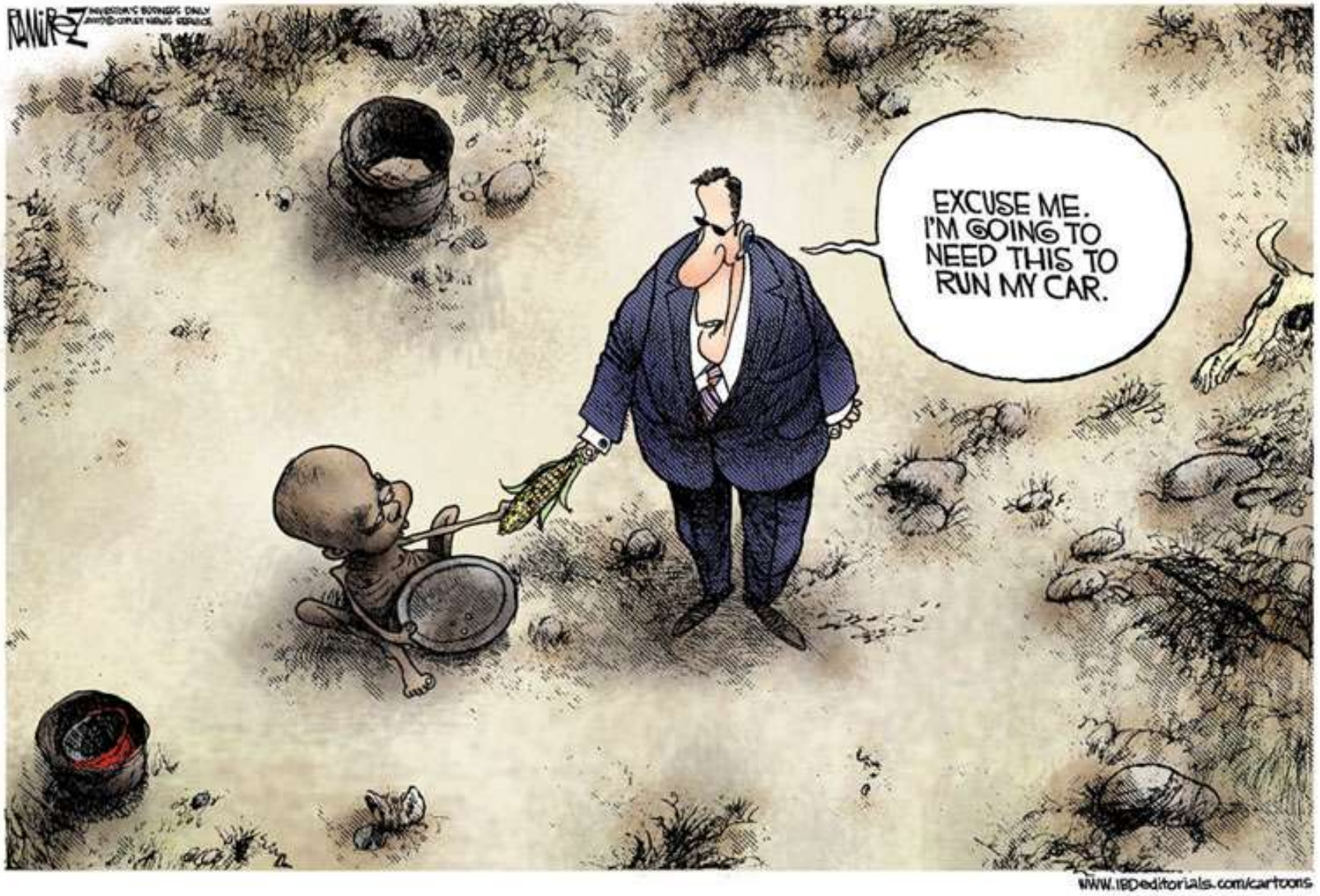


Jaderná energetika je perspektivní technologií, ale kvůli možnosti zneužití jen pro sjednocené a kooperující lidstvo.

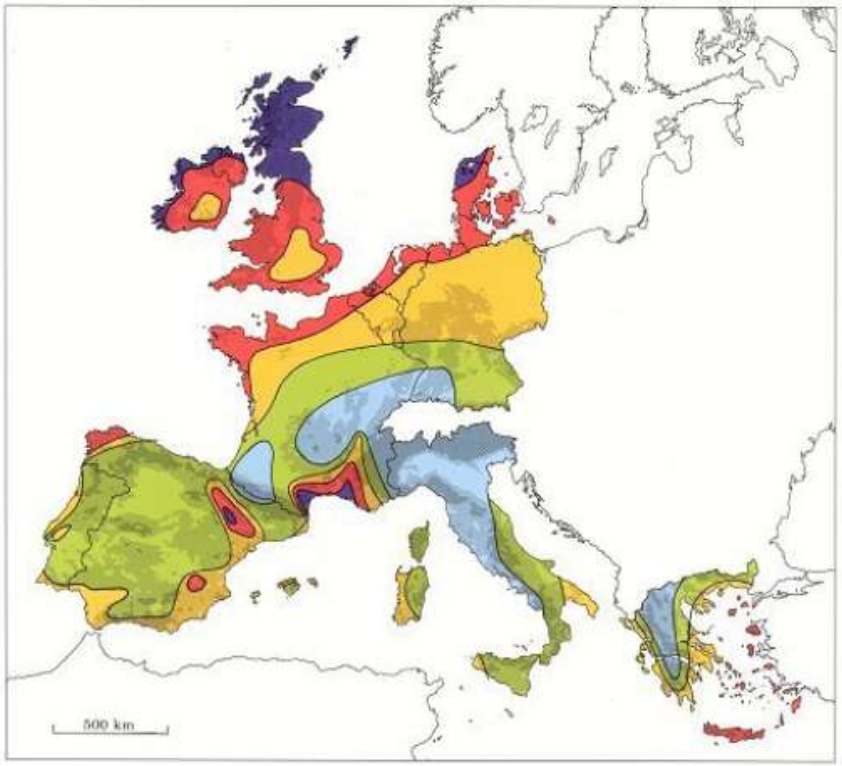
Schizofrenie rozvinutých zemí : konflikt byznysu a bezpečnosti

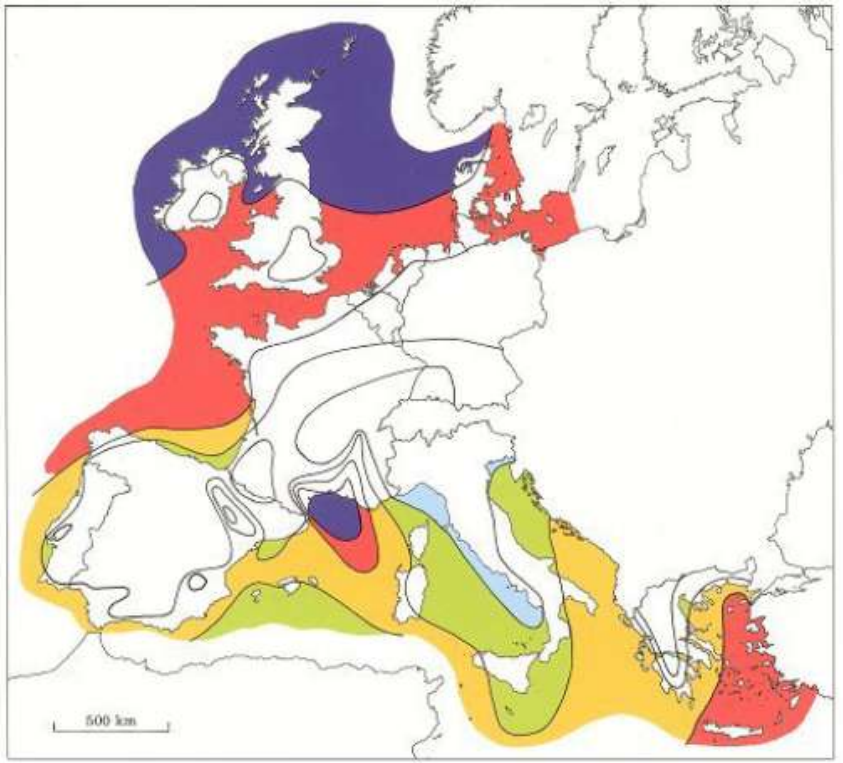
Koncentrační solární technologie nelze vojensky zneužít. Vyžadují však kooperaci v rámci Unie pro Středomoří

Biomasa to nevyřeší



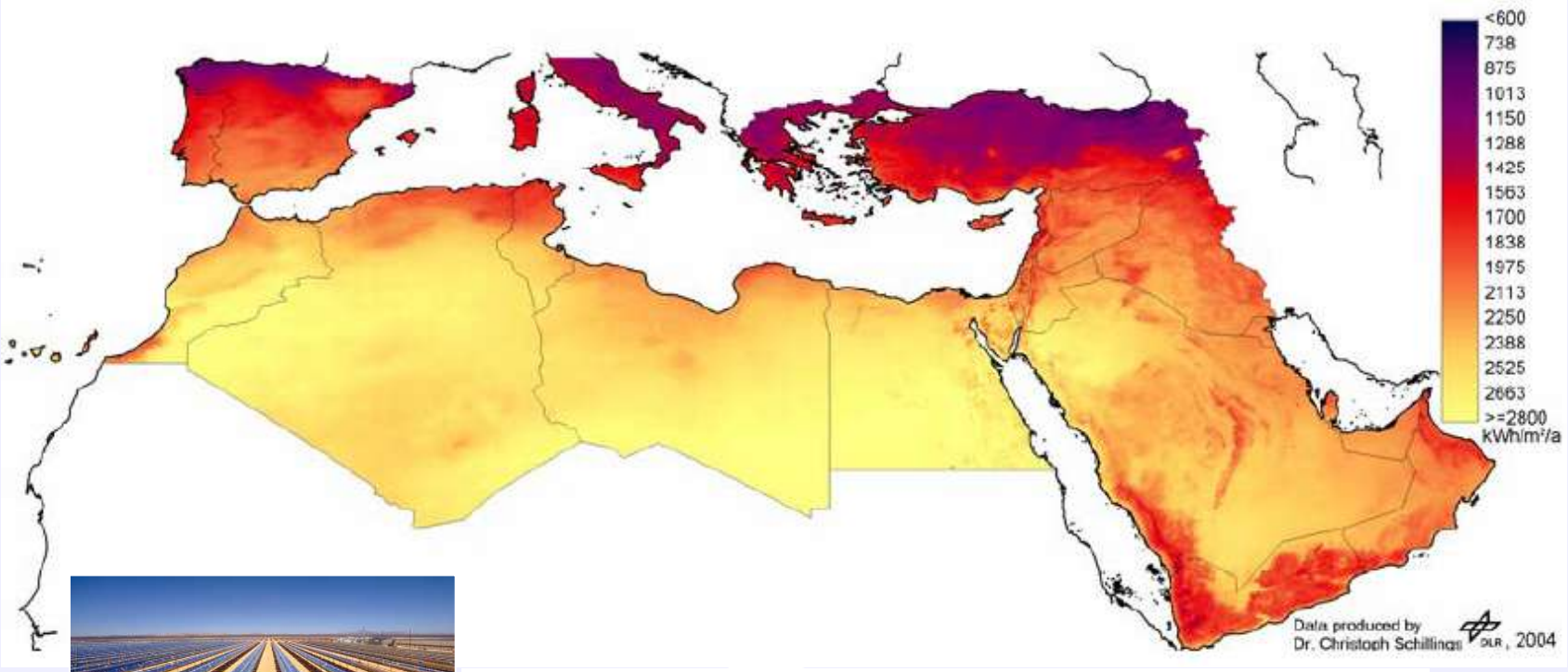
Víme, kde je „Gulf of the future“ pro Evropu





	Protected Terrain $m\,s^{-1}$	Open Plain $m\,s^{-1}$	Coast $m\,s^{-1}$	Offshore $m\,s^{-1}$	Mountains and Crests $m\,s^{-1}$
	> 6.0	> 7.5	> 8.5	> 9.0	> 11.5
	5.0-6.0	6.5-7.5	7.0-8.5	8.0-9.0	10.0-11.5
	4.5-5.0	5.5-6.5	6.0-7.0	7.0-8.0	8.5-10.0
	3.5-4.5	4.5-5.5	5.0-6.0	5.5-7.0	7.0- 8.5
	< 3.5	< 4.5	< 5.0	< 5.5	< 7.0

Víme, kde je bezedný bezplatný zdroj „paliva“ pro koncentrační sluneční elektrárny

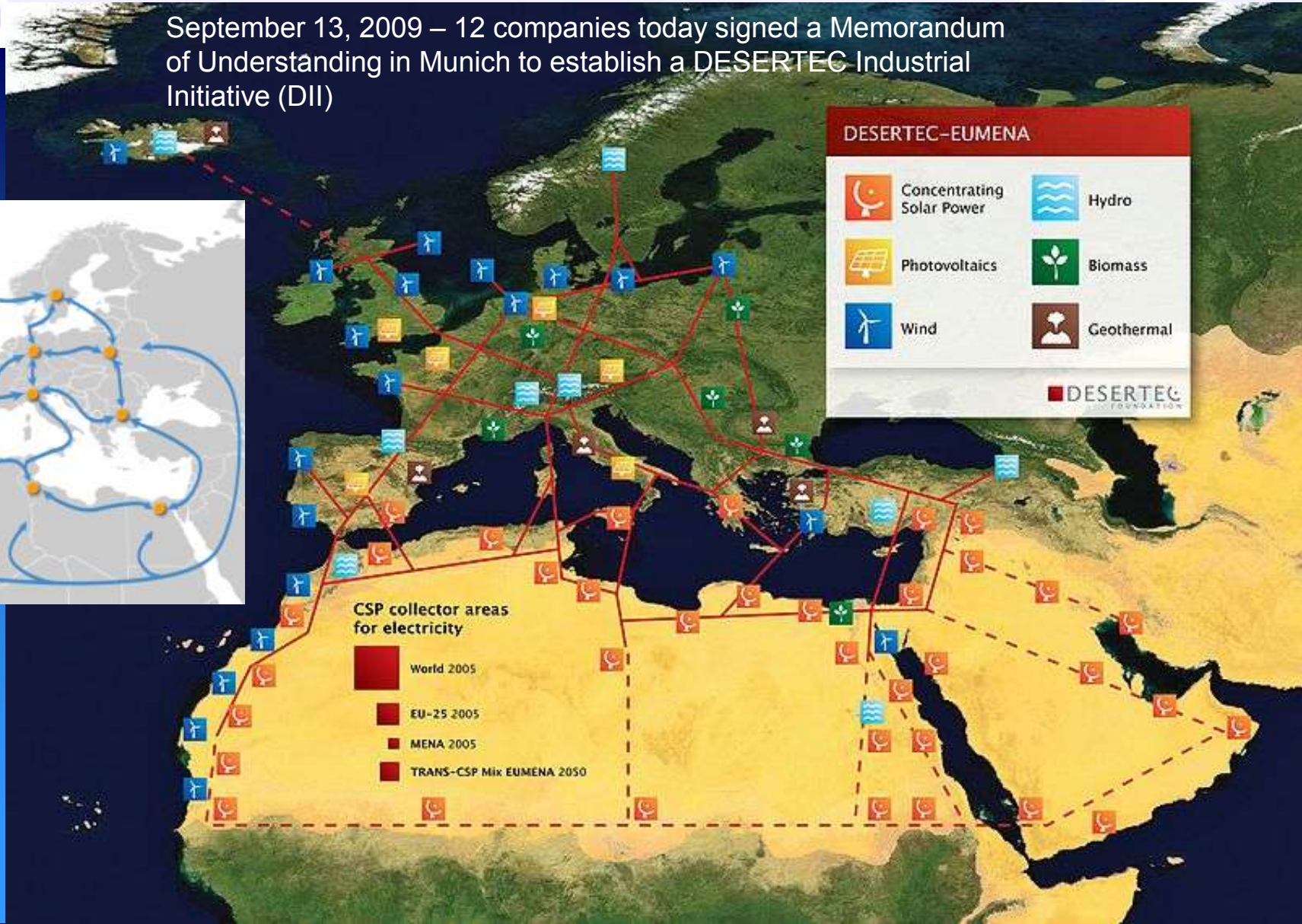


1% území pouští = elektřina pro 10 mld. obyvatel
Tato energie je blíže, než ruský plyn či arabská ropa

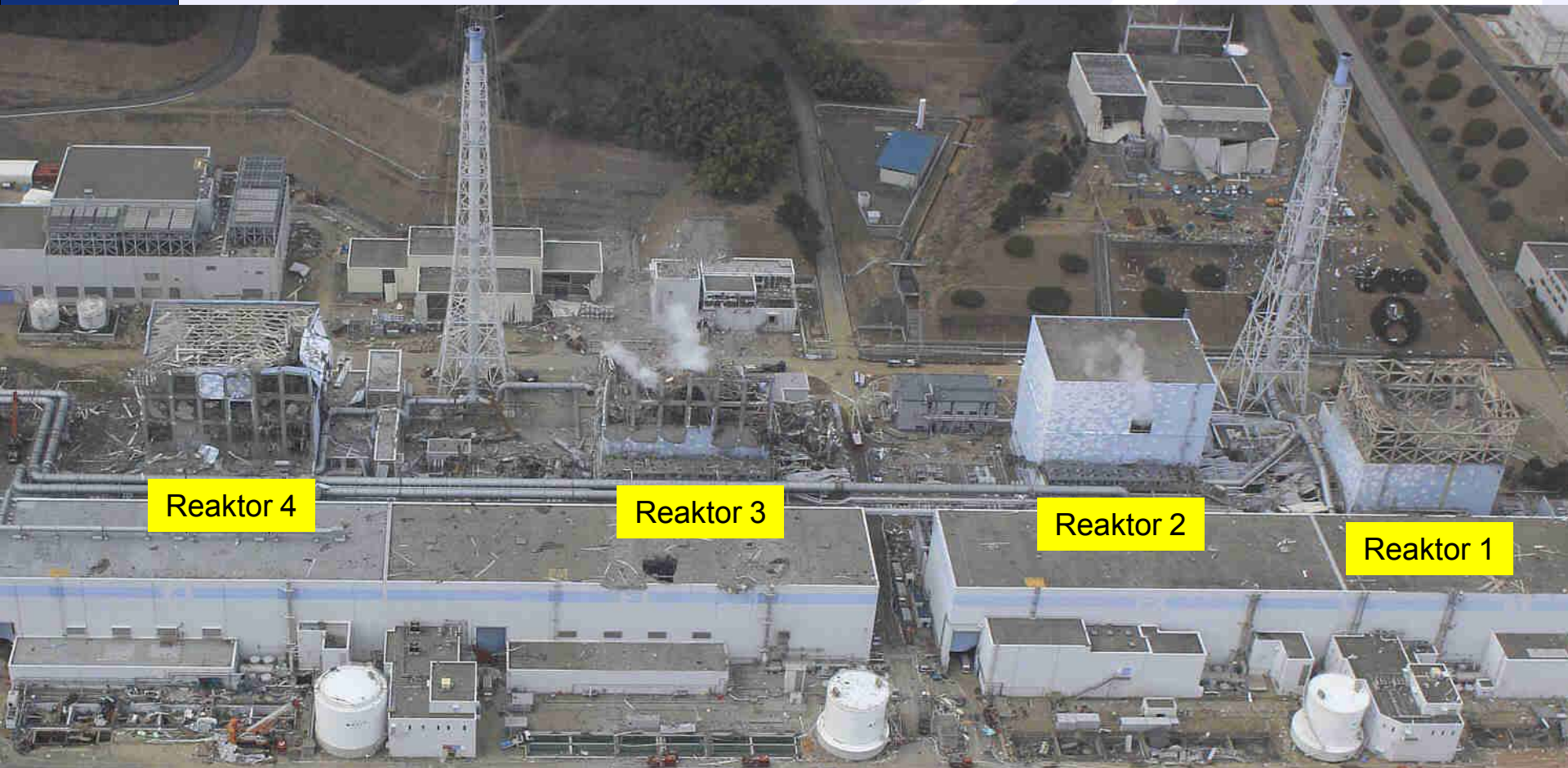
http://www.desertec.org/

Nadnárodní Super(Smart)Grids
Vize DESERTEC

September 13, 2009 – 12 companies today signed a Memorandum of Understanding in Munich to establish a DESERTEC Industrial Initiative (DII)

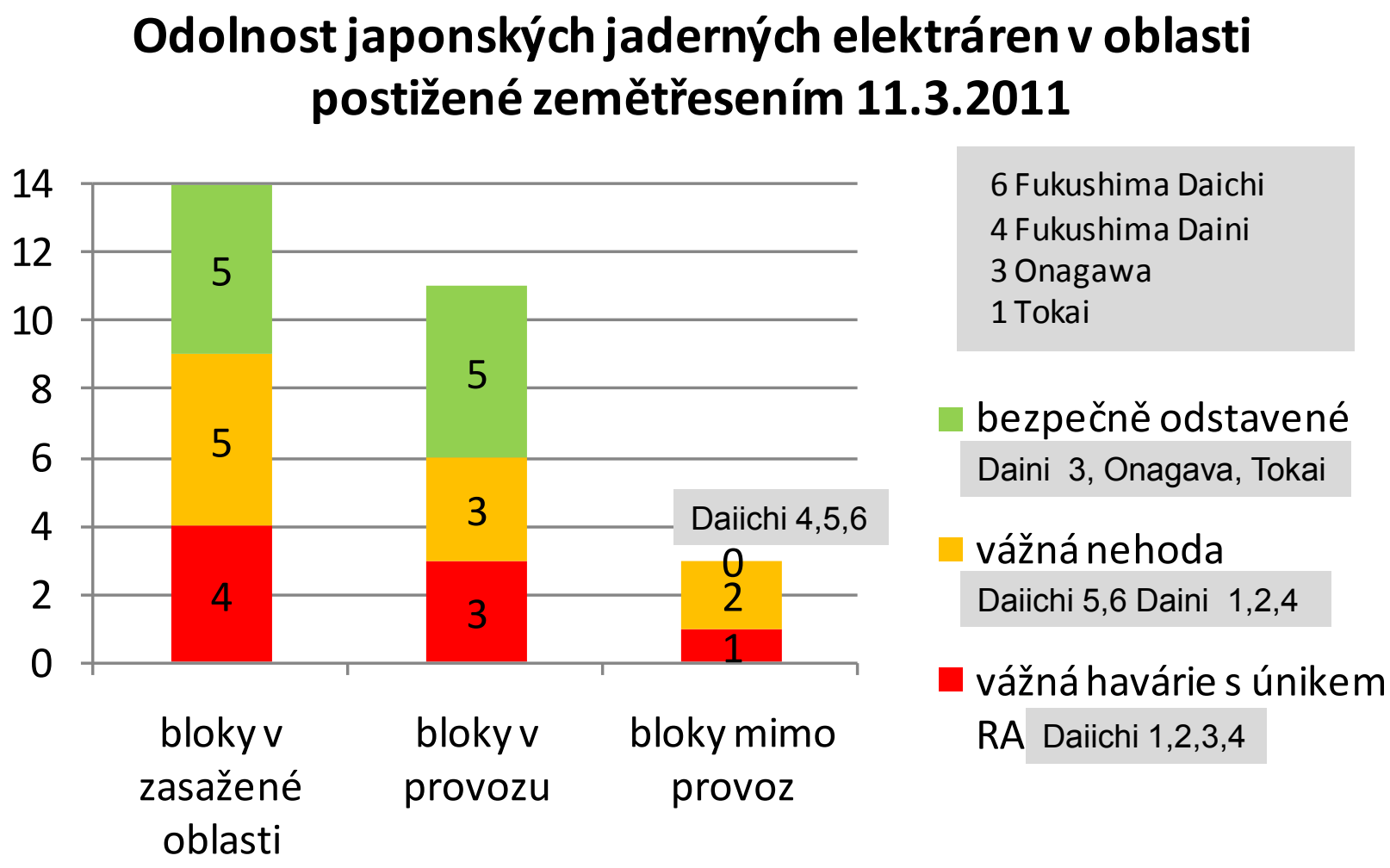


Po 11. březnu 2011 vyvstala další otázka: Jak ovlivní Fukushima další rozvoj JE? Každá předchozí katastrofa vedla ke zvýšení bezpečnosti, ale i investičních nákladů

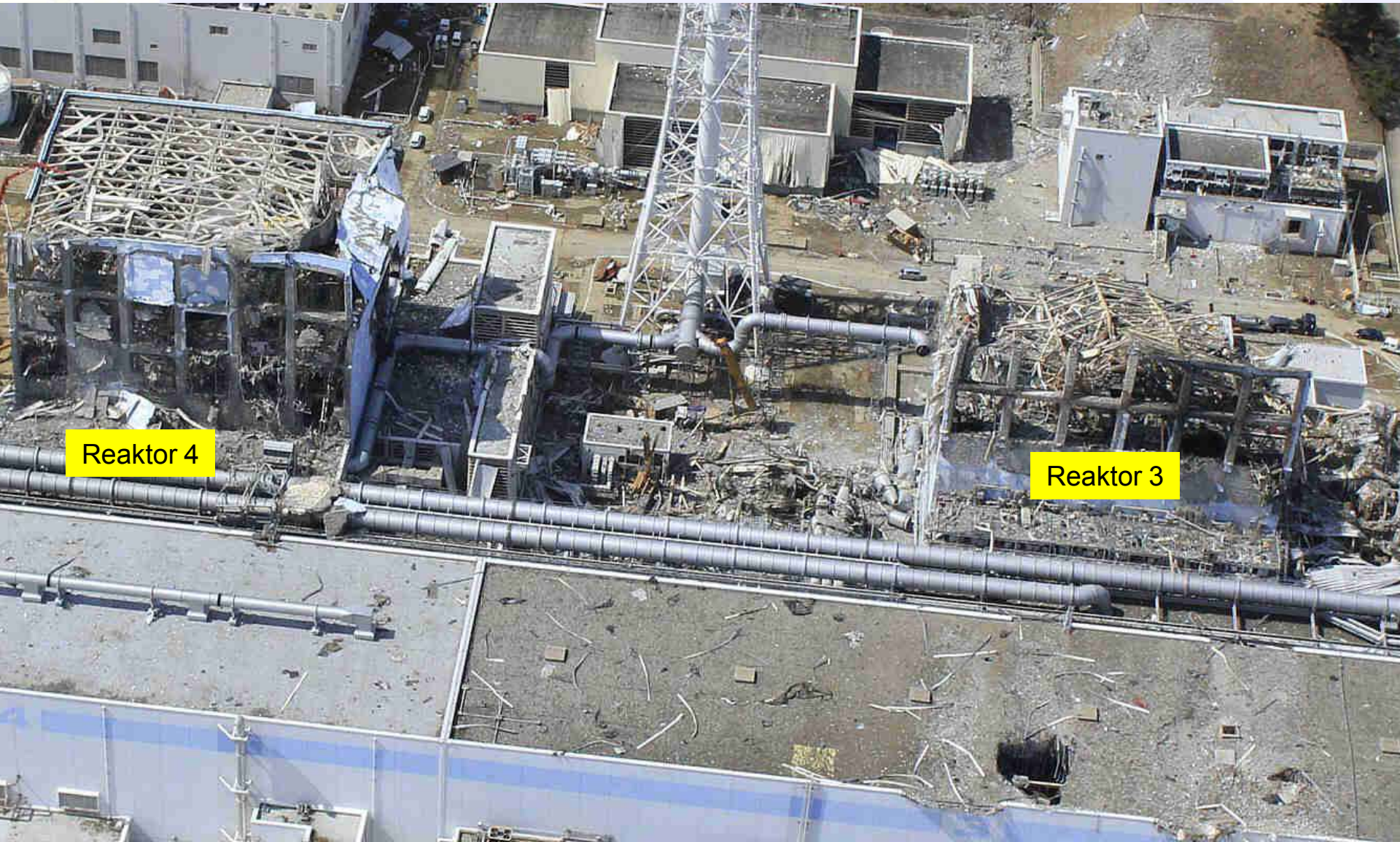


Dopad zemětřesení na jaderné elektrárny v postižené oblasti

- Způsobilo havárii či nehodu u 64% zasažených JE

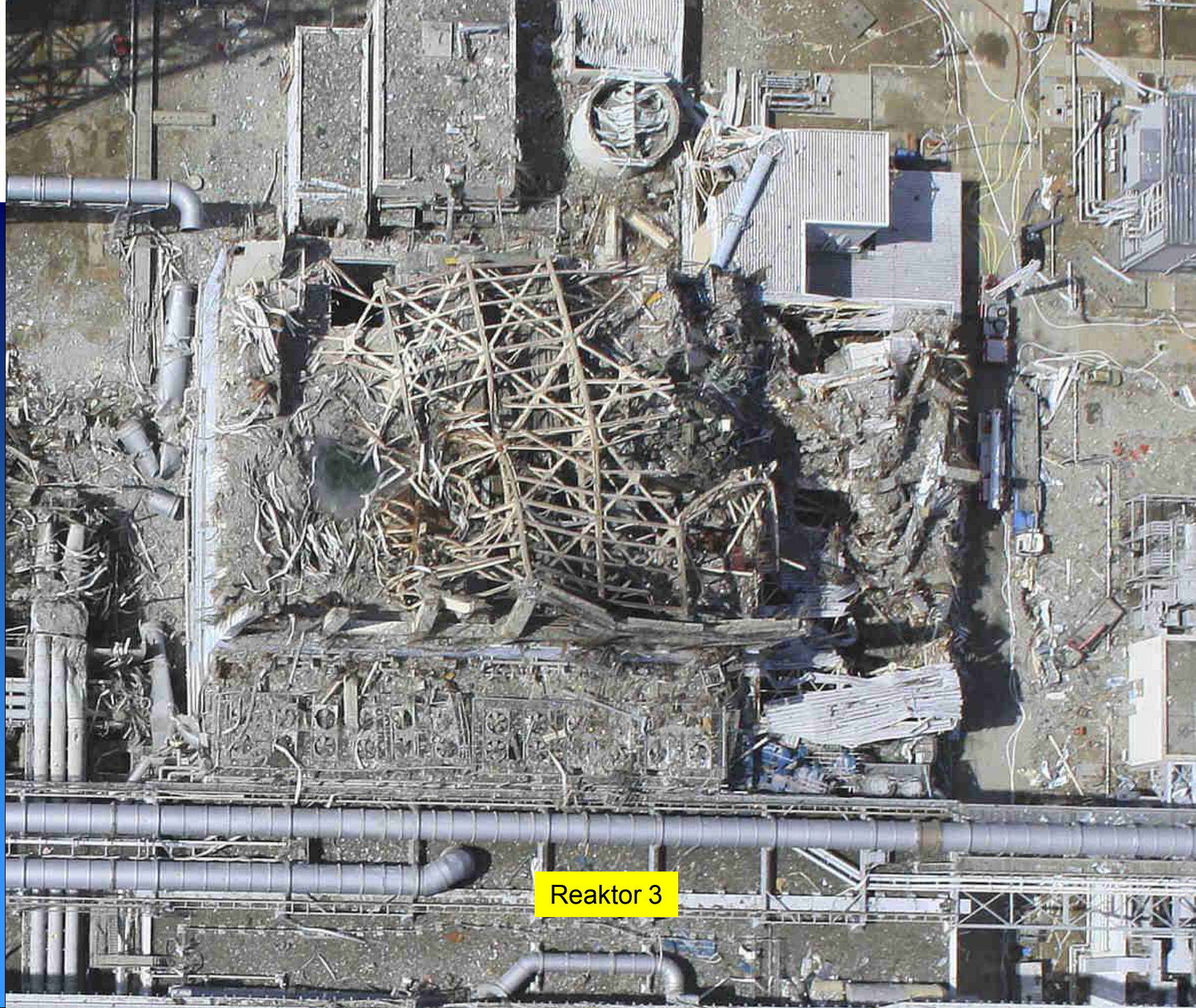


Příčinou destrukce je nedostatečné chlazení. To může nastat i bez tsunami.



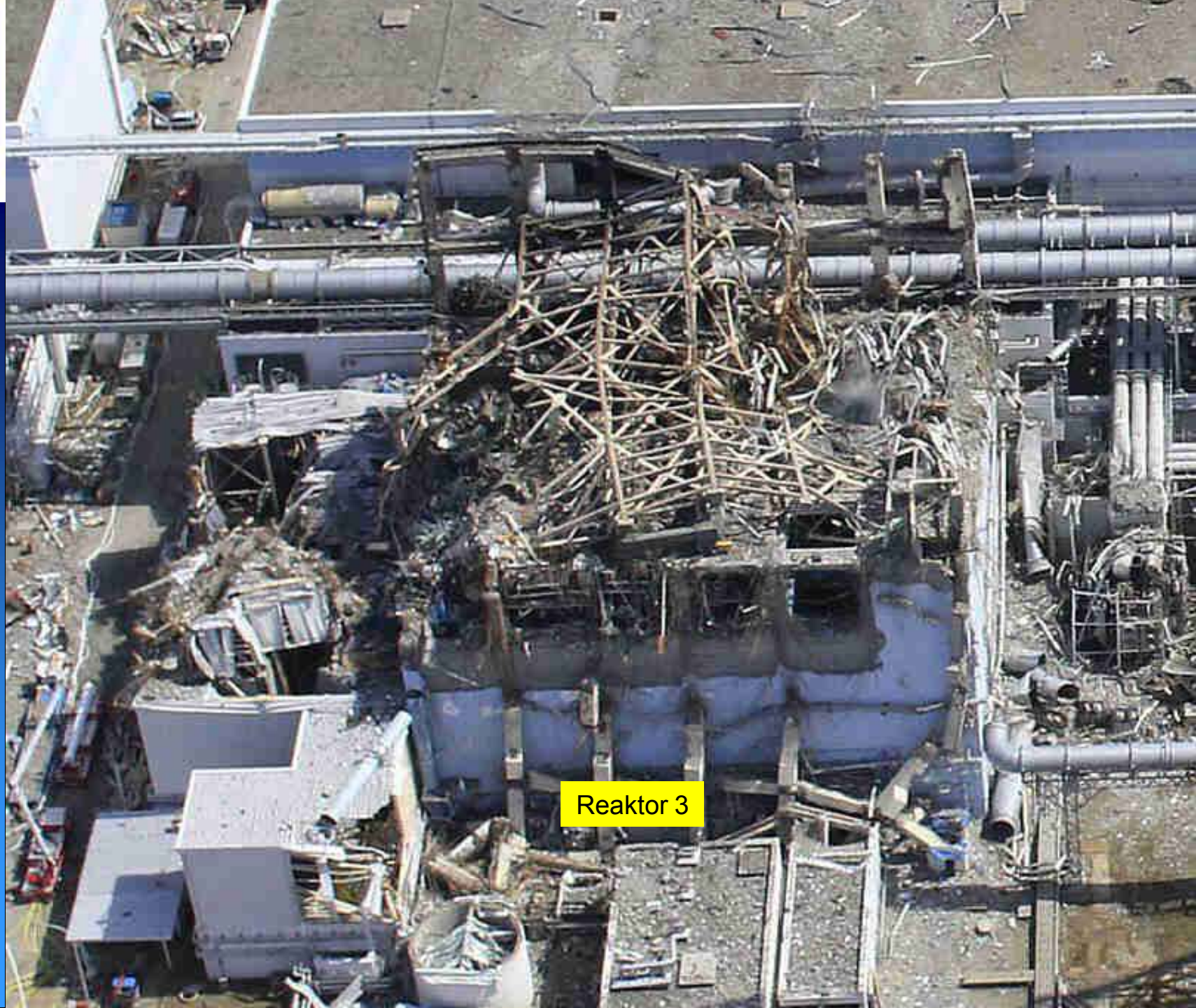
CityPlan

Energetika a OZE v souvislostech



CityPlan

Energetika a OZE v souvislostech



Obsah presentace

- Hlavní hrozby jímž budeme v příštích 10 letech čelit
- Celostní pohled na energetiku a energetickou bezpečnost
- Fyzikální rozdíl mezi neobnovitelnou energií a OZE
- Nehrozí nám energetická krize ale ignorance faktů
- Jak přežít 21. století

Hlavní krize, která nám hrozí, je ignorance faktů

Business as usual = ignorance faktů:

⇒ krize ignorance ⇒

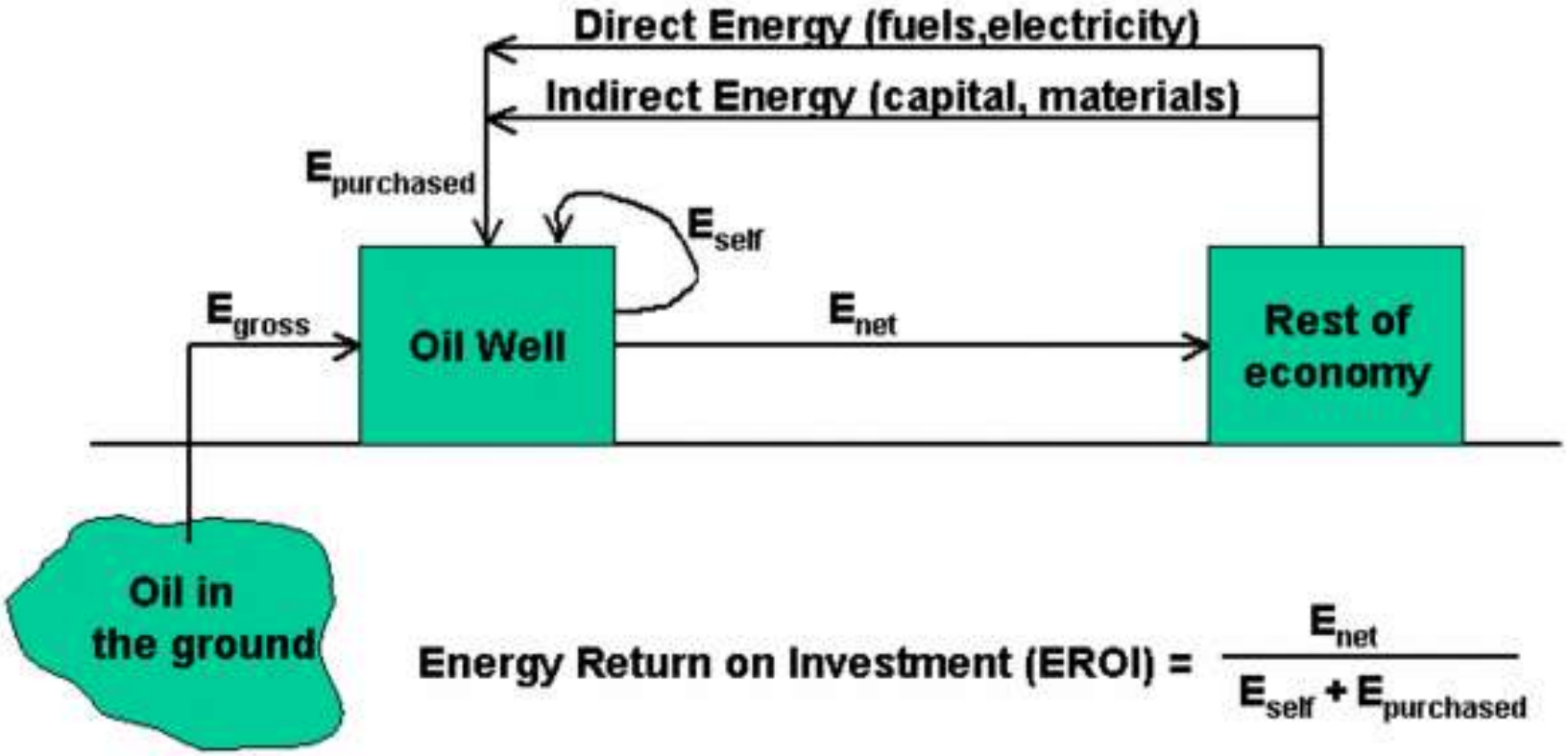
⇒ energetická krize ⇒

⇒ vodní krize ⇒

⇒ potravinová krize ⇒

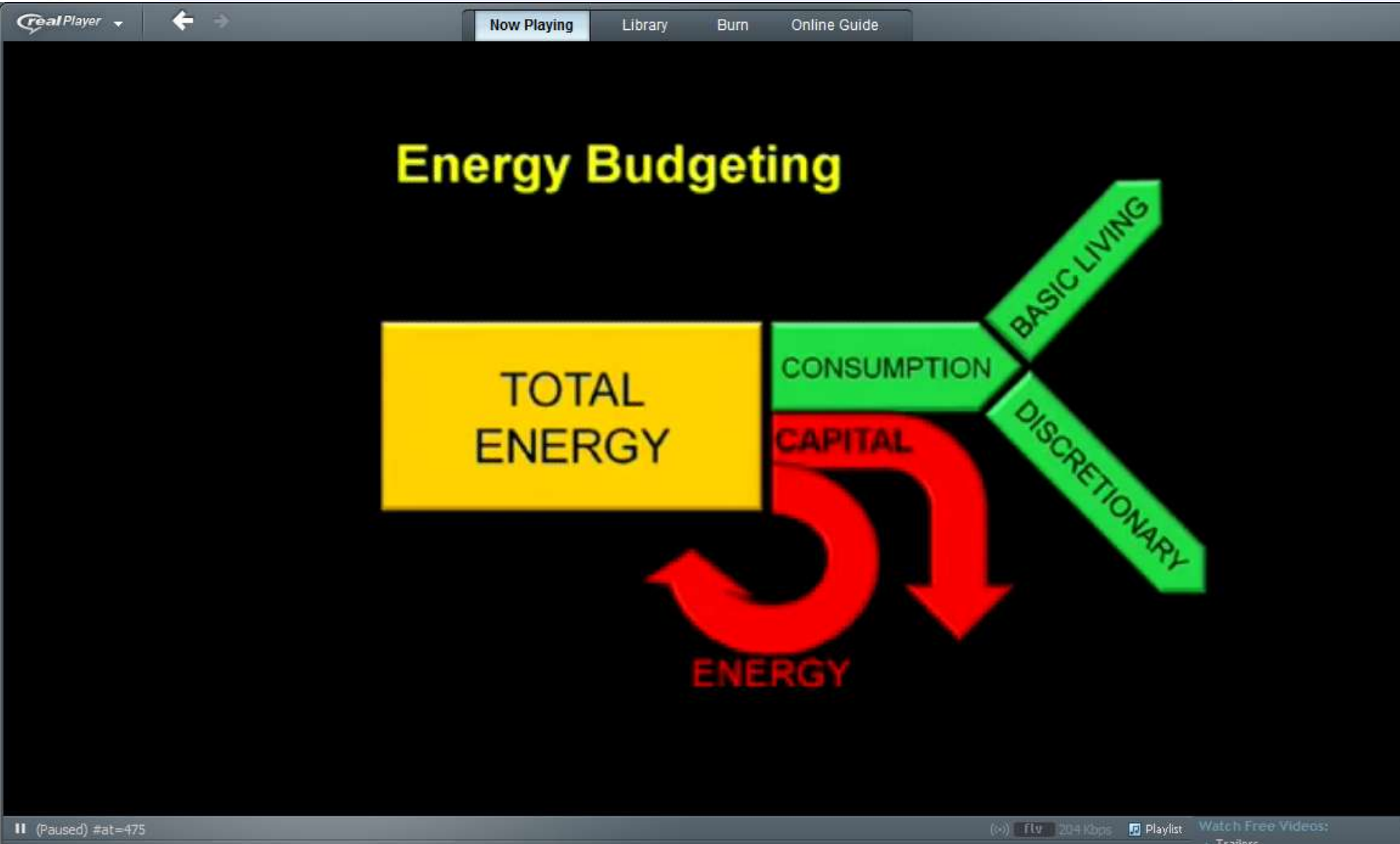
⇒ civilizační střety !!!

Energetická návratnost EROEI (někdy též EROI)

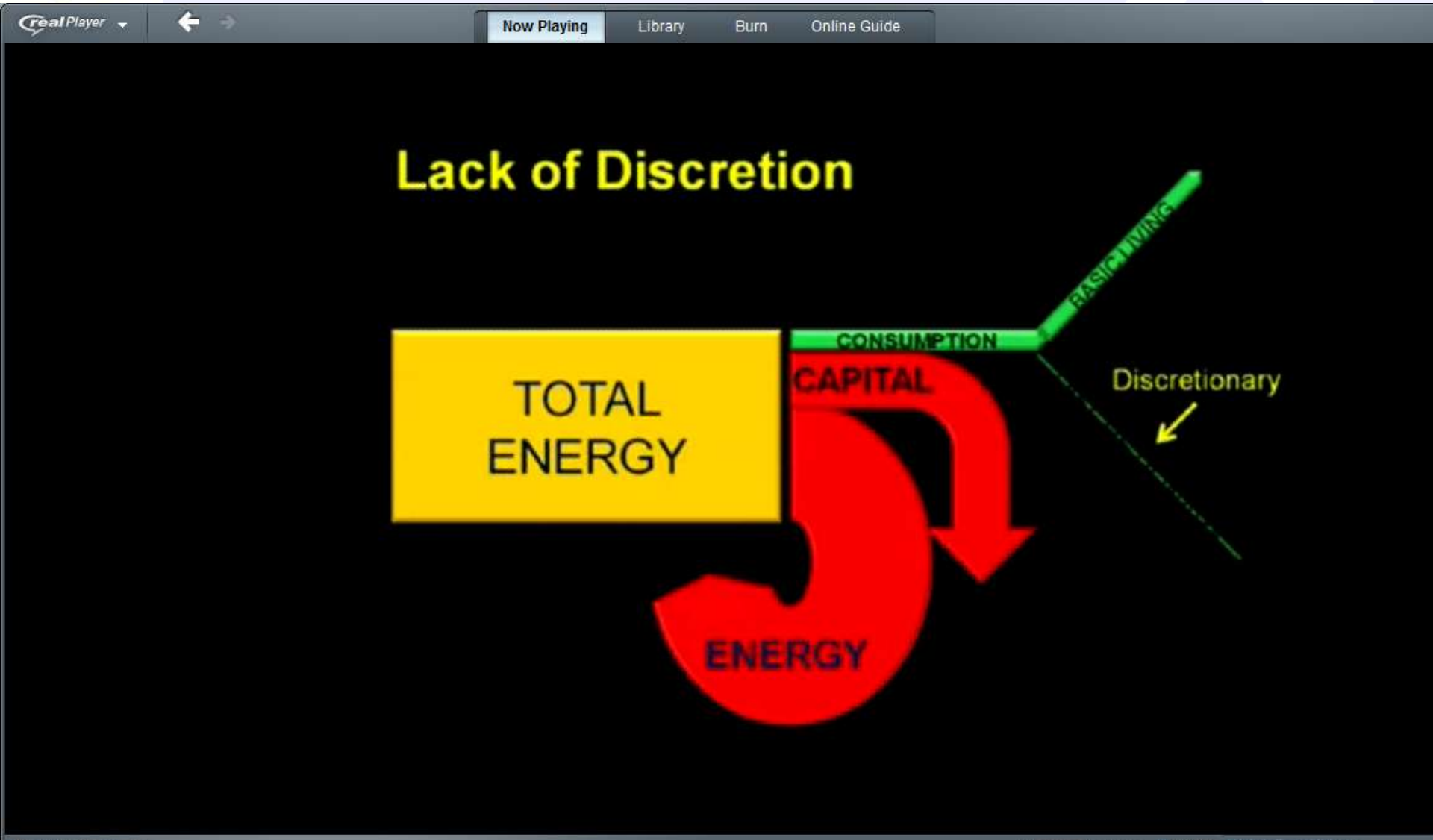


http://www.energybulletin.cz/?q=clanek/utes-energeticke-navratnosti
http://resourceinsights.blogspot.com/2008/09/net-energy-cliff.html

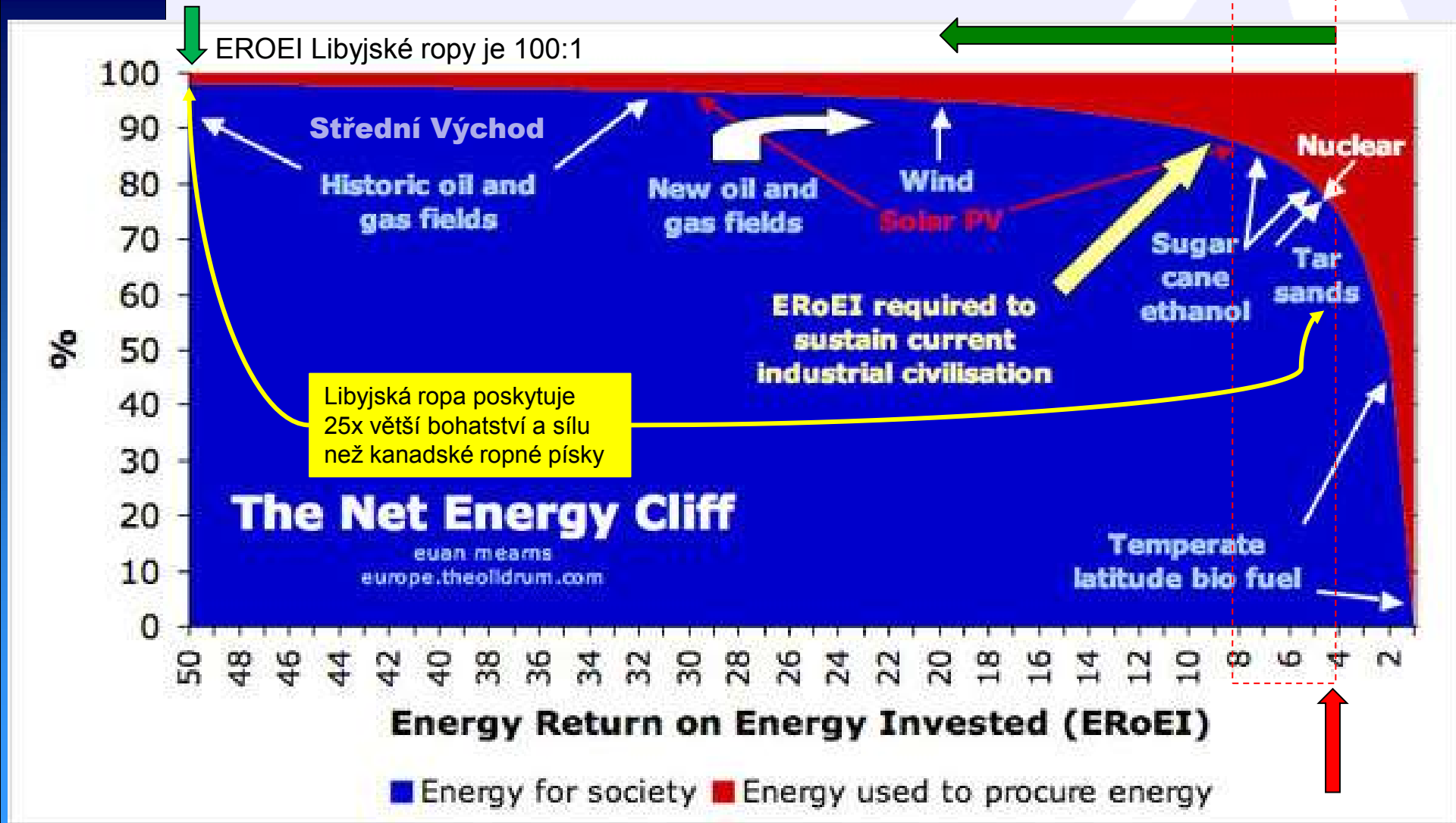
Sociálně složité systémy (naše západní civilizace) závisí na přebytku energie



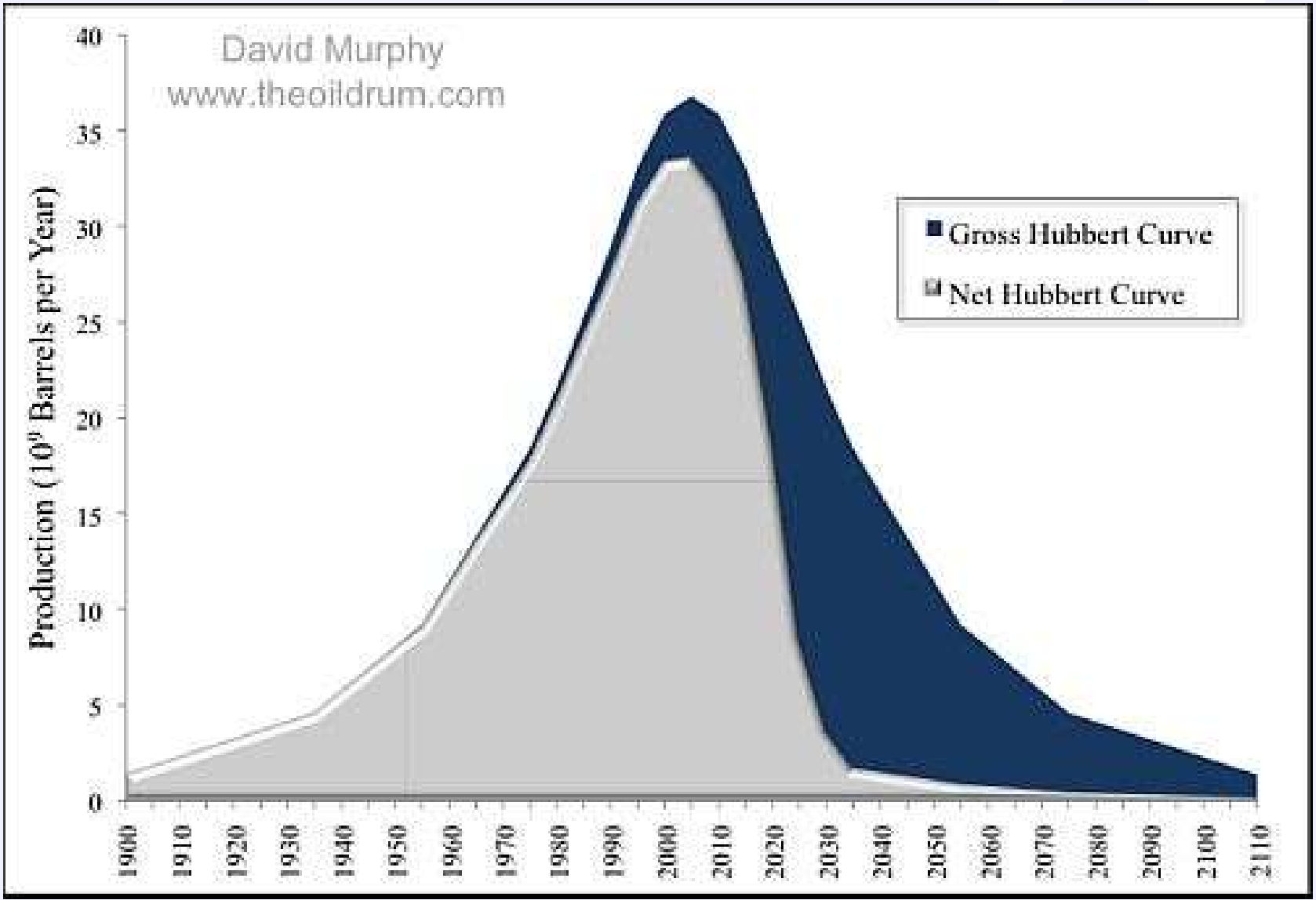
Při rostoucím EROEI dochází pro rostoucí ekonomiku „palivo“



Průmyslová společnost potřebuje průměrnou EROEI nejméně 4:1



Kvůli poklesu EROEI bude pokles fosilní energie rychlejší, než si lidé myslí



Dnešní svět

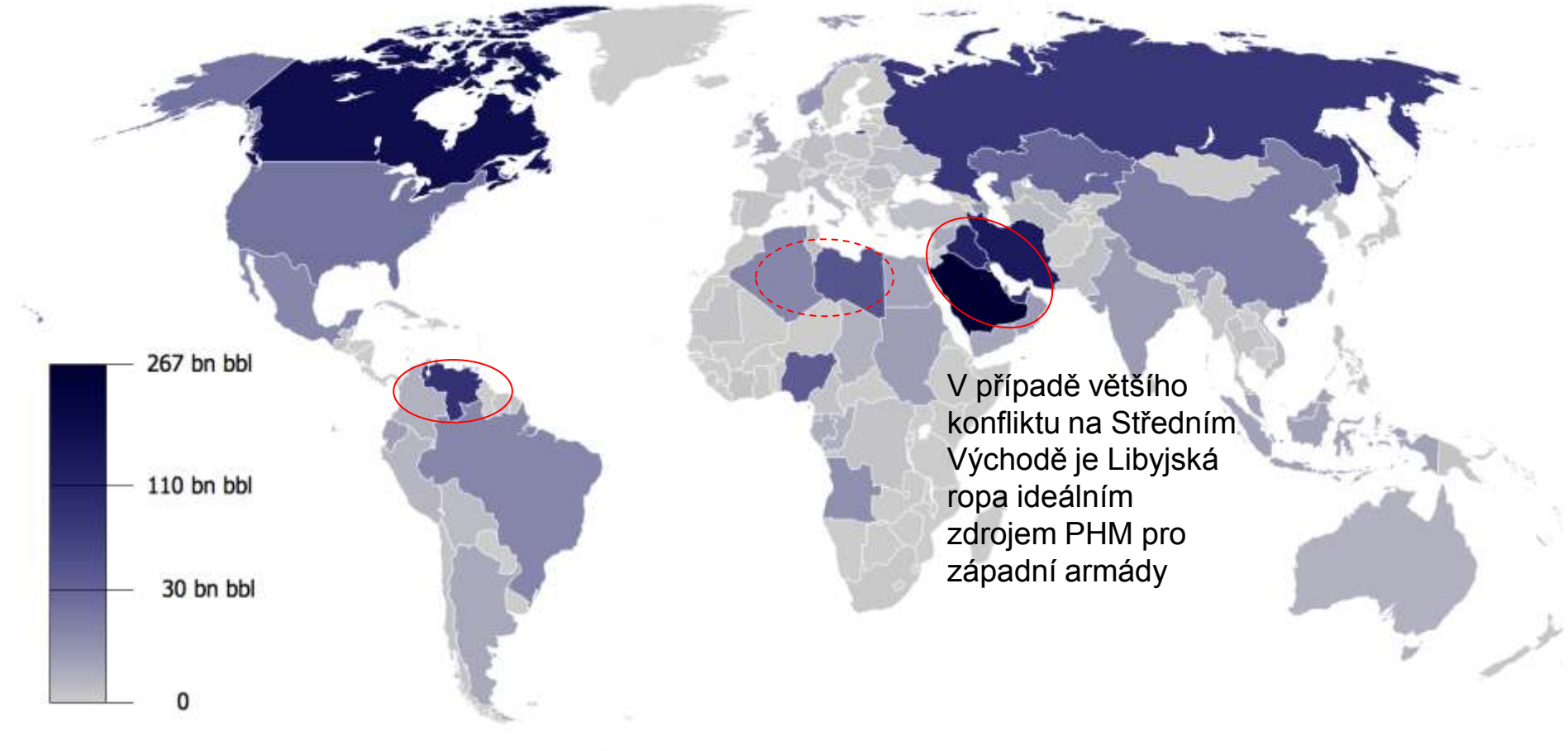
Bude tento svět nutně horší?

Obsah presentace

- Hlavní hrozby jímž budeme v příštích 10 letech čelit
- Celostní pohled na energetiku a energetickou bezpečnost
- Fyzikální rozdíl mezi neobnovitelnou energií a OZE
- Nehrozí nám energetická krize ale ignorance faktů
- Jak přežít 21. století

Země s největšími zásobami ropy

- Libye má 8.-9. největší zásoby na světě
- Náklady na těžbu jsou velmi nízké (~ 1$/bbl)



CityPlan

4 energetická „hřiště“ a jejich „sudí“

Rada bezpečnosti | **G 20 ?** | **(národní) IZS** | **Směrnice EU**

Vojenské doktríny ↔ Zahraniční politika ↔ Krizové řízení ↔ Liberalizovaný trh

240/2000

458/2000
91/2005

Účast v misích ↔ Diplomacie

Civilní nouzové plánování ↔ Podnikání v energetice

406/2000
406/2006

241/2000

239/2000

Zajištění přístupu ke zdrojům primárních nosičů energie
Zajištění dopravních cest
Zábrana nukleární proliferace

Objekty kritické infrastruktury ↔ Integrovaný záchranný systém ↔ Energetické společnosti

Ústřední důležitost pro sílu moderních armád má ropa

Kontinuita činnosti

Minimalizace ztrát v území

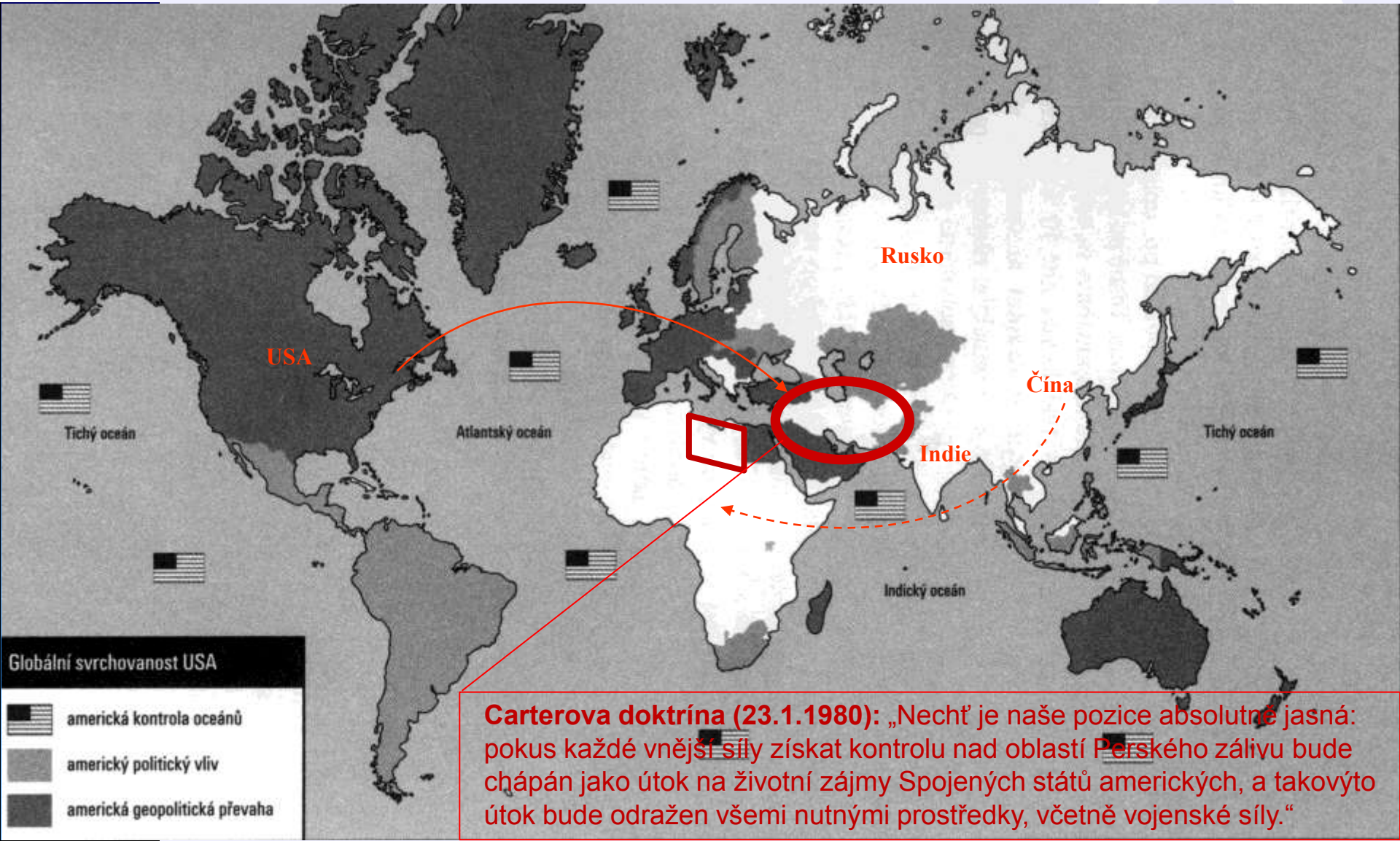
Maximalizace zisku

Rozsah zprávy „Pačesovy komise“ (6. kapitola)

Regulované oblasti ?

Trh ?

Suverenita klíčových hráčů a energetické centrum světa

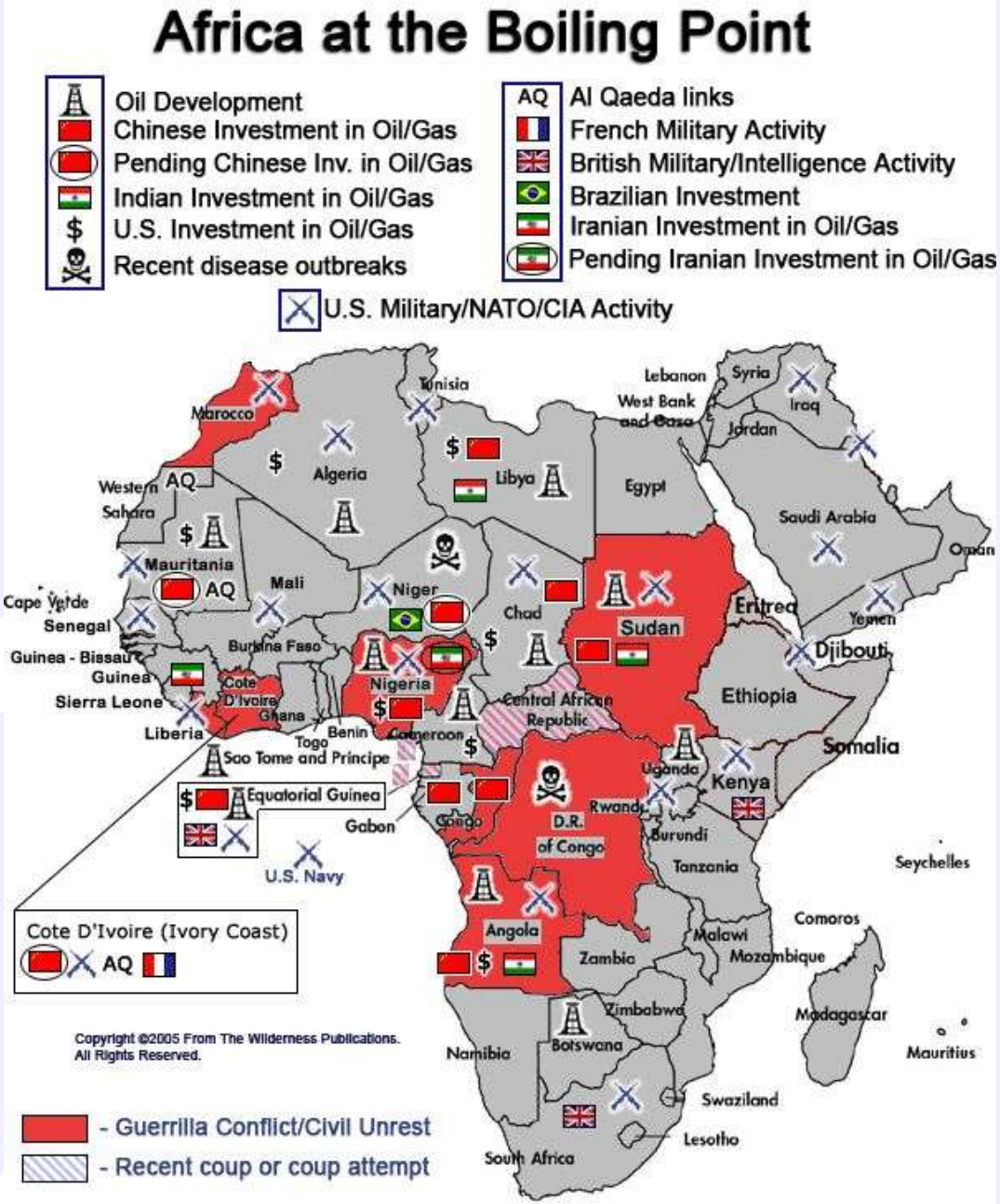


Carterova doktrína (23.1.1980): „Nechť je naše pozice absolutně jasná: pokus každé vnější síly získat kontrolu nad oblastí Perského zálivu bude chápán jako útok na životní zájmy Spojených států amerických, a takovýto útok bude odražen všemi nutnými prostředky, včetně vojenské síly.“

CityPlan

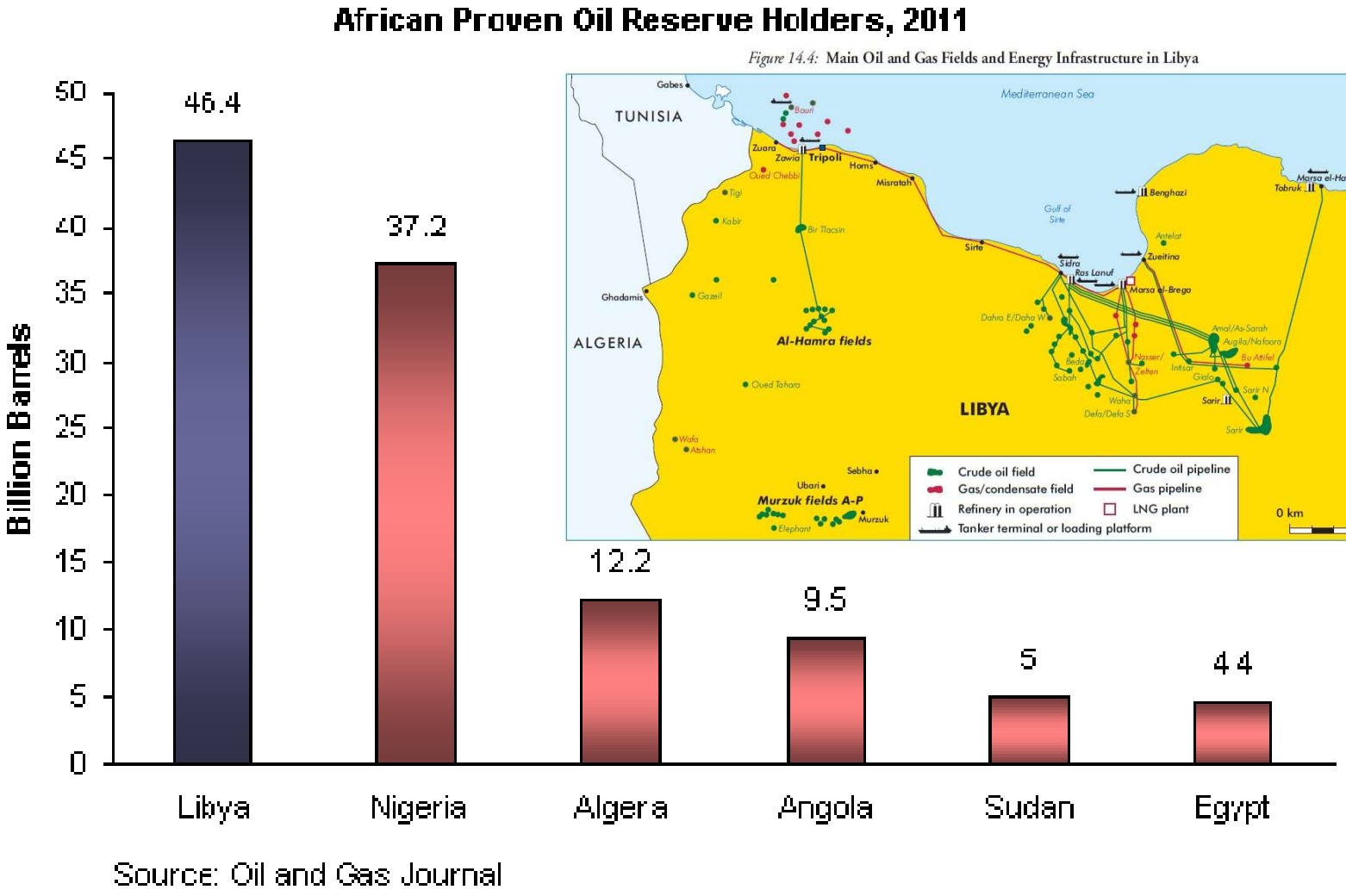
Střet zájmů v Africe při zajišťování surovin a energie (Čína)

Energetika a OZE v souvislostech



-Trade between China and Africa up 50% in 2004 (IAGS - Energy Security Nov. 15, 2004)
-Sir Mark Thatcher pled guilty to involvement in coup attempt in Equatorial Guinea on Jan 11th
-"OIL IS THE ONLY U.S. INTEREST IN AFRICA" - The Economist

Proč Libye? Národní ropná společnost je 25. nejbohatší společnost na světě



Území opozice a ropná pole

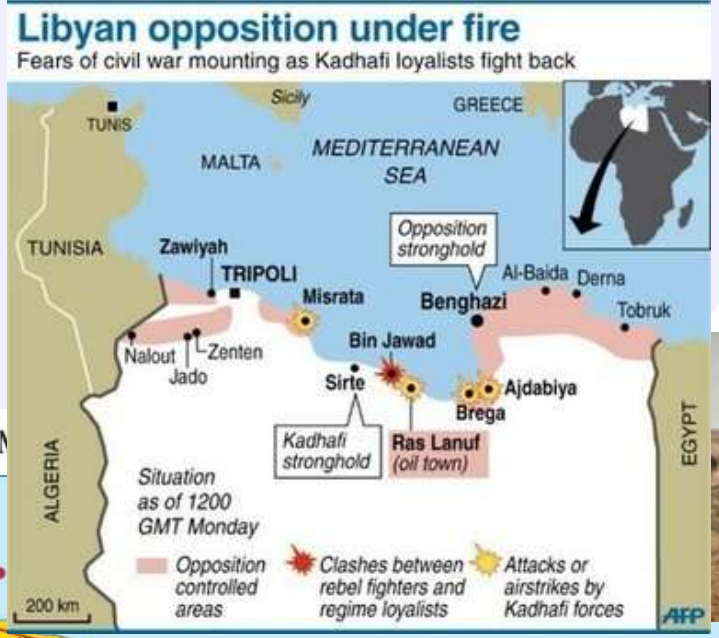
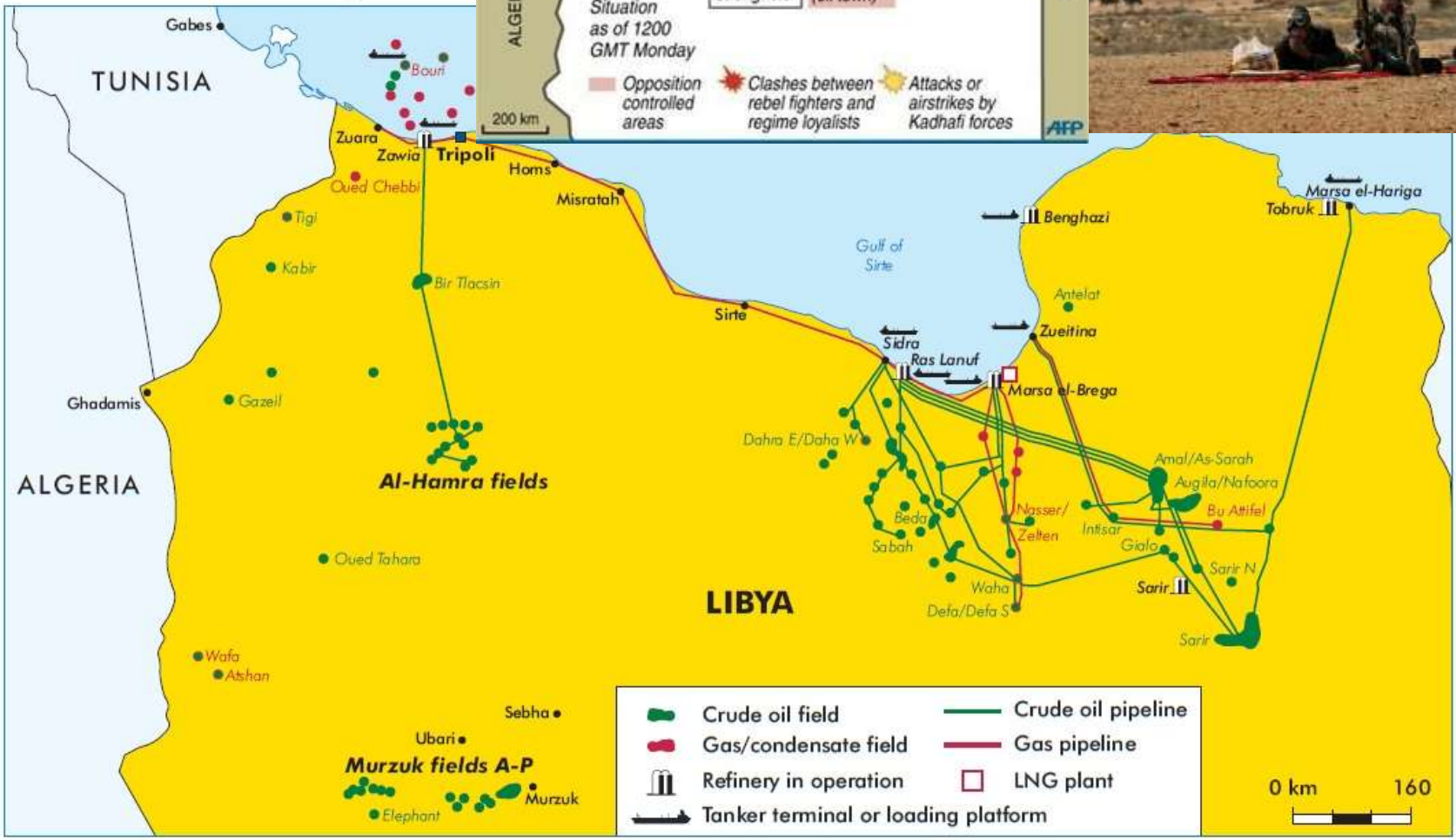


Figure 14.4: N



Energetika a OZE v souvislostech

Energetická bezpečnost a schizofrenie západní spotřební společnosti

- Kde a jak získat potřebnou energii?

Obsazením zemí bohatých na ropu?
Lze tyto války vyhrát?

Přátelením se s diktátory?
Drahá ropa posiluje jejich sílu a bohatství!

Konflikt o zdroje nebude hospodská rvačka

Budoucnost je v řešení čtyřčlenky mezi klíčovými hráči (Vojna ~~a~~ či mír?)

?

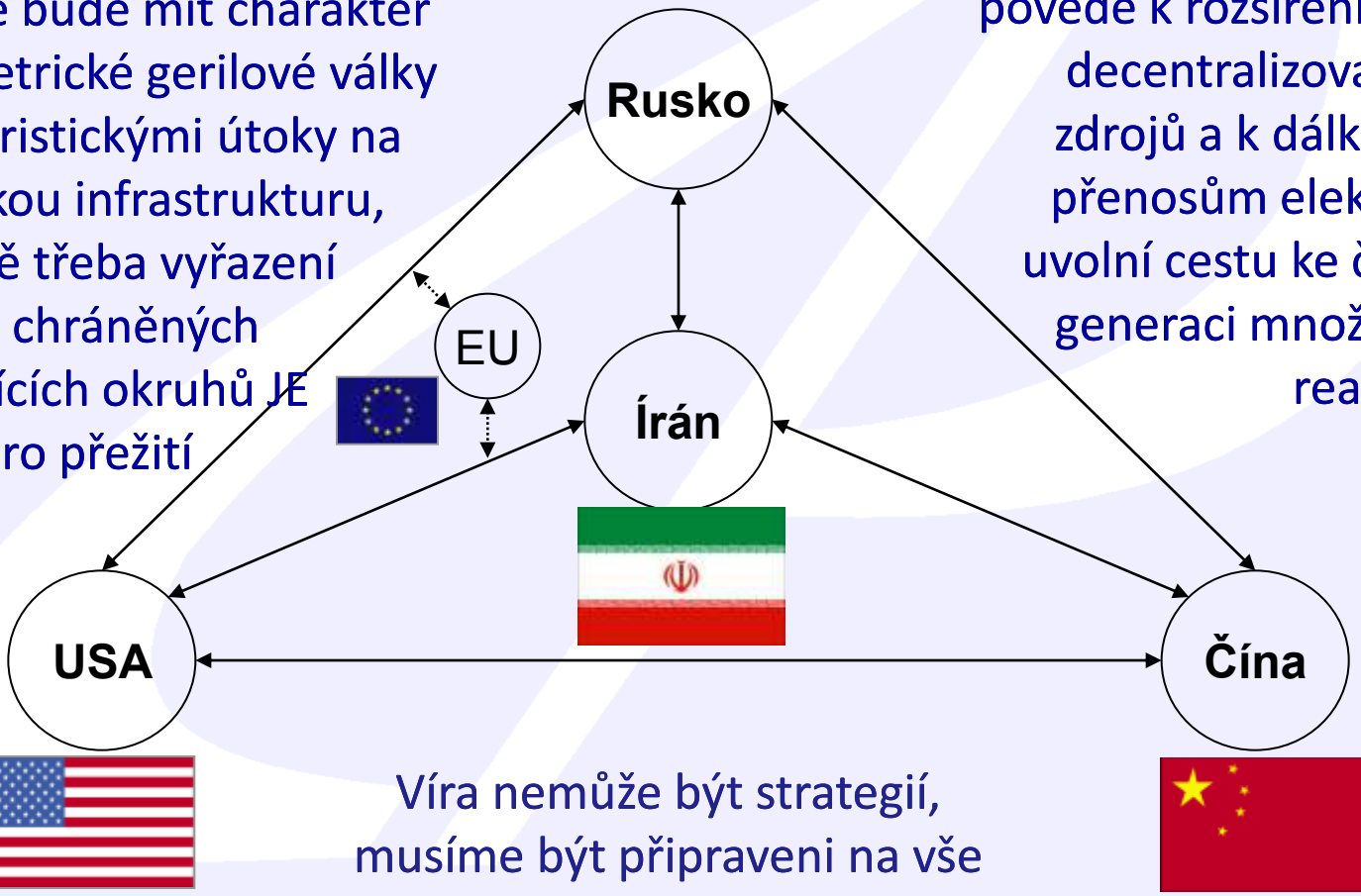
Vojna

Válečný konflikt o zbývající zdroje bude mít charakter asymetrické gerilové války s teroristickými útoky na kritickou infrastrukturu, včetně třeba vyřazení méně chráněných chladících okruhů JE OZE pro přežití

?

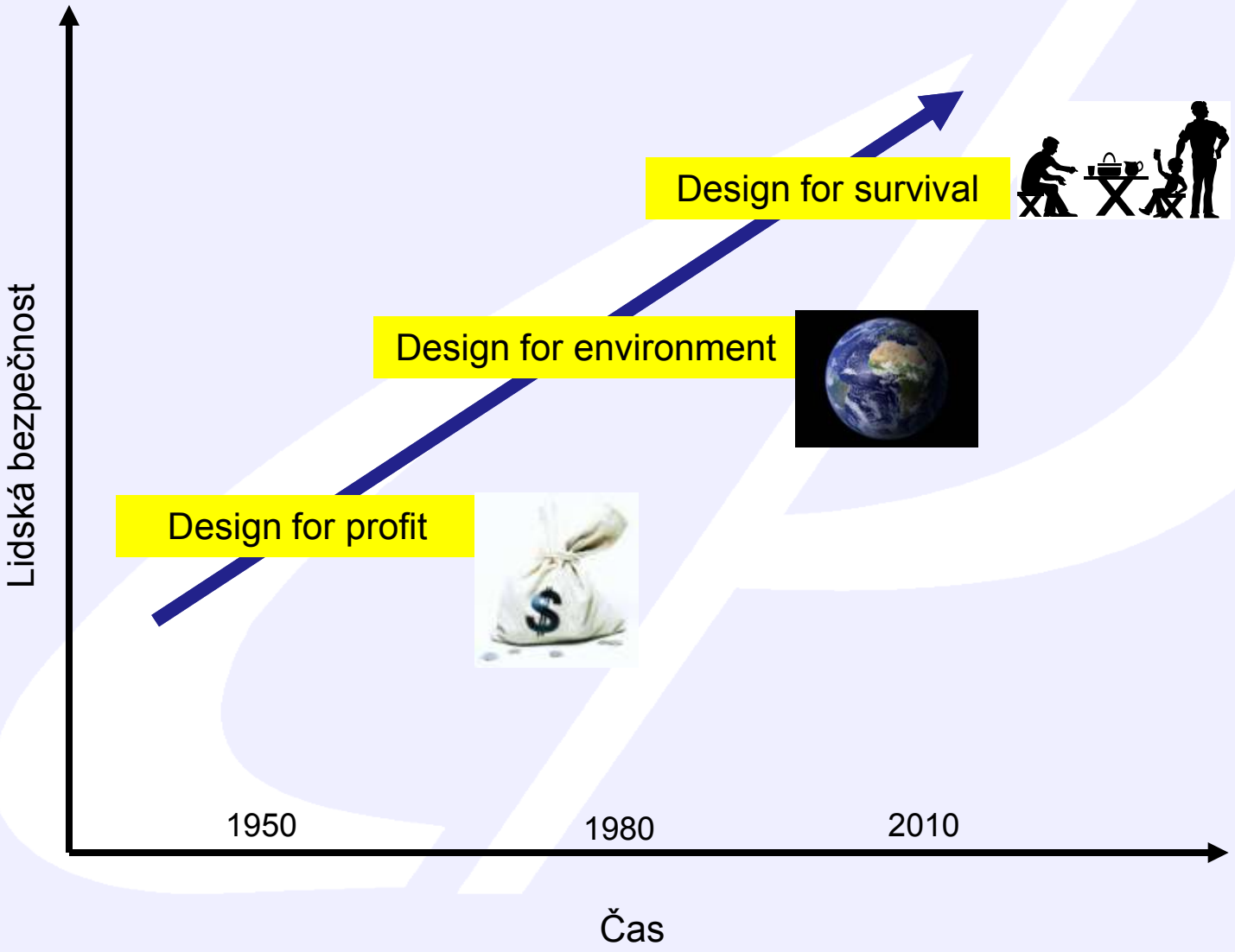
Mír

Mírová spolupráce povede k rozšíření OZE, decentralizovaných zdrojů a k dálkovým přenosům elektřiny, uvolní cestu ke čtvrté generaci množivých reaktorů



Víra nemůže být strategií, musíme být připraveni na vše

Přístup k navrhování infrastruktury se mění. Heslem dneška se stává přežít.



CityPlan spol. s r.o.

Kontakt: Ing. Ivan Beneš

Adresa: Jindřišská, 110 00 Praha 1

tel.: (420) 277 005 520

mobil: (420) 603 261 470

fax: (420) 224 922 072

e-mail: ivan.benes@cityplan.cz

www: http://www.cityplan.cz

Stagnační chování solárních soustav a vliv na návrh jejich prvků

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze

Stagnace

- **stav bez odběru tepla z kolektoru v době příjmu slunečního záření**
- **příčiny:**
  - zásobník (spotřebič tepla) dosáhne požadované teploty, regulátor zastaví oběhové čerpadlo
  - výpadek elektrické energie
  - neoprávněný zásah do soustavy (uzavření větve)
- **důsledky**
  - v kolektoru se zvyšuje teplota
  - nastává rovnovážný stav: příjem energie = tepelná ztráta
  - kolektor dosahuje maximální teploty při daných podmínkách
  - var teplonosné látky, tvorba páry a její pronikání do rozvodů

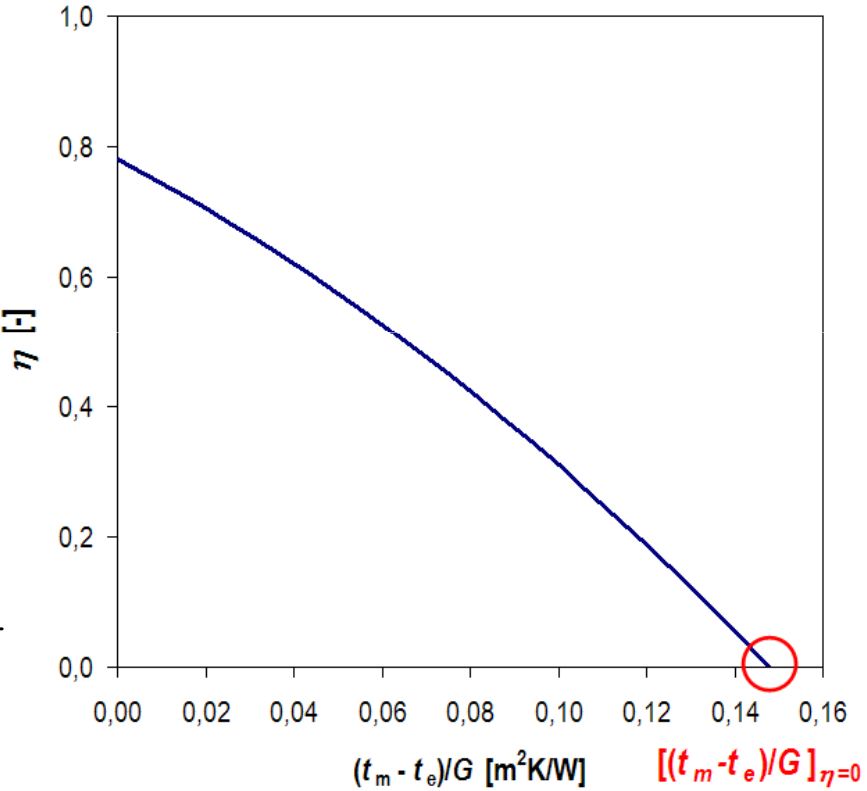
Stagnační teplota

- **záleží na okrajových podmínkách**
  - smluvní extrém: G = 1000 W/m^2, t_e = 30 °C, stanoví se
  - z průsečíku křivky účinnosti s osou redukovaného teplotního spádu

$$t_{stg} = 30 + 1000 \cdot \left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)_{\eta=0}$$

  - z kladného kořene paraboly křivky účinnosti

$$\left(\frac{t_m - t_e}{G} \right)_{\eta=0} = \frac{a_1 - \sqrt{a_1^2 + 4 \cdot \eta_0 \cdot a_2 \cdot G}}{-2 \cdot a_2 \cdot G}$$

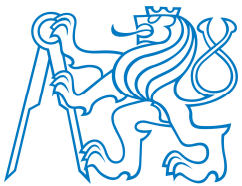


Stagnační teplota

typ kolektoru	t_{stg} [°C]
nezasklený kolektor	50 - 65
zasklený neselektivní kolektor	90 – 110
zasklený selektivní kolektor	150 – 180
trubkový vakuový kolektor	250 - 300

na stagnační (nejvyšší) teploty by kolektor měl být navrhován z hlediska spolehlivosti

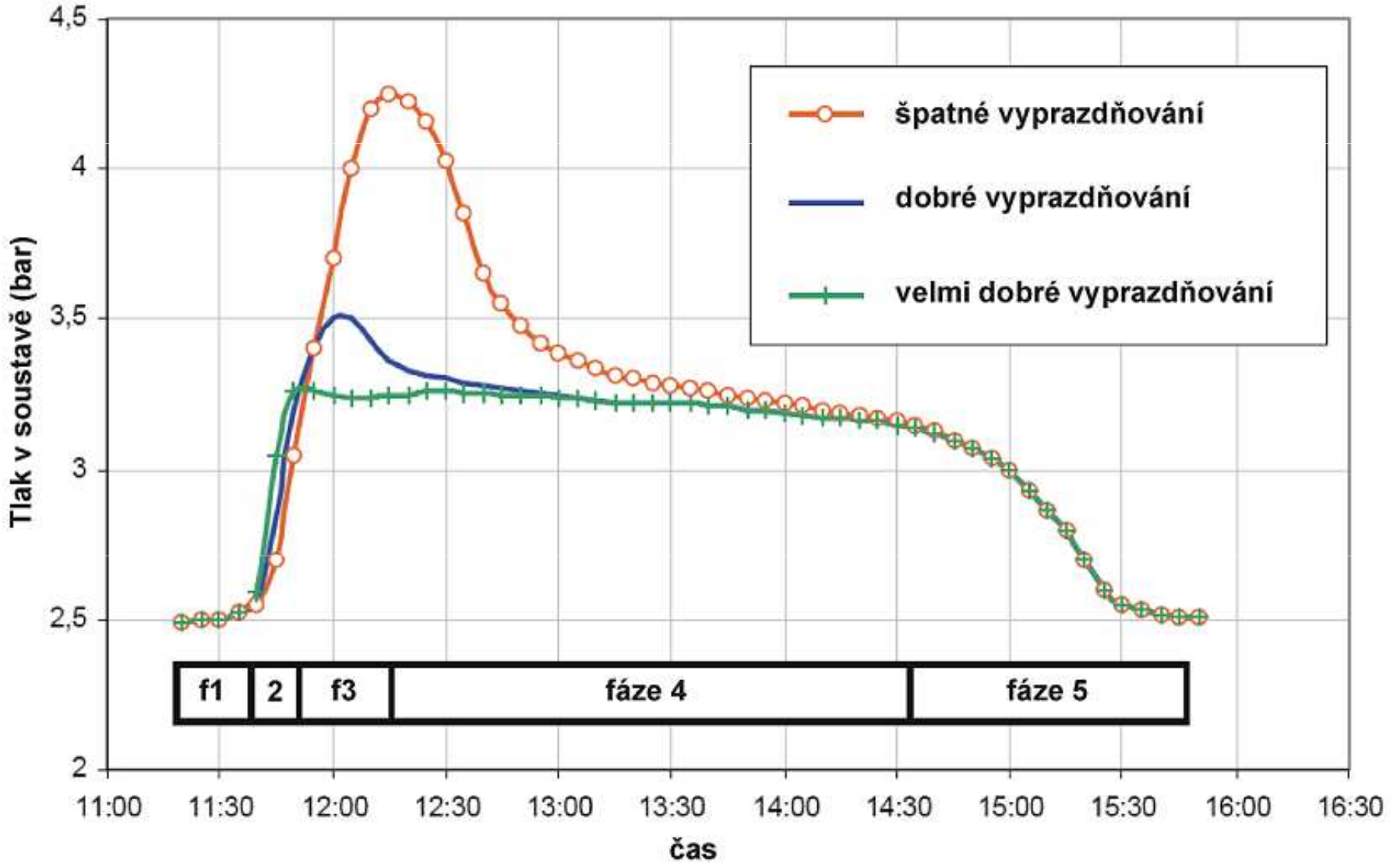
v provozu se teploty při stagnaci pohybují níže v závislosti na klimatických podmínkách (nižší hladiny ozáření, nižší teploty)



Stagnační chování

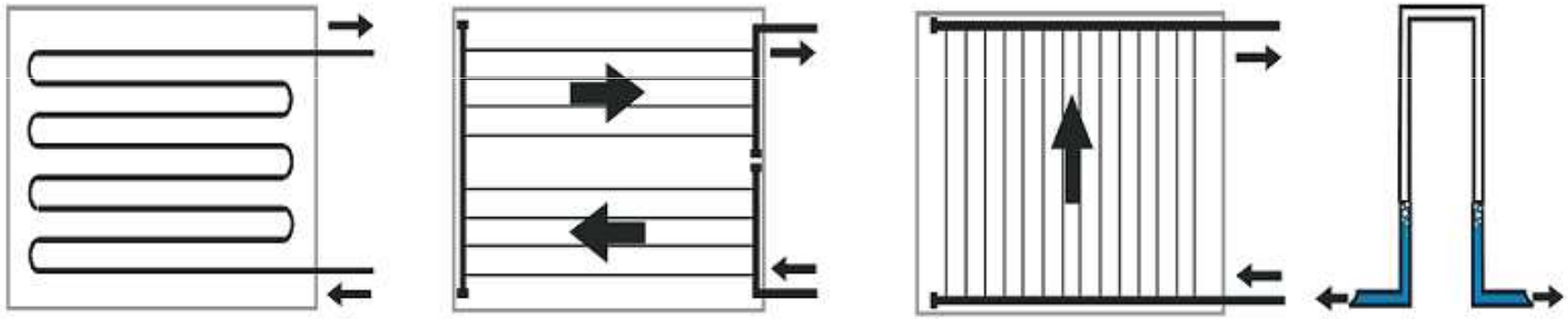
- **kapalina se roztahuje**
- **dosahuje bodu varu (při daném tlaku), začíná var**
  - objevují se bublinky, sytá pára, vytlačování kapaliny z kolektorů
- **zbylá kapalina v kolektoru se odpařuje**
  - vyplňování objemu kolektoru sytou párou, vysoký odvod tepla
- **pára v kolektoru se přehřívá**
  - po vyprázdnění kolektoru stabilní stav za trvajícího sl. záření
- **pokles teploty kolektoru při poklesu slunečního záření**
  - kondenzace, kapalina vyplňuje kolektor

Stagnační chování

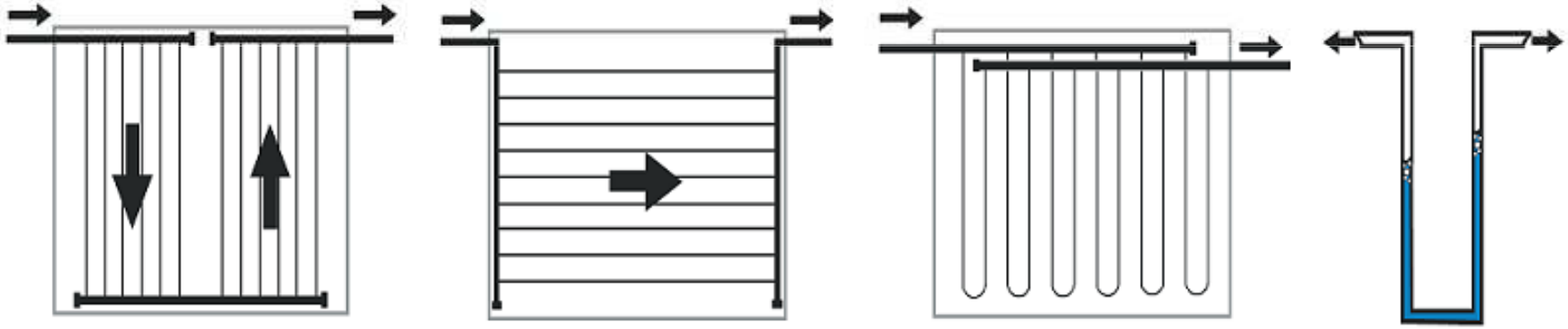


Vyprazdňování kolektorů

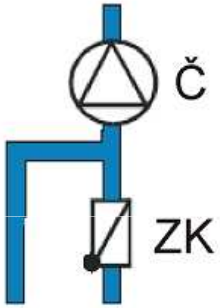
dobré



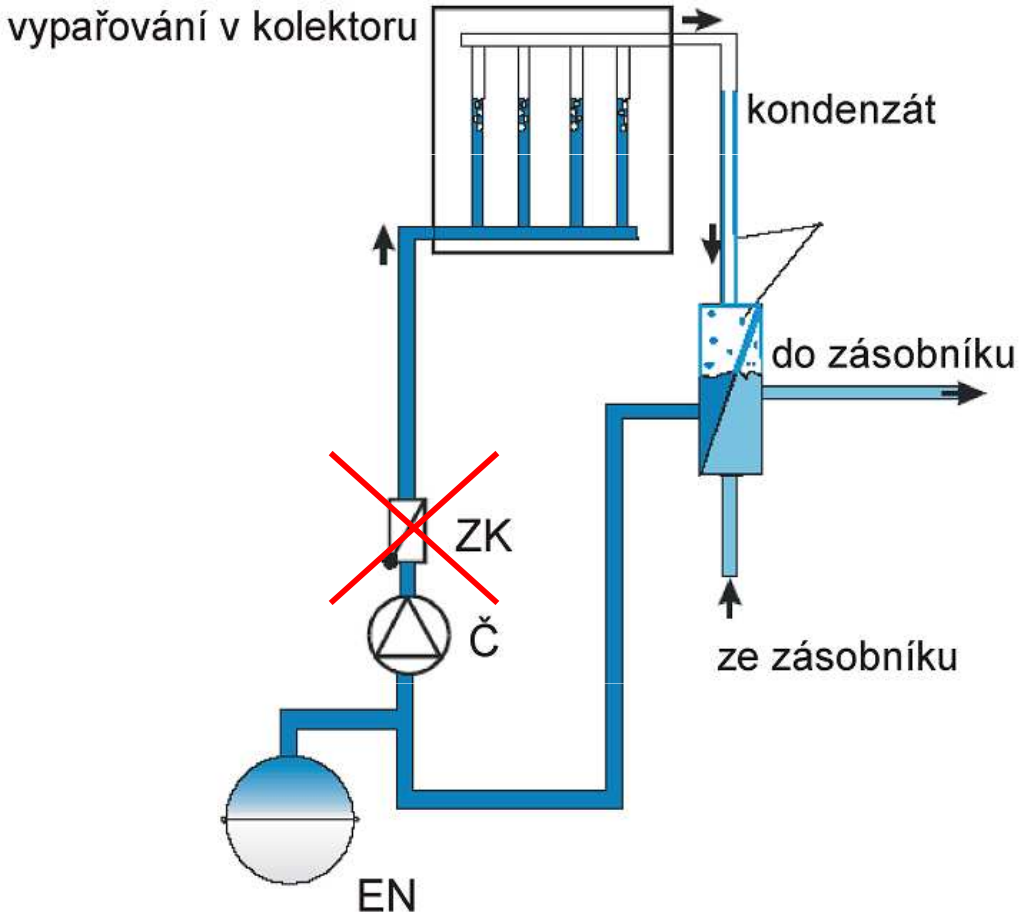
špatné



Zpětná klapka



správně



špatně

Teplonosná látka

- **odolná vůči cyklickým změnám skupenství**
  - provoz při nižším tlaku (200 – 300 kPa)
  - nižší bod varu (120 – 140 °C)
  - vhodné pro kolektory s dobrým vyprazdňováním
  - zpětná rozpustnost inhibitorů koroze

ovlivněn pouze zlomek objemu kolektoru

- **odolná vůči tepelné degradaci**
  - provoz při vyšším tlaku (500 – 1000 kPa)
  - vysoký bod varu (nedochází k vypařování)
  - vhodné pro kolektory se špatným vyprazdňováním

ovlivněn celý objem kolektoru

Ochrana proti problémům

- **kolektory** s dobrou vyprazdňovací schopností
- správné umístění **zpětné klapky**
- volba **teplonosné kapaliny**
- správný návrh **expanzní nádoby** – respektování tvorby páry
- správné dimenzování **potrubí** – funkce zásobníku kapaliny zpomalující průnik páry
- teplotní odolnost všech prvků solární soustavy (potrubí, izolace, ...)
- **sklon** kolektorů – fasádní kolektory výrazně omezují letní špičky
- drain back soustavy – samovolné vyprázdnění kapaliny kolektorů v době mimo provoz oběhového čerpadla

Teplonosné kapaliny pro solární soustavy

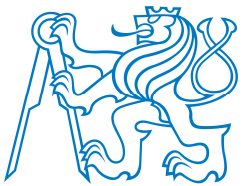
Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze

Požadavky

- **nízký bod tuhnutí, vysoký bod varu**
  - celoroční provoz (-25 až -30 °C)
  - stagnace (ploché až 200 °C, trubkové až 300 °C)
- **vhodné tepelně-fyzikální vlastnosti**
  - vysoká tepelná kapacita, vysoká tepelná vodivost (přenos tepla)
  - nízká viskozita (tlakové třecí ztráty)
- **teplotní odolnost a dlouhodobá stabilita vlastností**
  - vysoké teploty (stagnace)
  - omezení vylučování aditiv, snižování pH



Požadavky

- **ochrana proti korozi**
  - antikorozní aditiva (skupiny inhibitorů), životnost soustavy
- **kompatibilita s ostatními materiály**
  - těsnění, potrubí
- **bezpečnost**
  - nehořlavé, nevýbušné, netoxické, biologicky odbouratelné
- **nízká cena**

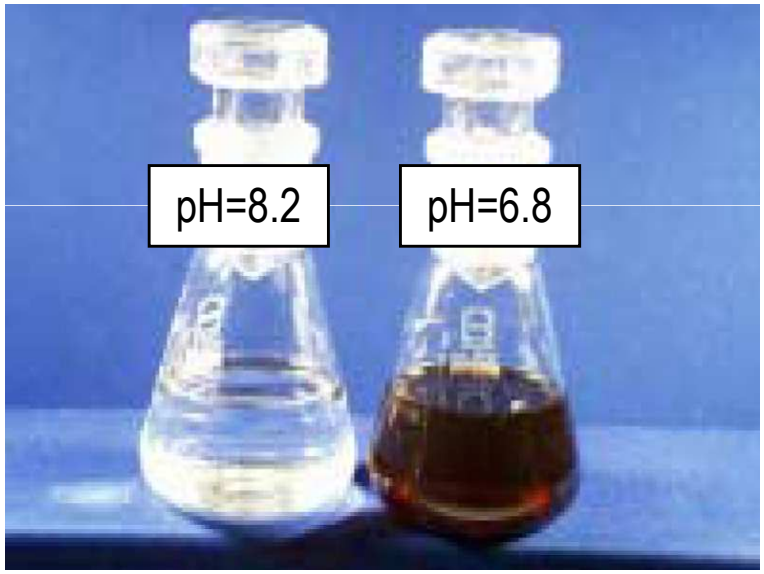
Typy solárních kapalin

- **voda**
  - netoxická, nehořlavá, levná, vysoká tepelná kapacita, nízká viskozita
  - omezený teplotní rozsah použití (sezónní soustavy), může způsobovat korozi či vylučování minerálních látek
- **etylenglykol**
  - nemrznoucí směs s vodou, jedovatý, relativně nízká viskozita
- **propylenglykol**
  - nemrznoucí směs s vodou, vysoká viskozita závislá na teplotě, nízká tepelná kapacita (o cca 20 % nižší než u vody), nutnost inhibitorů koroze, stabilizátorů a dalších přísad

Stagnace x propylenglykol

- **cyklická změna skupenství**
  - vylučování inhibitorů na vnitřních stěnách registru absorbéru
  - nutná zpětná rozpustnost inhibitorů koroze
  - kapalné inhibitory
  - degradace, zvýšení kyselosti (klesá pH), pevné usazeniny
- **teplotní zátěž**
  - tepelný rozklad směsi při vysokých teplotách
  - oxidační reakce, tvorba organických kyselin, pokles pH
  - neutralizace zvýšenou zásaditostí původní kapaliny

Stagnace x propylenglykol



pravidelné zkoušení pH

běžné solární kapaliny

ploché kolektory 150 °C

trubkové kolektory 300 °C

Vlastnosti

teplota tuhnutí T_F

$$\frac{T_F}{273{,}15} = A_0 + A_1\xi + A_2\xi^2$$

ξ ... hmotnostní podíl glykolu ve směsi s vodou

hustota, tepelná vodivost, měrná tepelná kapacita

$$P_x = A_1 + A_2\xi + A_3\frac{273{,}15}{T} + A_4\xi\frac{273{,}15}{T} + A_5\left(\frac{273{,}15}{T}\right)^2$$

dynamická viskozita, Prandtlovo číslo

$$\ln(P_x) = A_1 + A_2\xi + A_3\frac{273{,}15}{T} + A_4\xi\frac{273{,}15}{T} + A_5\left(\frac{273{,}15}{T}\right)^2$$

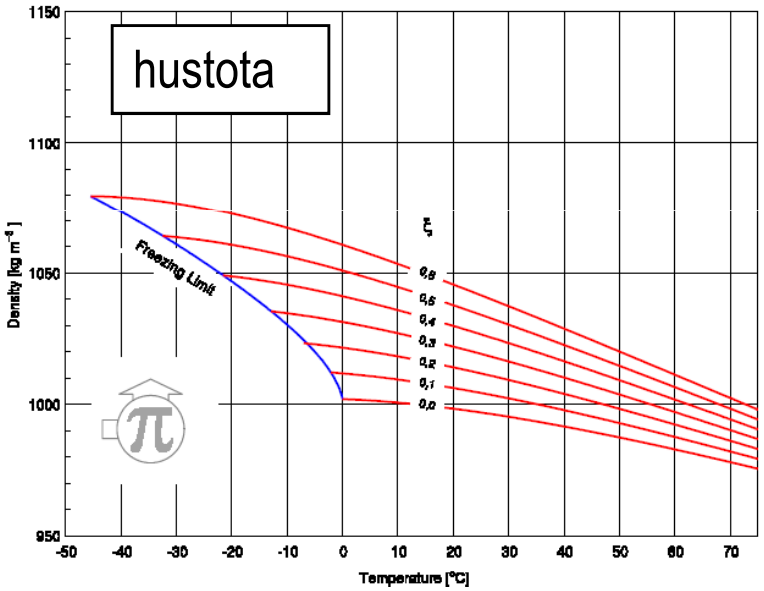
zdroj: Conde, M.: Thermophysical properties of brines – Models, Conde Engineering, http://www.mrc-eng.com, Zurich 2002.

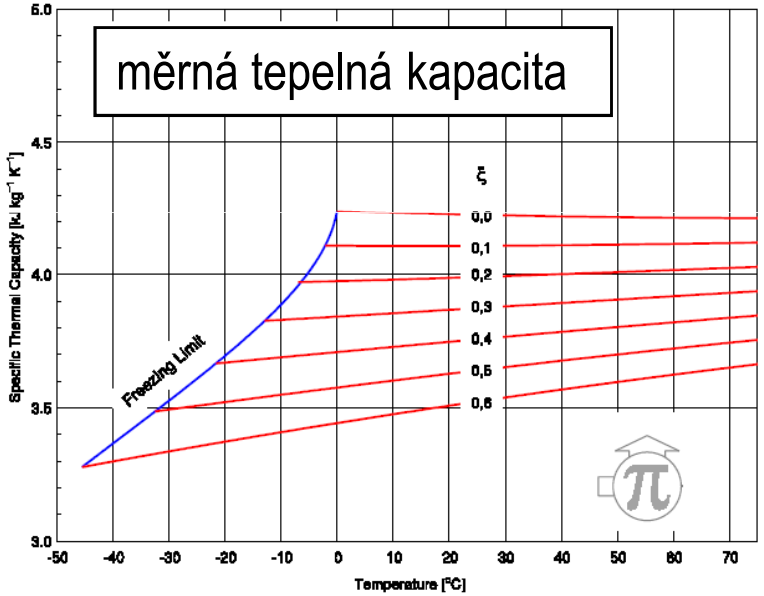
Vlastnosti propylenglykol

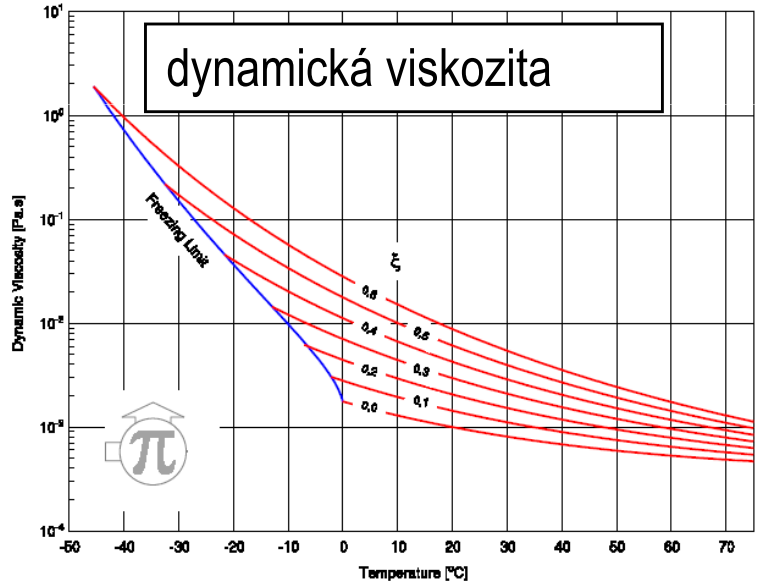
Parametr A	ρ [kg/m^3]	c_p [kJ/kg.K]	λ [W/m.K]	μ [Pa.s]	Pr [-]	T_F [K]
0	-	-	-	-	-	1,0
1	508,41109	4,47642	1,18886	-1,02798	6,66139	-0,03736
2	-182,40820	0,60863	-1,49110	-10,03298	-6,99440	-0,40050
3	965,76507	-0,71497	-0,69682	-19,93497	-18,55114	-
4	280,29104	-1,93855	1,13633	14,65802	12,04640	-
5	-472,22510	0,47873	0,06735	14,62050	14,47735	-

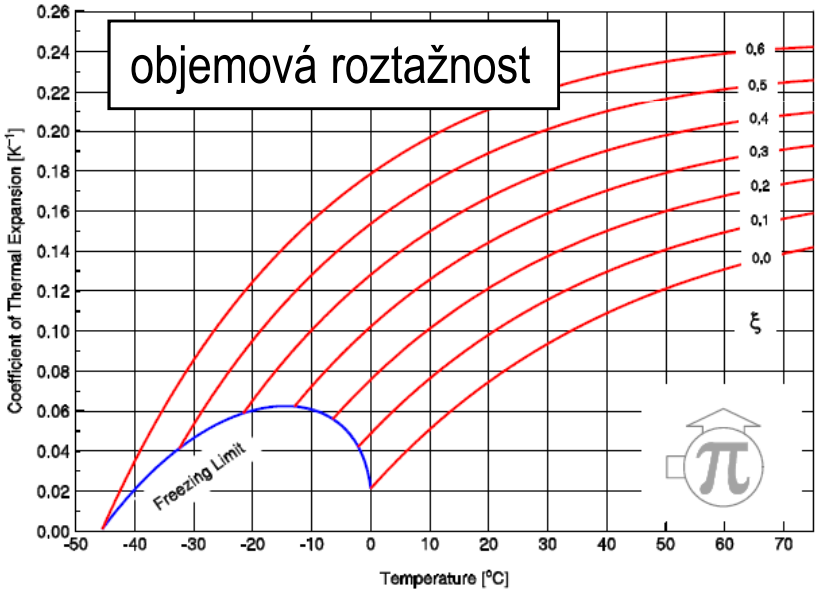
zdroj: Conde, M.: Thermophysical properties of brines – Models, Conde Engineering, http://www.mrc-eng.com, Zurich 2002.

Vlastnosti propylenglykol



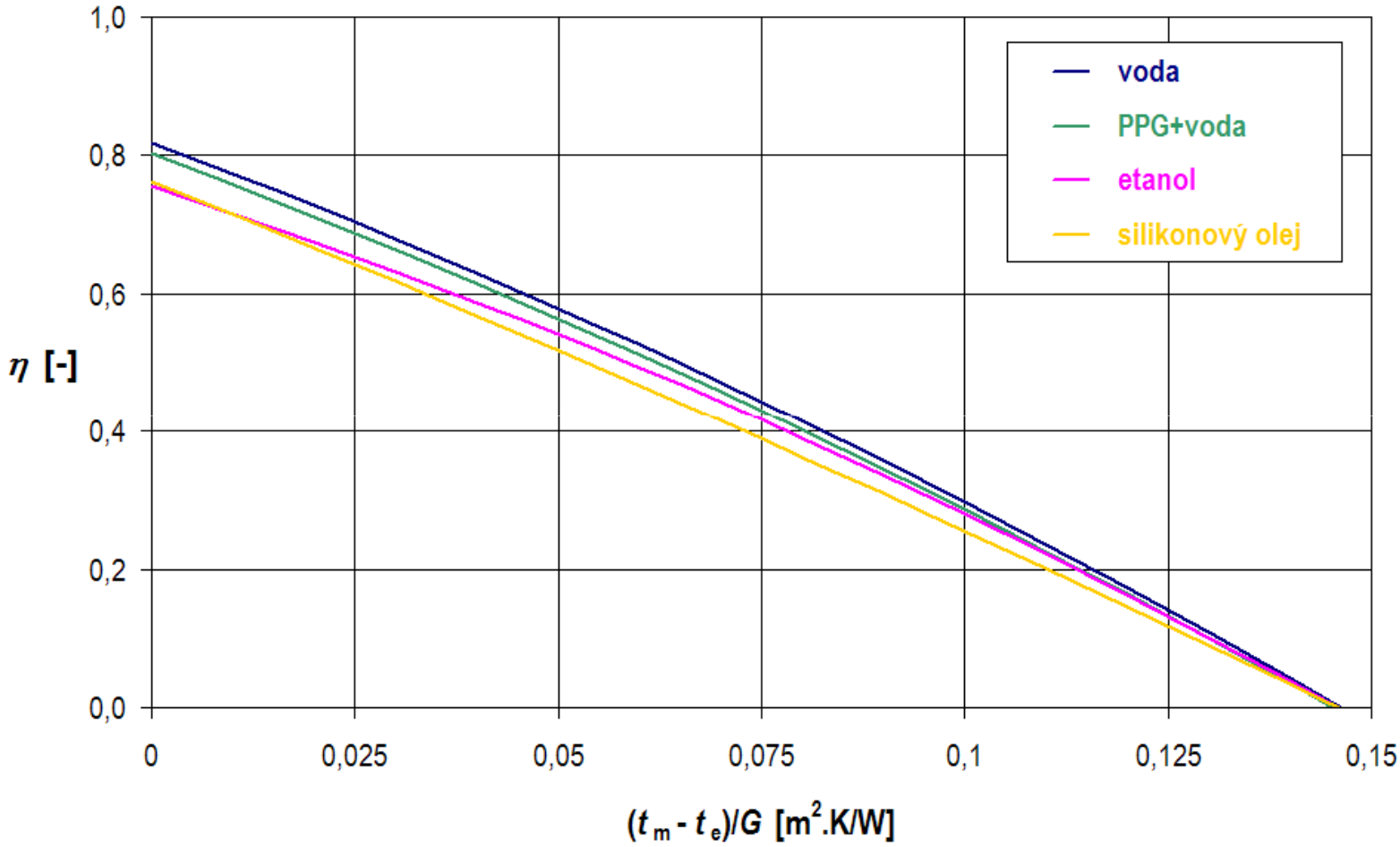






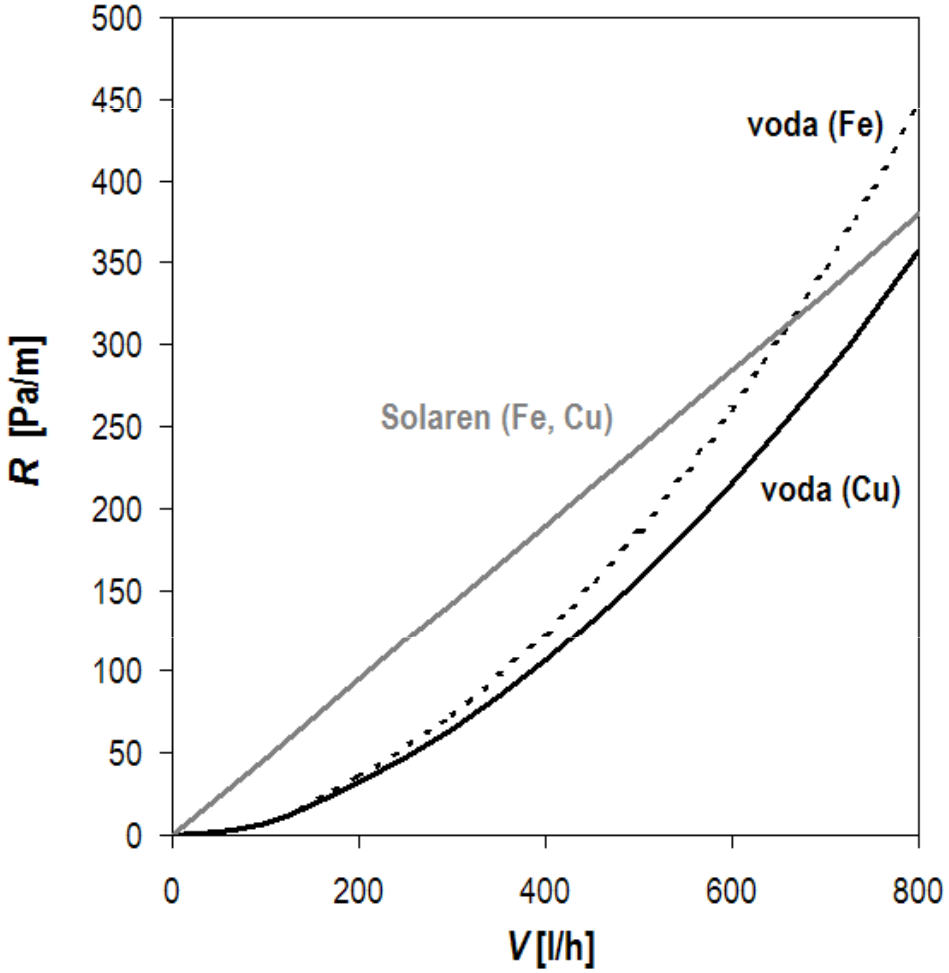
Vliv vlastností propylenglykolu

- **na účinnost kolektoru**
  - změna není příliš výrazná (1 %) oproti vodě (zkušebna)

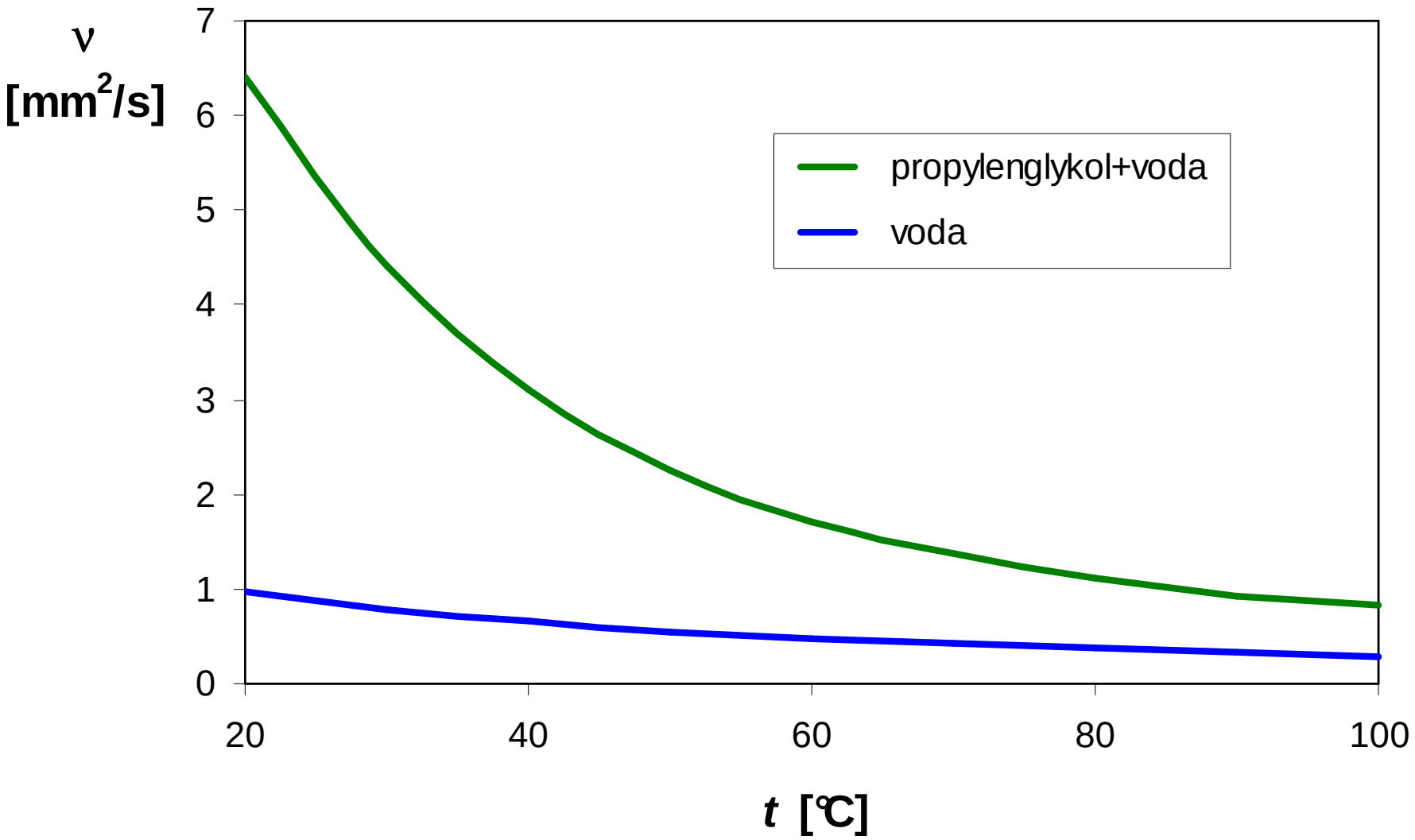


Vliv vlastností propylenglykolu

- **na hydrauliku solární soustavy**
  - vyšší viskozita, laminární proudění (třecí ztráty, místní ztráty)
  - výrazná závislost viskozity na teplotě, změna hydraulického chování soustavy při zahřátí (posun pracovního bodu)



Kinematická viskozita



Vliv teplonosné látky

- **na přenášený výkon, výměníky tepla**
  - nižší tepelná kapacita, laminární proudění = nižší výkon u výměníků tepla
- **na účinnost oběhového čerpadla**
  - hydraulická charakteristika se nezmění (oproti vodě)
  - pokles účinnosti čerpadla vlivem vyšších třecích ztrát v těle čerpadla
- **na velikost expanzní nádoby**
  - objemová roztažnost propylenglykolu (50/50) je vyšší než u vody

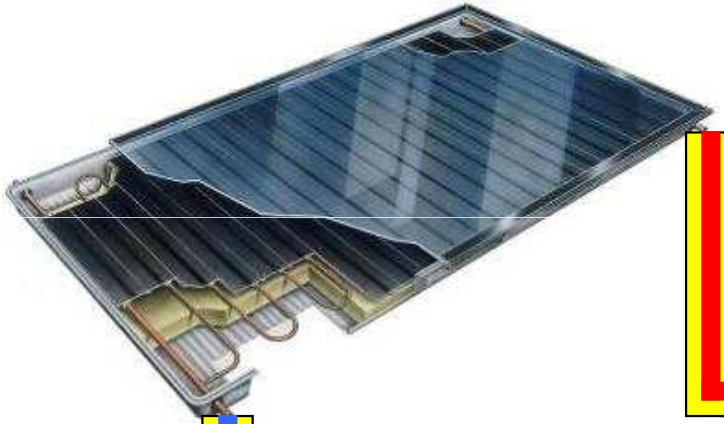
Potrubí a izolace pro solární soustavy

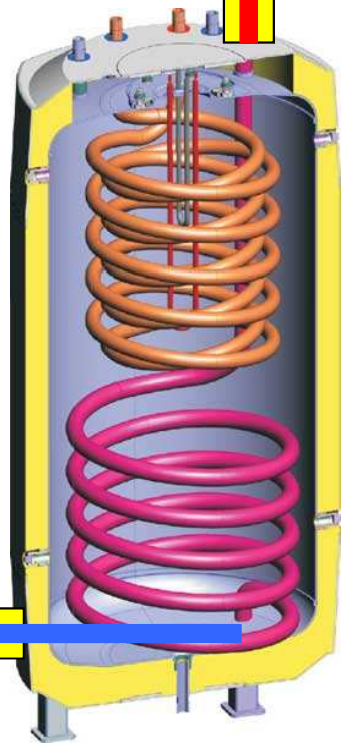
Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze

Potrubí a izolace





- potrubí – propojuje zdroj a spotřebič
- izolace – zabraňuje tepelným ztrátám

Obecné požadavky

- **funkčnost**
  - musí odpovídat typu a použití soustavy
- **životnost**
  - odolnost vůči tlakům a teplotám, stárnutí, atmosférickým vlivům
- **energetická náročnost**
  - potrubí – nízké třecí ztráty (drsnost), vliv na spotřebu čerpací práce a el. energie pro pohon čerpadel
  - tepelná izolace – nízké tepelné ztráty, vliv na účinnost a zisky soustavy, potřebu záložní energie

Potrubí - materiály

- **plastové (EPDM)**
  - pouze bazénové aplikace
  - EPDM, polypropylen, polyester, polyetylen
  - s ochranou proti UV záření

Potrubí - materiály

- **měděné potrubí**
  - nízká drsnost (k = 0,001 mm), neovlivňuje zpravidla součinitel třecí tlakové ztráty (laminární proudění)
  - (+) jednoduché spojování (pájení, lisované spoje)
  - (+) stejný materiál jako kolektory, nulový el.-chem. potenciál
  - (–) cena, zvláště při *d* > 28 mm

Potrubí - materiály

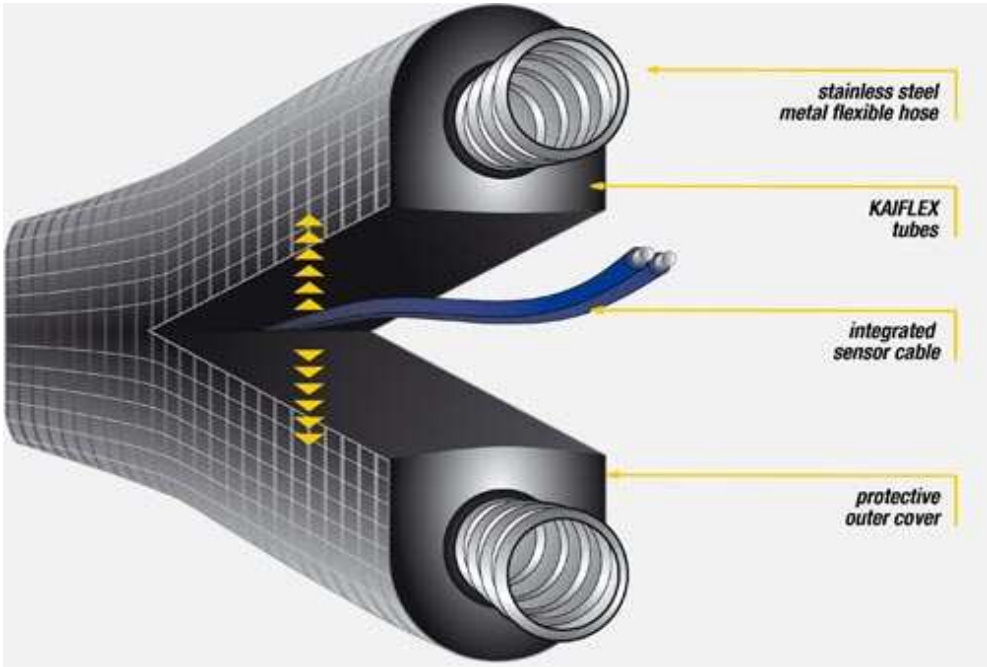
- **ocelové bezešvé**
  - vyšší drsnost (k = 0,02 mm), neovlivňuje zpravidla součinitel třecí tlakové ztráty (laminární proudění)
  - (–) svařování, závity
  - (– – –) pozinkované chemické reakce zinek-glykol
  - (+) cena, zvláště při větších světlostech

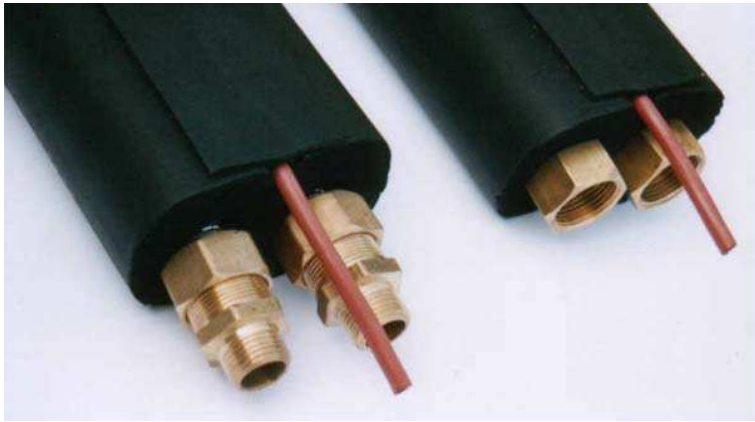
Potrubí - materiály

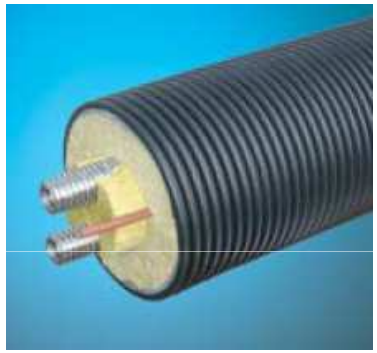
- **nerez ocel (vlnovec)**
  - (–) vyšší tlakové ztráty
  - (–) cena
  - (+) hygienický atest pro pitnou vodu
  - (+) ohebné ($r_o = 2D$), tvarovatelné (kombiflex)
  - (+) rychlá a jednoduchá montáž

Potrubí - materiály

- **kompaktní potrubní systémy**
  - flexi nebo Cu potrubí
    minerální nebo kaučuková izolace
    kabel čidla
  - ochranná vrstva





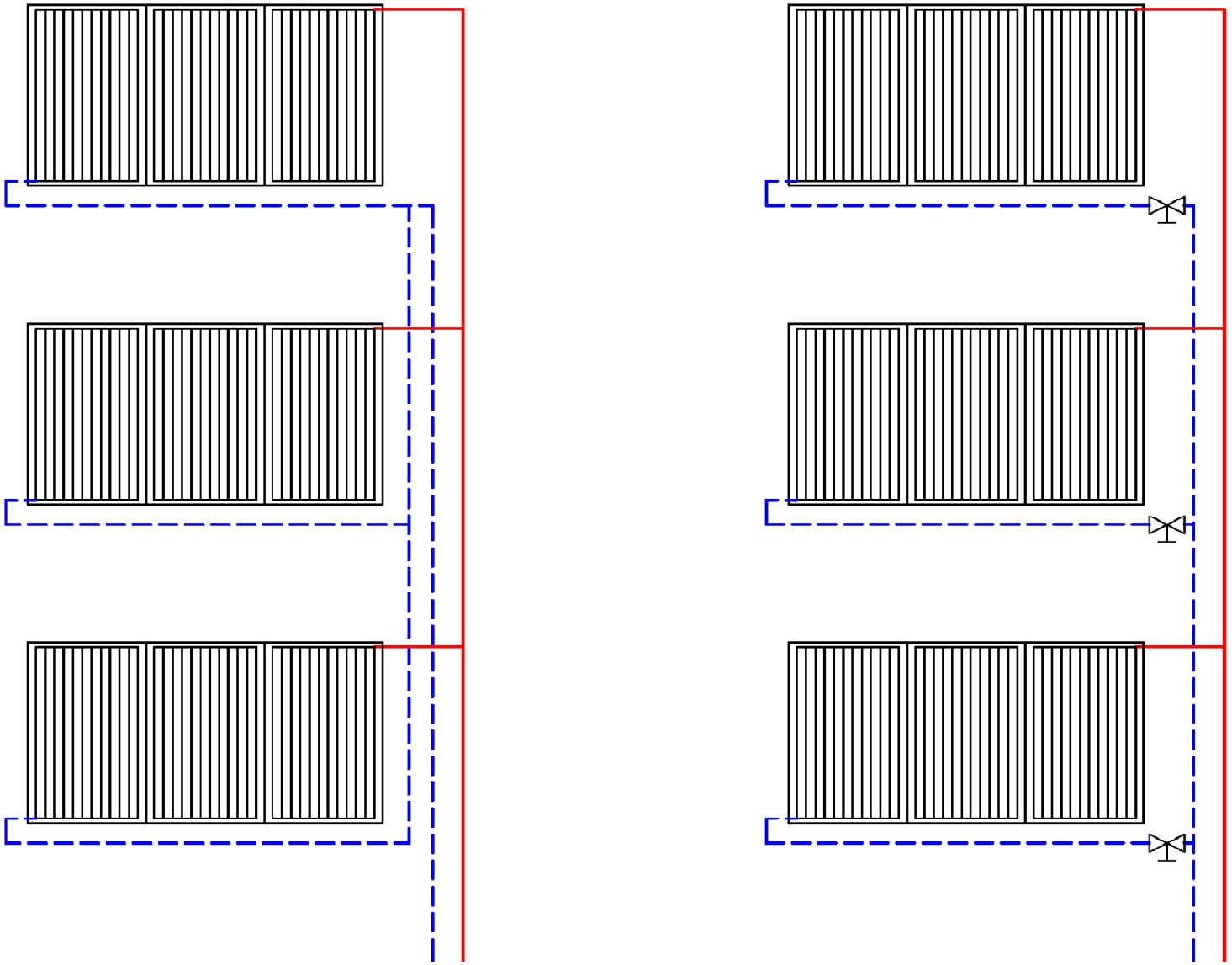


Vedení potrubí

- **vedení potrubí**
  - výstupní potrubí vést co nekratší cestou (tepelné ztráty)
  - Tichelmannův rozvod na **vstupním** potrubí do kolektoru

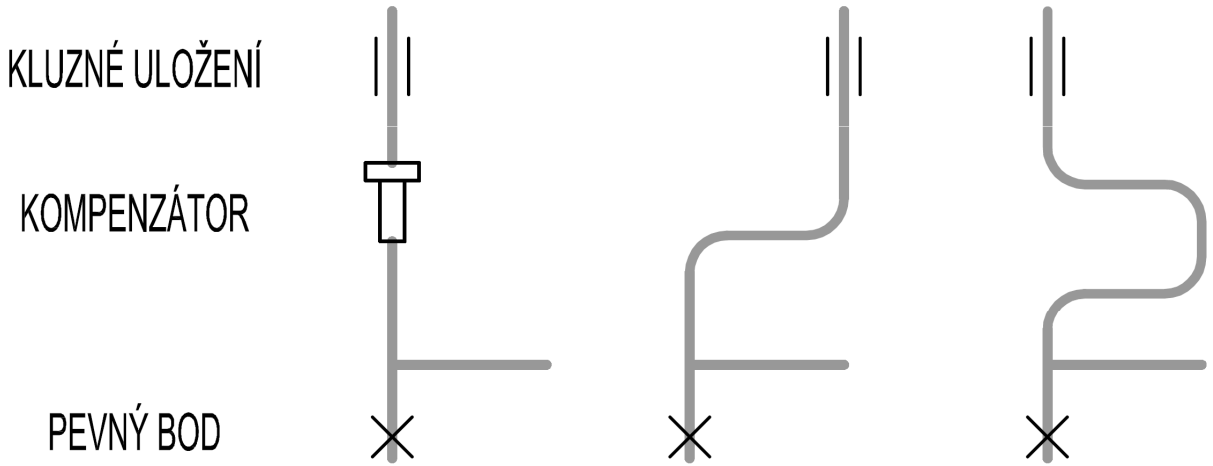
    nebo
  - vyvažovací ventily (teplotní odolnost !)
  - co nejméně potrubí ve venkovním prostředí (odolná izolace)
  - potrubí nevést v nejvyšším místě (korozní potenciál)
  - řádné odvzdušnění soustavy

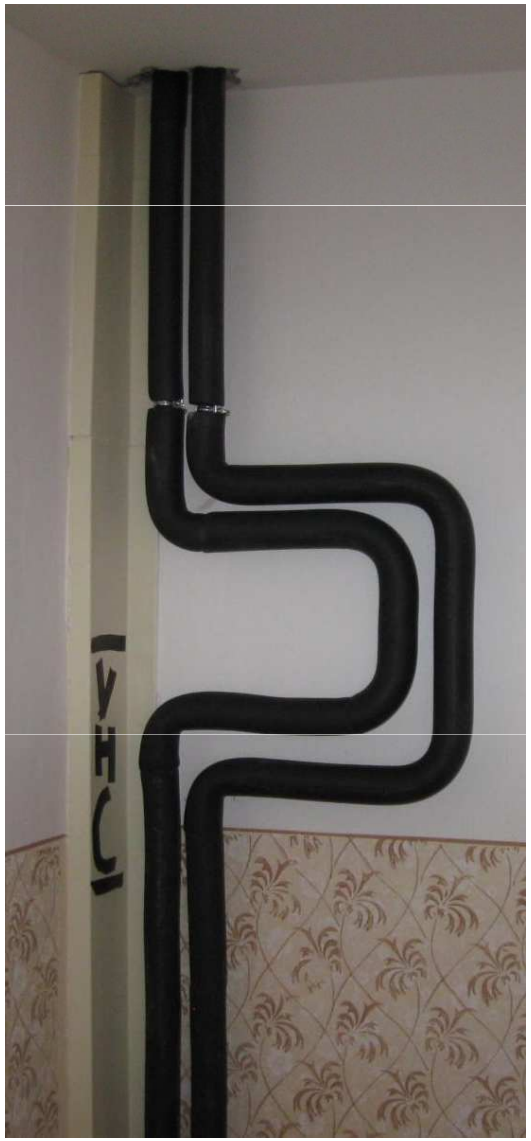
Vedení potrubí

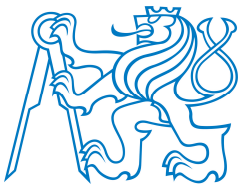


Vedení potrubí

- **délková dilatace – tepelná roztažnost**
  - pevné body x dilatační prvky (U smyčky, ohyby, kompenzátory)
  - zpravidla každých 10 až 15 m



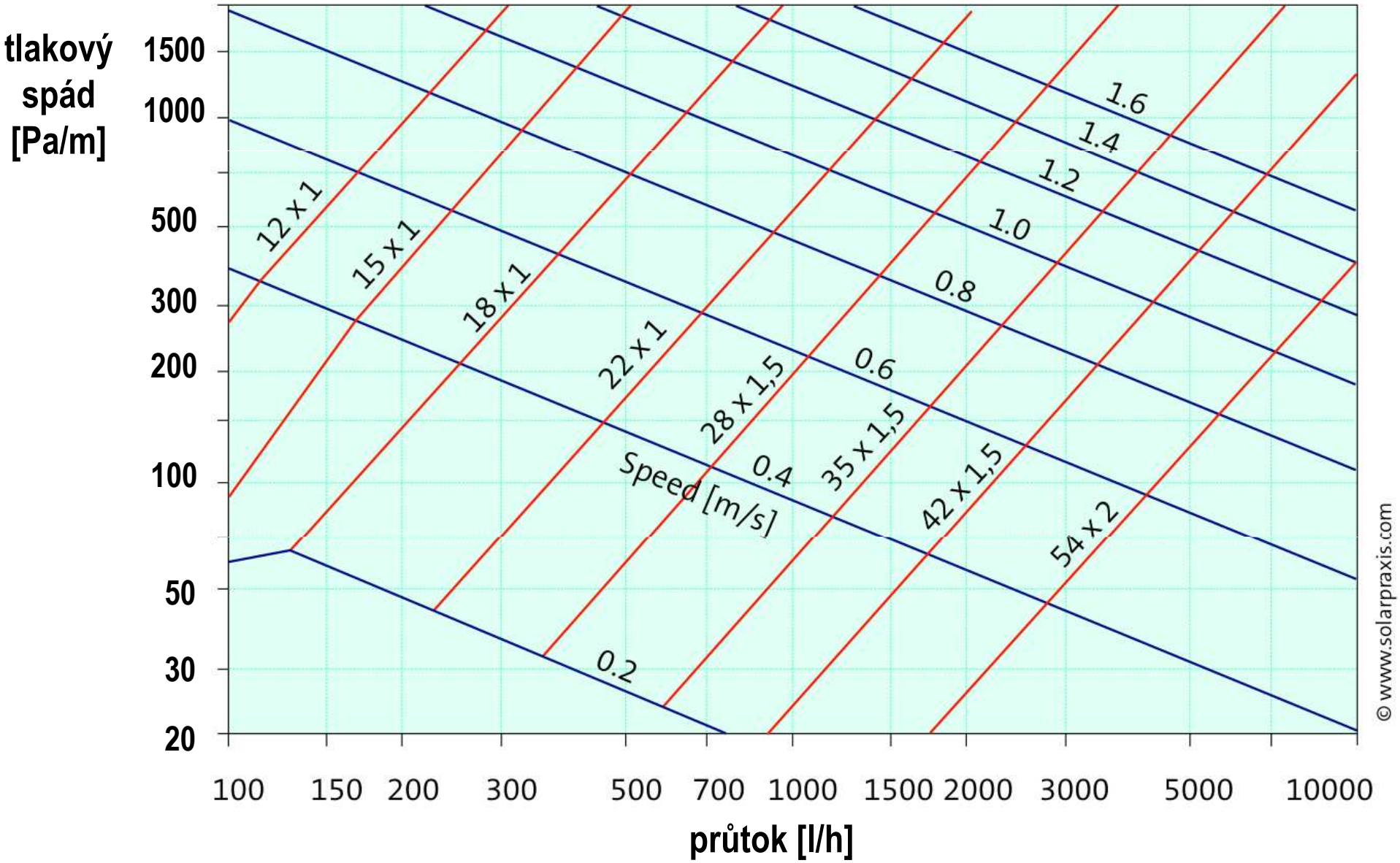




Návrh světlosti potrubí

- **požadovaný průtok kolektorovým polem**
  - soustavy s nízkým průtokem (**low-flow**): 10 až 20 l/h.m^2
    vysoké ΔT na kolektorech 25 až 40 K
  - soustavy s vysokým průtokem (**high-flow**): 50 až 100 l/h.m^2
    nízké ΔT na kolektorech 5 až 10 K
  - ekonomická rychlost, ekonomický tlakový spád
  - rychlost v potrubí 0,2 až 0,6 m/s (analogicky jako u otopných soustav)

Návrh světlosti potrubí



Návrh světlosti potrubí

Návrhové tabulky (tlakový spád, rychlost, průtok, světlost)

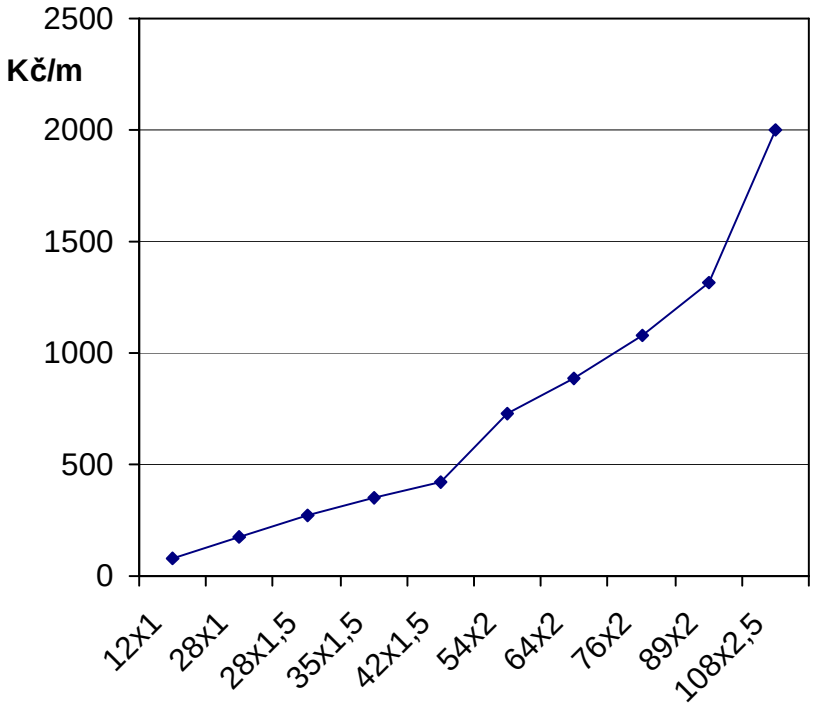
voda:
Laboutka, K., Suchánek, T.: *Výpočtové tabulky pro vytápění (Sešit projektanta č. 9)*. Společnost pro techniku prostředí, Praha 2001.

propylenglykol-voda (Solaren):
Kramoliš, P., Vrtek, M.: *Tabulky pro stanovení hydraulické ztráty třením v kruhovém potrubí a hydraulické ztráty místními odpory při proudění teplonosné kapaliny Solaren*. Technické vydavatelství Praha, 2004. ISBN 80-803261-1-0

analytické vztahy (etylenglykol, propylenglykol):
Matuška, T.: Solární tepelné soustavy. Sešit projektanta č. 1. STP 2009.

Návrh světlosti potrubí

- **požadovaná max. světlost potrubí**
  - světlosti Cu potrubí > 28 x 1.5 mm velmi drahé
  - dělení primárního okruhu do větví



- **požadovaný objem potrubí**
  - objem potrubí jako ochrana expanzní nádoby proti pronikání páry při stagnaci
  - V_p = (0,5 až 1,0)V_k; $V_p = V_{EN}/2$

Tepelná izolace - požadavky

- **odolnost vůči teplotám**
  - v blízkosti kolektoru: stagnační teploty

    minimálně 150 °C až 250 °C
  - vzdálenější místa:

    provozní teploty max. 120 °C

Tepelná izolace - požadavky

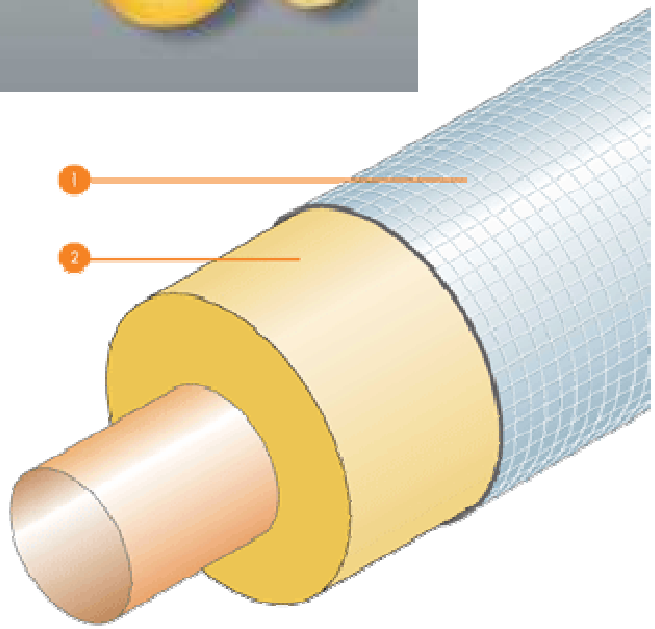
- **odolnost vůči venkovnímu prostředí**
  - vlhkost
    zvýšení tepelných ztrát
    degradace izolace
    nenasákavá izolace
  - UV záření
    (–) kaučukové izolace
  - ptáci, hlodavci
    vyzobávání, vykusování
    (–) kaučukové izolace

Tepelná izolace – materiály

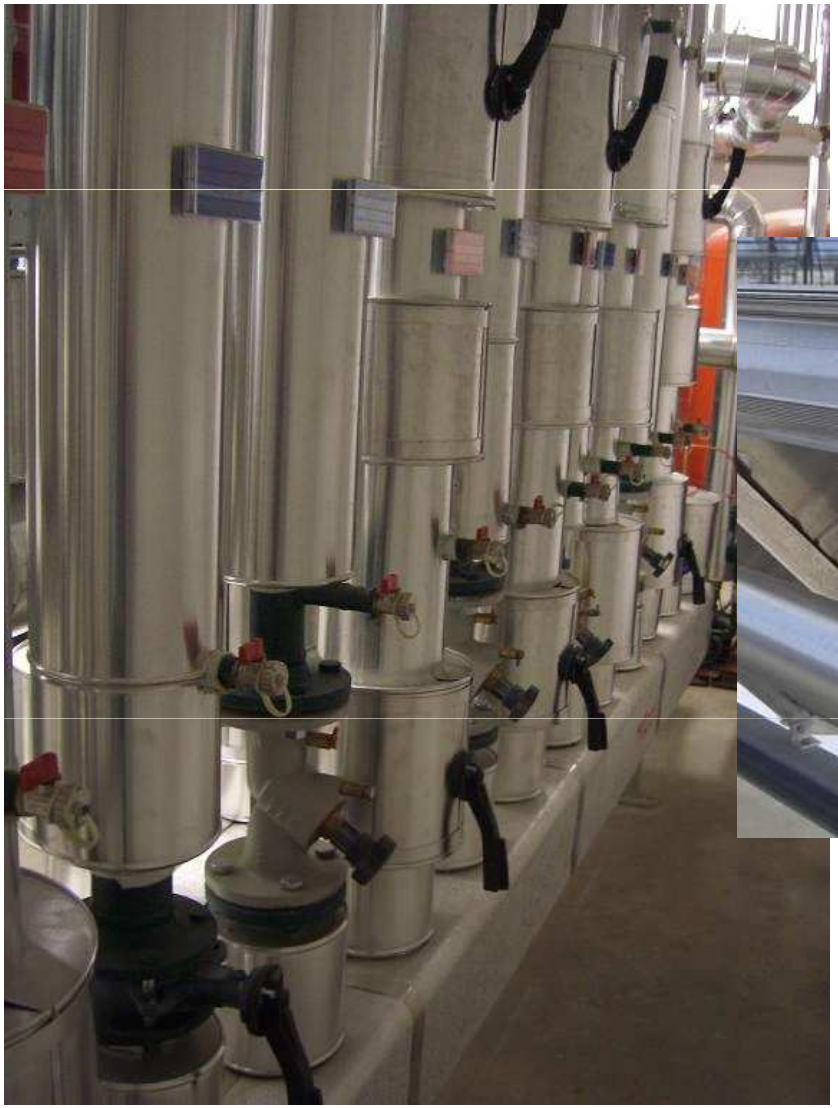
- **EPDM pěny, syntetický kaučuk**
  - (+) nízká tepelná vodivost
  - (+) nenasákavost
    uzavřená struktura
  - (+) UV ochrana
  - (–) potrava pro ptáky
  - teplotní odolnost:
    170 °C krátkodobě
    130 °C dlouhodobě

Tepelná izolace – skelná vlna

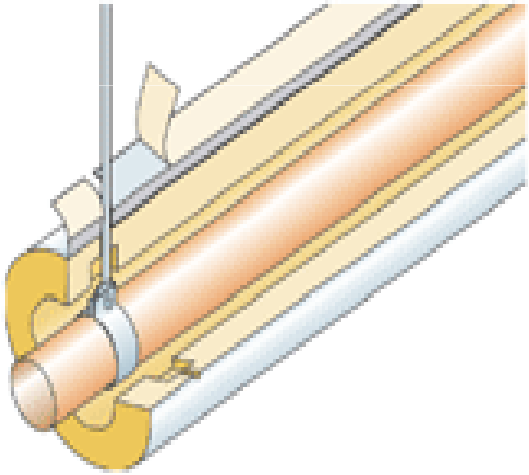
- **skelná a minerální vlna**
  - (+) odolnost vůči UV záření
  - (–) otevřená struktura nutnost uzavírat do krytu, hliníková folie, oplechování
  - (+) dlouhodobá odolnost do 280 °C

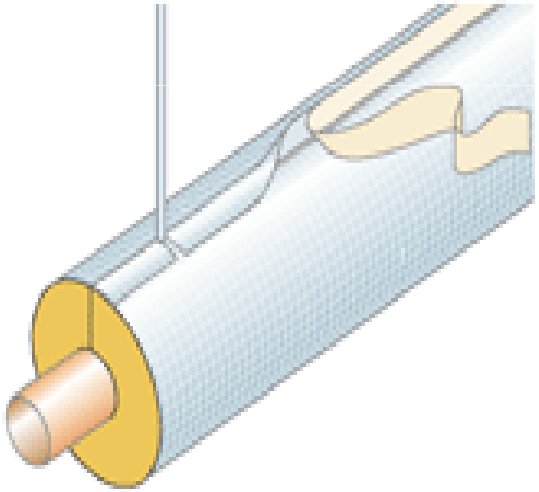


Tepelná izolace – oplechování



Tepelná izolace – tepelné mosty





úchyty, objímky

armatury

čerpadla

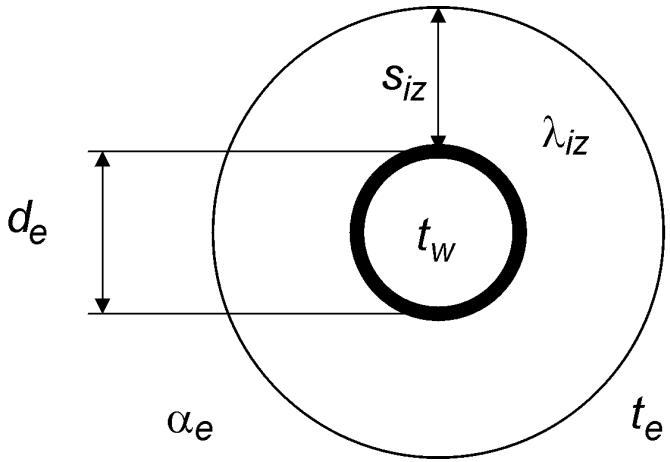
výměníky tepla

Návrh tloušťky izolace

- **legislativa pro tepelné soustavy**
  - vyhláška 193/2007 Sb.
  - požadavek na minimální součinitel prostupu tepla *U* [W/m.K]

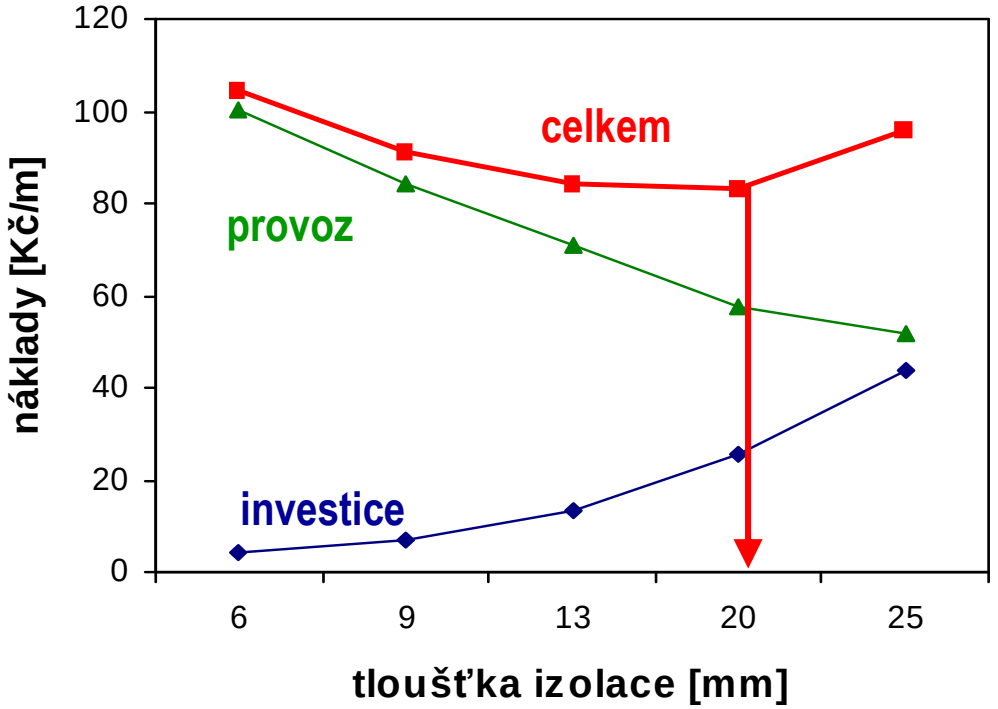
$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_{iz}} \ln\left(\frac{d_e + 2 \cdot s_{iz}}{d_e}\right) + \frac{1}{\alpha_e} \cdot \frac{1}{(d_e + 2 \cdot s_{iz})}}$$

Cu d_e [mm]	požadavek U_N [W/m².K]	0,035 s_{iz} [mm]	0,040 s_{iz} [mm]
18	0,15	25	34
22	0,15	32	43
28	0,18	29	38
35	0,18	38	48
42	0,18	46	59



Návrh tloušťky izolace

- **optimalizační výpočet**
  (vyhláška 193/2007, § 2, odst. 3)
  - cena izolace
  - cena solárního tepla
  - hospodárná tloušťka izolace



- **typické hodnoty**
  - tloušťka izolace = světlost potrubí

d_e [mm]	s_{iz} [mm] *
< 22	20
28 až 42	30
> 42	$s_{iz} = d_e$

* ČSN EN 12976-2: Tepelné solární soustavy a součásti - Soustavy průmyslově vyráběné. Kapitola 12. ČNI 2006

Pojistná a zabezpečovací zařízení

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze

Pojistná a zabezpečovací zařízení

- **pojistný ventil**
  - chrání primární okruh solární soustavy proti nedovolenému tlaku

- **expanzní nádoba**
  - umožňuje změny objemu teplonosné kapaliny vlivem tepelné objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a zbytečných ztrát kapaliny způsobených otevřením pojistného ventilu a to ani v případě stagnace

neexistují zvláštní normy pro jejich návrh v solárních soustavách, analogie s klasickými topenářskými, úprava vzhledem k odlišnostem

(Pře)Tlaky v solární soustavě

otevírací tlak pojistného ventilu p_{PV}

maximální provozní tlak p_e

$$p_e = p_{PV} - 20\,\text{kPa} \quad \text{pro} \quad p_{PV} \leq 300\,\text{kPa}$$

$$p_e = 0{,}9 \cdot p_{PV} \quad \text{pro} \quad p_{PV} > 300\,\text{kPa}$$

rozsah provozních tlaků soustavy
ovlivňuje návrh expanzní nádoby

$$p_0 = h_s \cdot \rho \cdot g + p_d$$

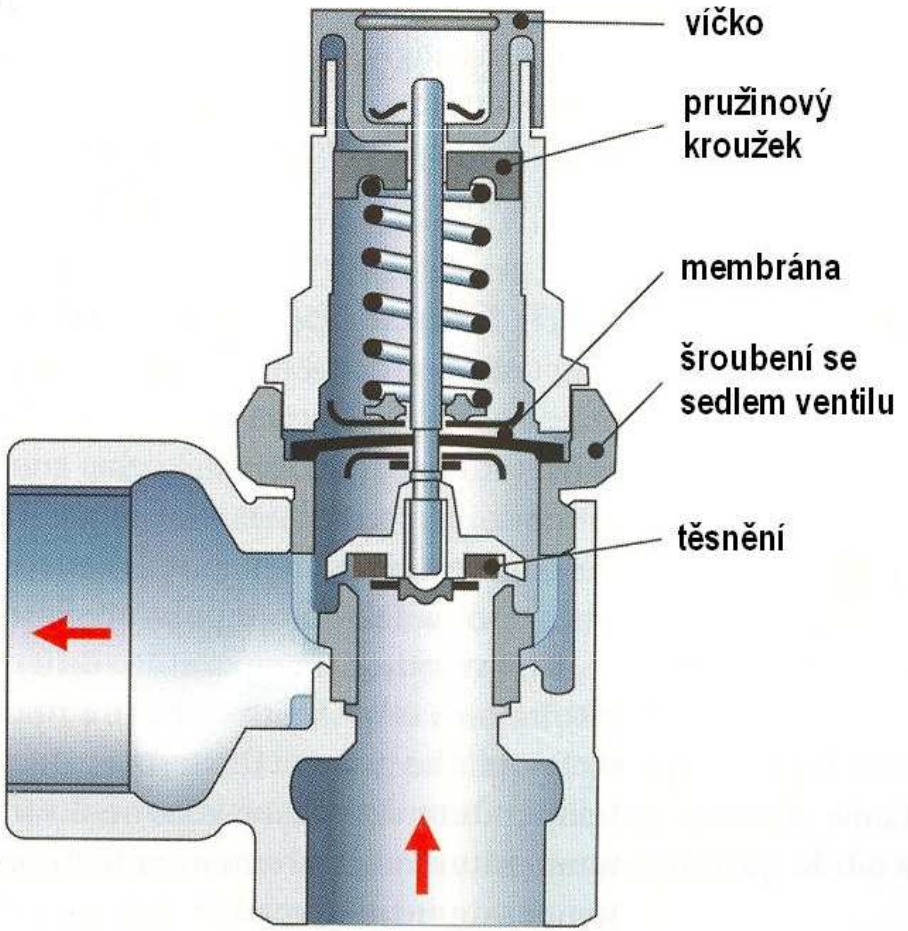
minimální provozní tlak v nejvyšším místě
p_d = 20 kPa až ... kPa

plnicí tlak p_0

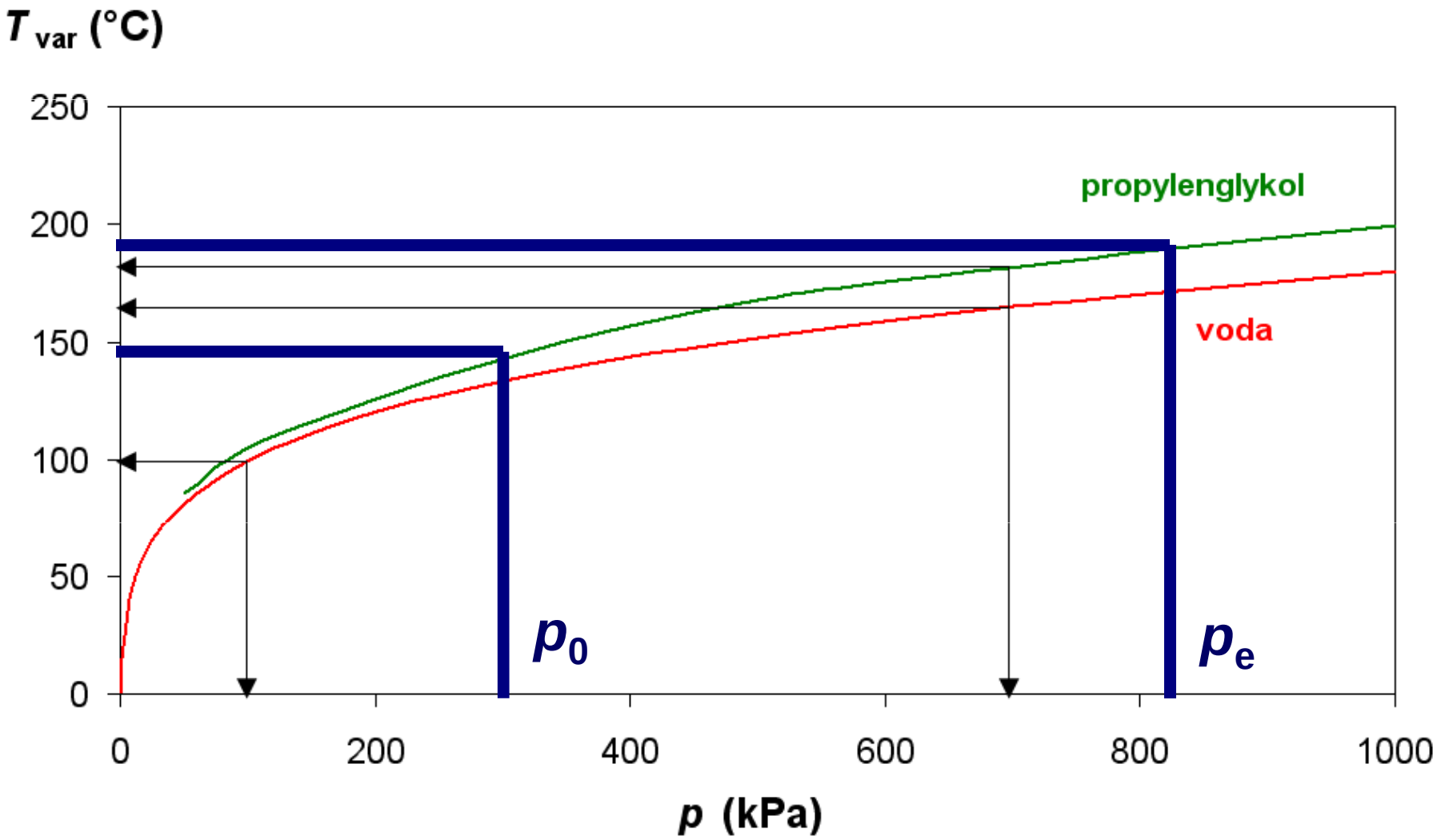
hydrostatický tlak p_h

Pojistný ventil

- **volba pojistného tlaku**
  - musí respektovat tlakovou odolnost prvků soustavy
  - ovlivňuje velikost expanzní nádoby
  - musí odpovídat volbě strategie potlačení nepříznivých účinků stagnace
    - s změnou skupenství
    - beze změny skupenství



Teplota varu



Pojistný ventil

- **stanovení průřezu**
  - použije se klasický topenářský návrh pro výpočet průtočného průřezu sedla ventilu

$$S_o \geq \frac{\dot{Q}_p}{\alpha_v \cdot K} \qquad \text{mm}^2$$

α_v výtokový součinitel

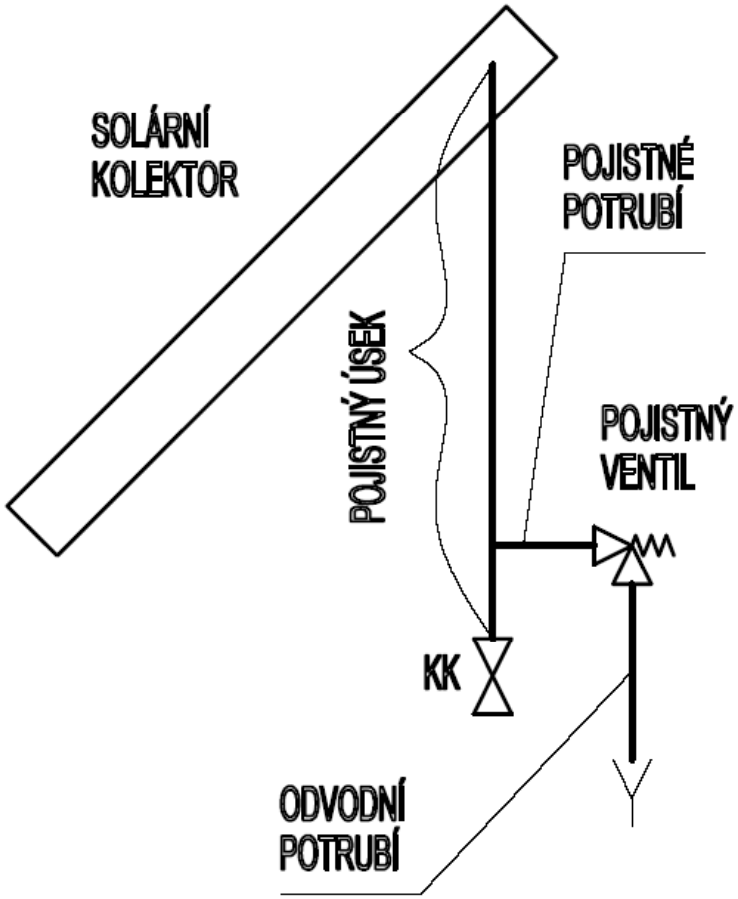
K konstanta (k dispozici pro sytou vodní páru)

Q_p špičkový výkon kolektorů

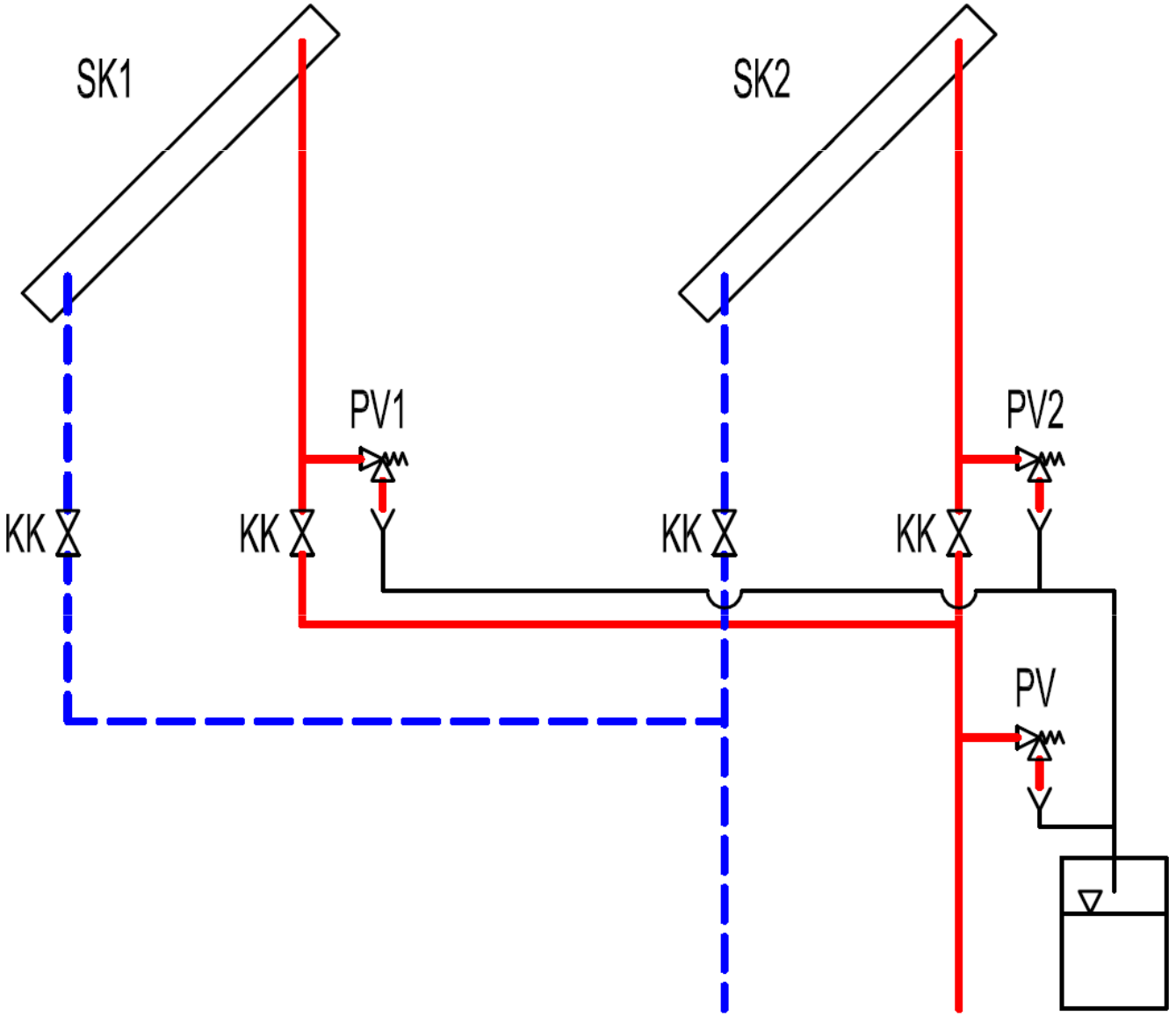
G = 1000 W/m^2, t_m - t_e = 0 K, $Q_p = \eta_0 \cdot A_k \cdot G$

Umístění pojistného ventilu

- pojistný ventil musí být umístěn **v pojistném úseku**
- zajištěn volný odtok, bez akumulace nečistot
- musí být **pravidelně kontrolován**
- **česká norma**
  - v pojistném úseku **nesmí být uzávěr**
  - pojistný úsek **20 x *d***
  - zahraniční normy omezení délky pojistného úseku neznají (**!**)

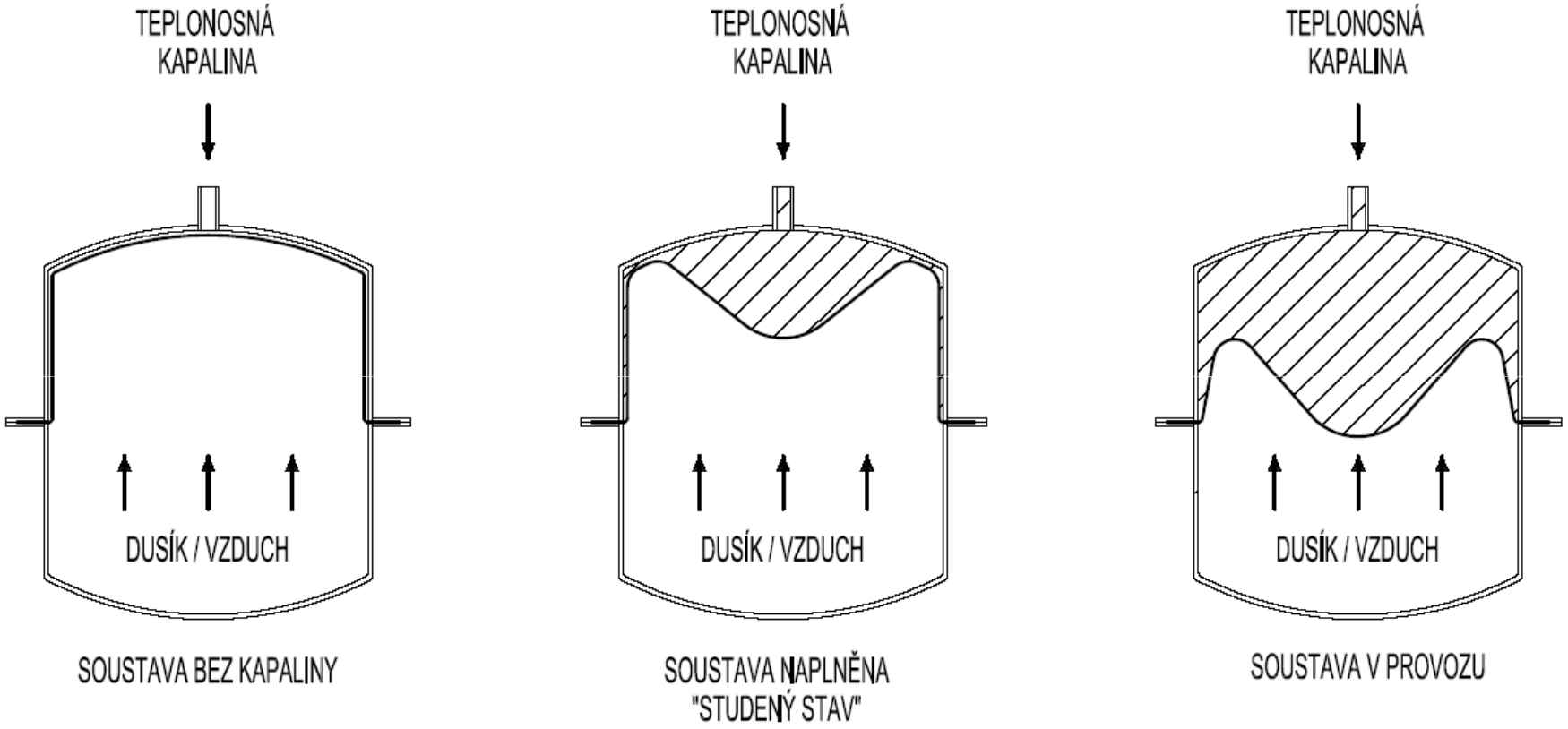


Umístění pojistného ventilu



Expanzní nádoba

- **uzavřené soustavy**
  - tlaková expanzní nádoba s membránou



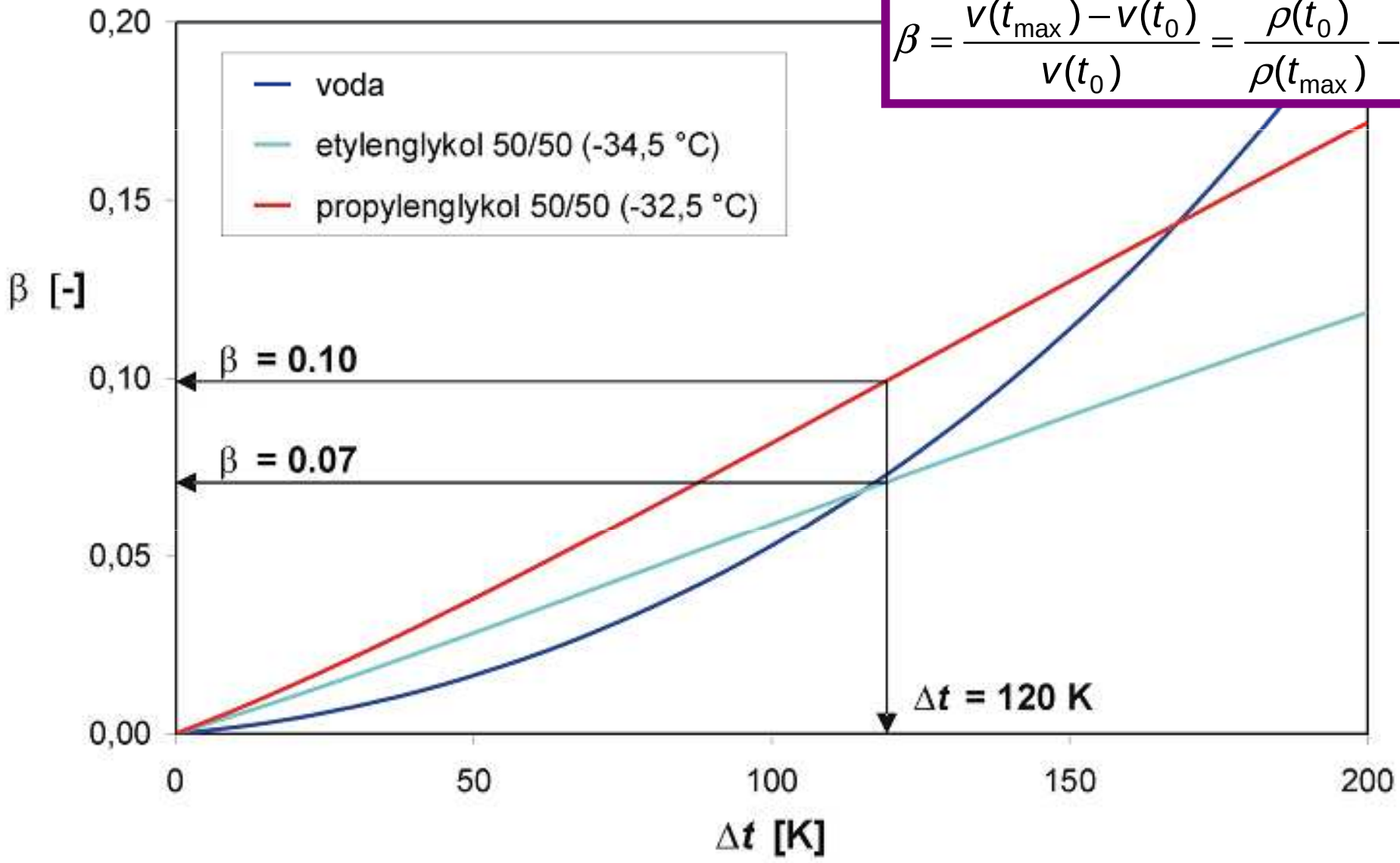
Návrh expanzní nádoby

- **minimální objem expanzní nádoby**
  - min. objem kapaliny v EN ve studeném stavu $\boldsymbol{V_s}$
    - 1 – 10 % objemu solární soustavy, min. 2 litry
  - změna objemu kapaliny v solární soustavě $\boldsymbol{V}$ objemovou roztažností β z teploty t_0 = 10 °C na t_{max} = 90 až 130 °C
  - pohlcení objemu kolektorů $\boldsymbol{V_k}$ vytlačeného při stagnaci (případně i přívodních potrubí – změna v parní skupenství)

$$V_{EN,min} = V_s + V \cdot \beta + V_k$$

Součinitel objemové roztažnosti

$$\beta = \frac{v(t_{max}) - v(t_0)}{v(t_0)} = \frac{\rho(t_0)}{\rho(t_{max})} - 1$$



Návrh expanzní nádoby

- **stupeň využití expanzní nádoby**

$$\eta = \frac{p_e - p_0}{p_e + p_b}$$

p_e maximální tlak v solární soustavě

p_0 minimální tlak v solární soustavě

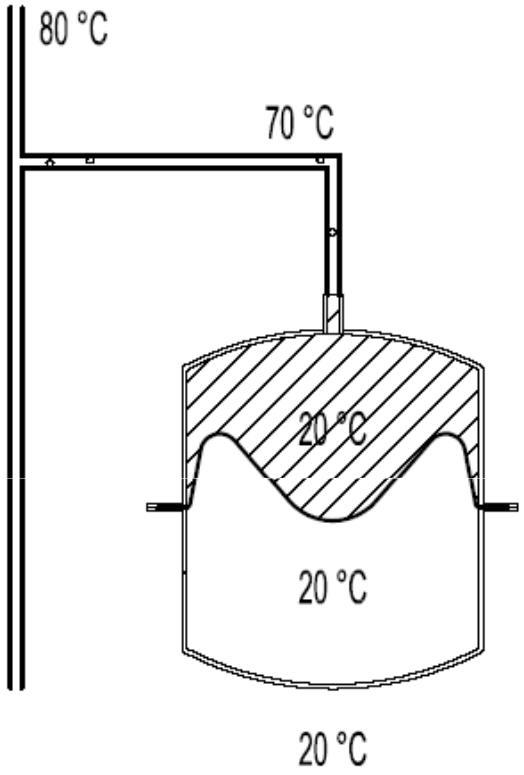
p_b atmosférický tlak (100 kPa)

$$V_{EN} = \left(V_s + V \cdot \beta + V_k\right) \cdot \frac{p_e + 100}{p_e - p_0}$$

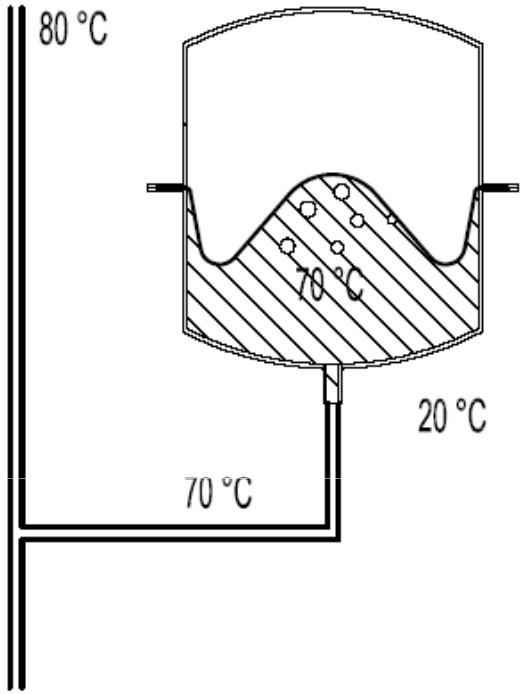
výběr EN s nejbližším vyšším objemem z řady

Připojení expanzní nádoby

SPRÁVNÉ PŘIPOJENÍ



NESPRÁVNÉ PŘIPOJENÍ



nastavení předtlaku v EN: $p_v = p_0 - 30$ kPa

Děkuji za pozornost

Tomáš Matuška
Ústav techniky prostředí
Fakulta strojní, ČVUT v Praze
Technická 4, 166 07 Praha 6

tomas.matuska@fs.cvut.cz

Československá společnost pro sluneční energii (národní sekce ISES)

http://www.solarnispolecnost.cz

http://www.solar-info.cz

Solární laboratoř ÚTP FS ČVUT v Praze

http://solab.fs.cvut.cz

SOLAB
Solární laboratoř Ústavu techniky prostředí
Fakulty strojní ČVUT v Praze

Projektování solárních soustav, prvky

Návrh výměníků tepla a oběhových čerpadel

Bořivoj Šourek

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

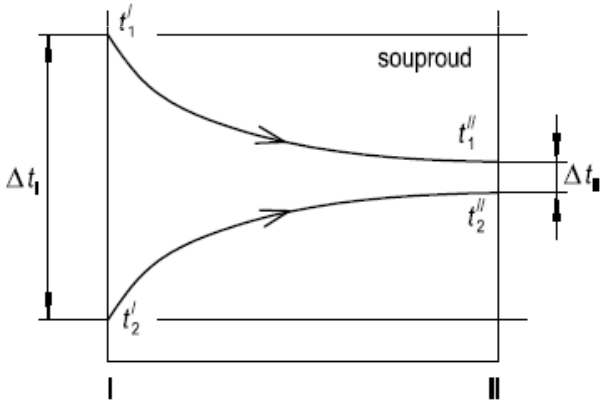
ČVUT v Praze

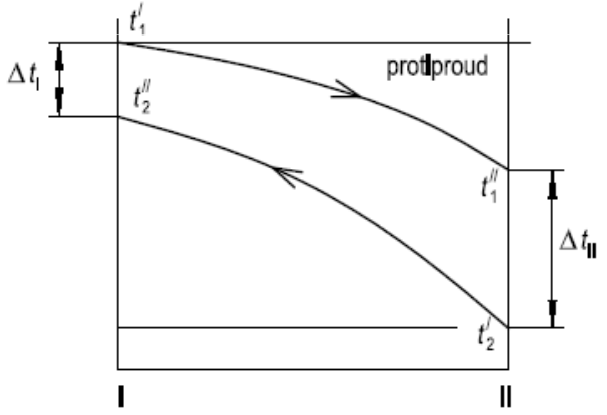
Návrh výměníků tepla

- ruční výpočet pouze v „nouzi“ a/nebo u vestavěných výměníků
- využití výpočetních programů
  - zohlednění typu proudění
  - zohlednění typu teplonosné látky

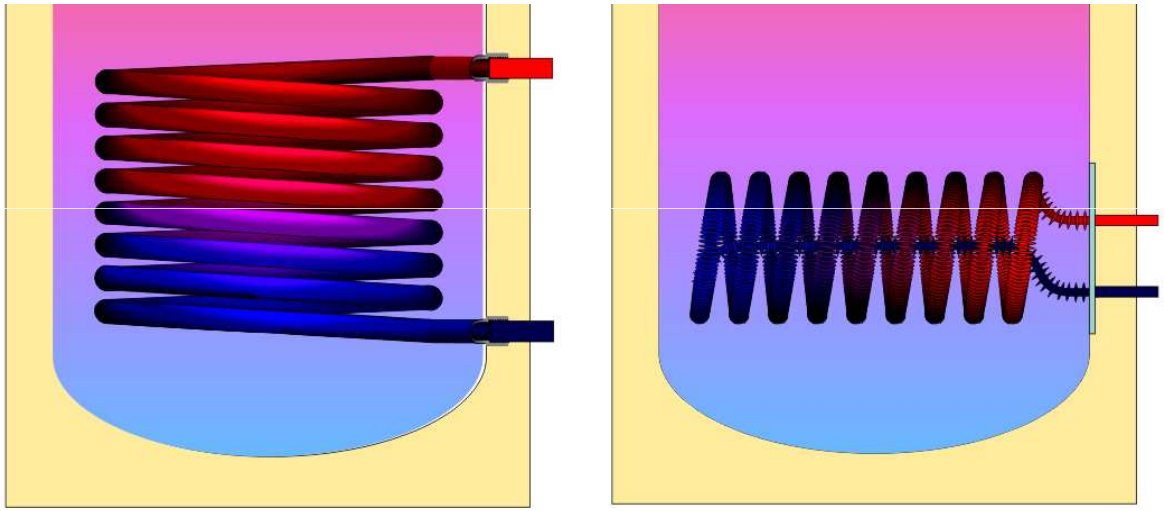
$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta t_m$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_I - \Delta t_{II}}{\ln \frac{\Delta t_I}{\Delta t_{II}}}$$

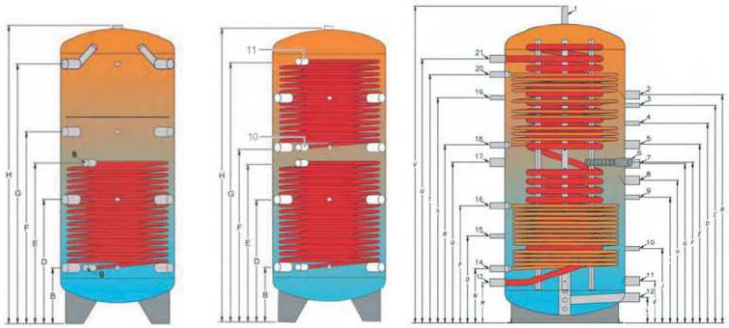


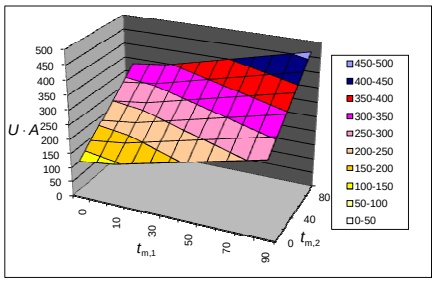


Vnitřní výměníky tepla



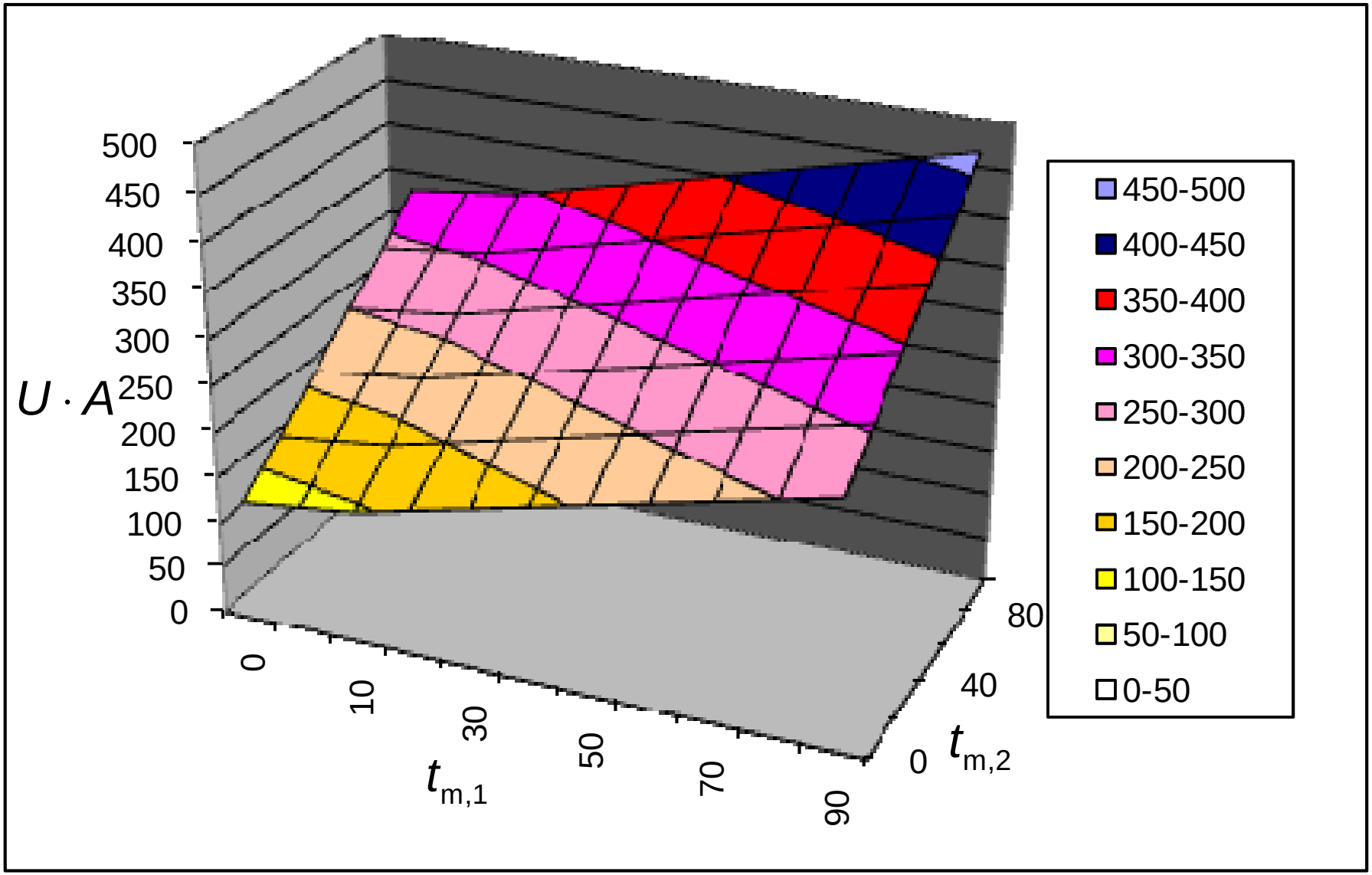
- součinitel přestupu tepla U = 120 až 300 W/(m^{2}K)
- u některých výrobců charakteristika $U.A = f(t_1; t_2)$





zdroj: IVAR

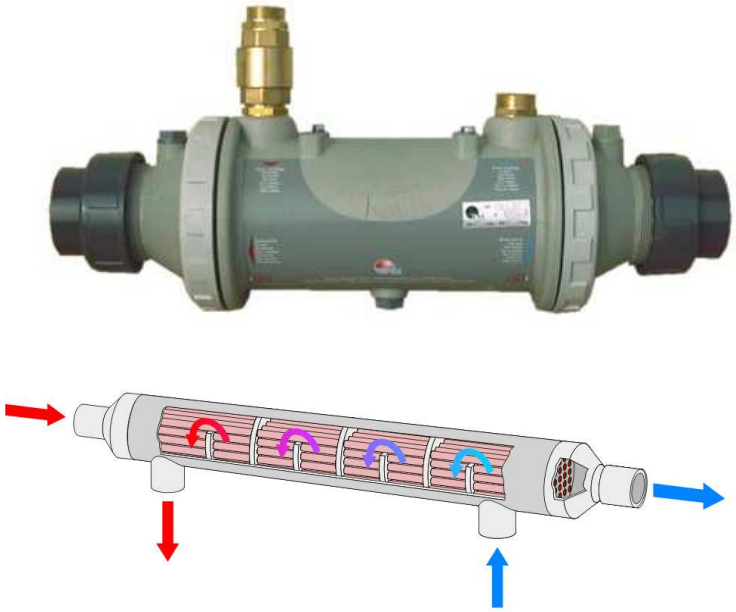
Vnitřní výměníky tepla

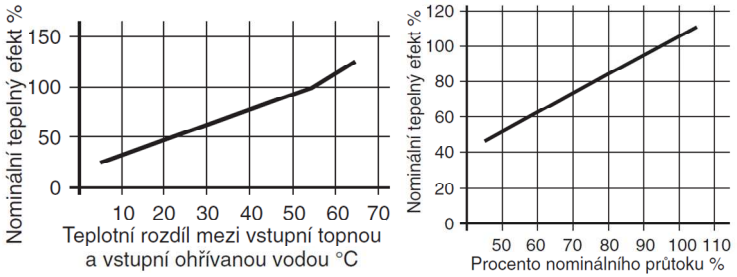


zdroj: IVAR

Vnější výměníky tepla

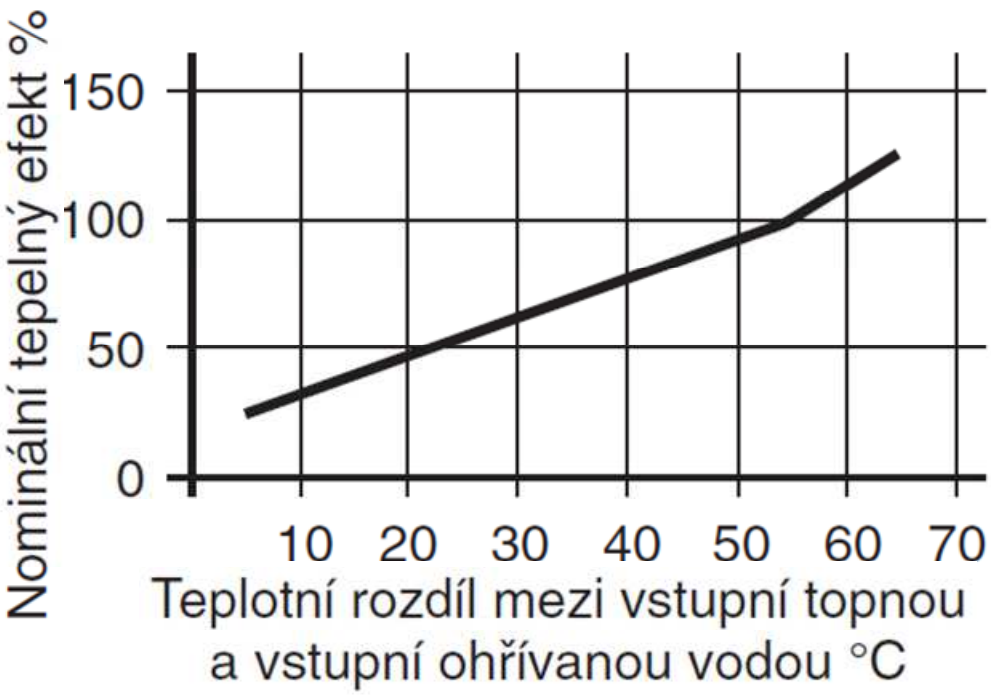
- trubkové bazénové výměníky
- součinitel přestupu tepla U = 500 až 1000 W/(m^2.K)
- nízká tlaková ztráta v okruhu bazénové vody (velké průtoky), slitiny titanu, odolnost proti bazénové „chemii“

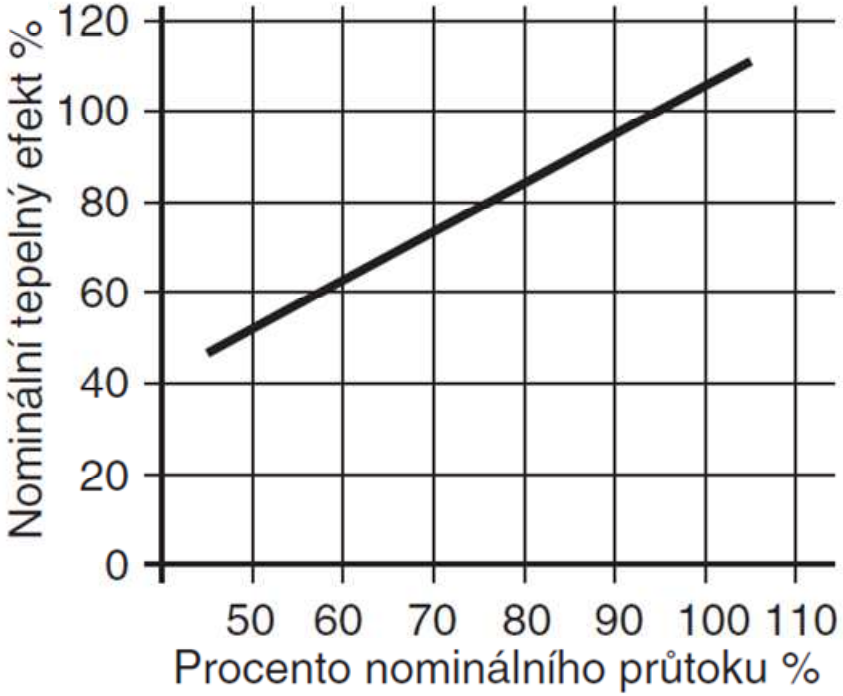




zdroj: Secespol

Vnější výměníky tepla

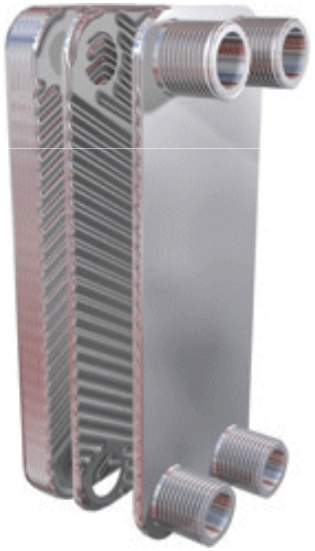


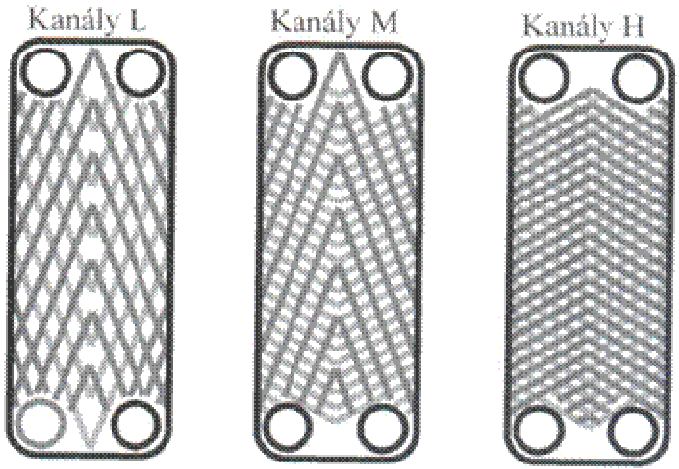


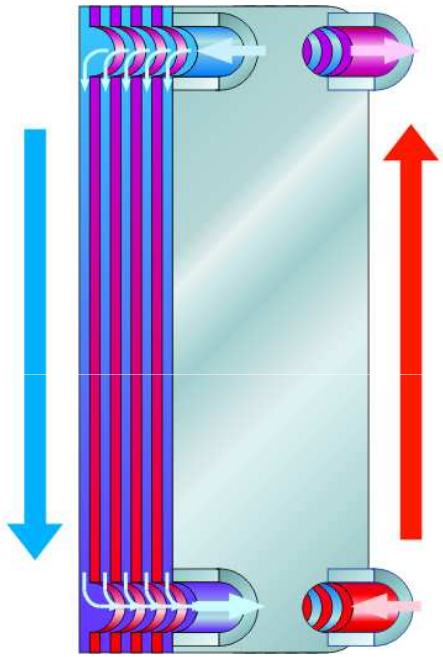
zdroj: Secespol

Vnější výměníky tepla

- deskové výměníky tepla - *pájené nebo šroubované (čištění)*
- součinitel přestupu tepla U = 1500 až 3500 W/(m^2.K) (vyvinuté turbulentní proudění na obou stranách) - výkon určuje počet a tvar desek
- vyšší tlakové ztráty







Návrh výměníků tepla

- ruční výpočet pouze v „nouzi“ a/nebo u vestavěných výměníků
- využití výpočetních programů
  - zohlednění typu proudění
  - zohlednění typu teplonosné látky

Výměníky tepla

- **přenášený výkon výměníku = výkon kolektorového pole**

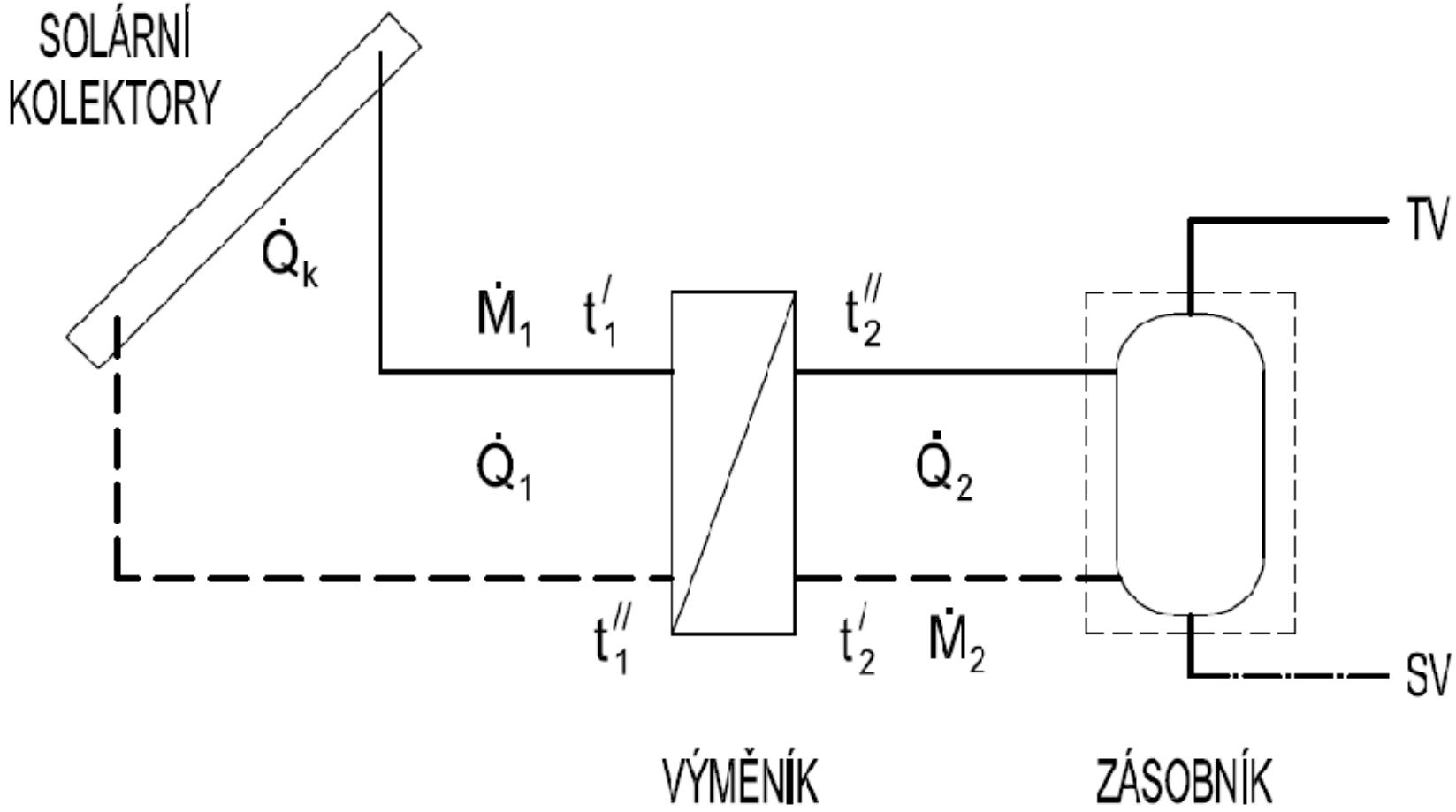
$$\dot{Q}_k = A_k \cdot \left[\eta_0 G - a_1 (t_m - t_e) A_k - a_2 (t_m - t_e)^2\right]$$

G = 1000 W/m^2

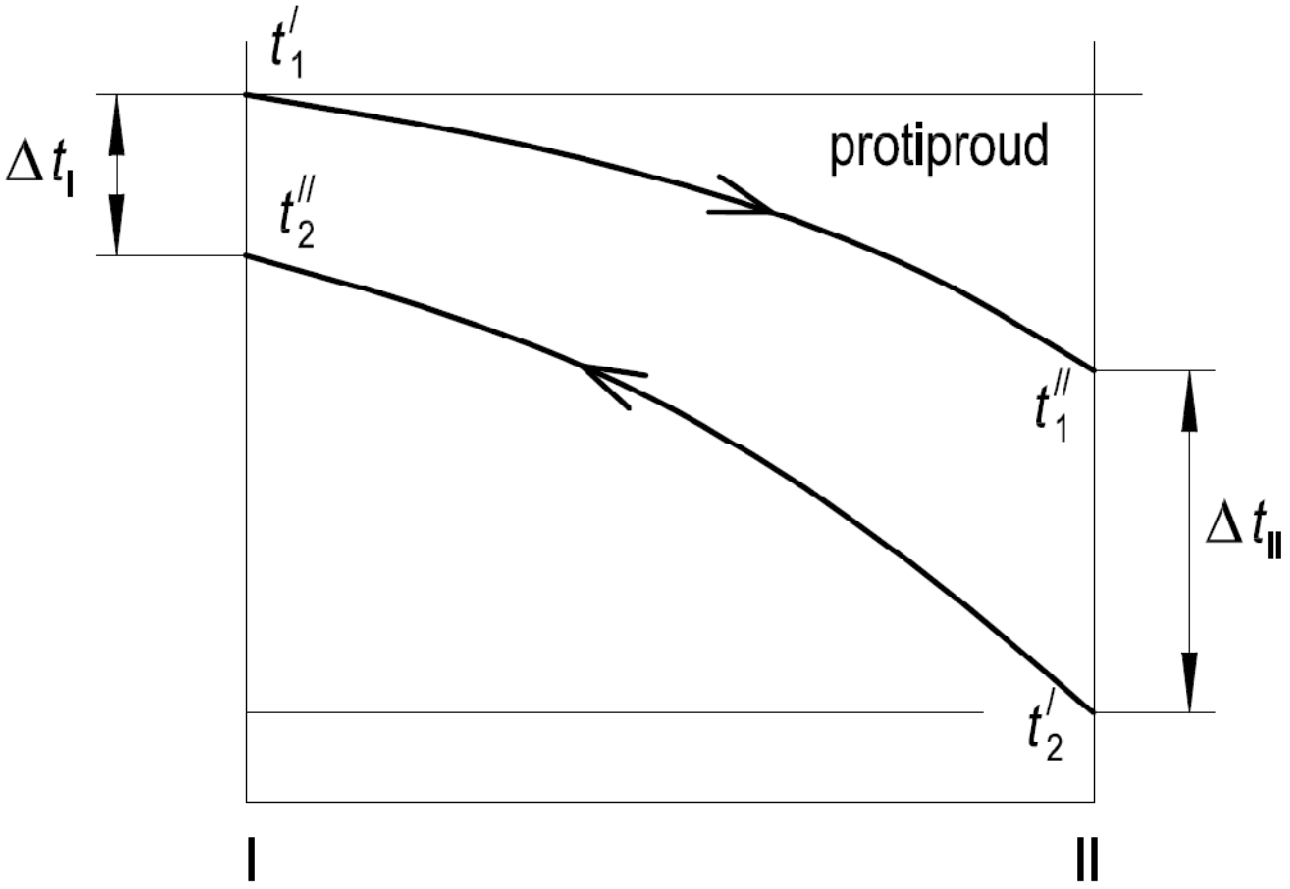
t_e = 20 °C

t_m = 40 – 50 °C

Výměníky tepla



Výměníky tepla



$$\dot{Q} = \dot{M}_1 \cdot c_1 \cdot \left(t_1' - t_1''\right)$$

$$\dot{Q} = \dot{M}_2 \cdot c_2 \cdot \left(t_2'' - t_2'\right)$$

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta t_m$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_I - \Delta t_{II}}{\ln \frac{\Delta t_I}{\Delta t_{II}}}$$

$$\eta = \frac{\Delta t}{\Delta t_{max}}$$

$$\eta_2 = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}$$

snaha zajistit η > 75 %, Δt_m < 8 K

Výměníky tepla

- **nižší teplotní spád oproti jmenovitému**
- **nižší průtok výměníkem, vysoká viskozita, laminární proudění → nižší součinitel prostupu tepla**

změna výkonu výměníku $Q = U \cdot A \cdot \Delta t_m$

výkon při jmenovitých podmínkách (80/60 °C – 20°C, 1,5 m³/h) = 150 kW

výkon při skutečných podmínkách (55/45 °C – 20°C, 0,4 m³/h) = 5 kW

výměníky o velké teplosměnné ploše pro odvedení potřebného výkonu

vyšší vychlazení teplonosné kapaliny – vyšší účinnost solárních kolektorů

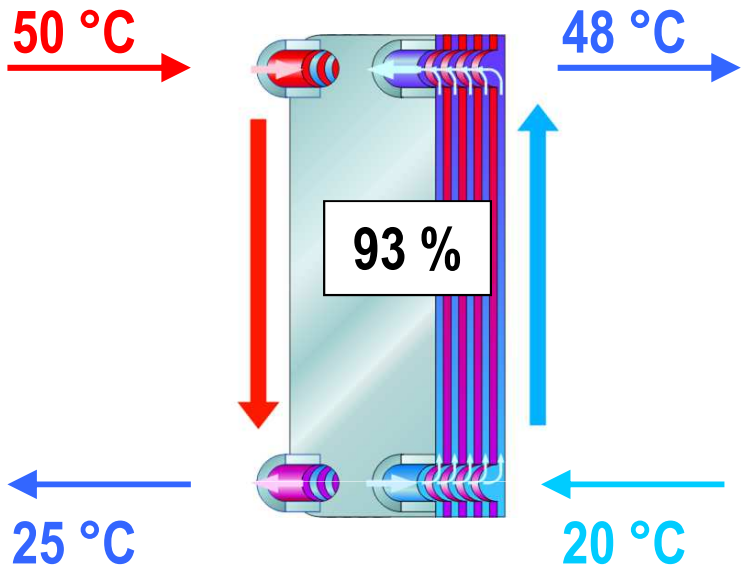
Okrajové podmínky výpočtu deskového výměníku

- definovaný návrhový stav x dynamické chování v provozu
- průtoky M_1 a M_2
  - buď předem dány hydraulikou a volbou oběhových čerpadel
  - výsledkem výpočtu výměníku
- přenášený výkon dán výkonem kolektorového pole
- vstupní teploty do výměníku dány provozním charakterem
  - primární strana $t_1' = 55 - 65\ °C$
  - sekundární strana $t_2' = 15 - 20\ °C$
- návrh výměníku = návrh *U.A* [W/K] – možnost výpočtu skutečných podmínek v závislosti na volbě typu výměníku

Výměníky tepla deskové

Q = 26 kW

Δt_m = 3.3 K



1000 l/h

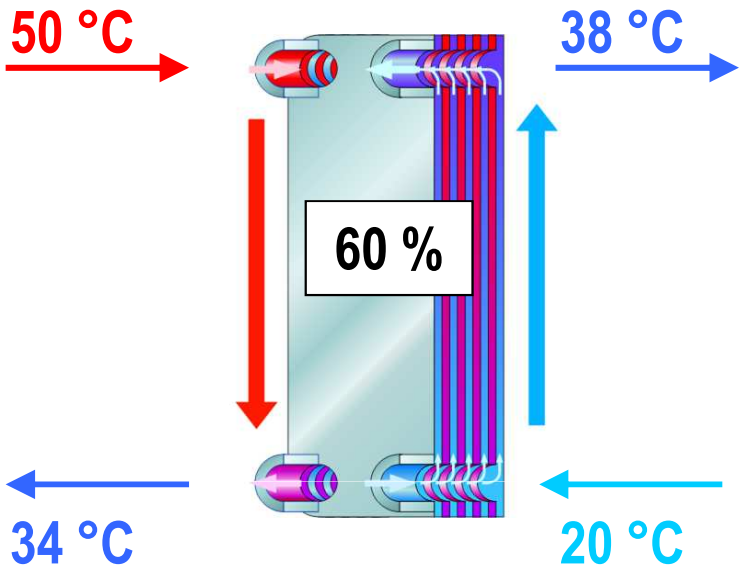
900 l/h

U = 2000 W/m²K

A = 4 m²

Q = 17 kW

Δt_m = 13 K



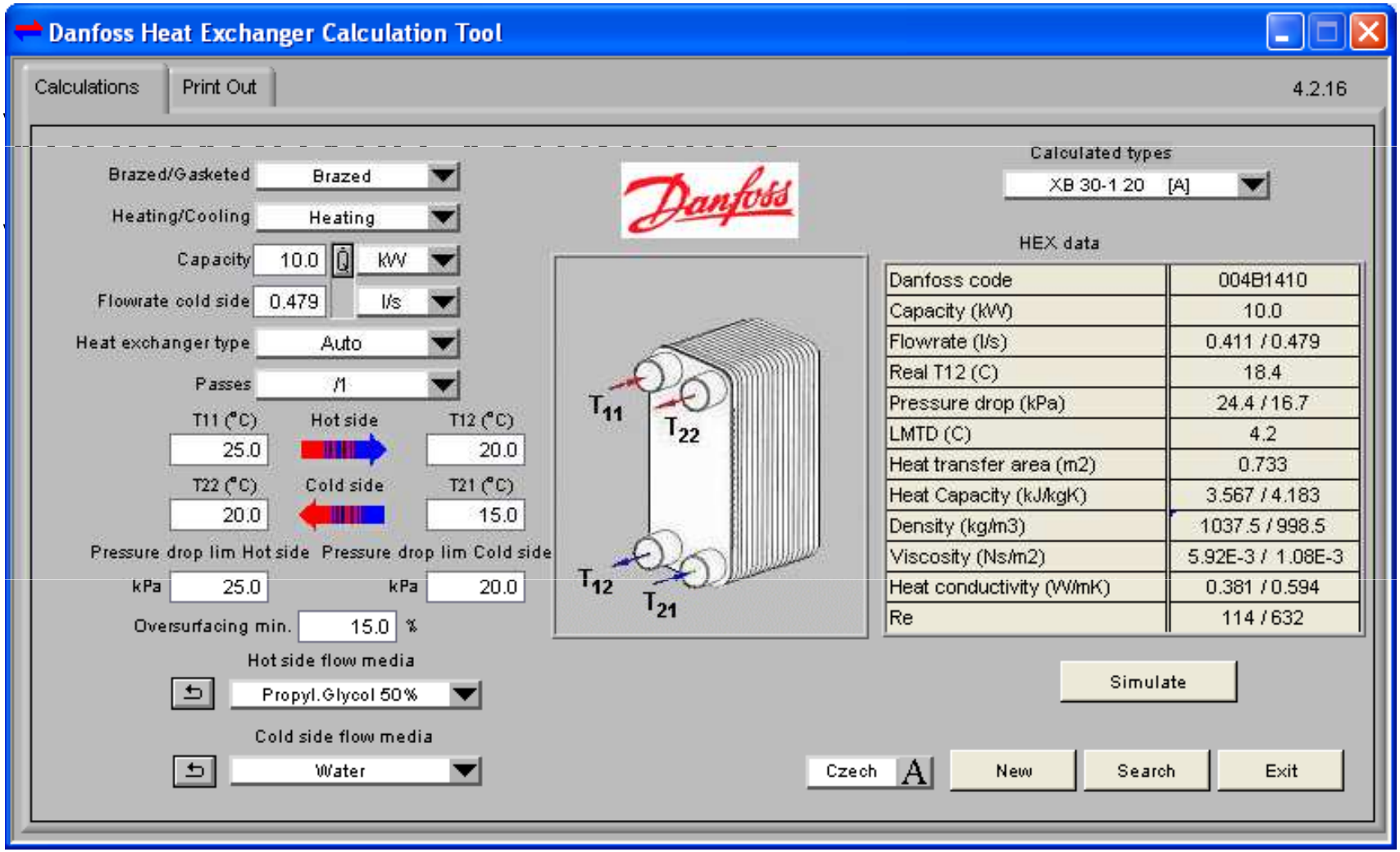
1000 l/h

900 l/h

U = 1000 W/m²K

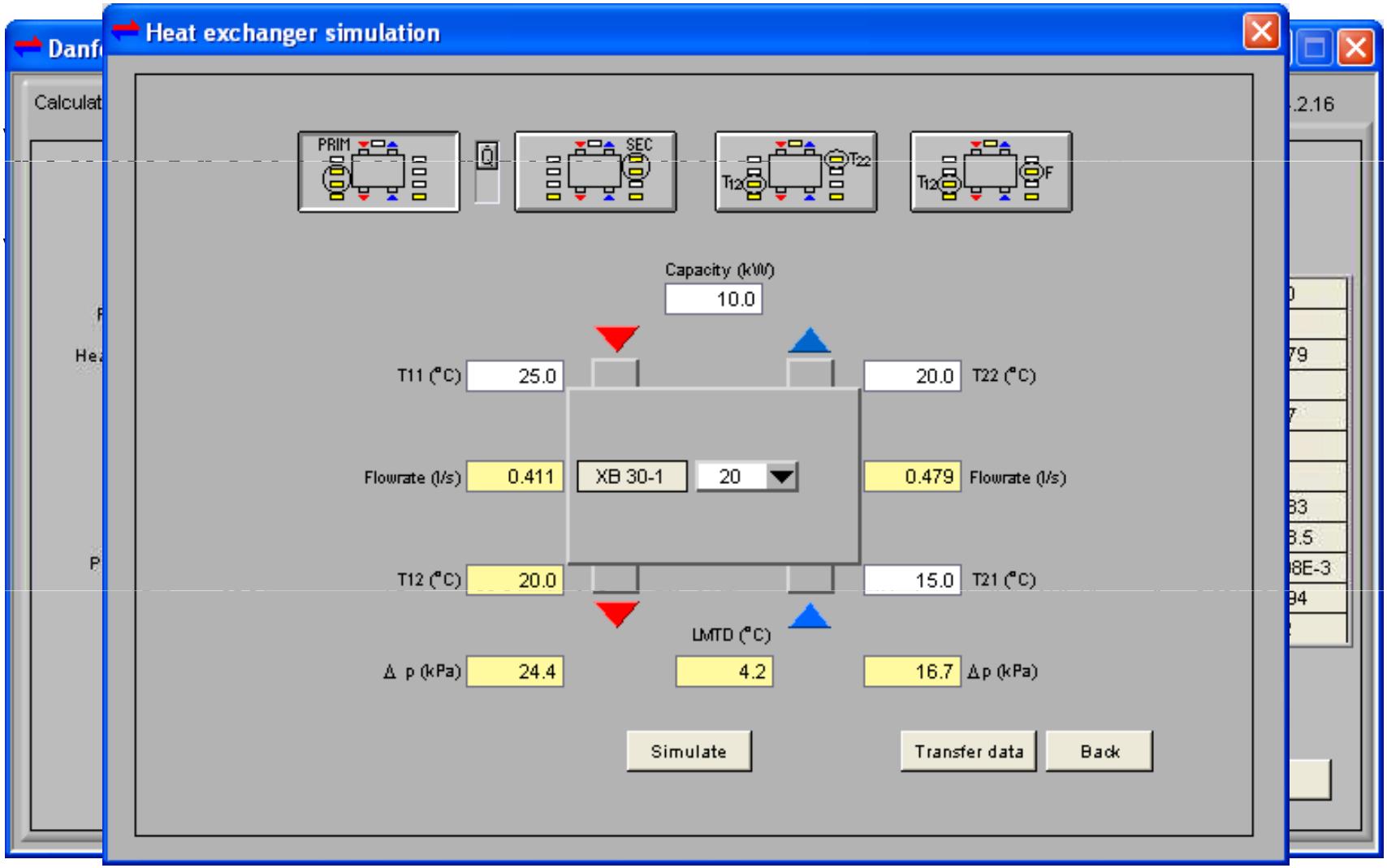
A = 1.3 m²

Návrh výměníků tepla

- 

Návrh výměníků tepla

-
-



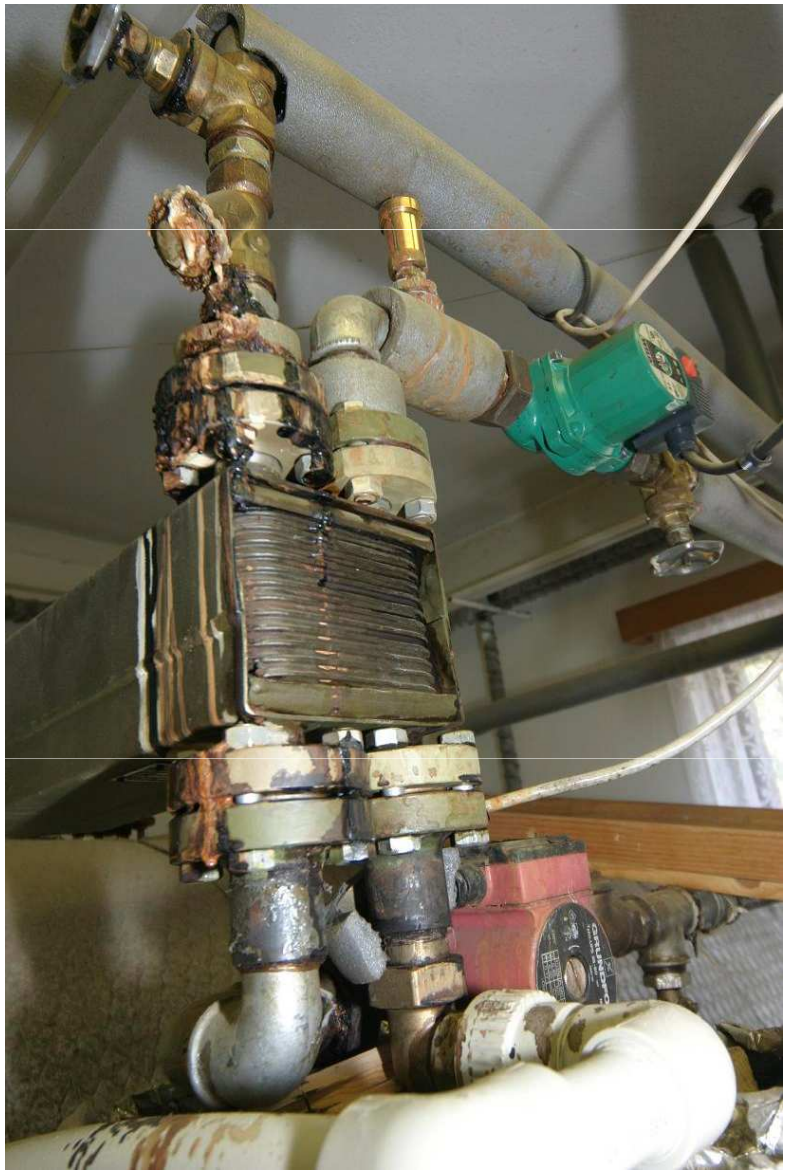
Výměníky tepla

- **Analýza optimálního teplotního spádu na výměníku tepla pro solární soustavu se jmenovitým tepelným výkonem 240 kW (plocha kolektorů 400 m^2)**

Rozdíl teplot [K]	10	8	6	4
Teplosměnná plocha [m^2]	8,9	11,1	14,8	22,2
Poměr zvětšení plochy [%]	100	125	166	250
Účinnost kolektorů [%]	40,0	41,5	43,0	44,5
Návratnost [roky]		1,2	1,6	2,4

Provoz

- znečištění výměníku
  - změna tlakových ztrát, snížení průtoku
  - snížení přestupu tepla, snížení výkonu
- provozní podmínky, omezení stagnace
- tepelná izolace výměníku
- teplotní čidla (indikace funkce)



Rozdělení tlakových ztrát

- tlakové ztráty třením
  - přímé úseky potrubí
  - přímé úseky v kolektorech

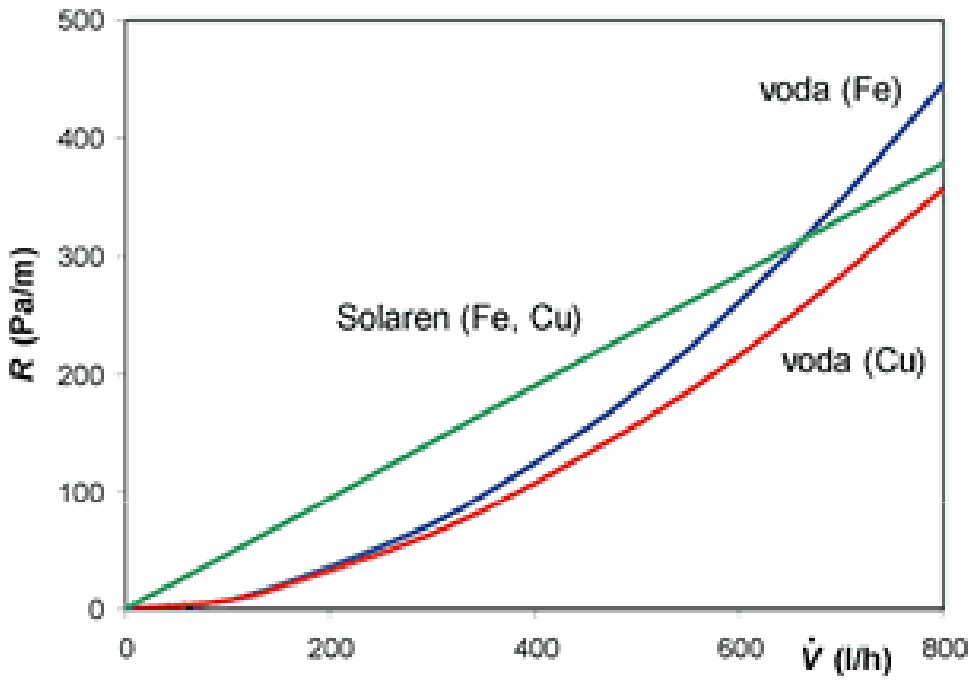
$$\Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \rho$$

- tlakové ztráty místní
  - veškeré tvarovky, dělení (spojení), armatury, změny průřezů, výměníky apod.

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w}{2} \rho$$

Tlakové ztráty třením

Měrné ztráty *R* [Pa/m]



$$\mathrm{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

- laminární oblast

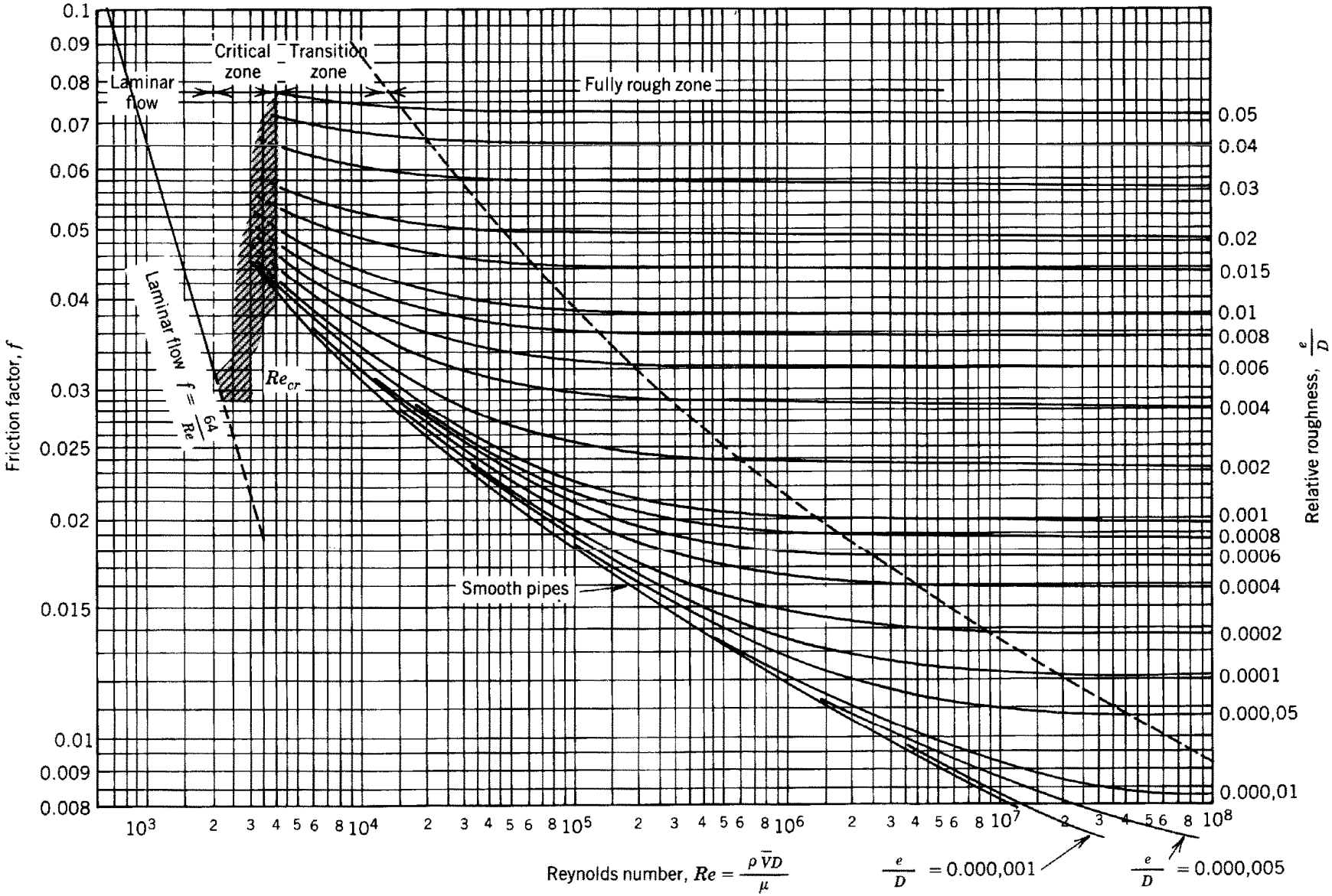
$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$$

- turbulentní oblast

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3{,}72 \cdot d}\right)$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(1{,}14 + 2\log\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{k}}\right)^2}$$

Součinitel třecí ztráty



Místní tlakové ztráty

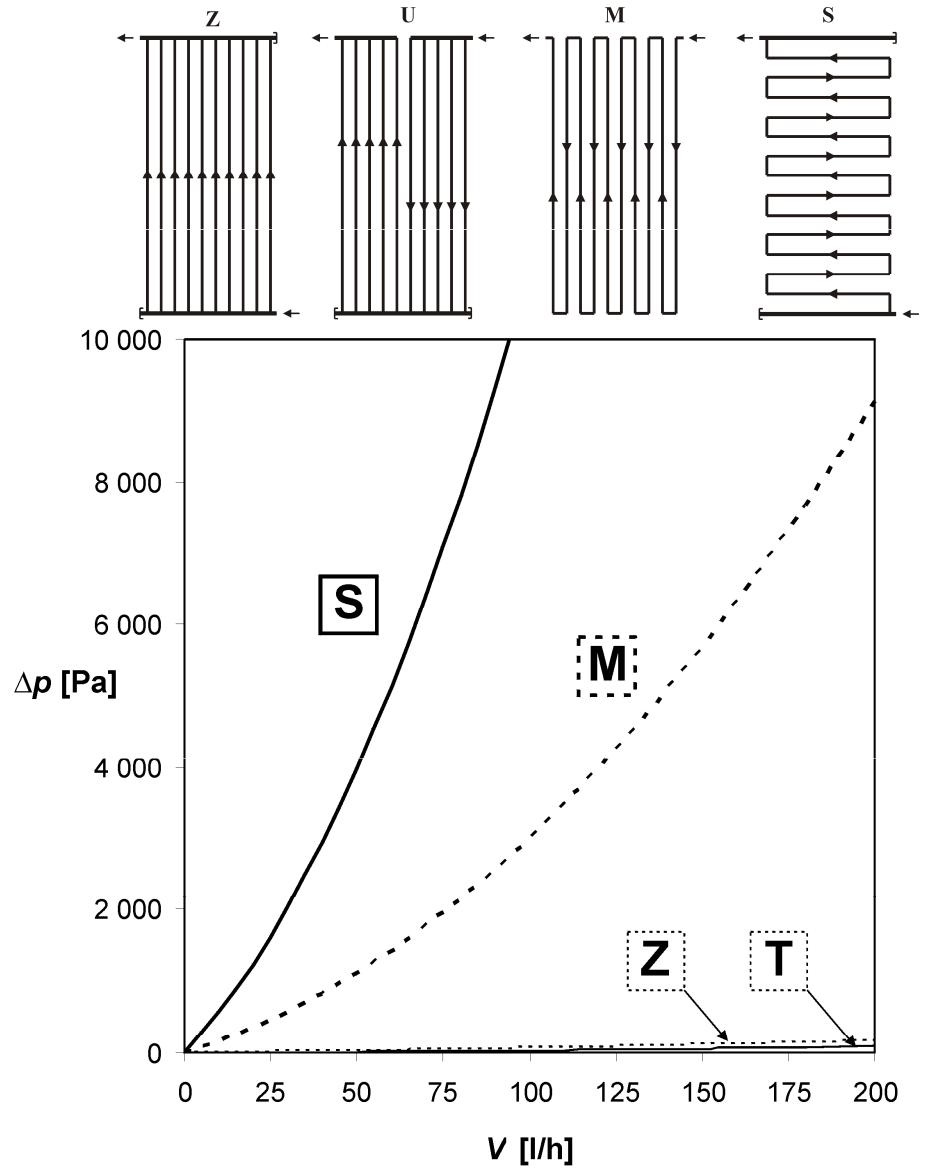
$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{w}{2} \cdot \rho$$

Hodnoty místních součinitelů tlakových ztrát **nelze** nalézt tabelárně zpracované pro laminární oblast (funkce Re)

Tabulky uvádí pouze vyvinutou turbulentní oblast

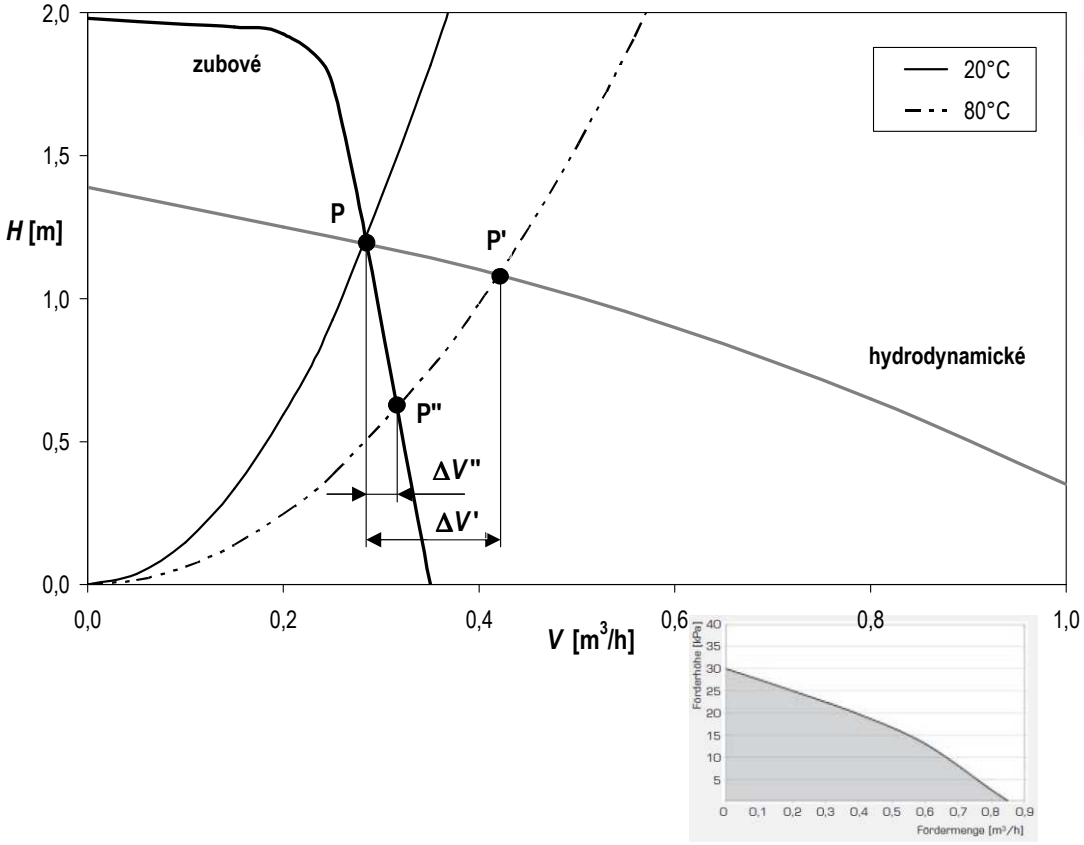
Tlakové ztráty kolektorů

- soustava třecích a místních tlakových ztrát
- protichůdné požadavky z hlediska tlakových ztrát a předání tepelného výkonu



Oběhová čerpadla

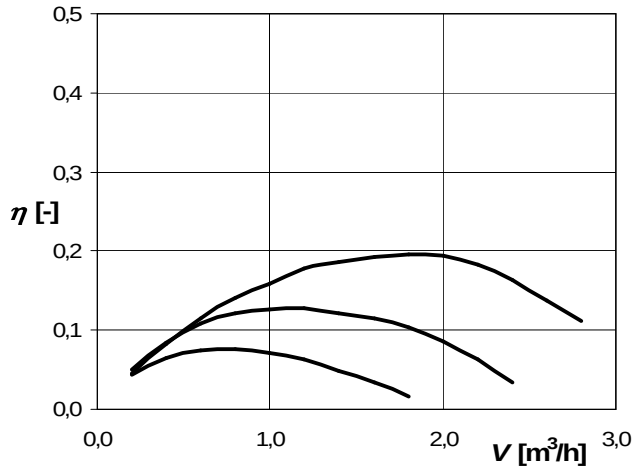
- hydrostatická
- hydrodynamická

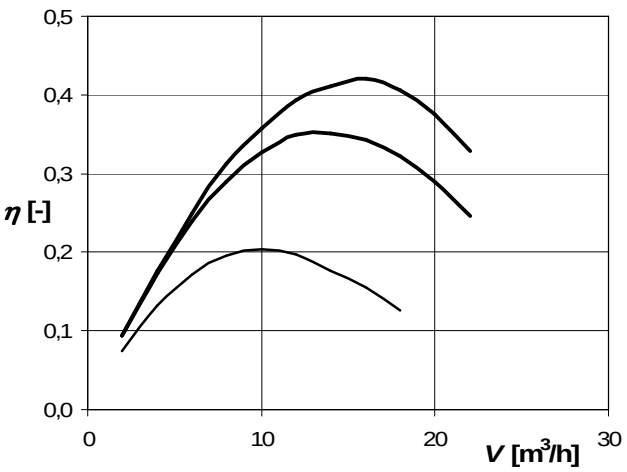


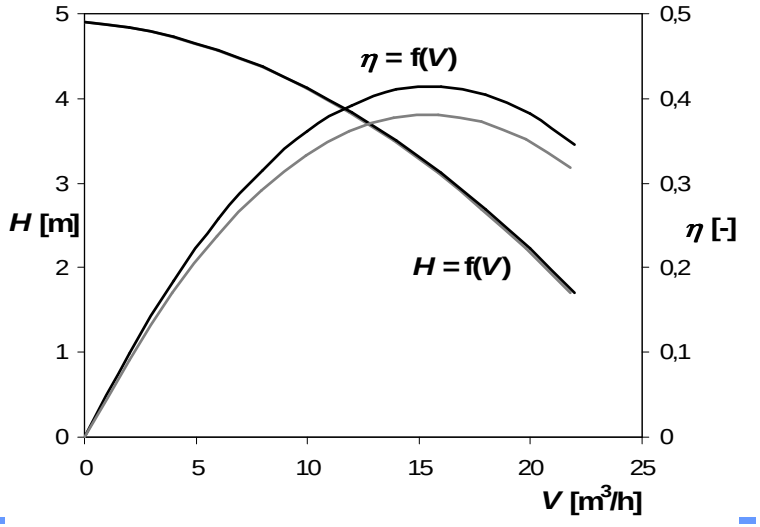
Oběhová čerpadla

$$\eta = \frac{P_{\check{c}}}{P_e} = \frac{\Delta Y \cdot \rho \cdot \dot{V}}{P_e} = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{P_e}$$

Dimenze potrubí	w (m/s)	Δp (kPa)	P_{el} (W_e)	Q_{el} (kWh_e/rok)	Podíl (%)
18x1 mm	0.58	25.7	47	110	5.0
22x1 mm	0.37	11.8	31	72	4.0
28x1 mm	0.22	6.1	20	47	2.0

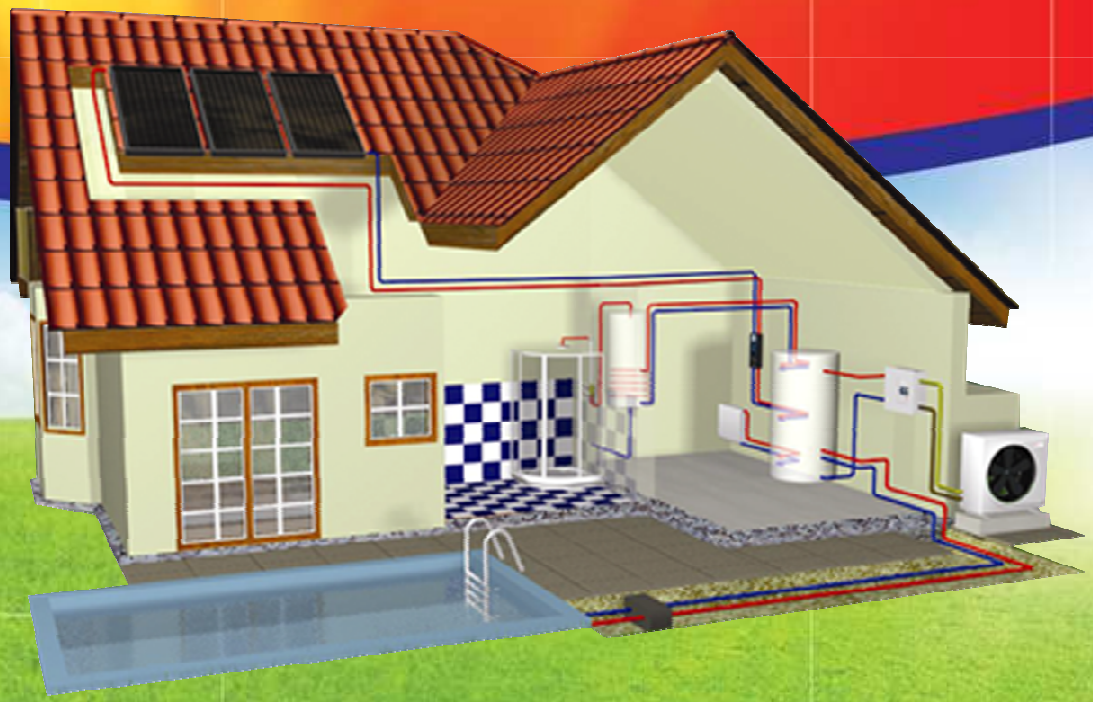






Regulace solárních soustav

Michal Broum, Regulus spol. s r.o.



Regulus

2 základní postupy regulace:

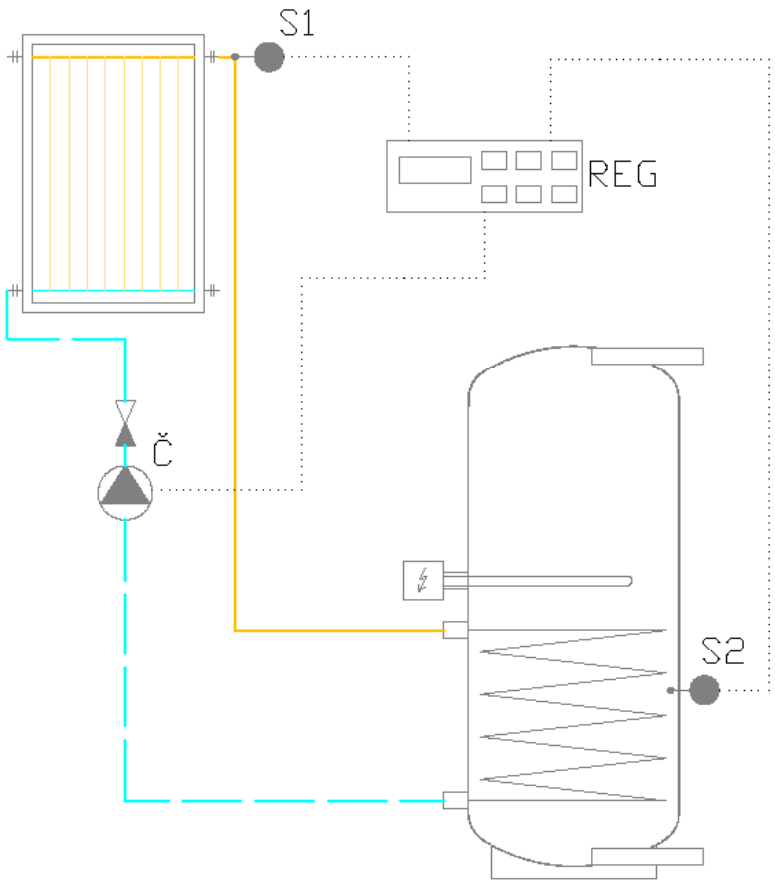
- *podle rozdílu teplot mezi kolektorem a spotřebičem*
(označováno diferenciální regulace nebo delta T)

- *regulace na požadovanou výstupní teplotu z kolektoru*
(rychlost čerpadla solárního systému je řízena tak, aby byla udržována konstantní výstupní teplota z kolektoru)
v běžné praxi se tento typ regulace prakticky nepoužívá, zřídka se využívá u solárních systému pro výrobu technologického tepla, kdy je požadována konstantní teplota a není možné toto řešit dohřevem a směšováním

Diferenciální regulace - přehled

- jednoduchá, používá se téměř ve všech solárních aplikacích
- pokud je teplota v kolektoru vyšší než ve spotřebiči o nastavený rozdíl (spínací diference), oběhové čerpadlo se spíná, pokud je teplotní rozdíl nižší (vypínací diference), čerpadlo se vypíná
- jsou vždy nutná minimálně 2 teplotní čidla (v kolektoru a ve spotřebiči)
- spínací a vypínací diference je nutné vždy upravit na konkrétní systém, neexistují univerzální hodnoty na všechny systémy

Diferenciální regulace - schéma



S1>S2 o sp.dif. – Č sep

S1>S2 o vyp.dif. – Č vyp

běžné hodnoty:

spínací dif. : 6 – 10 K

vypínací dif. :4 – 8 K

Znamená, že aby bylo čerpadlo v provozu, musí mít kolektor teplotu minimálně o 4 K vyšší než spotřebič.

Diferenciální regulace – volba diferencí

Vypínací diference musí být voleny vždy tak, aby za každého stavu solárního systému nemohlo dojít k nechtěnému vychlazování spotřebiče. Spínací diference je vždy o cca 4-6K vyšší než vypínací – ovlivňuje cyklování čerpadla .

co rozhoduje:

- vzdálenost mezi kolektorem a spotřebičem (čím delší, tím vyšší budou diference)
- kvalita izolace potrubí (čím menší tloušťka, tím vyšší budou diference)
- průměrné provozní teploty solárního rozvodu (čím vyšší se předpokládají teploty, tím vyšší budou diference)

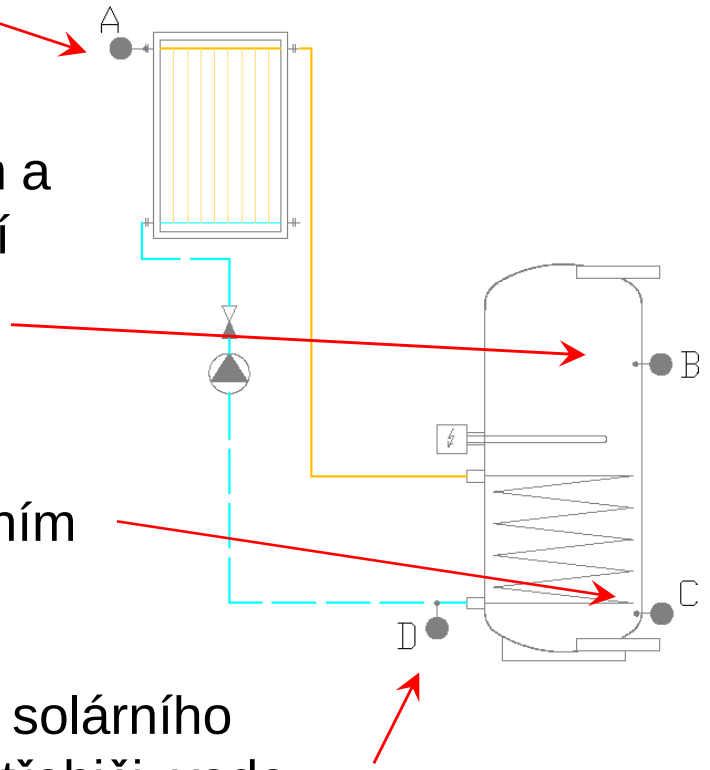
Chybné umístění čidel

A – čidlo kolektoru není na výstupu kapaliny z kolektoru a teplota se neodečítá přesně

B – čidlo spotřebiče je umístěno nad dohřevem a měří zbytečně vysokou teplotu – nutí solární systém pracovat ve vyšších teplotách a snižuje tak účinnost kolektorů

C – čidlo spotřebiče je umístěno pod solárním výměníkem a nikdy nebude ovlivněno solárním systémem – *nepřípustná varianta*

D – čidlo spotřebiče je umístěno na výstupu ze solárního výměníku a měří vyšší teplotu než je ve spotřebiči, vede k cyklování a snížení účinnosti systému



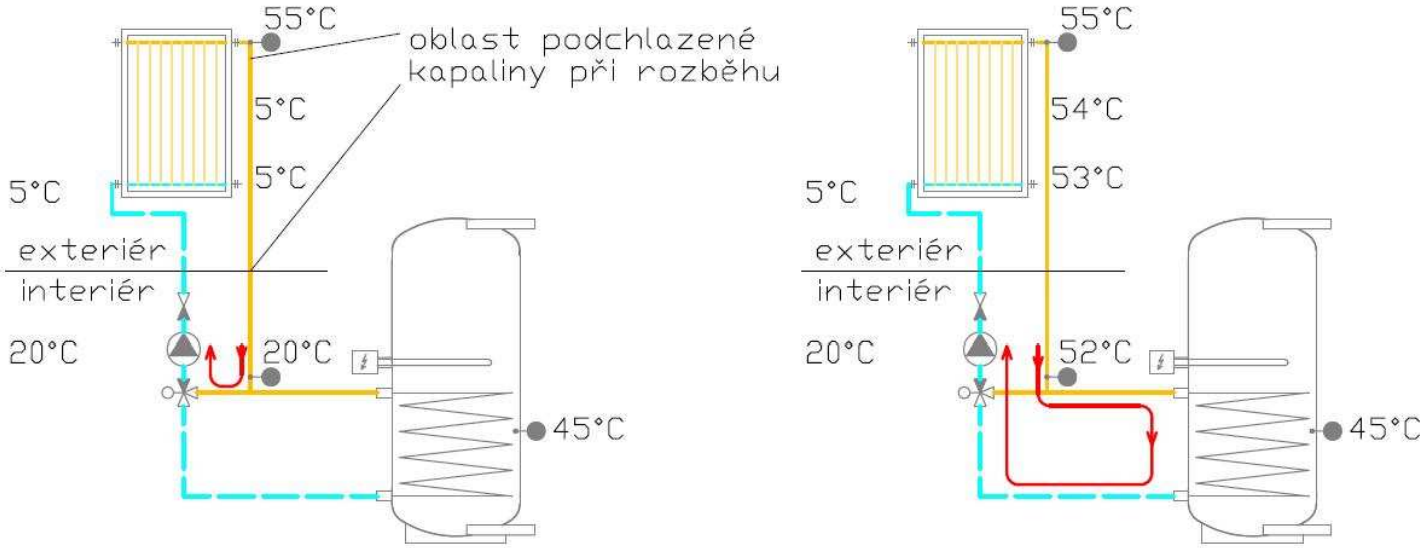
Řízení otáček čerpadla solárního systému

Většina solárních regulátorů umožňuje řízení otáček čerpadla (tedy průtoku) solárního systému. Princip je jednoduchý, pokud je teplotní rozdíl mezi kolektorem a spotřebičem malý, otáčky čerpadla se sníží, pokud se rozdíl zvyšuje, zvyšují se i otáčky čerpadla

Výhody :

- solární systém může být trvale v provozu i při nižším slunečním svitu, nedochází k zapínání a vypínání čerpadla (cyklování) a solární kapalina zbytečně v potrubí nechladne

Obchvat spotřebiče – solární by-pass



Používá se u větších solárních systémů kdy hrozí, že větší objem podchlazené kapaliny bude při startu systému zbytečně vychlazovat spotřebič. Ventil obchvatu přepíná kapalinu zpět do kolektoru, dokud se čidlo před ventilem neohřeje na vyšší teplotu než spotřebič.

Ochrana kolektoru

Pokud dojde k překročení maximální teploty kolektoru, dojde k sepnutí oběhového čerpadla solárního systému, aby se kolektor ochladil. Zároveň však může dojít ke zvýšení teploty v zásobníku, proto se doporučuje tuto funkci používat **pouze s termostatickým směšovacím ventilem.**

Noční vychlazování

Na konci slunného dne může teplota v zásobníku dosáhnout vysokých hodnot. Aby se zabránilo případnému dalšímu vzrůstu teploty následující den, je možné přebytečnou energii při zatažené obloze nebo po západu slunce vydat přes kolektory do okolního vzduchu.

Pokud teplota zásobníku překročí teplotu nastavenou pro noční vychlazení a kolektor je alespoň o 20 °C chladnější než zásobník, pak se zapne solární čerpadlo. Zásobník se tak vychlazuje až na teplotu nastavenou pro noční vychlazení.

Ochrana prvků solárních soustav

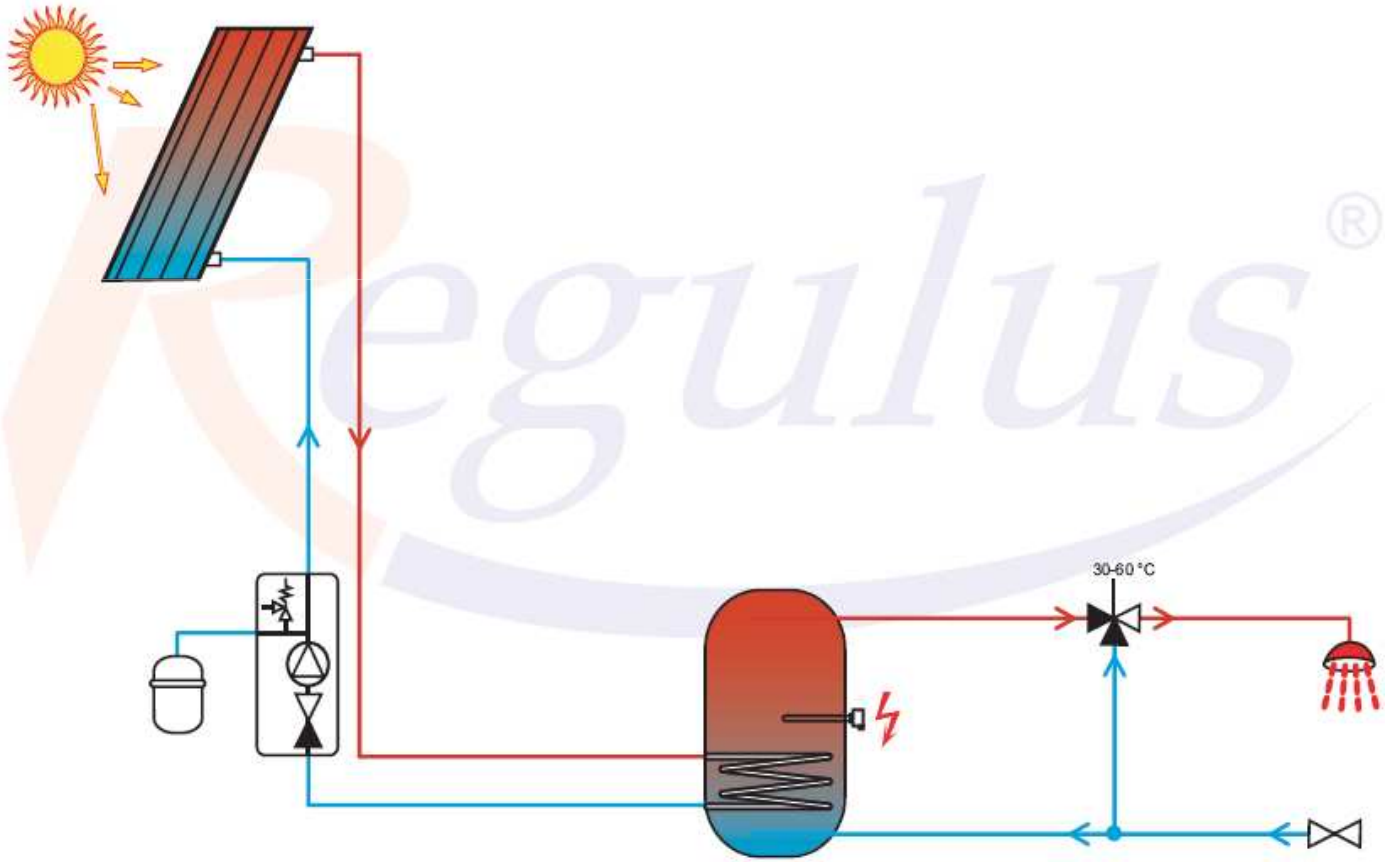
Pokud dojde k překročení kritické teploty kolektoru, dojde k vypnutí oběhového čerpadlo solárního systému, aby se ochránily jednotlivé komponenty solární soustavy. K tomuto může dojít například po výpadku elektrické energie za slunného dne.

Měření získaného tepla

1) Nepřesné – v regulátoru se ručně nastaví průtok solární soustavou
2) Přesné – do solární soustavy se osadí průtokoměr komunikující s regulátorem

Regulátor musí mít možnost nastavit druh nemrznoucí kapaliny, jinak je opět měření nepřesné -> nelze nahradit běžně dostupnými kalorimetry, které počítají s údaji pro vodu.

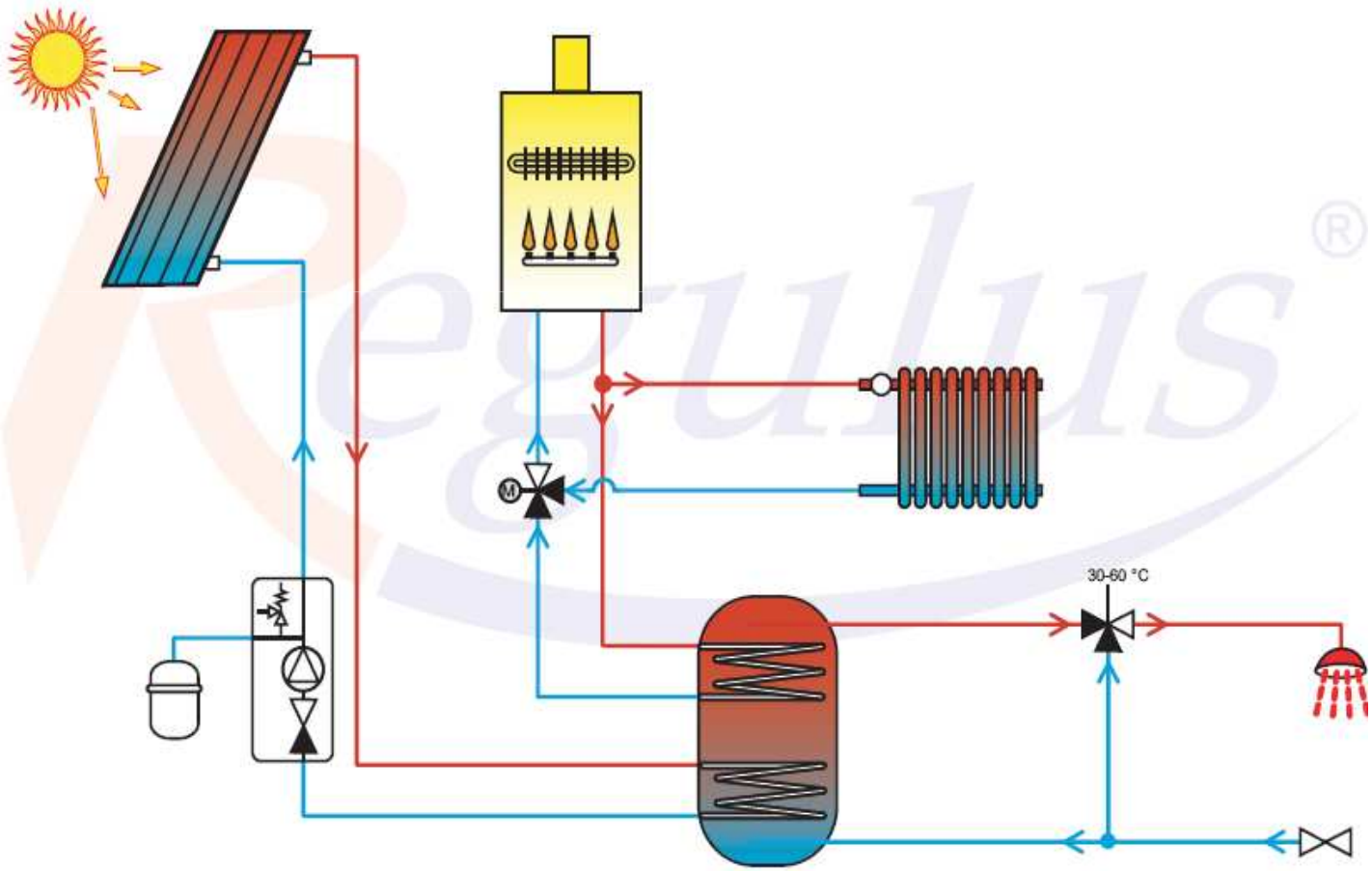
příklad zapojení s jedním polem kolektorů a jedním spotřebičem



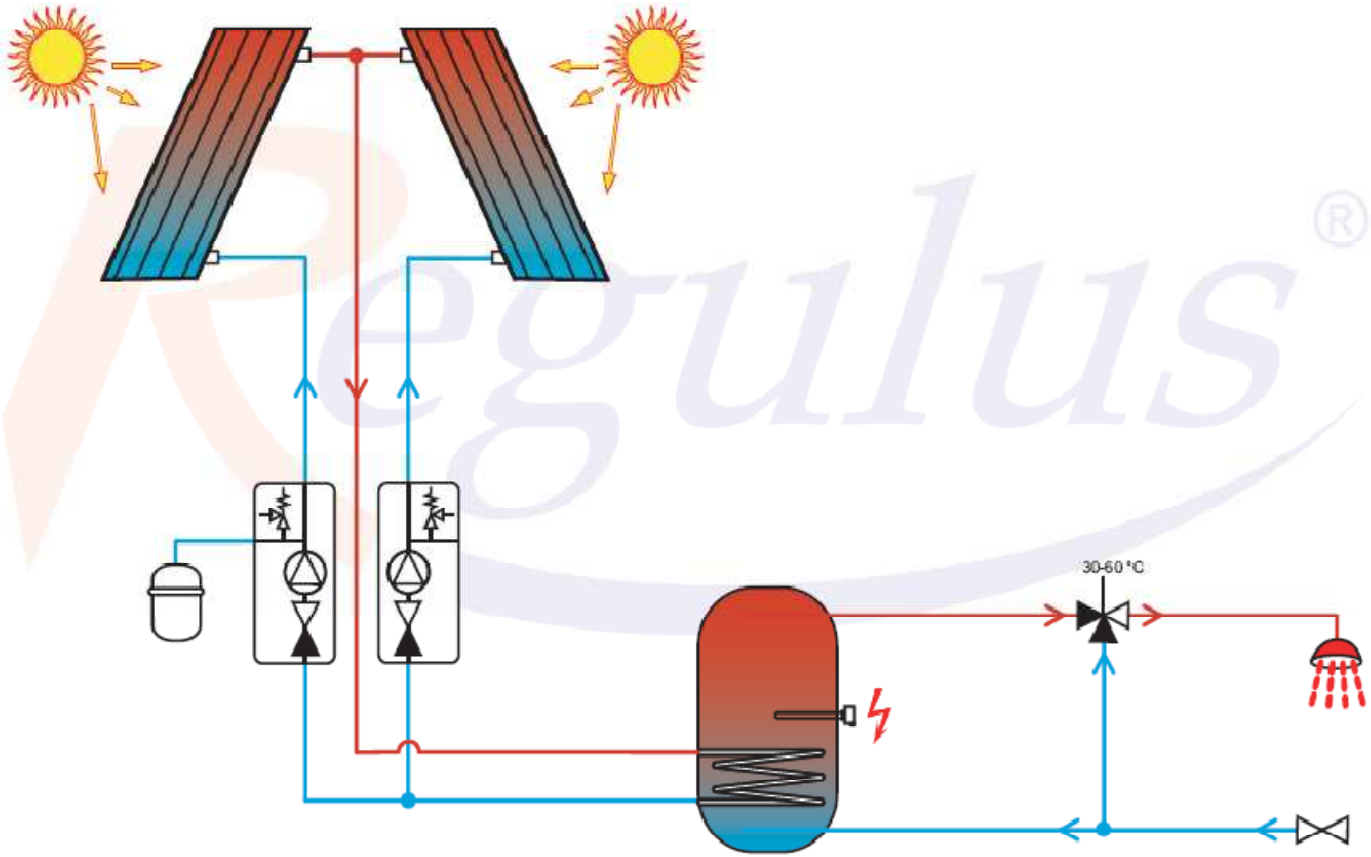
regulátor pro jedno pole kolektorů a jeden spotřebič

- rozsáhlé menu v češtině s interaktivním popisem jednotlivých položek
- sledování a analýza chování systému i v grafickém režimu
- 8 přednastavených aplikací
- 1 výstupní relé
- 3 vstupy pro teplotní čidla

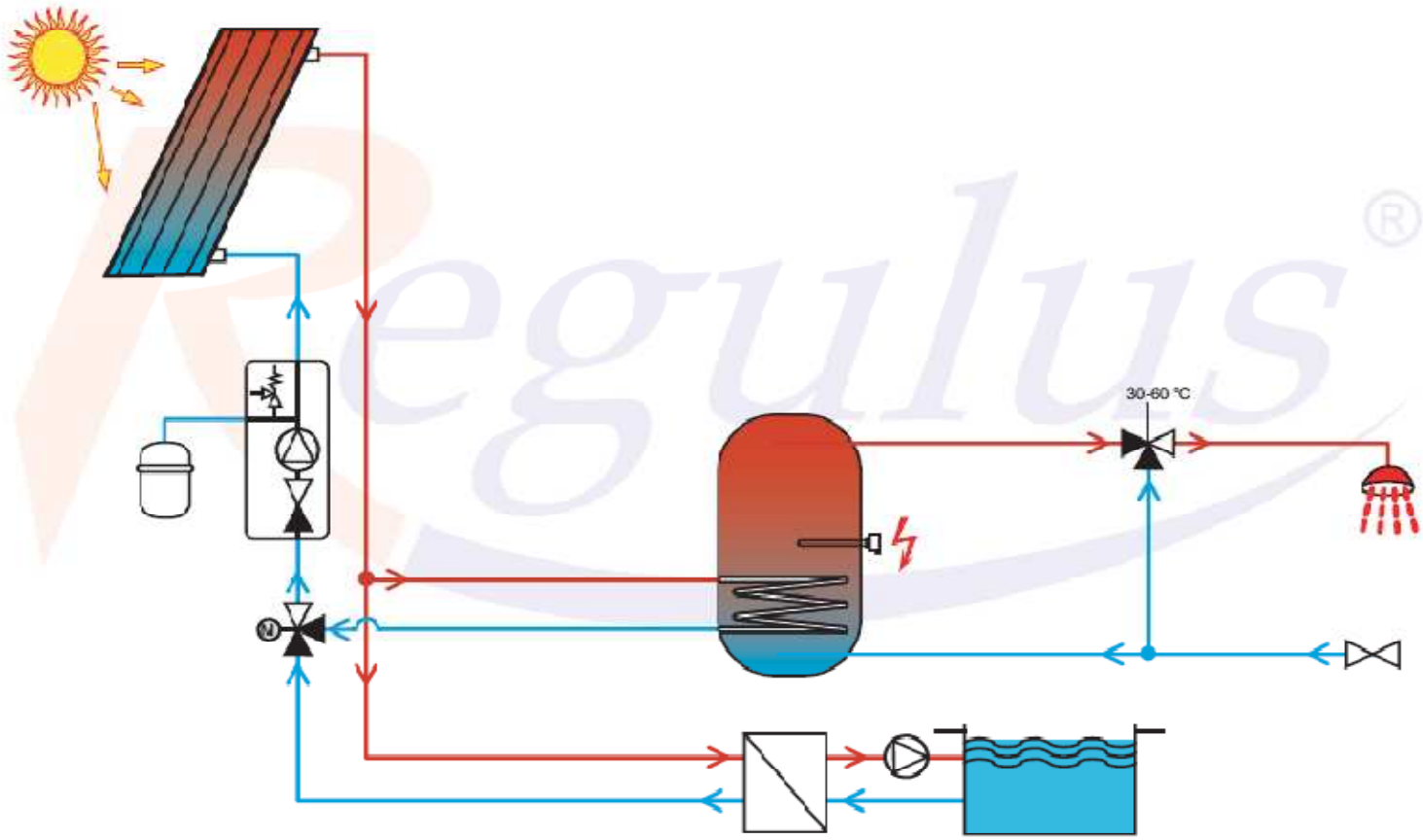
příklad zapojení s jedním polem kolektorů, jedním spotřebičem a dohřevem



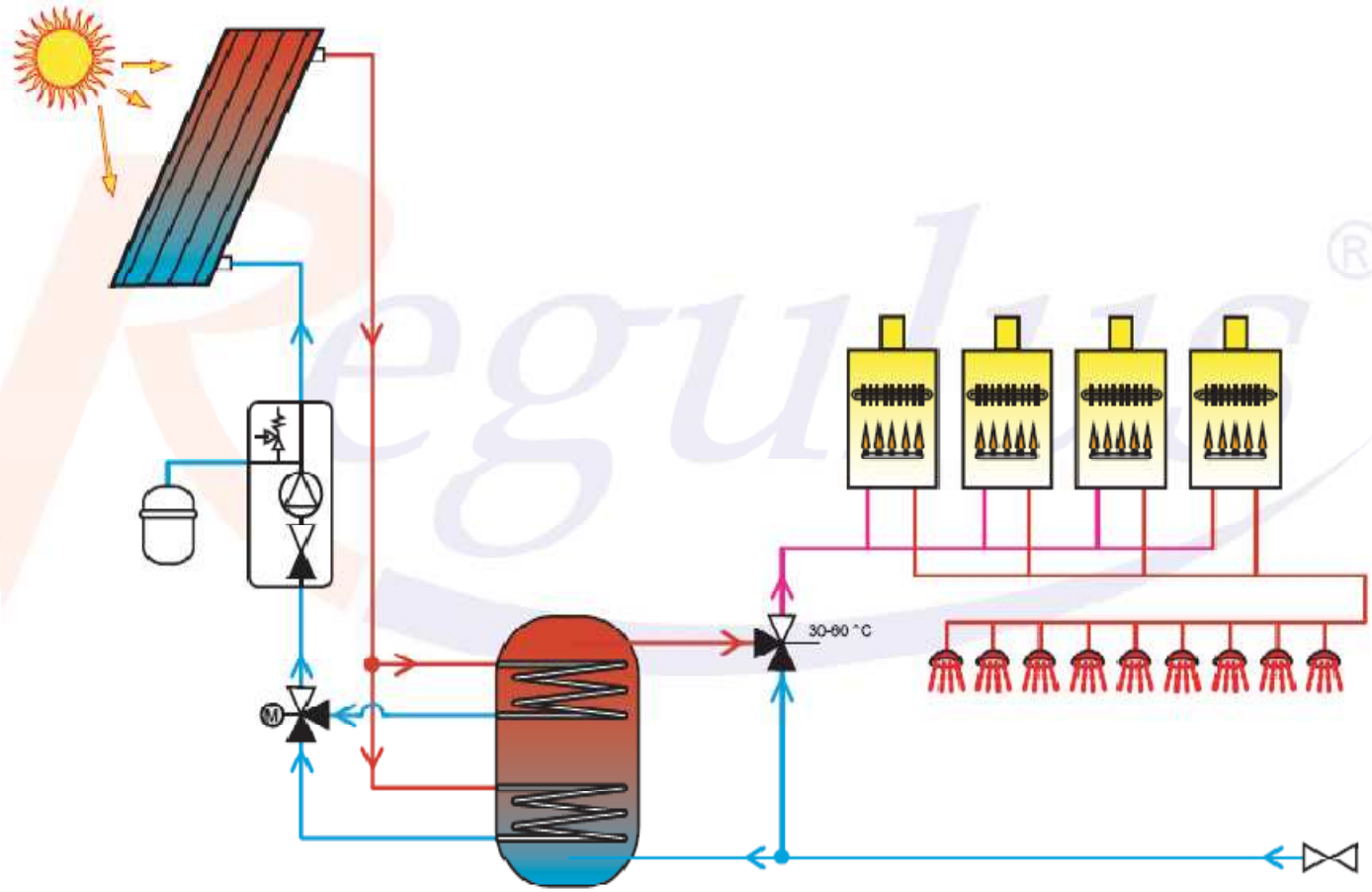
příklad zapojení systému východ/západ



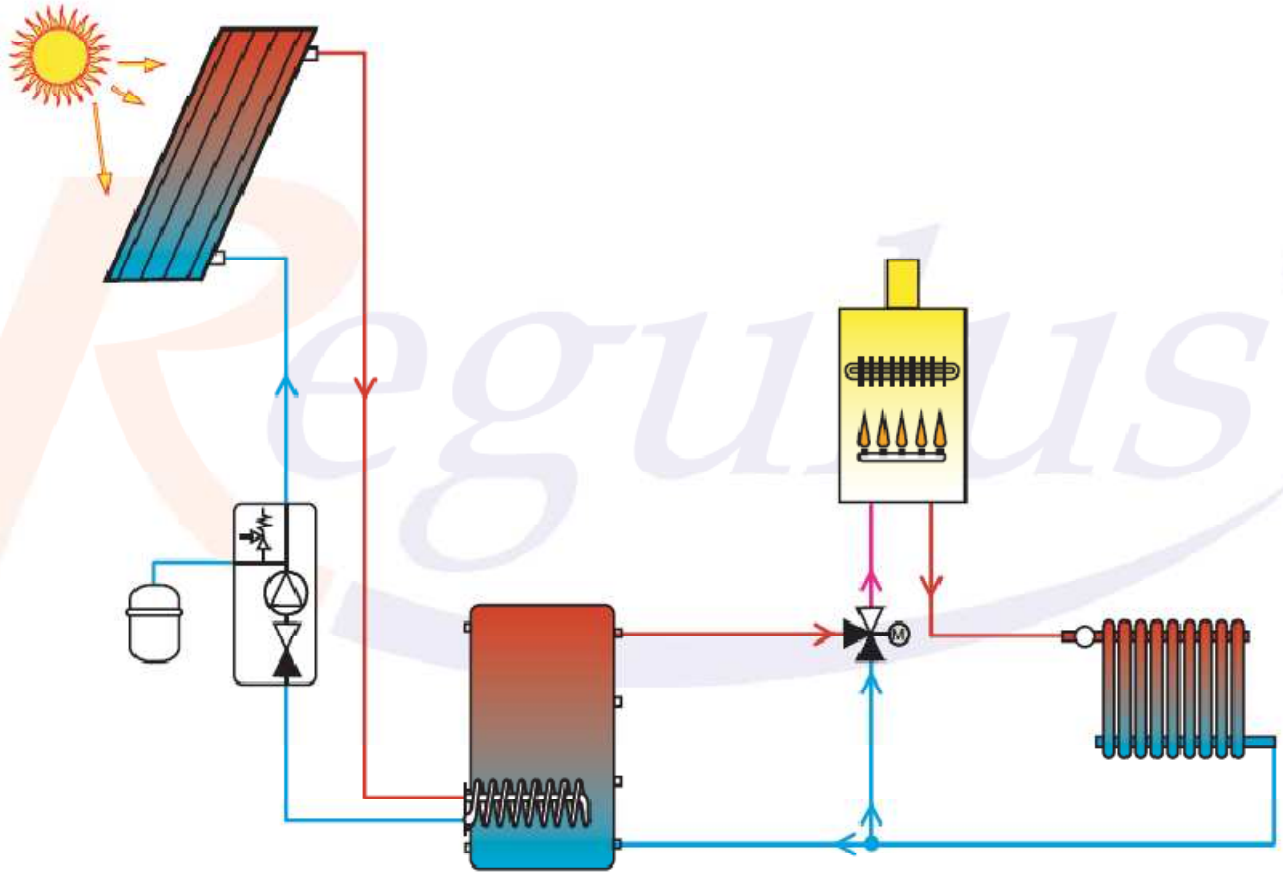
příklad zapojení systému se dvěma spotřebiči



příklad zapojení systému se dvěma spotřebiči



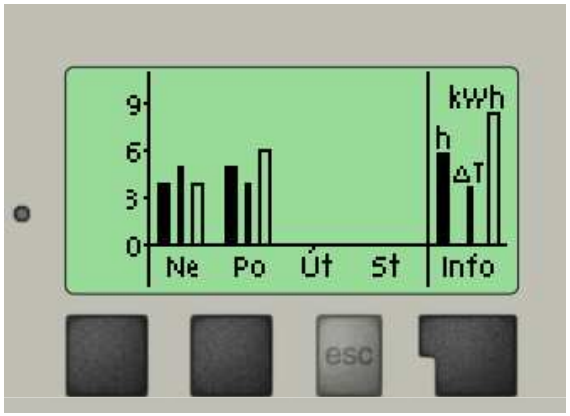
příklad zapojení systému s přitápěním



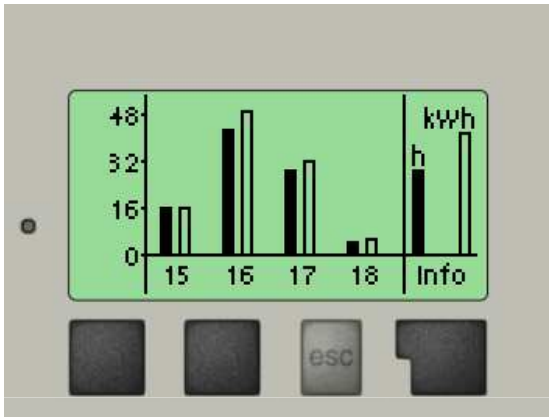
regulátor pro dvě solární pole kolektorů, nebo dva spotřebiče

- rozsáhlé menu v češtině s interaktivním popisem jednotlivých položek
- sledování a analýza chování systému i v grafickém režimu
- 20 přednastavených aplikací
- 2 výstupní relé
- 3 vstupy pro teplotní čidla

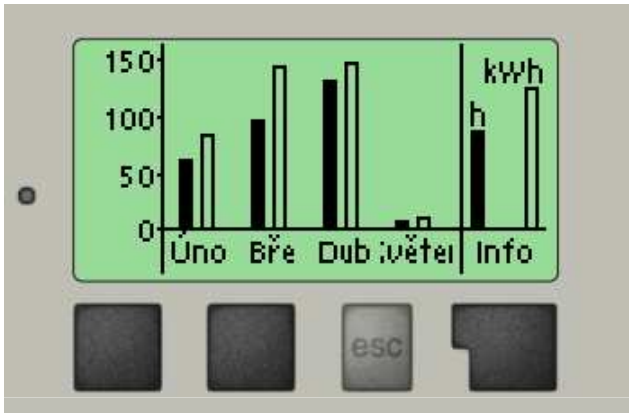
sledování a analýza chování systému i v grafickém režimu



Denní graf



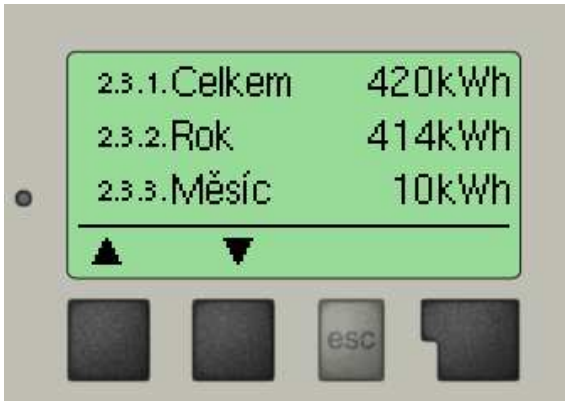
Týdenní graf



Měsíční graf

Průměrná ΔT

Provozní hodiny

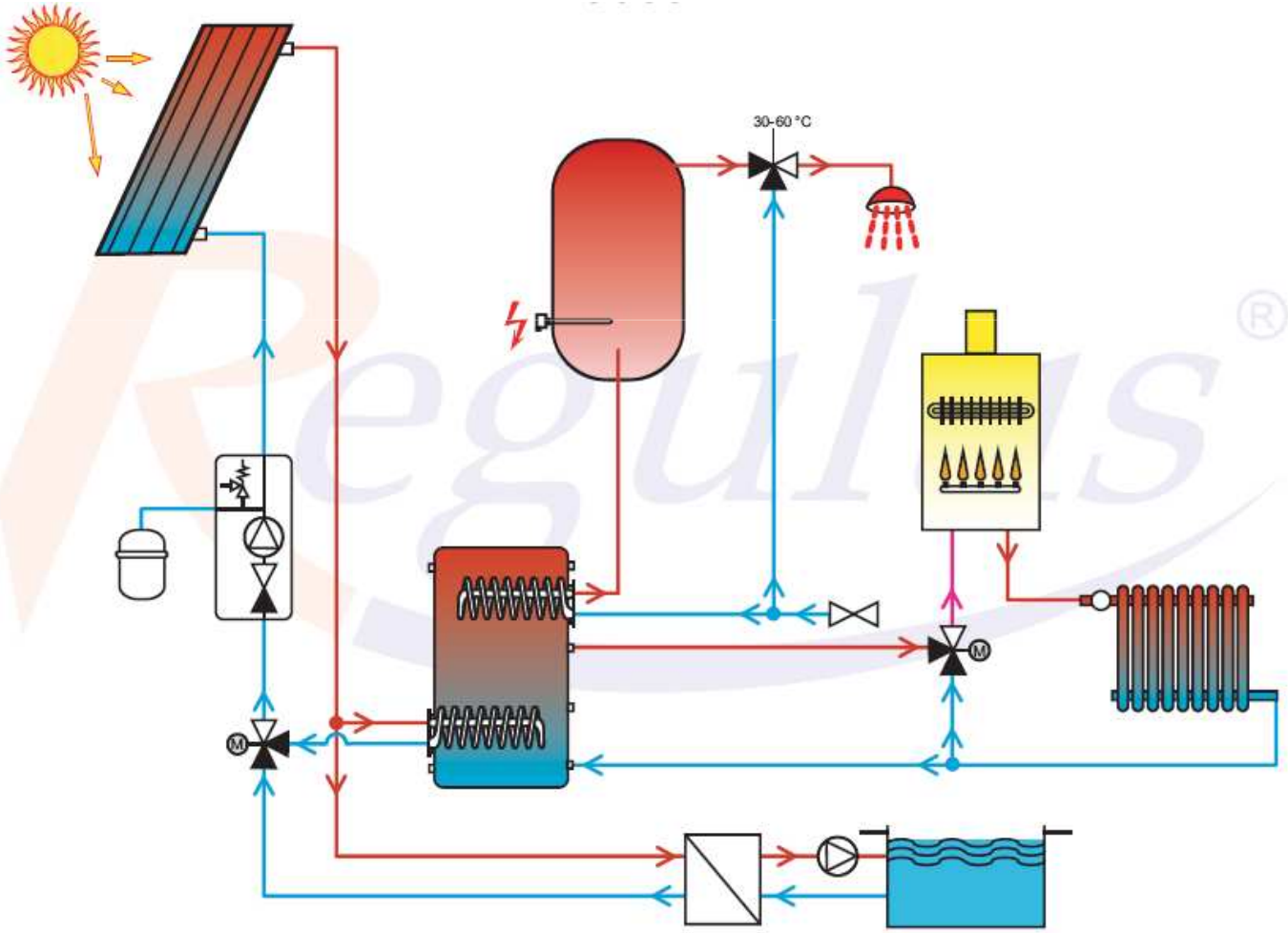


Dodané teplo

Integrace regulátorů do čerpadlových skupin

- solární čerpadlo WILO ST25/6
- teploměry a manometr
- solární pojistný ventil 6 bar
- kulový a zpětný ventil
- napouštěcí a vypouštěcí ventily
- uzavírací kulový ventil
- zpětná klapka
- regulátor průtoku s průtokoměrem
- propojení s expanzní nádobou včetně automatického zpětného ventilu
- tepelná izolace
- separátor vzduchu

příklad zapojení systému se dvěma spotřebiči a přitápěním

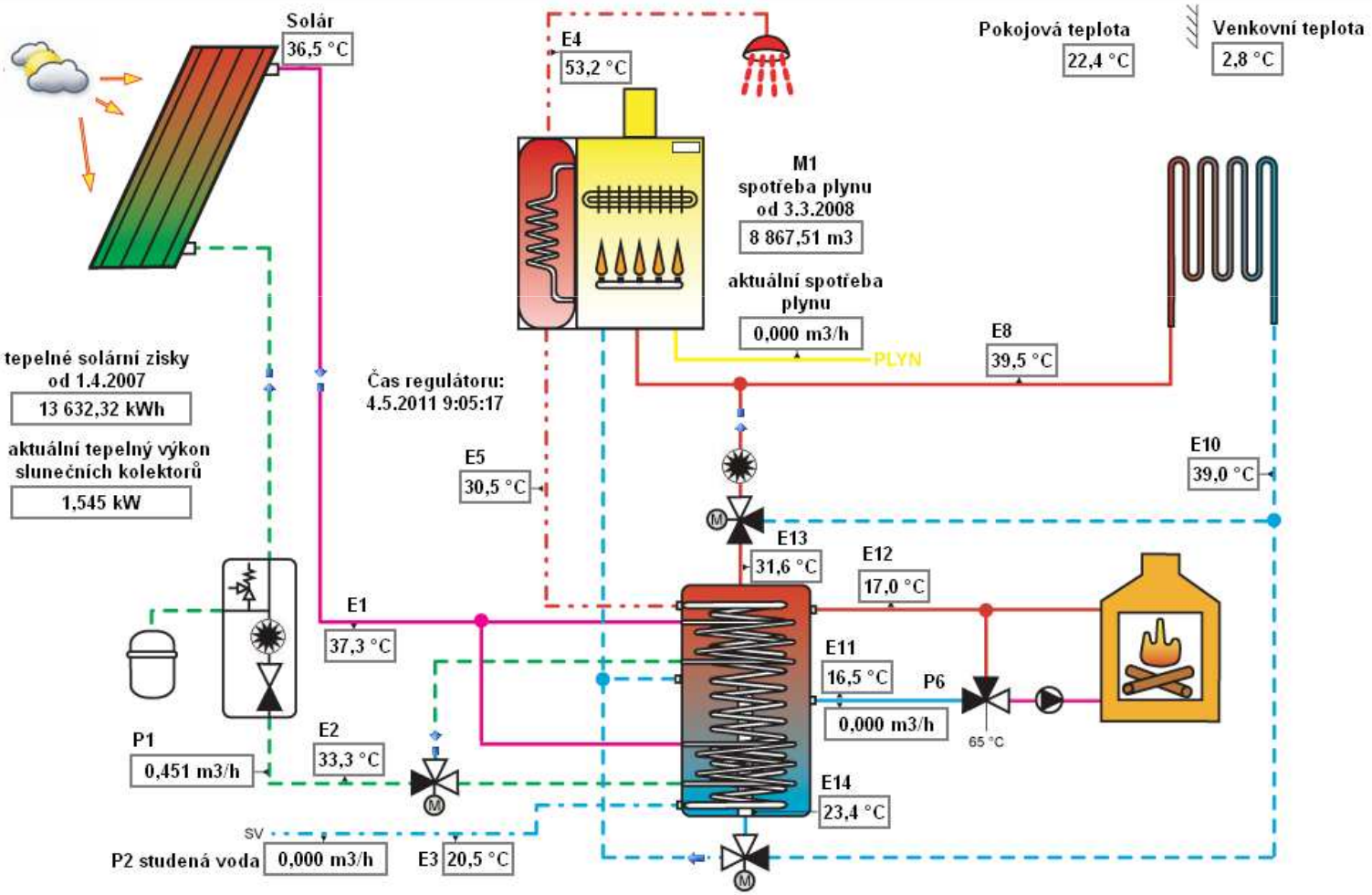


regulátor pro složité solární systémy

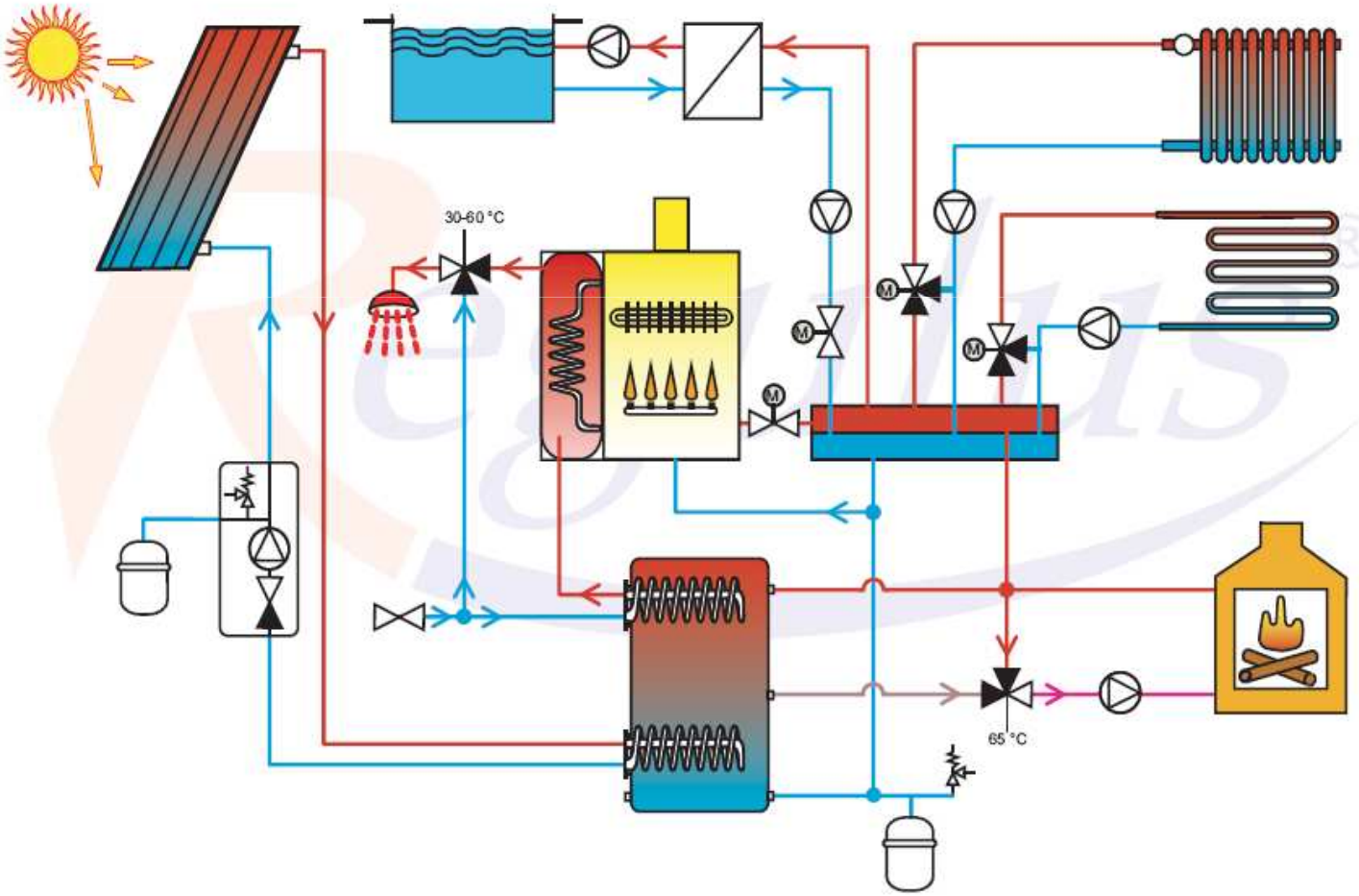
Regulátor pro systémy
s přitápěním
DeltaSol ES

- podsvětlený displej monitorující systém
- 10 vstupů pro teplotní čidla PT1000
- 6 výstupních relé
- 30 přednastavených aplikací
- měření získaného tepla

příklad zapojení systému se stratifikačním zásobníkem a směšovaným okruhem topení



příklad zapojení systému s akumulačním zásobníkem a směšovaným okruhem topení



regulátor pro složité solární systémy

Regulátor pro více spotřebičů a regulaci vytápění

DeltaSol MX

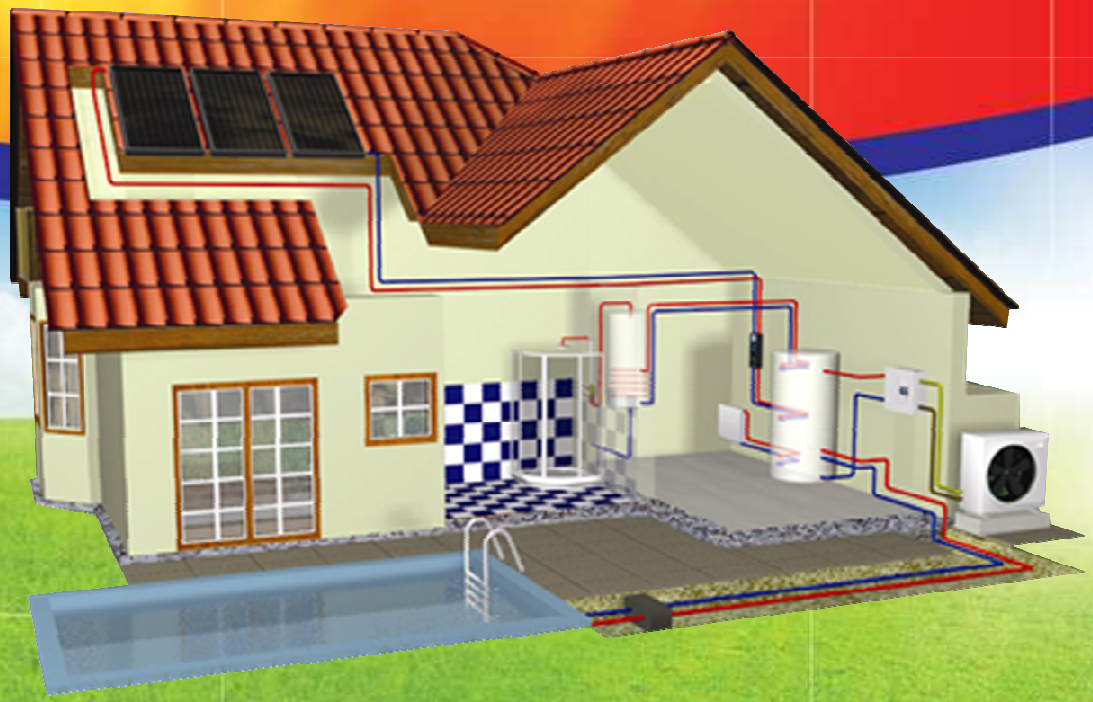
- podsvětlený displej monitorující systém
- 15 vstupů pro teplotní čidla
- 14 výstupních relé
- 4 PWM výstupy
- 4 vstupy pro Grundfos Direct Sensor
- 3 impulsní vstupy
- SD karta pro záznam dat, konfigurace,FW
- ekvitermní řízení dvou okruhů
- programování výstupů
- online monitoring

regulátor pro složité solární systémy

- PLC automaty
- systém inteligentního domu
- řízení pomocí PC
- atd. atd.

Děkuji za pozornost

Ing. Michal Broum
E-mail: michal@regulus.cz
Tel.: 244 016 918
www.regulus.cz



Regulus

Specifika projektování velkoplošných solárních soustav, ukázky z realizací

Petr Kramoliš, Projekce OZE, Slavíkova 6143,708 00 Ostrava – Poruba
kramolis.petr@seznam.cz

Průtoky TV v Domově důchodců m^3/den

Období	Prac.dny		Víkend		Poznámka
	max.-min.	průměr	max.-min.	průměr	
10,4-14,4 2002	22,3-19,5	21,0	14,2-10,5	11,5	vodoměr
07/2003	týdenní měření - hodnoty o 4-8% vyšší				vodoměr
21.4-11.5 2009	14,6-10,0	12,1	8,1- 6,4	7,1	vodoměr + měřič tepla
porovnání - sníženo		43%		38%	

Časový odstup od projektu do doby realizace cca 7 roků

Provozní problémy i dobře navržené soustavy – změna vstupních parametrů – průtok TV

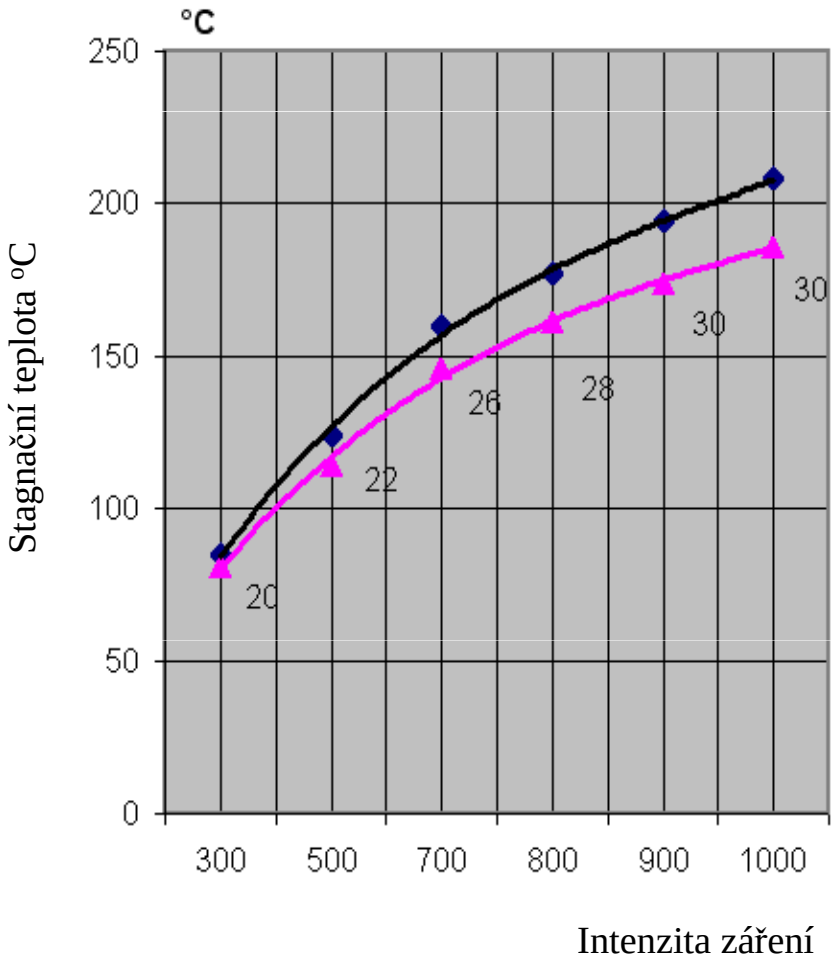
Příčiny snížení průtoku teplé vody:

- nárůst ležících důchodců
- výměny praček za automatické
- změny v přípravě jídel
- osazení perlátorů

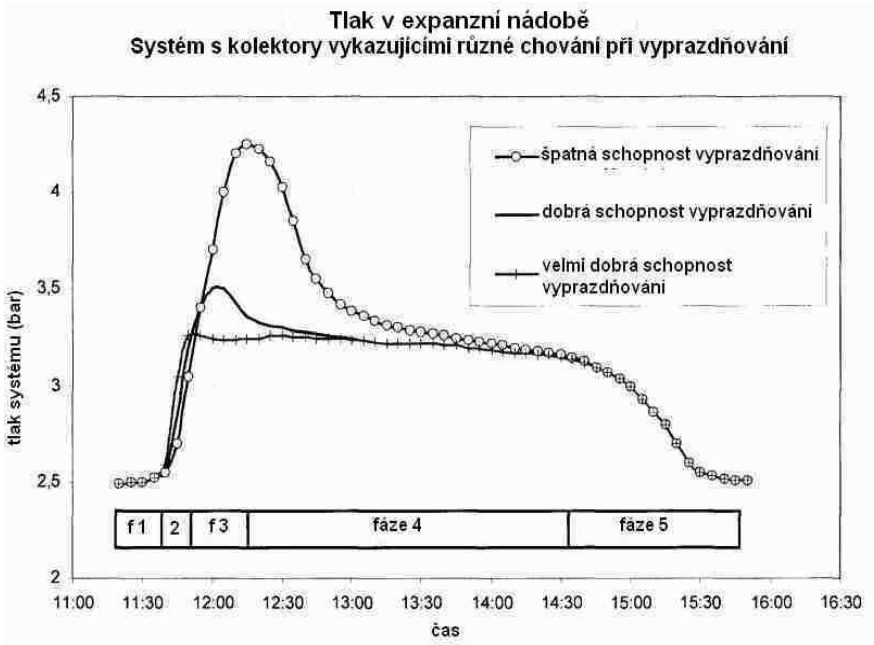
Výpadky a nesprávné funkce velkých solárních soustav

- Stagnace – výpadek el., pokles odběru tepla
- Vzduch v soustavě
- Nesprávný postup plnění
- Nízká rychlost proplachování
- Příliš rychlé plnění

Průběhy stagnačních teplot a tlaků

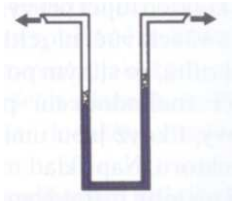


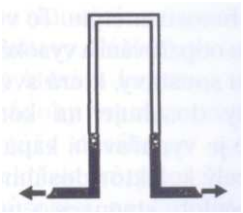
30 teplota okolního vzduchu 30 °C
26 teplota okolního vzduchu 26 °C
— vysoce selektivní absorbér
— selektivní absorbér



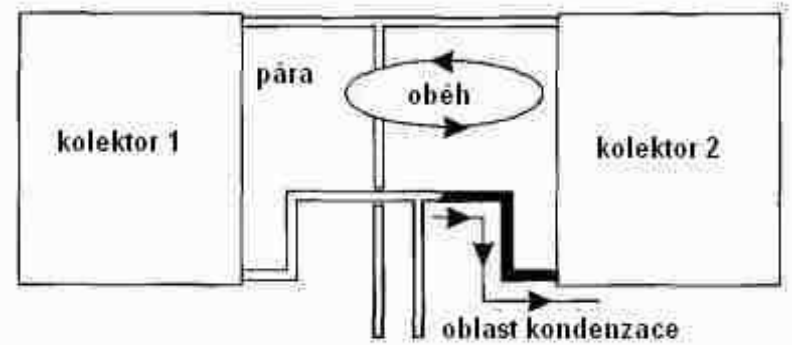
Vyprazdňování kolektorů při stagnaci

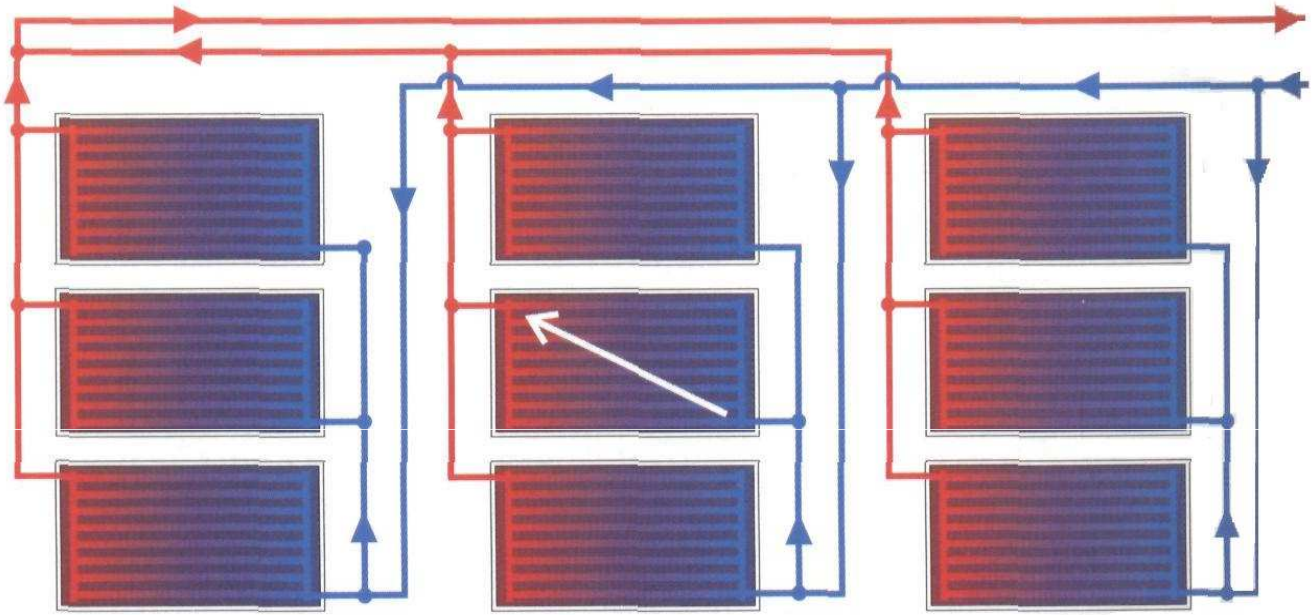
Špatná schopnost vyprazdňování

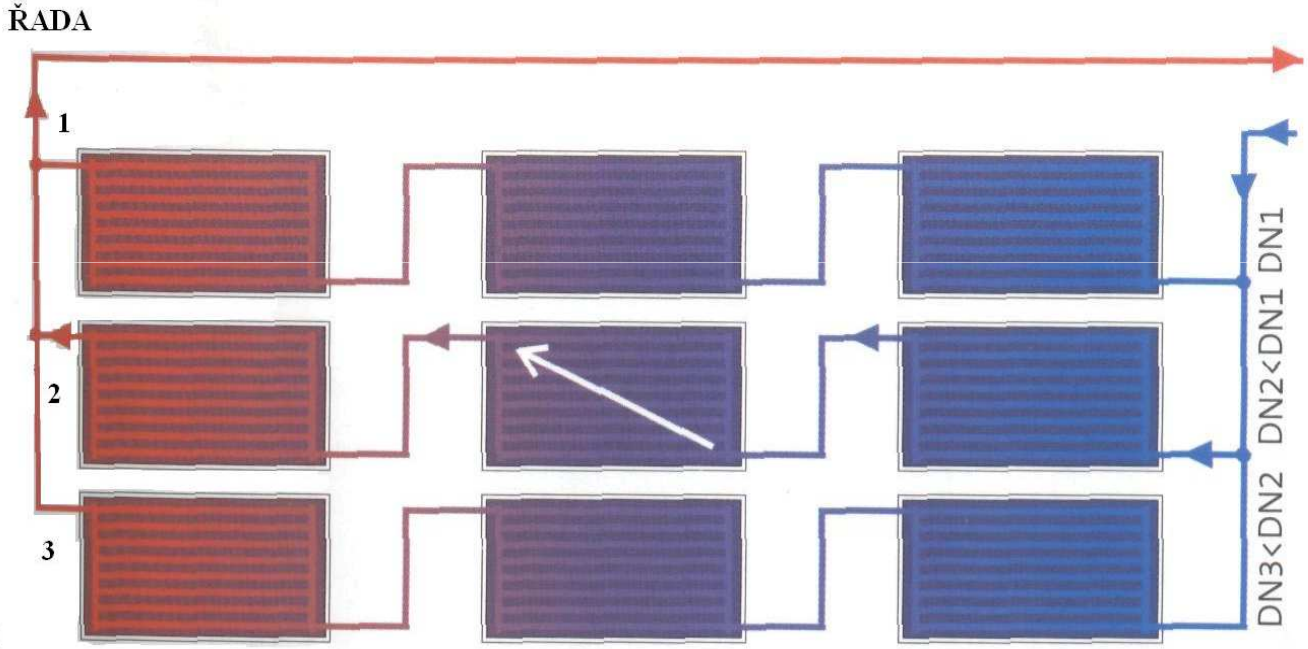




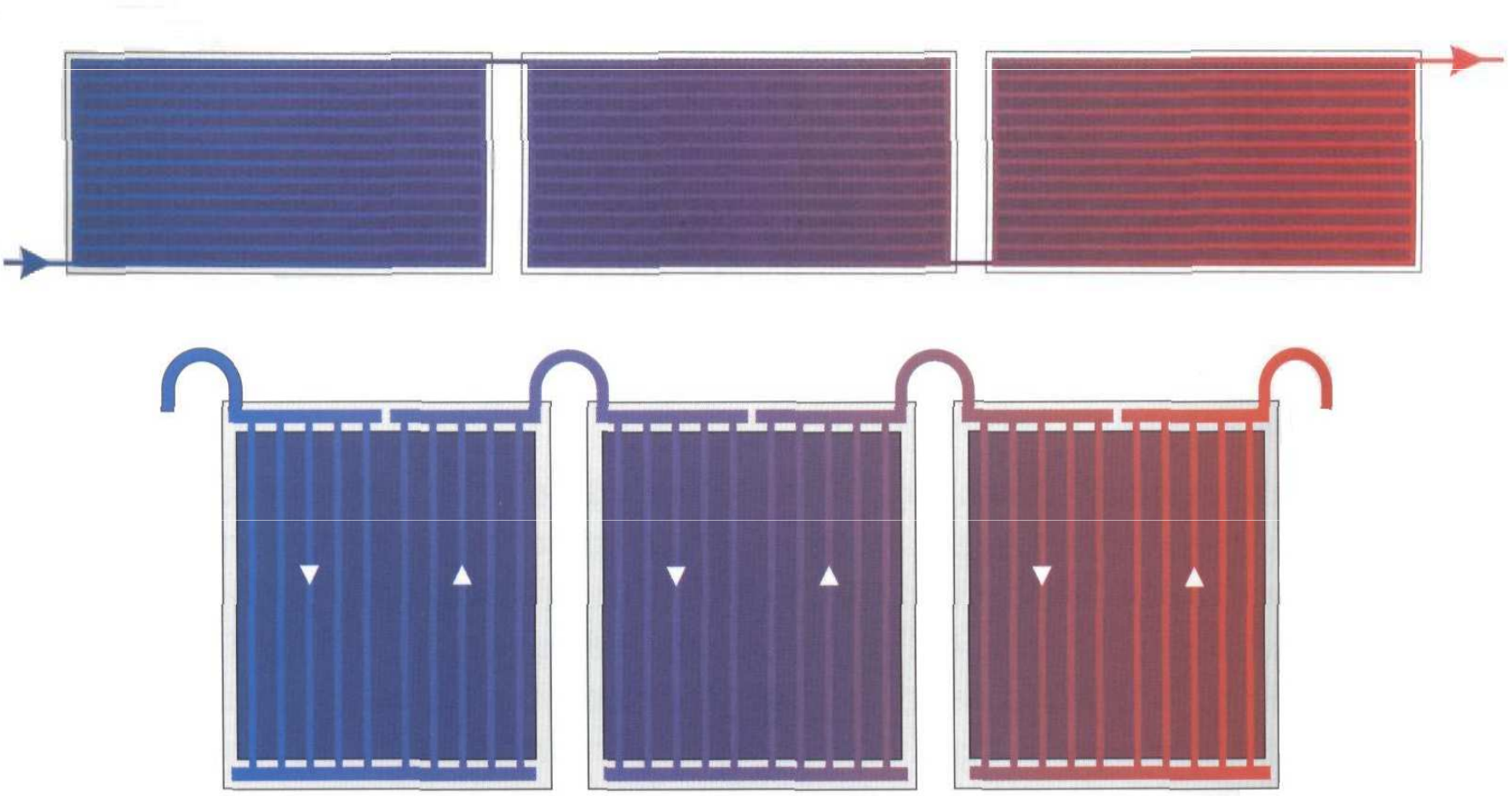
Dobrá schopnost vyprazdňování



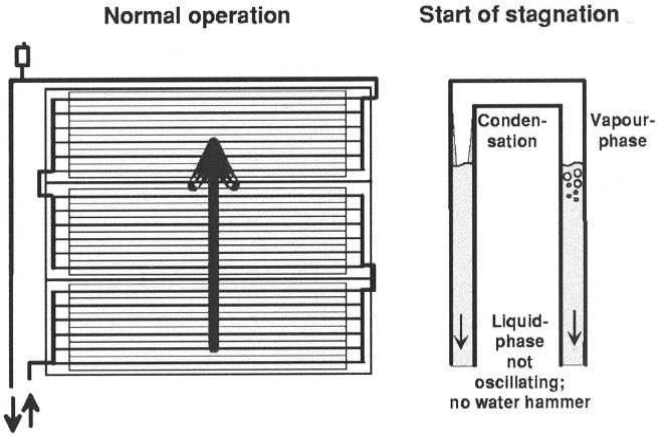


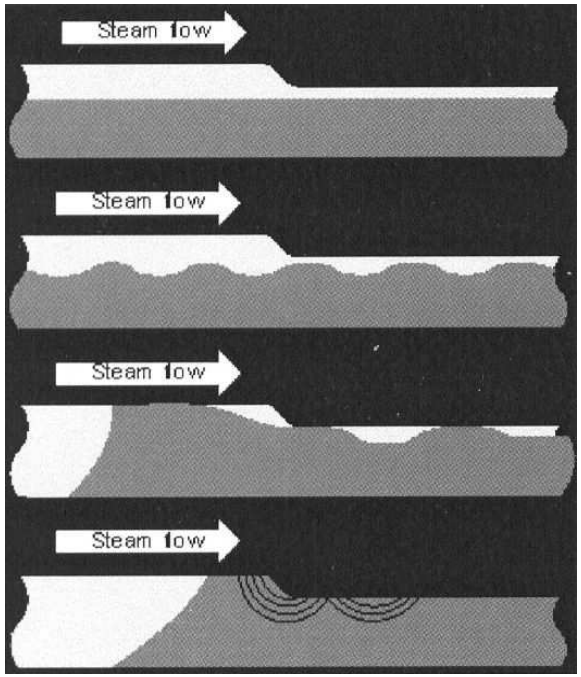

ŘADA
1
2
3
DN3<DN2 DN2<DN1 DN1

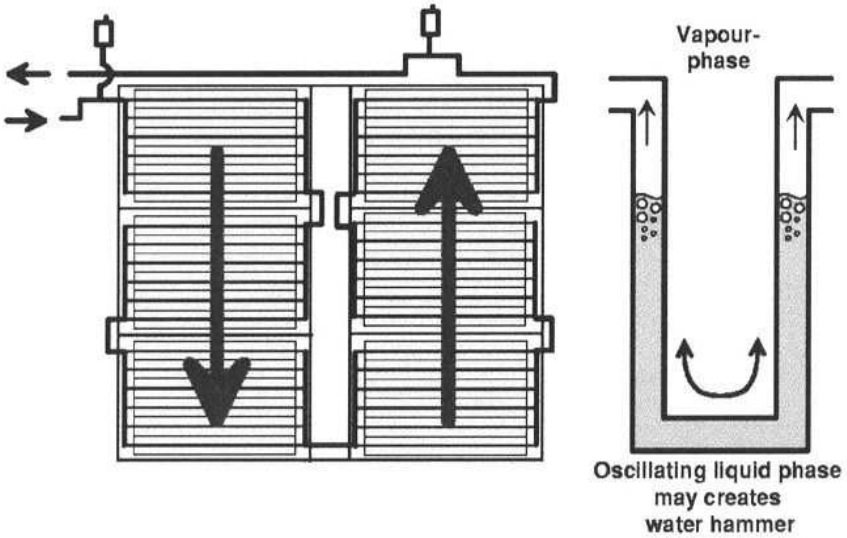
Zapojení kolektorových polí

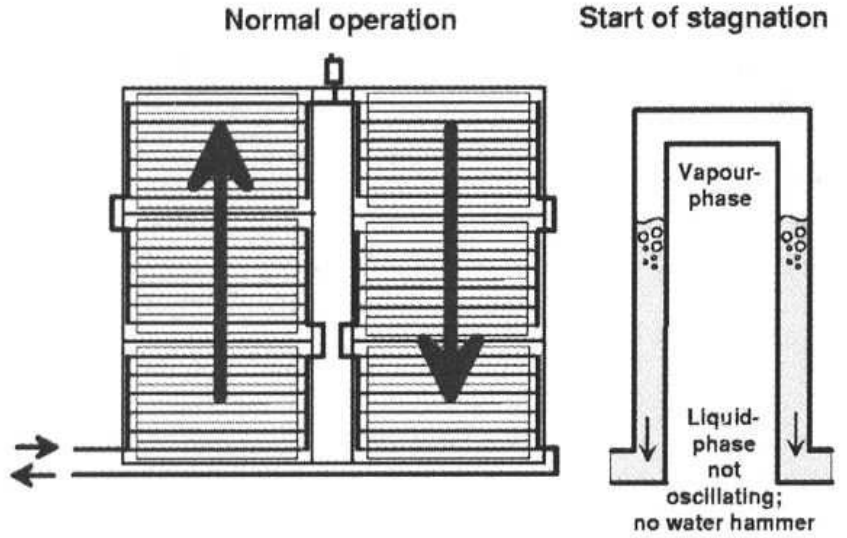


Chování kolektorů při stagnaci

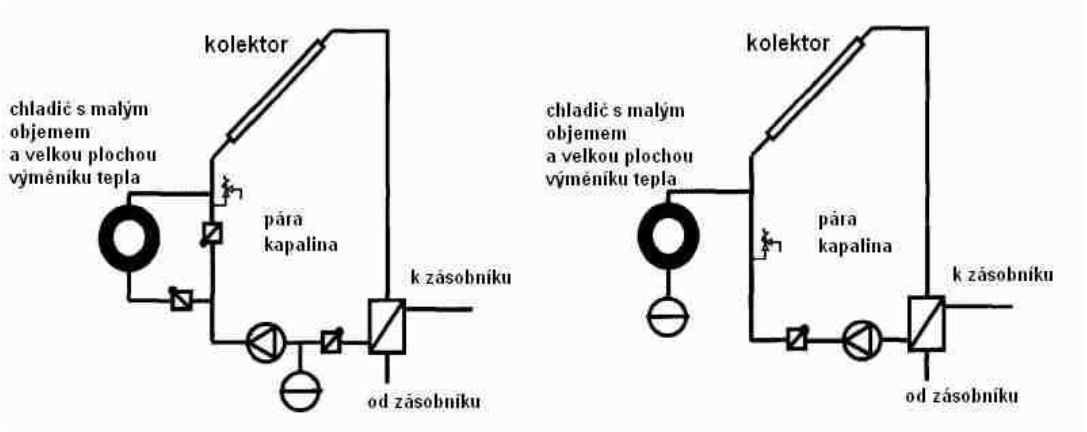


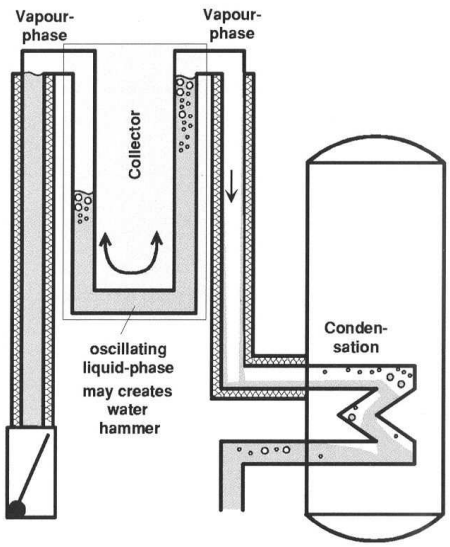


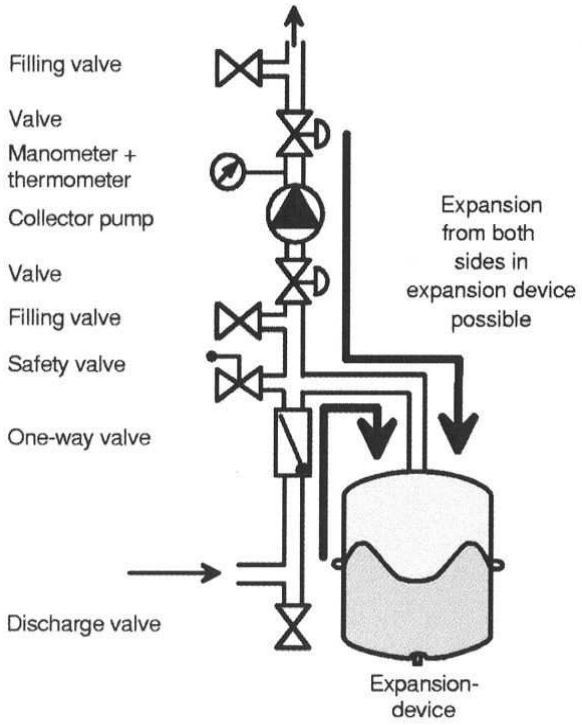


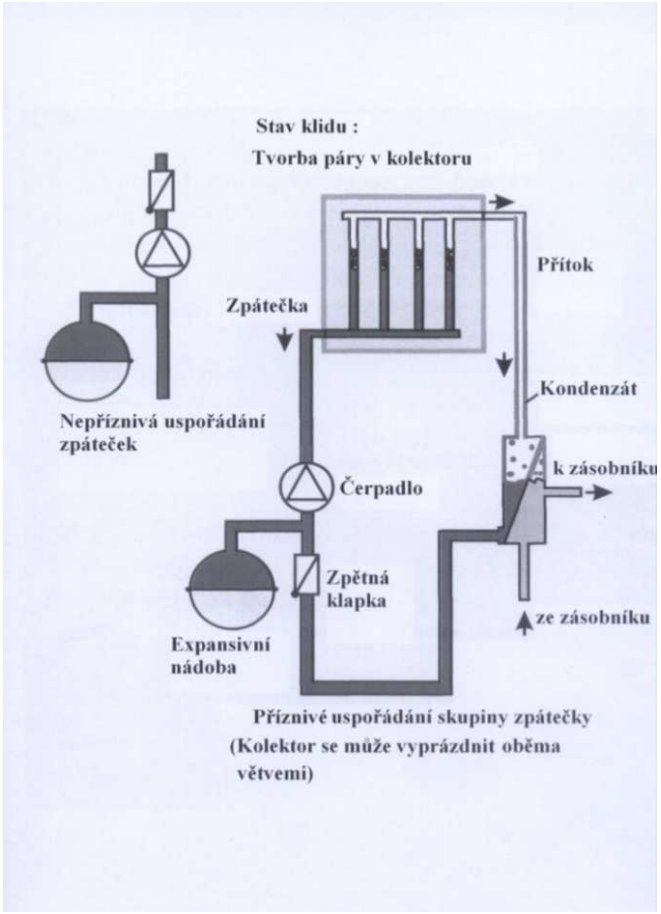


Zapojení exp. nádoby a chlazení produkce páry

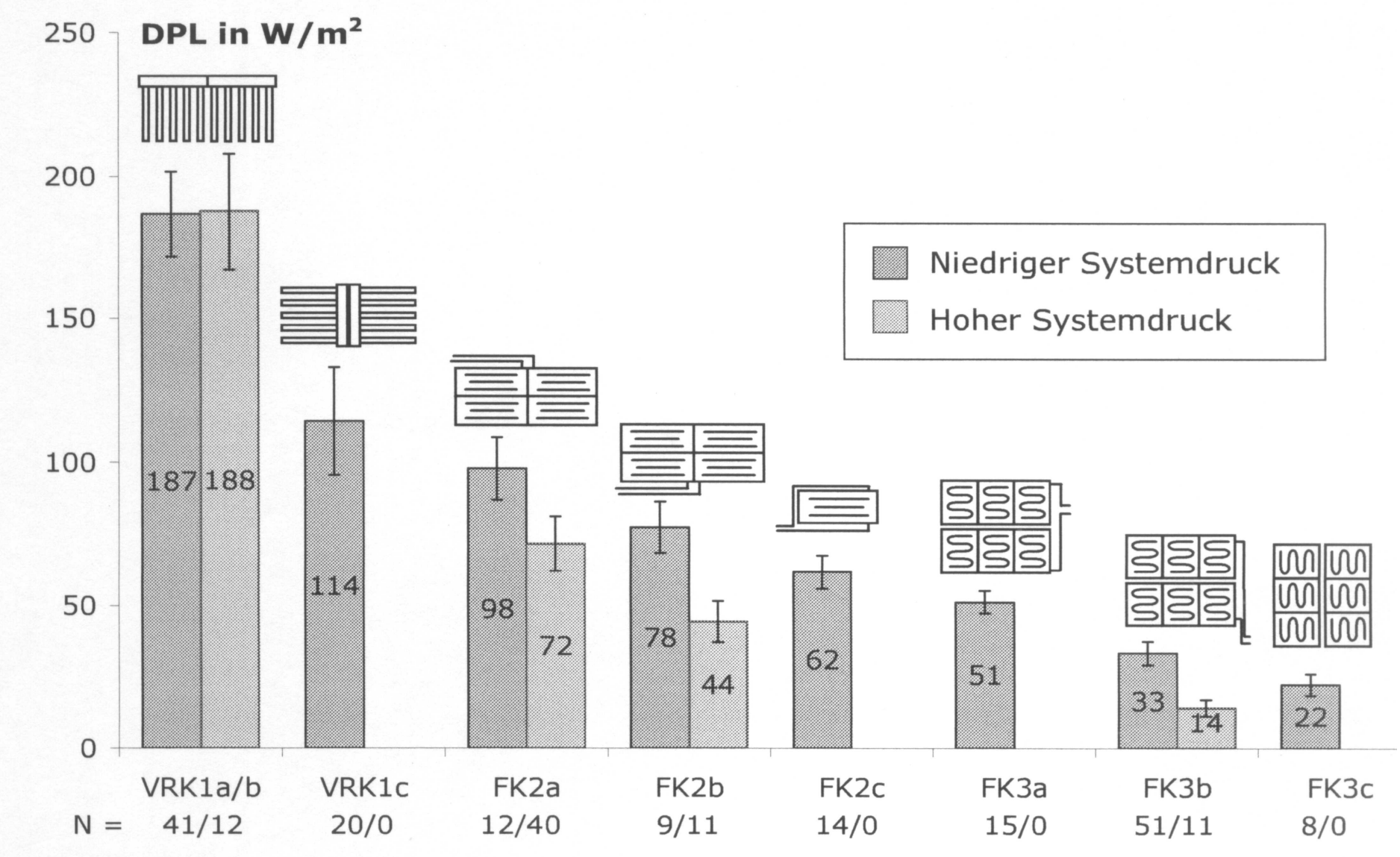




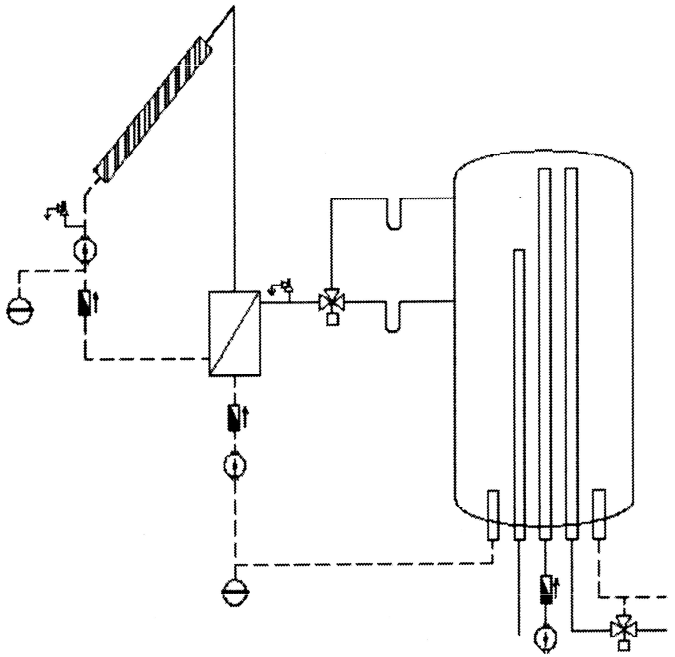


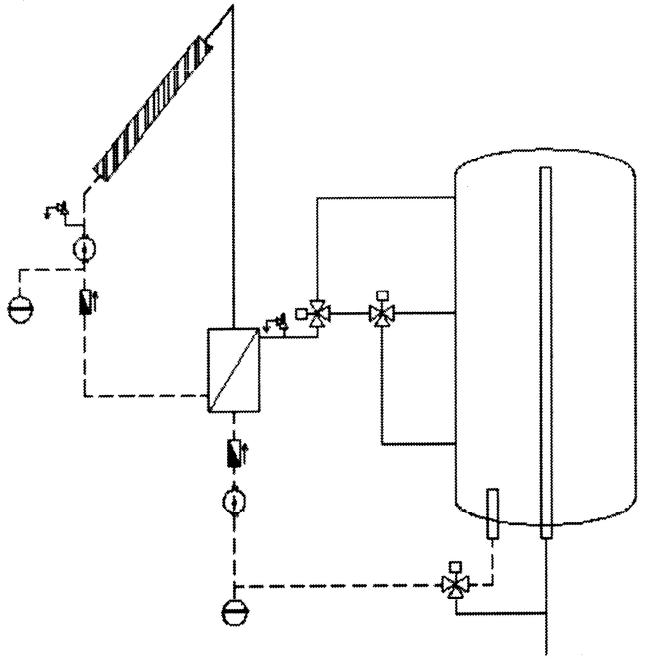


Produkce páry při stagnaci kolektoru

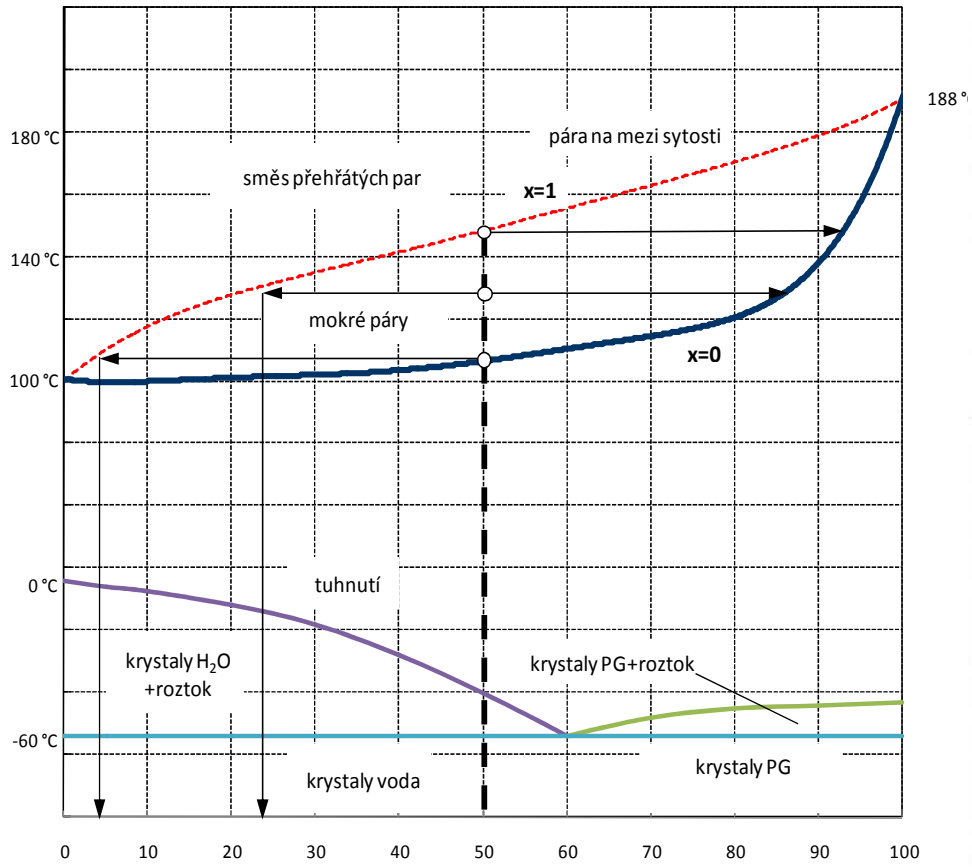


Vychlazování zásobníku přes kolektory





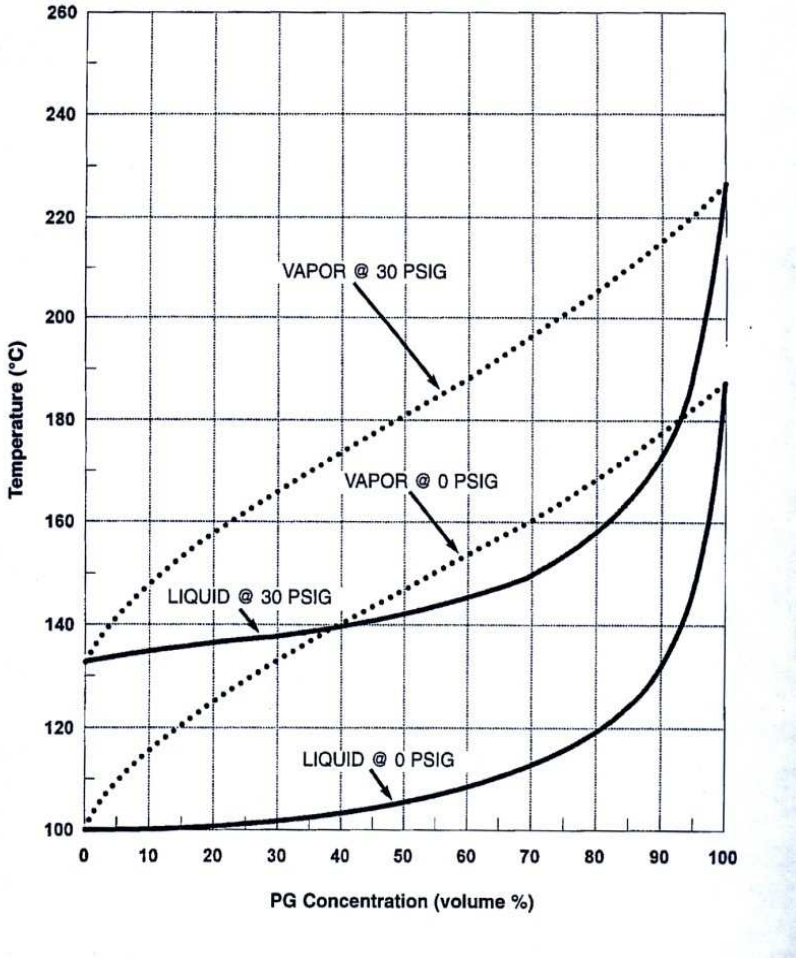
Fázový diagram propylenglykol - voda



První páry

Propylenglykol % objem.

Zbytek kapaliny



Pozn.: platí pro beztlak (100 kPa ata)

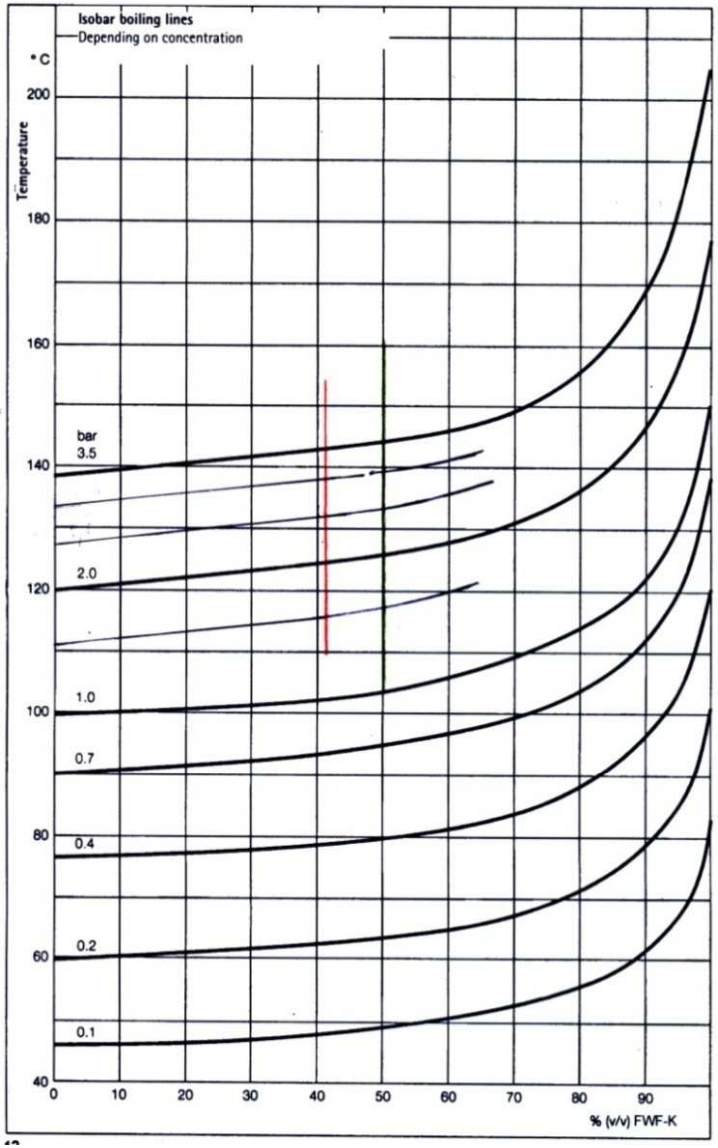
v oblasti teplot -60 °C až + 100°C stupnice bez měřítka

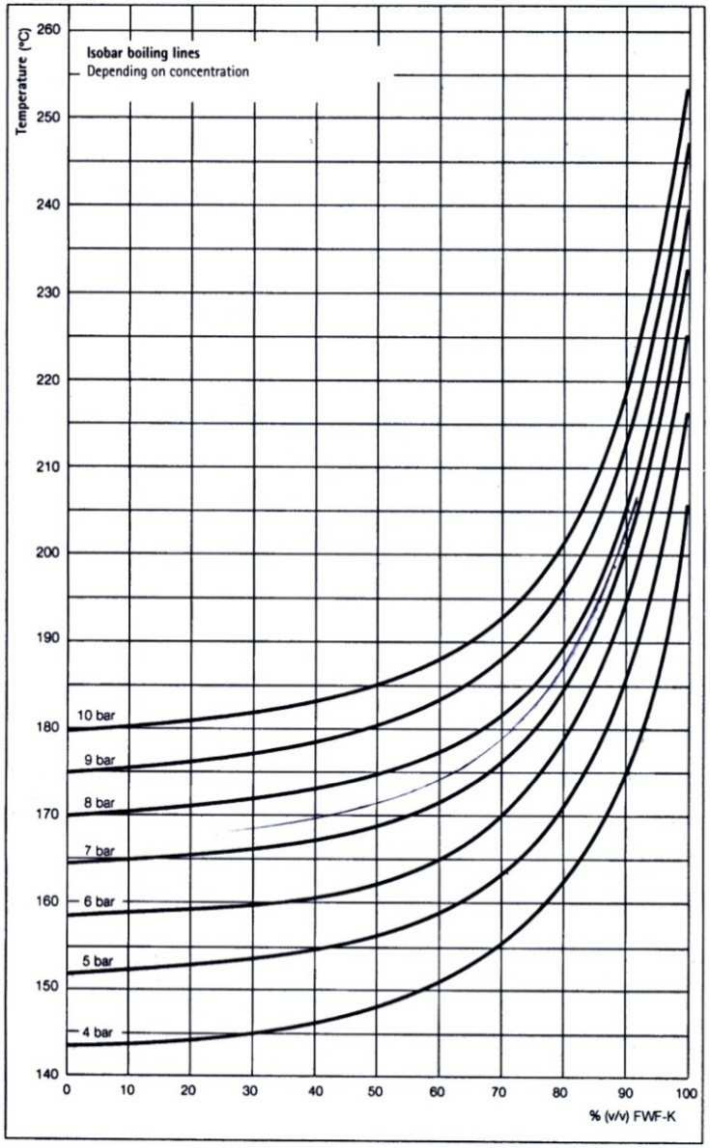
v oblasti teplot +100°C až + 200°C stupnice v měřítku

30 PSIG = 2,07 bar přetl.

0 PSIG = bez tlaku

Izobary varu nemrznoucí tekutiny s 50% propylenglykolu (při 100% FWF-K)



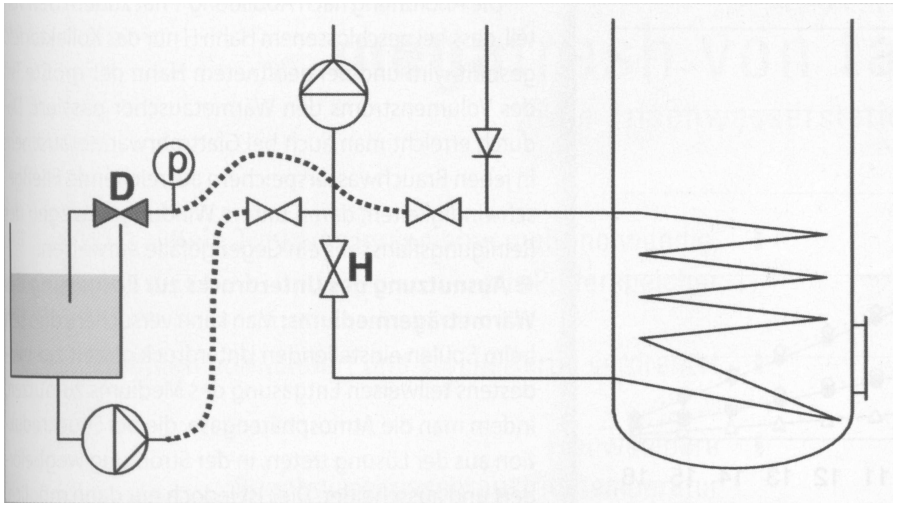


Provozní problémy s plyny

- Nesprávný postup plnění
- Nízká rychlost proplachování
- Příliš rychlé plnění

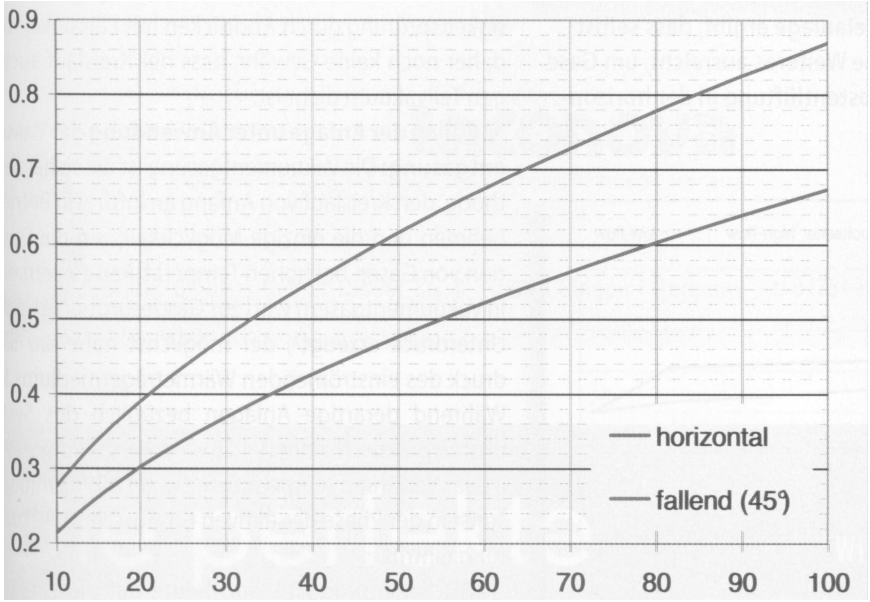
  (var kapaliny při plnění)

Příliš pomalé plnění



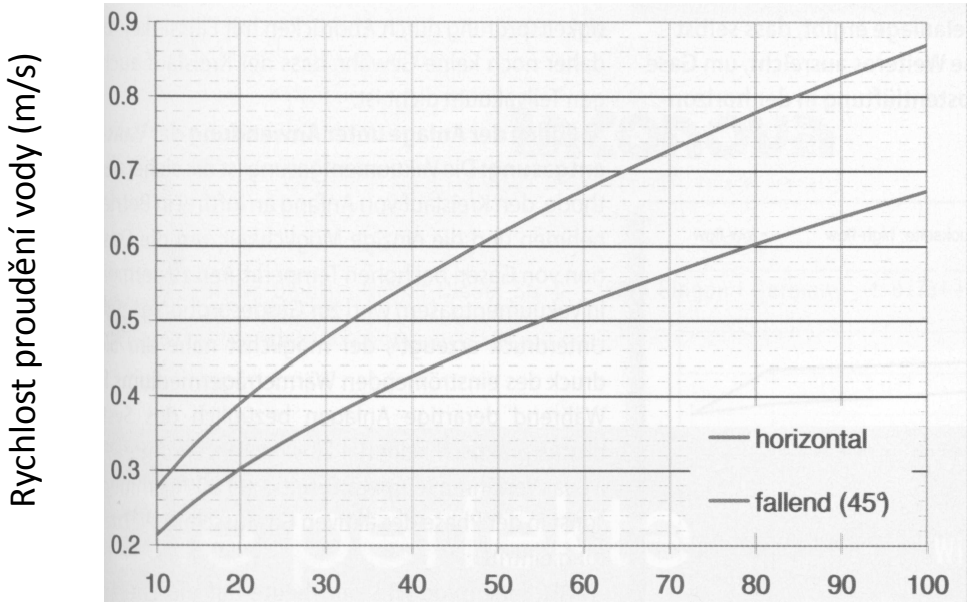
Napojení plnícího čerpadla solární stanice. Škrtícím ventilem D lze během plnění zvýšit tlak, aby se zabránilo varu tekutiny.

Rychlost pro odvzdušnění vody v závislosti na průměru potrubí. Pro solární zařízení, graf platí pouze orientačně.



Příliš rychlé plnění

- Vzduch nemá čas dostat se na povrch kapaliny
- Silně turbolentní proudění roztrhá malé bubliny na jemné mikrobublinky – obtížné vylučování



Var kapaliny při plnění

- Na výtoku kapaliny do nádrží - atmosférický tlak
  - v potrubí je tlak o geodetickou výšku +
  + tlakové ztráty proudění nižší

- Vzniká podtlak - od 10 m výšky může dojít k varu i při 10-20 ^{o}C
  - při vyšších teplotách i při nižší výšce

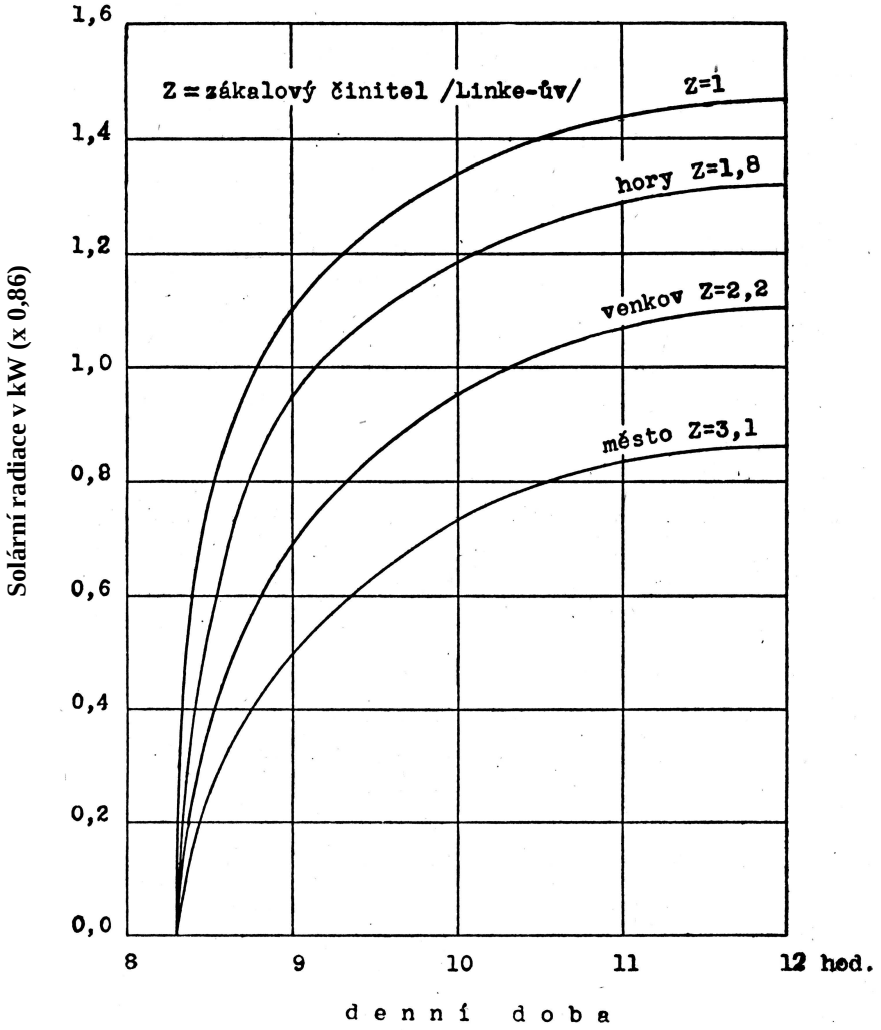
Řešení: tlak na výstupu zvýšit škrcením –manometr pro kontrolu, před škrtící ventil

Odvzdušnění během provozu

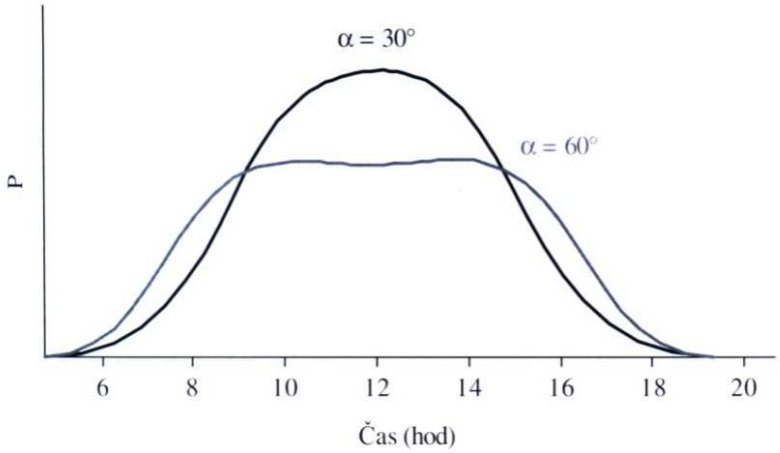
- Dosáhne-li se rychlost pro samoodvzdušnění – může se použít vhodný odvzdušňovač.
- Účinky odvzdušňovačů na potrubí se často přeceňují
- Odstranit lze pouze volné plyny (kapsy, bubliny), dostane-li se prouděním k místu odvzdušnění.

Pozn.: použít pouze takové odvzduš. Ventily, které spolehlivě zabrání přístupu vzduchu do potrubí (při náhodném podtlaku)

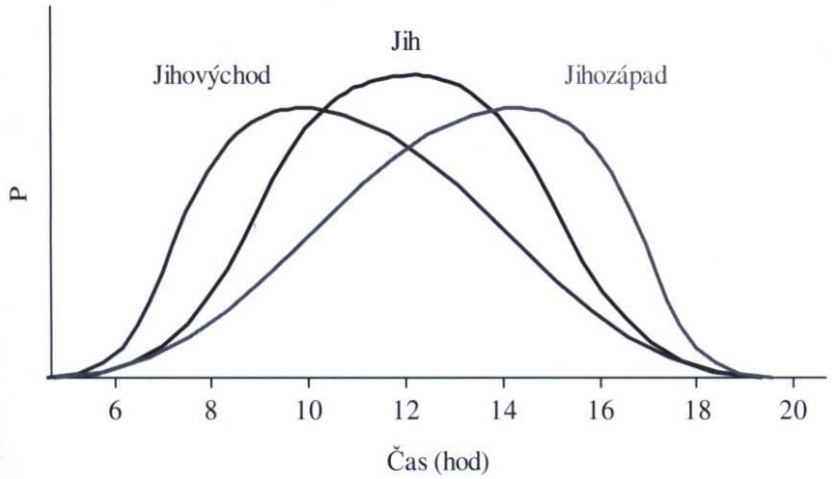
Intenzita solárního záření během dne

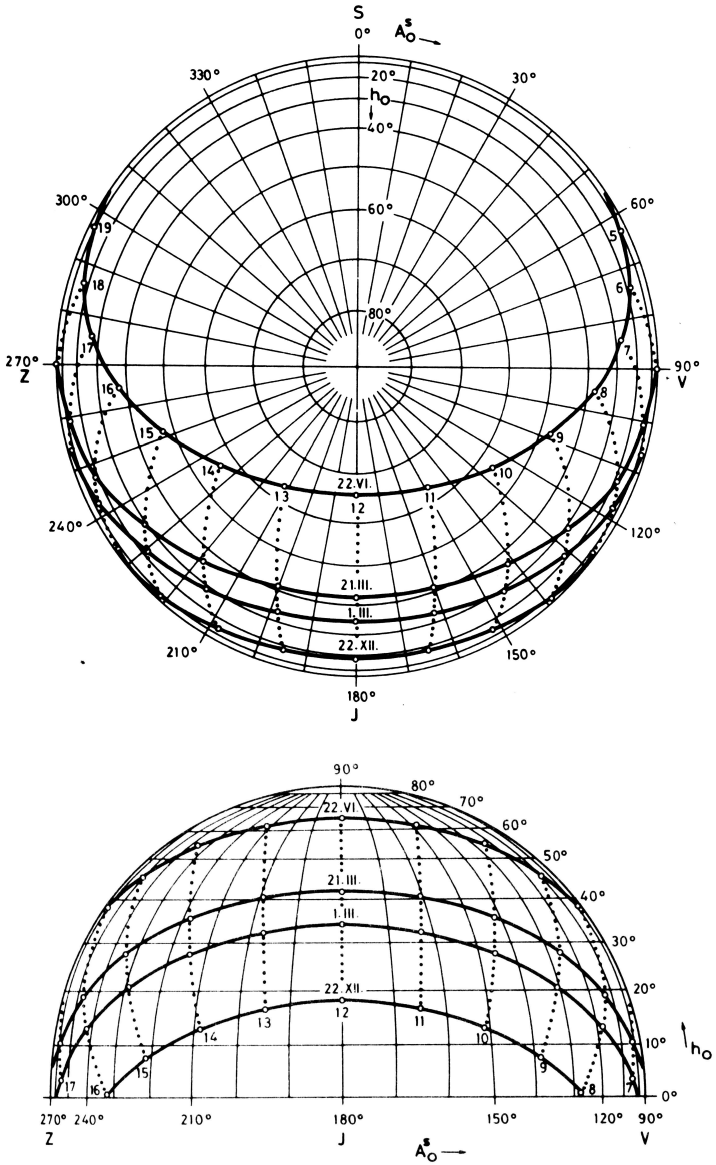


Denní průběh intenzity solární radiace podle sklonu kolektoru



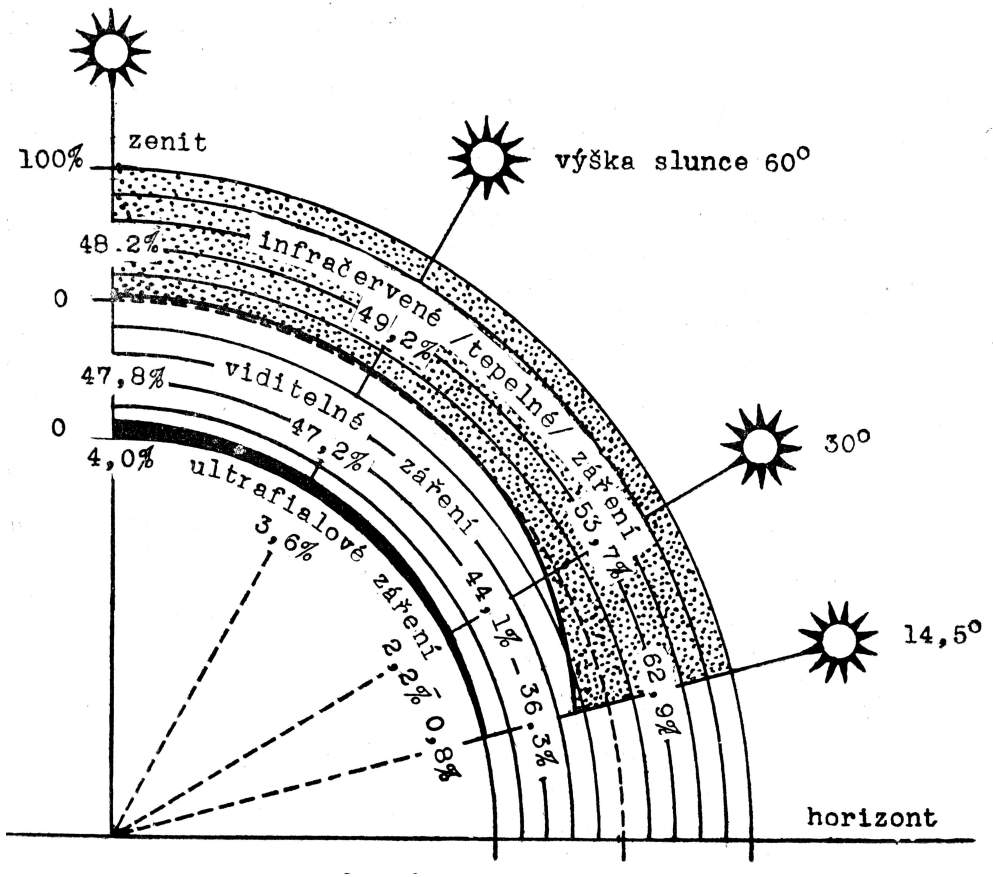
Denní průběh intenzity solární radiace podle azimutu





Ortogonální diagram typických slunečních drah pro 48° s.š.

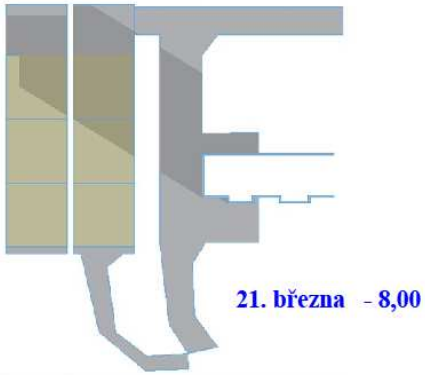
Poměrné složení celkového záření pro různé výšky slunce



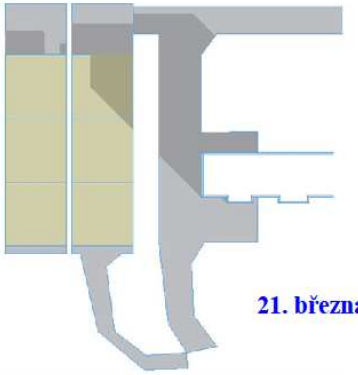
Výška slunce nad obzorem *h* (v obloukových stupních) pro místa na 50° SŠ

Měsíc	Výška slunce nad obzorem *h* v denní době (hodině) τ							
	12	11 13	10 14	9 15	8 16	7 17	6 18	5 19
XII.	16,55	15,35	11,88	6,43				
XI. a I.	20,00	18,75	15,20	9,50				
X. a II.	28,50	27,12	23,13	17,02	9,33			
IX. a III.	40,00	38,33	33,86	27,03	18,75	9,58		
VIII. a IV.	51,50	49,57	44,27	36,73	27,88	18,40	8,78	
VII. a V.	60,00	57,72	51,72	43,57	34,62	24,73	15,18	6,07
VI.	63,55	60,97	54,52	46,20	36,85	27,23	17,75	8,75

Měsíc	Azimut slunce *a* v denní době (hodině) τ							
	12	13	14	15	16	17	18	19
XII.	0,00	14,25	27,95	40,77				
XI. a I.	0,00	14,88	29,13	42,35				
X. a II.	0,00	16,55	32,20	46,43	59,32			
IX. a III.	0,00	19,28	37,00	52,55	66,17	78,40		
VIII. a IV.	0,00	23,02	43,17	59,83	73,77	86,00	97,43	
VII. a V.	0,00	27,08	49,10	66,50	81,43	92,67	103,17	114,10
VI.	0,00	29,30	52,20	69,60	83,17	94,70	105,57	116,28

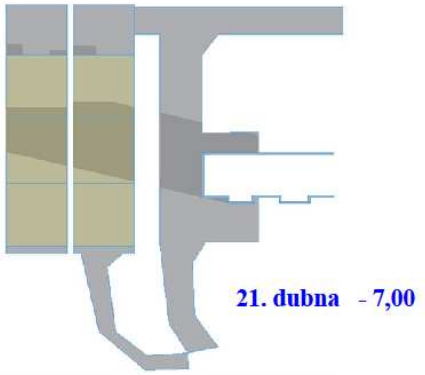


21. března - 8,00

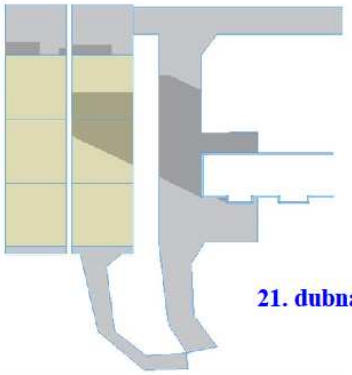


21. března - 9,00

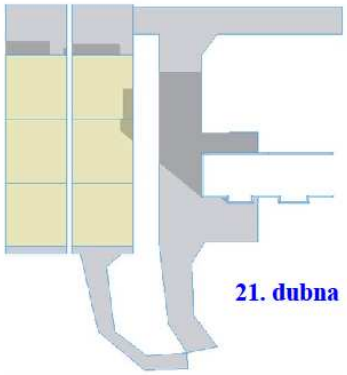
21. března - 10,00



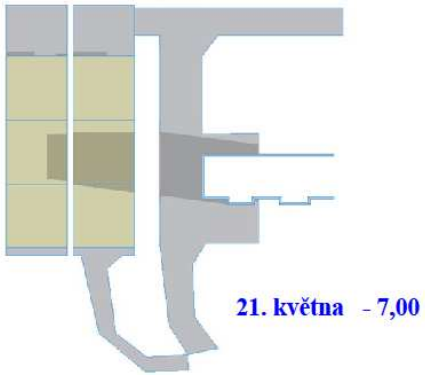
21. dubna - 7,00



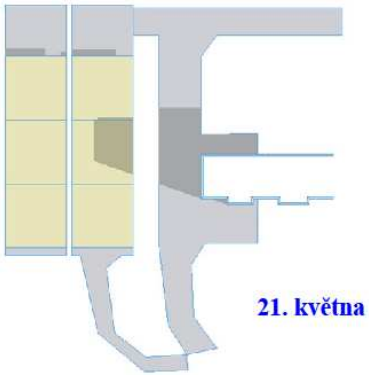
21. dubna - 8,00



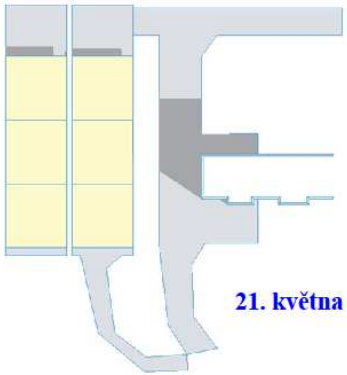
21. dubna - 9,00



21. května - 7,00

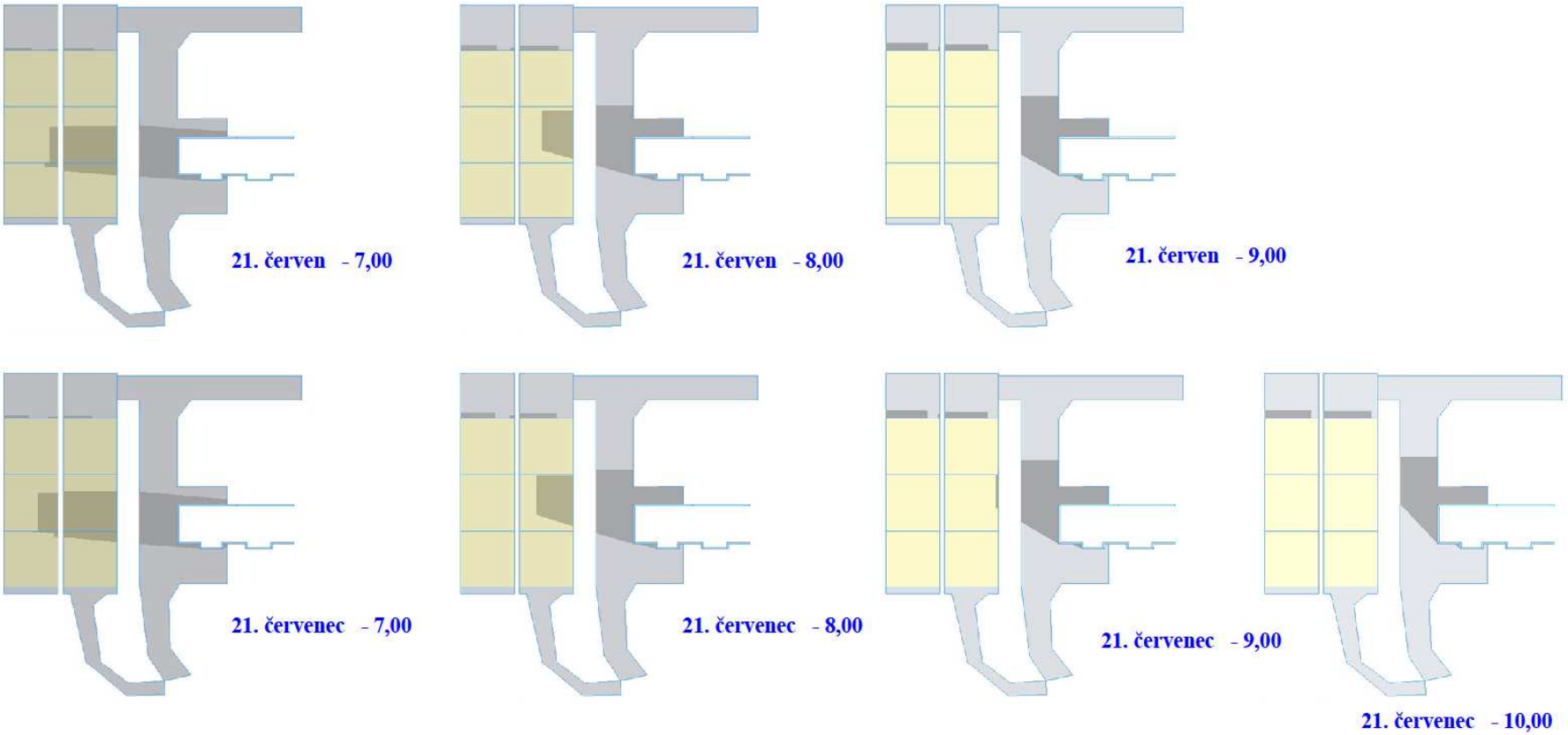


21. května - 8,00



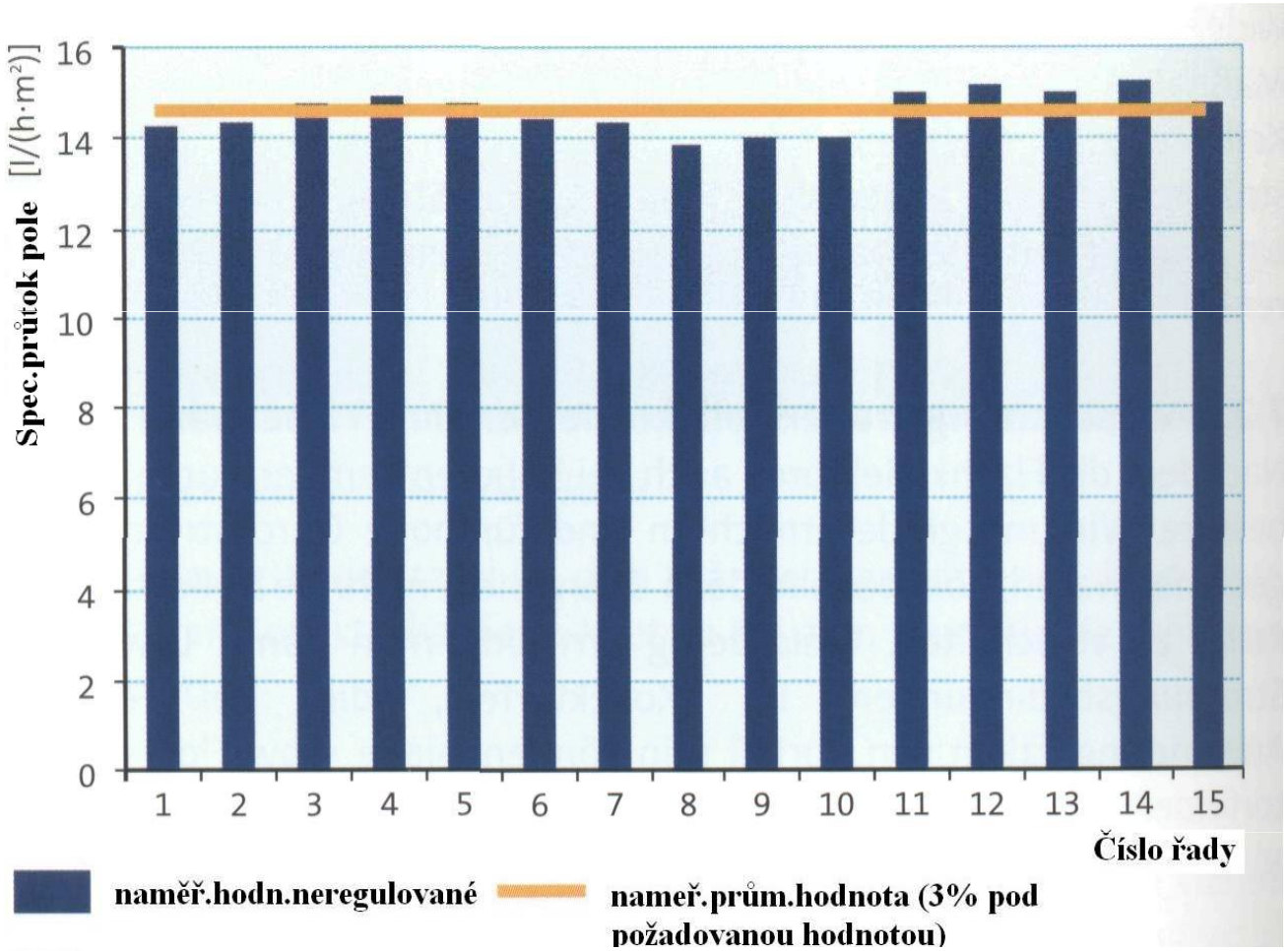
21. května - 9,00

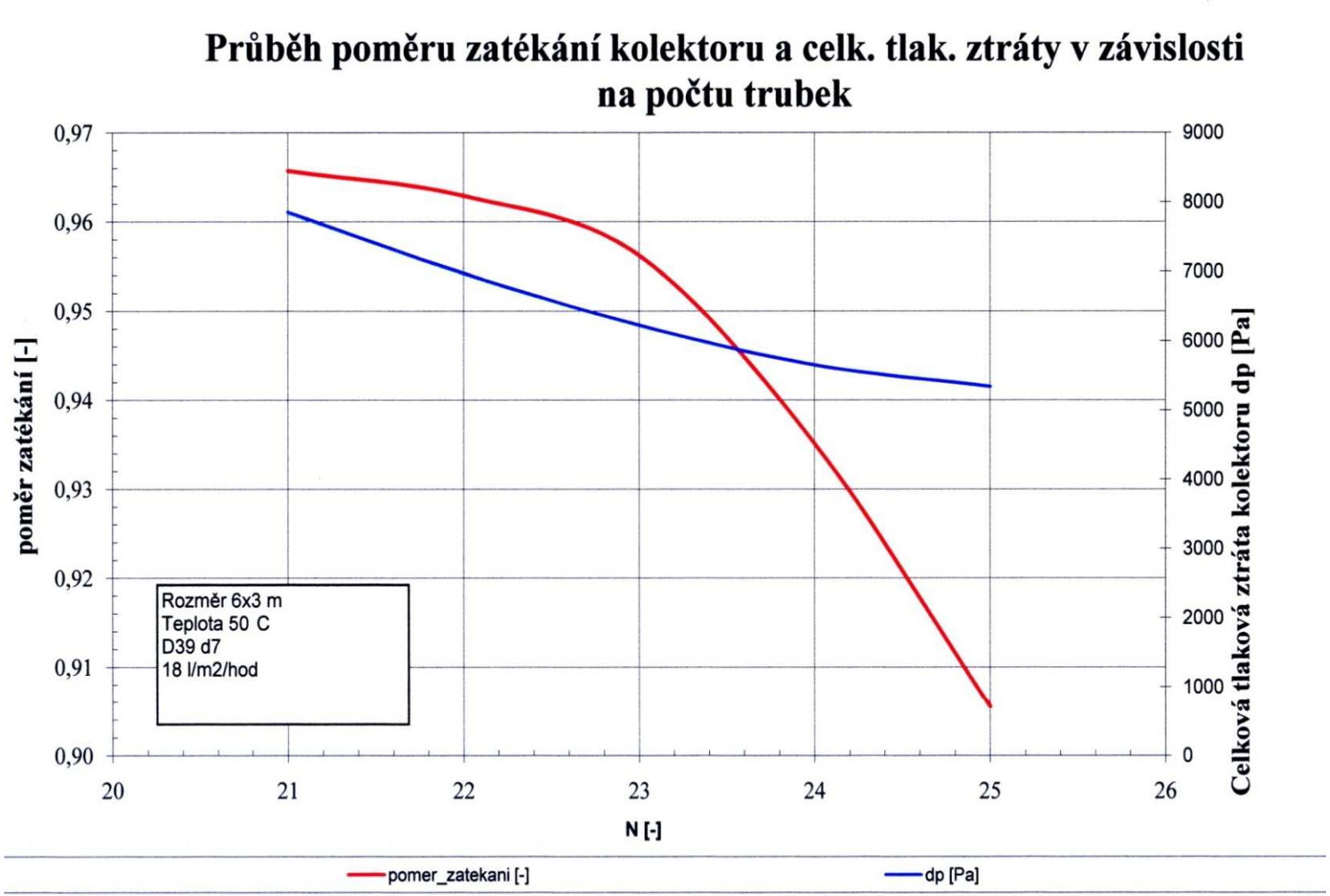
SOLÁRNÍ SOUSTAVA - PRŮBĚH STÍNŮ



SOLÁRNÍ SOUSTAVA - PRŮBĚH STÍNŮ

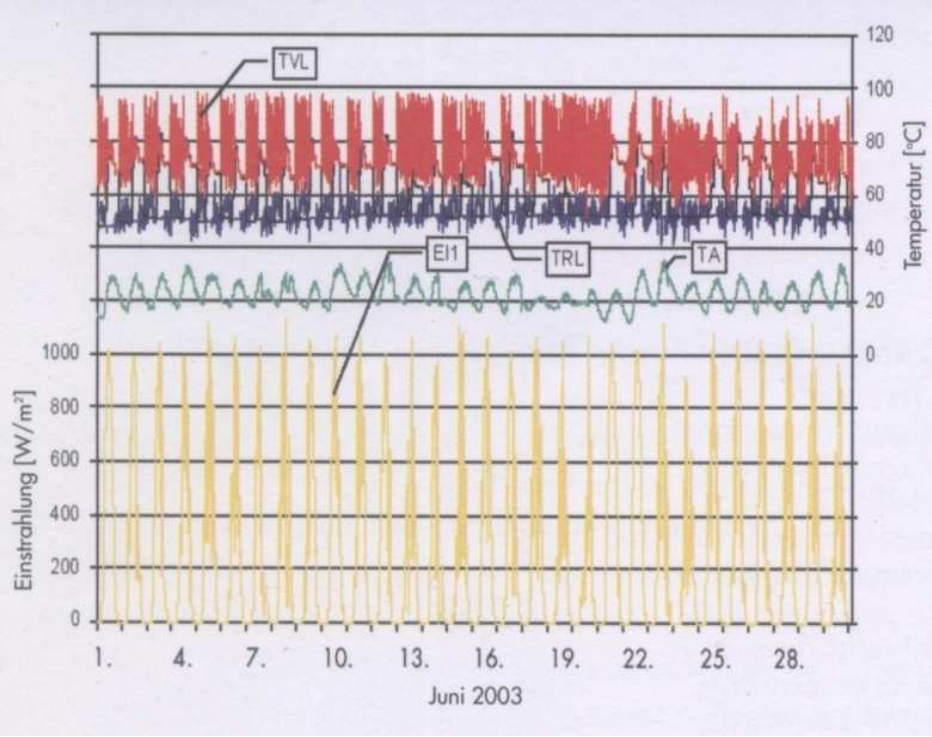
Poměrné zatékání v trubičkách kolektorů



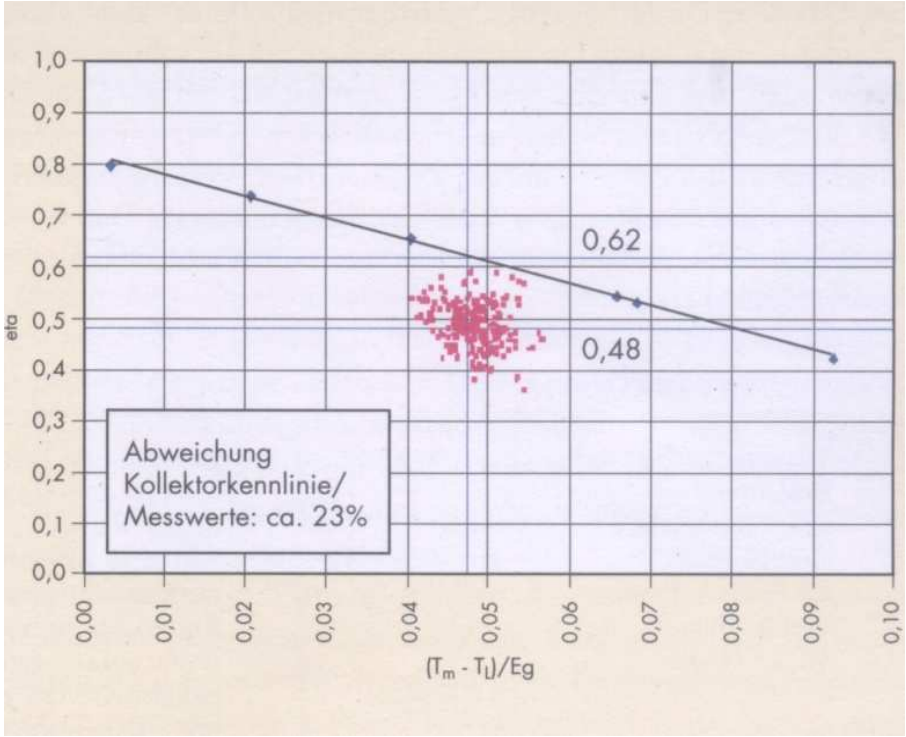

Průběh poměru zatékání kolektoru a celk. tlak. ztráty v závislosti na počtu trubek
poměr zatékání [-]
0,97
0,96
0,95
0,94
0,93
0,92
0,91
0,90
Celková tlaková ztráta kolektoru dp [Pa]
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
20
21
22
23
24
25
26
N [-]
Rozměr 6x3 m
Teplota 50 C
D39 d7
18 l/m2/hod
pomer_zatekani [-]
dp [Pa]

Vliv zpátečky na účinnost kolektorového pole

Teplota v tepelné síti v červnu 2003
v sídlišti Stuttgard, Burgholzhof



Křivka účinnosti kolektorového pole
v Burgholzhofu



Vliv teploty kolektorového pole na solární zisk

- Změna střední teploty v kolektoru o 1 ^{o}C → A = 0,00155 (ve střední části křivky, tj. 0,7-0,9 %)

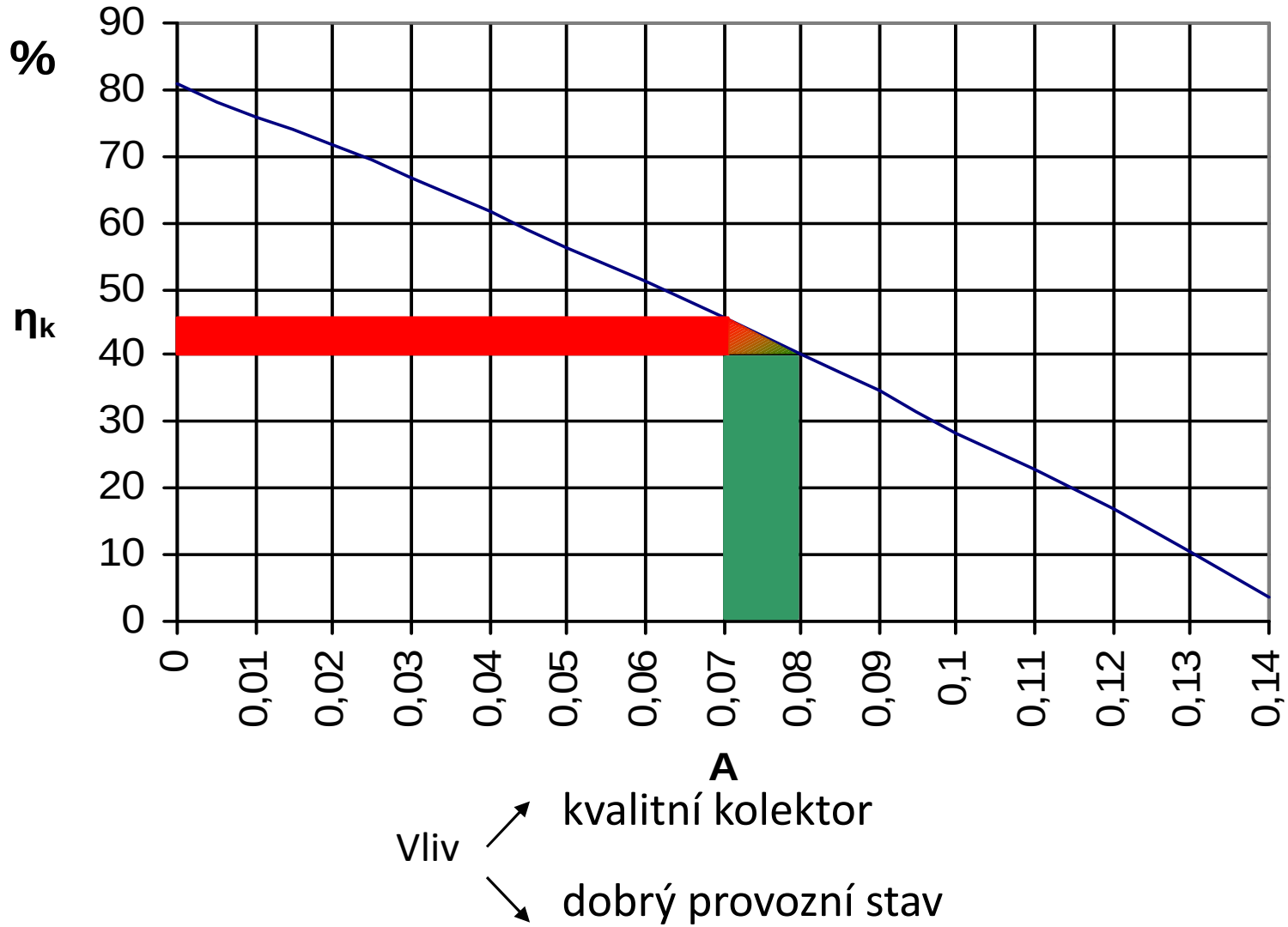
- Změna teploty zpátečky o 10 ^{o}C (tj. 5 ^{o}C střední tepl. absorbéru) - sníží solární výnos

5 . 0,8 = 4 % η kolektoru

100 m^2 → 49 500 kWh/r (η = 0,45) ……. 45 100 kWh/r (η=0,41)

400 m^2 →198 000 kWh/r (η = 0,45) … …180 400 kWh/r (η=0,41)

b) Vliv teplot na účinnost kolektoru



Vliv ↗ kvalitní kolektor

Vliv ↘ dobrý provozní stav

1 °C → A 0,00125 - 0,00155 → Δ η 0,7 - 0,9 %

4 °C → A 0,005 - 0,0061 → Δ η 2,8 - 3,6 %

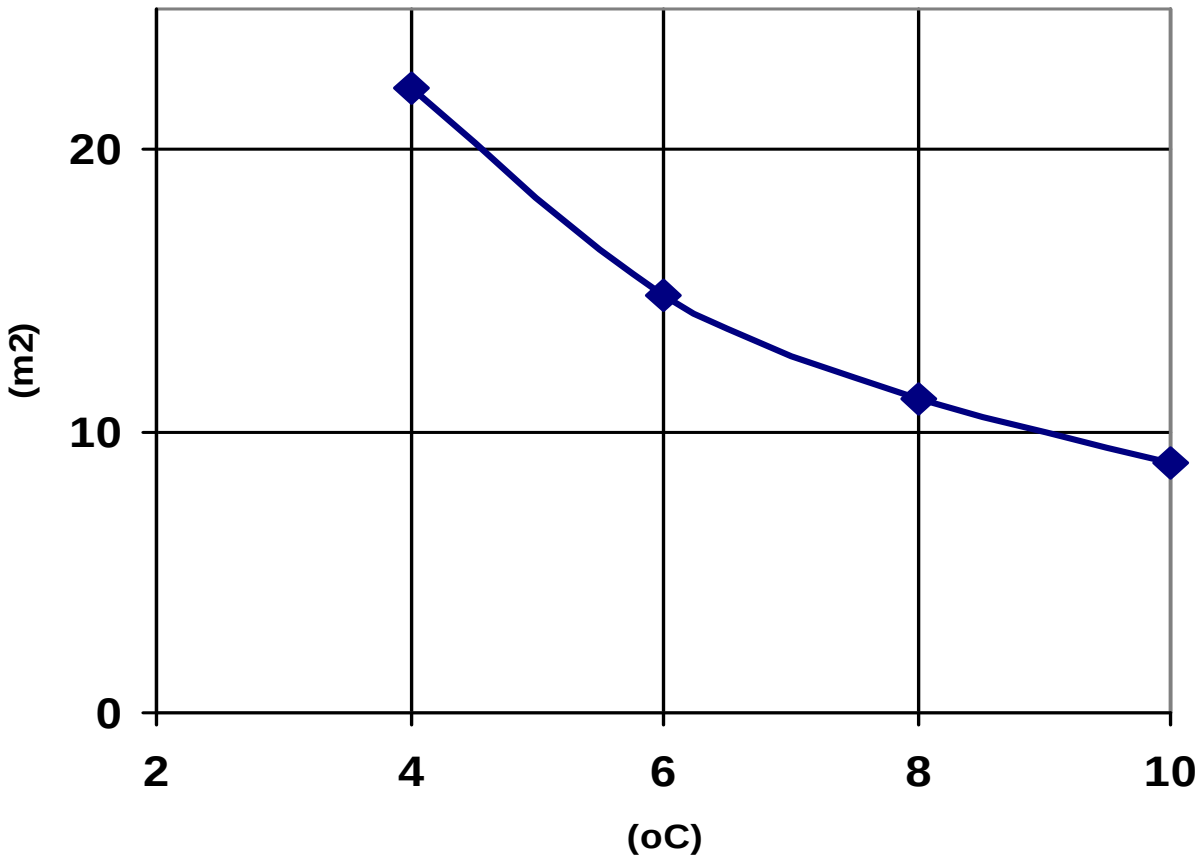
FAKTORY, KTERÉ OVLIVŇUJÍ NÁVRH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

a) Velikost výměníku tepla

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t}$$

Rozdíl teplot	°C	10°	8°	6°	4°	Pozn.
Teplosměnná plocha	m^2	8,89	11,1	14,81	22,22	pro 240 kW
Poměr zvětšení pl.	%	100	125	166	250	
Poměr zmenšení Δt	%	100	80	60	40	

optimální rozdíl teplot (souvisí s investičními náklady)

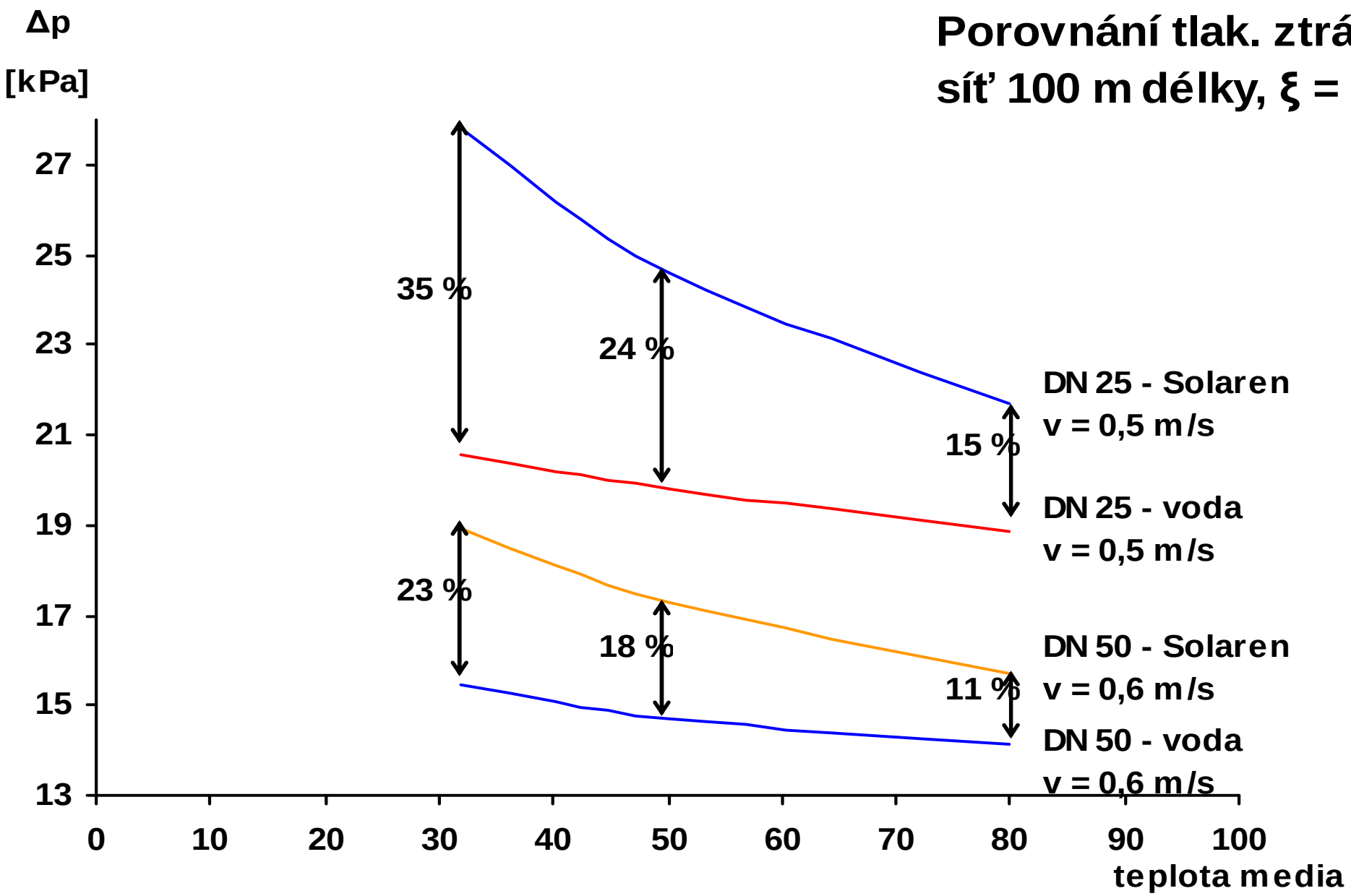


snížení Δt o 1 ^{o}C zvýší roční účinnost o 0,7 - 0,9 %

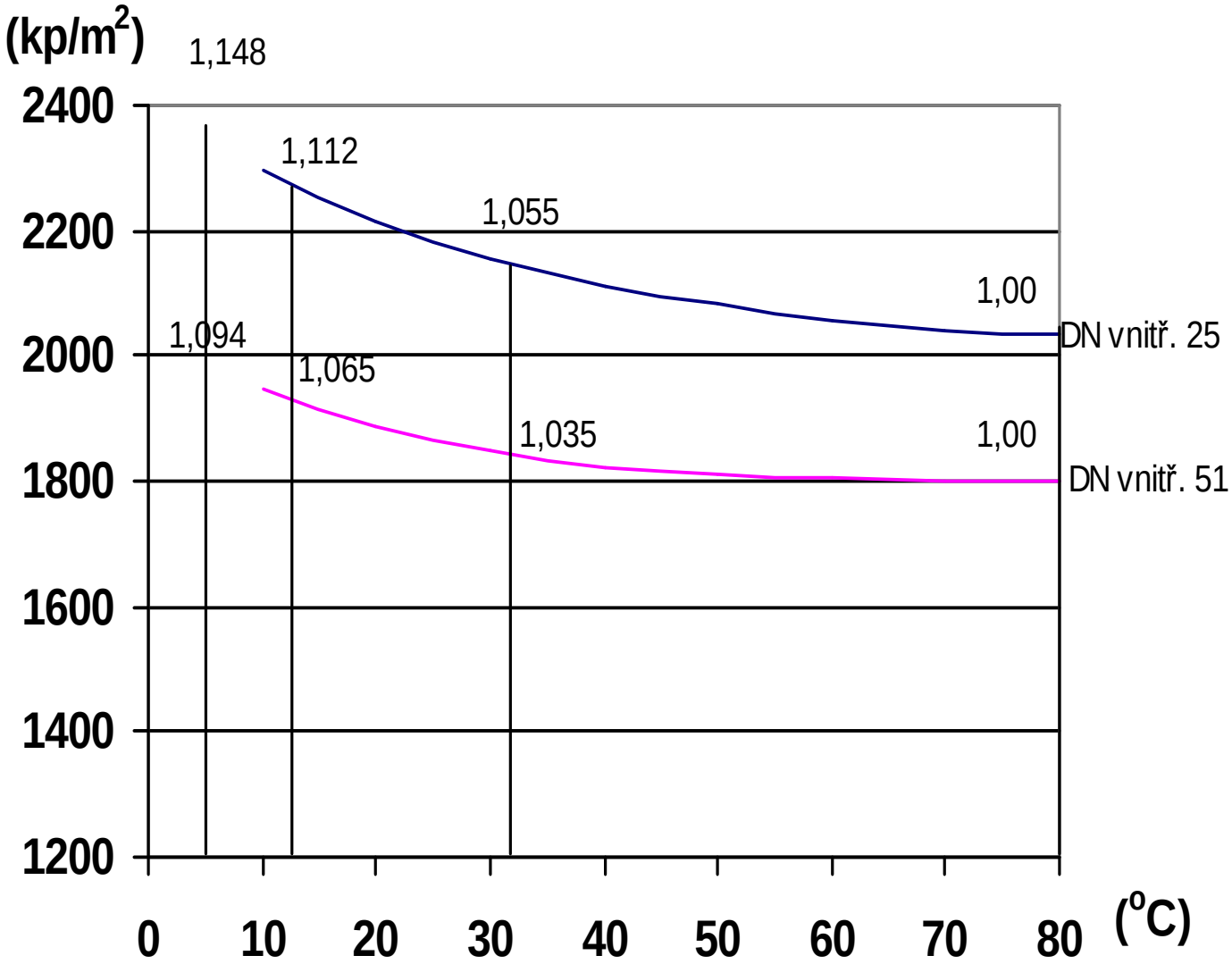
návratnost 1 - 3 roky (absorp. pl. 400 m^2)

rozhodnutí: a) volit nízké investiční náklady

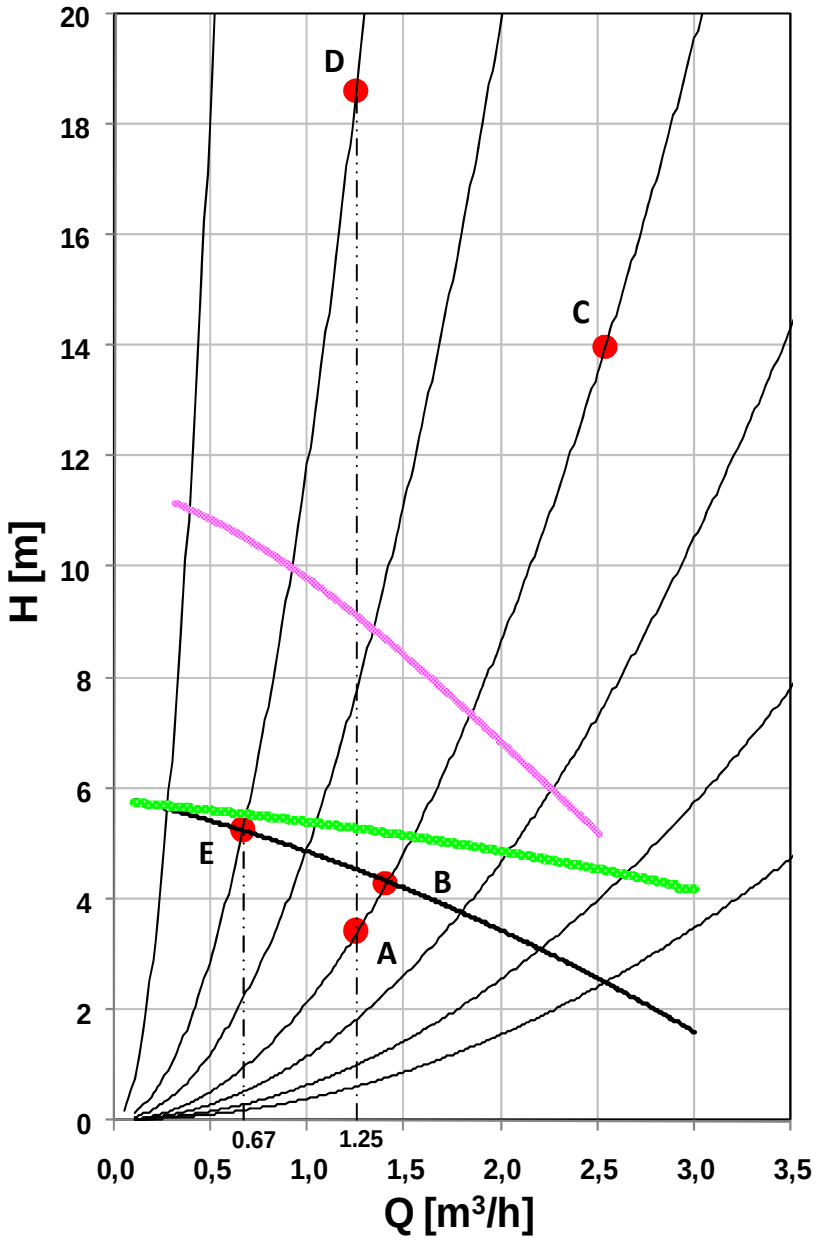
b) optimalizovat roční solární zisk


Δp
[kPa]
Porovnání tlak. ztrát
síť 100 m délky, ξ = 30
27
25
23
21
19
17
15
13
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
teplota media
35 %
24 %
15 %
23 %
18 %
11 %
DN 25 - Solaren
v = 0,5 m/s
DN 25 - voda
v = 0,5 m/s
DN 50 - Solaren
v = 0,6 m/s
DN 50 - voda
v = 0,6 m/s

Průběh tlakových ztrát při různé teplotě čisté vody



Q-H charakteristika sítě



Velkoplošné soustavy v Dánsku

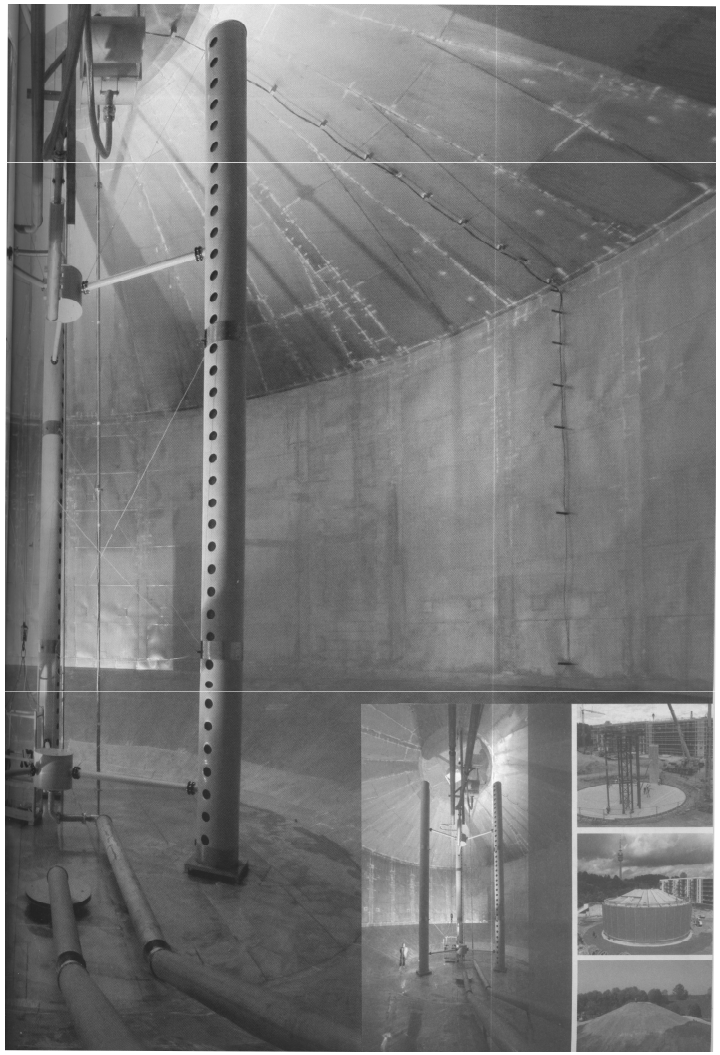
Ackermannbogen

Mnichov

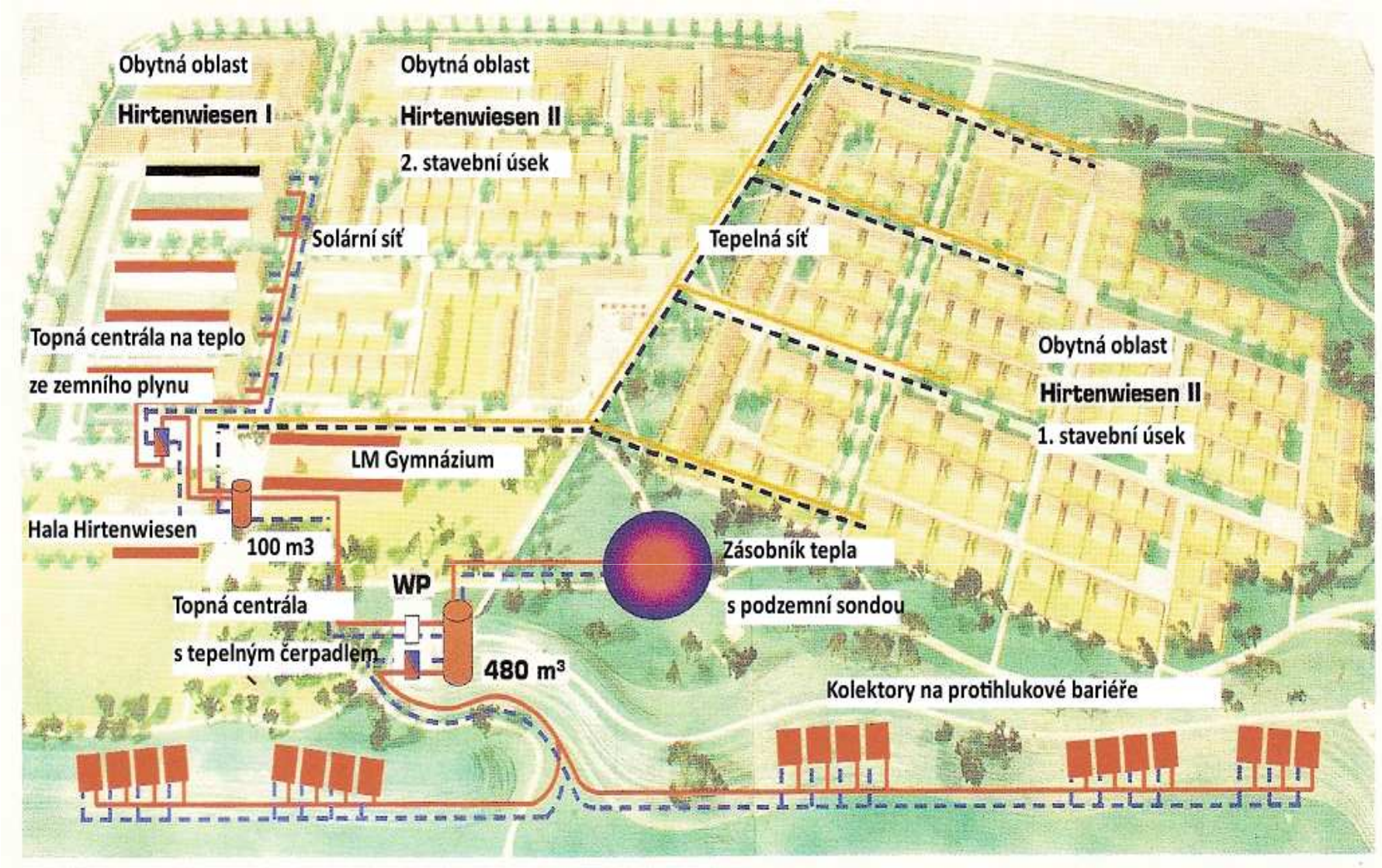
Kurz Solární tepelné soustavy

Třeboň 2011

Stratifikační zařízení sezónního zásobníku tepla Ackermannbogen



Solární soustava Crailsheim



Kurz Solární tepelné soustavy

Třeboň 2011

Velkoplošné solární soustavy v Německu
Pilotní projekty

	Mnichov - Ackermannbogen	Crailsheim
realizace	2007	2007
odběr tepla	300 b.j. - vícebytové domy	260 b.j. rodinné domy, dvojdomky řad. domy, škola, sport. hala
plocha kolektorů	2877 m^2 ploché	7300 m^2 - ploché
objem zásobníku	5700 m^3 vodní obsah	480+100 m^3 vodní 37 500 m^3 zemní sondy
celk. spotř.tepla	2300 MWh/r	4100 MWh/r
solární krytí	47%	50%
invest. náklady celk. mil EUR	2,9	4,5
cena solár. tepla cent/kWh	24	19
absorpční tepelné čerpadlo	1,4 MW	/

Děkuji za pozornost

Petr Kramoliš, Projekce OZE, Slavíkova 6143,708 00 Ostrava – Poruba

ENKI, o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01, www.enki.cz

Třeboňské Inovační Centrum

Skleněné rastry pro architekturu a stavebnictví

Vladimír Jirka- TIC

Třeboňské Inovační Centrum

Zakladatelé a provozovatelé :

ENVI,s.r.o., ENKI, o.p.s.

Nejvýznamnější partneři:

ČVUT, ÚFB JČU, UEK AV ČR

OPTICKÝ RASTR

- **Jakákoliv periodicky se opakující struktura, ovlivňující zářivý tok.**

- **Optickým rastrem je pro naše účely míněn lineární opakující se geometrický vzor, nanesený za tepla na skleněnou tabuli metodou kontinuálního lití. Technologie kontinuálního lití byla zvolena z důvodů vysoké produktivity a z toho vyplývající rozumné ceny.**

ZÁKLADNÍ VLASTNOST RASTRŮ

Odděluje přímé sluneční záření od rozptýleného slunečního záření

- **Přímé rovnoběžné paprsky slunečního záření se chovají podle zákonů optiky (lom, odraz, totální odraz)**
- **Rozptýlené sluneční záření prostupuje rastrem homogenně bez podstatných změn**

OPTICKÉ RASTRY VYRÁBĚNÉ METODOU KONTINUÁLNÍHO LITÍ ZE SKLA

Aktivní rastry

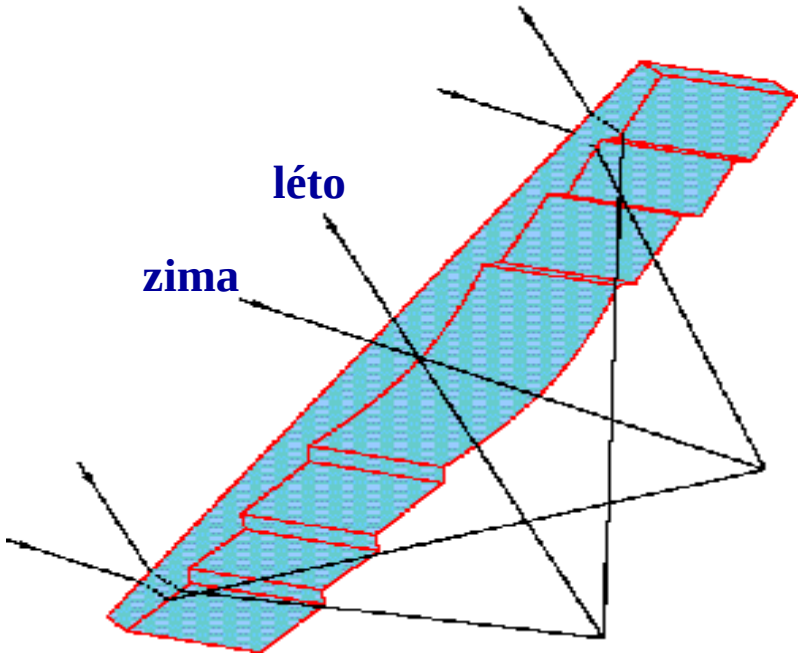
- lineární čočky, které pro svou funkci potřebují ještě jiné technické prvky a jsou součástí solárního koncentračního kolektoru

- lineární rastrové Fresnelovy čočky jsou navrženy a vyráběny pro sedlové střechy a fasády a jsou tedy korigovány pro kolmý i šikmý dopad slunečního záření

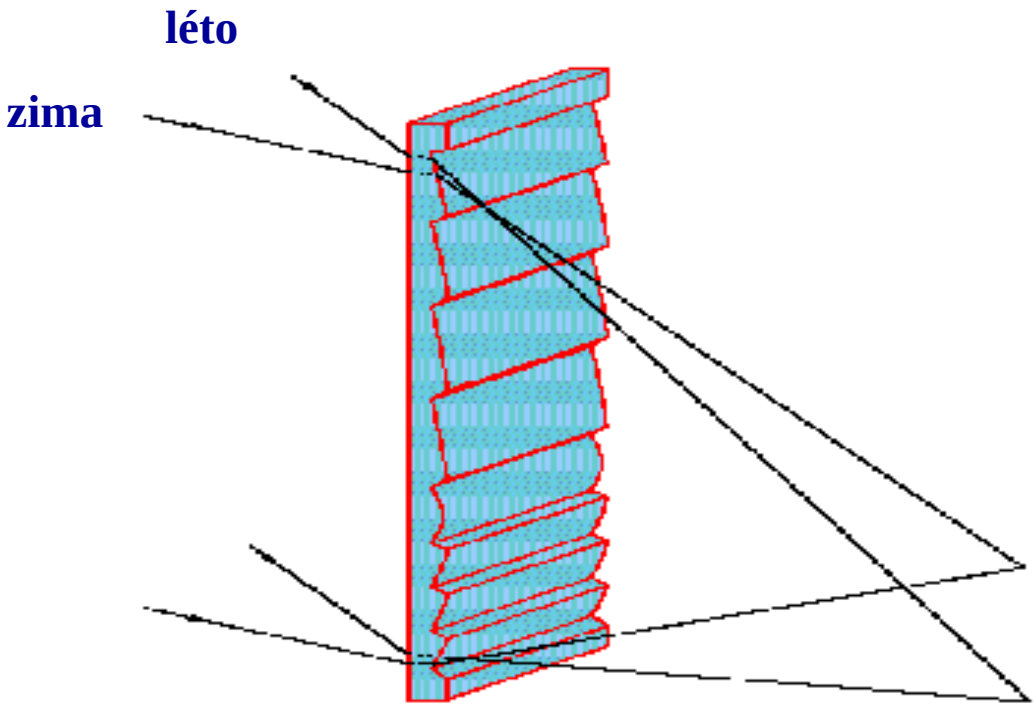
Pasivní rastry

- fungují bez použití další technologií
- RAYWALL 45 (odrazný rastr pro kolmý dopad slunečního záření)
- RAYWALL 90 (odrazný rastr pro šikmý dopad slunečního záření)

AKTIVNÍ RASTRY
ČOČKA PRO KOLMÝ DOPAD SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ



AKTIVNÍ RASTRY
ČOČKA PRO ŠIKMÝ DOPAD SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

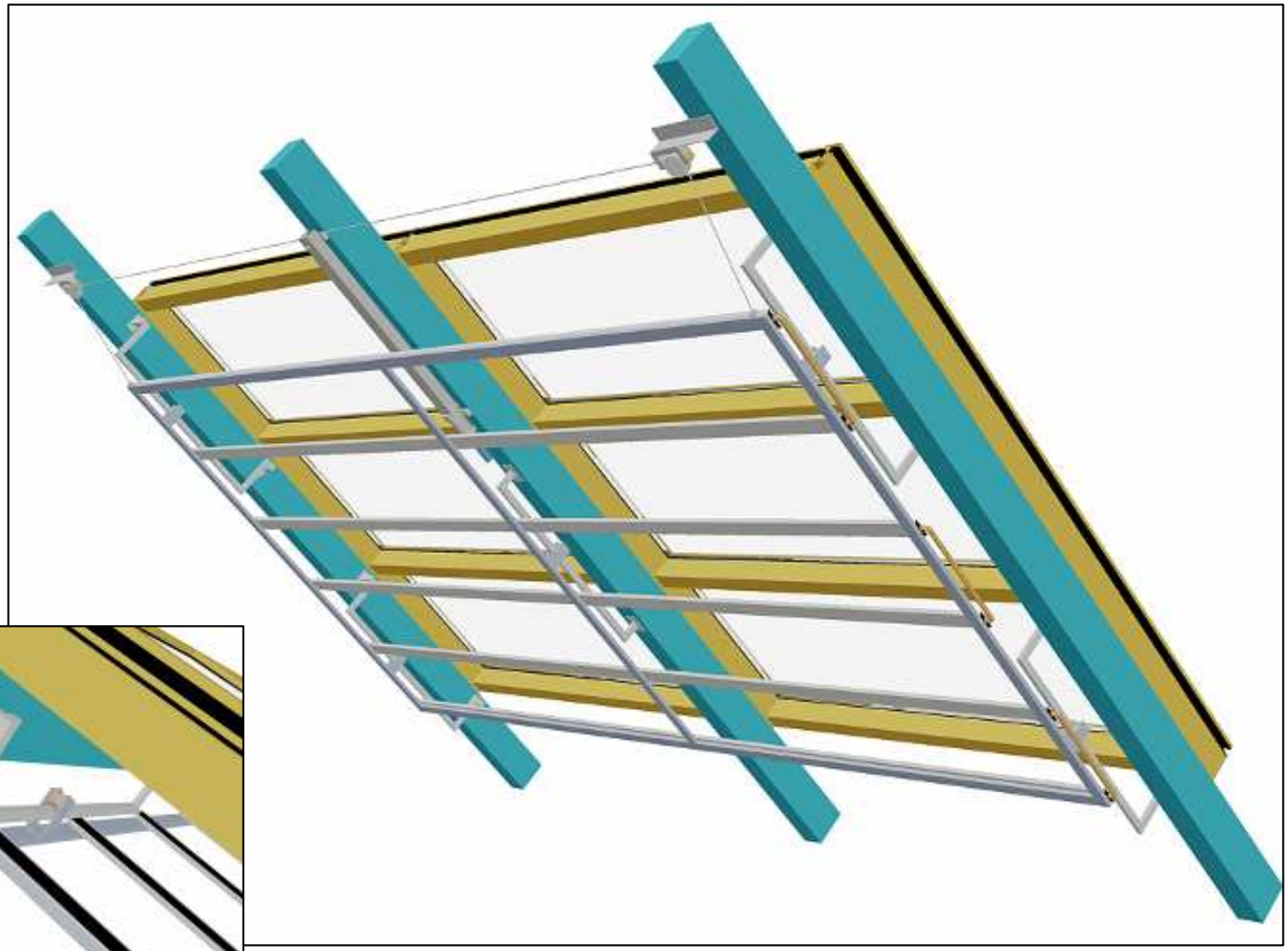


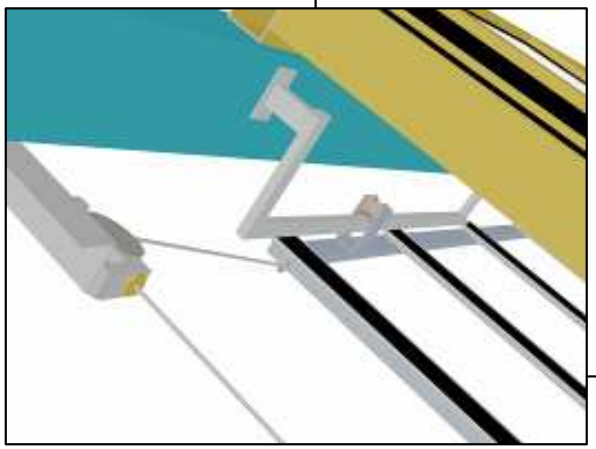
UKÁZKA KONCENTRACE SLUNEČNÍCH PAPRSKŮ LINEÁRNÍ FRESNELOVOU ČOČKOU

Kolmý dopad

Šikmý dopad

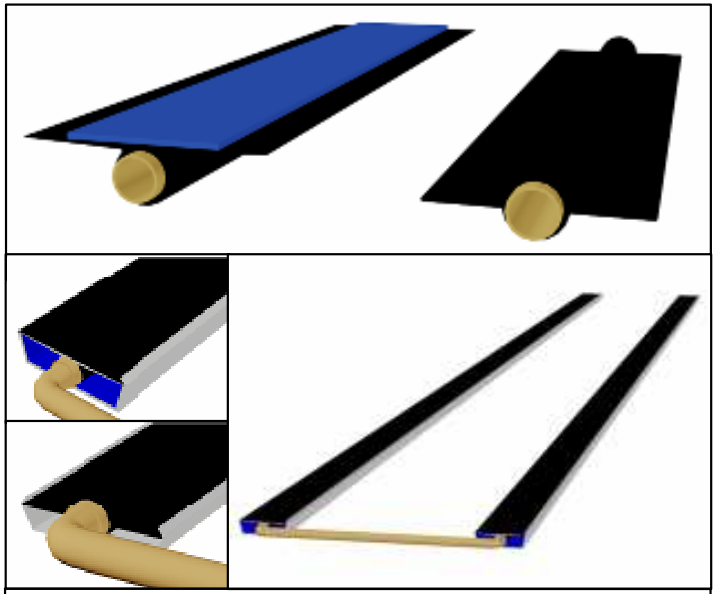
CELKOVÝ POHLED NA KOLEKTOR TYPU SOLARGLAS





ZÁKLADNÍ SOUČÁSTI KOLEKTORU TYPU SOLARGLAS

Čočka v zasklívacím rámu



Absorbéry slunečního záření

Prvky zabezpečující pohyb absorbéru

KOLEKTORY TYPU SOLARGLAS

KOLEKTORY TYPU SOLARGLAS

KOLEKTORY TYPU SOLARGLAS

ZÁKLADNÍ FUNKCE:

- **osvětlovací – osvětlení převážně difusním zářením**
- **klimatizační, pasivní – energie přímého záření odvedena ve formě ohřáté teplonosné látky**
- **kolektoru – ohřev teplonosné látky**

HISTORIE VÝROBY

PRVNÍ KOLEKTORY

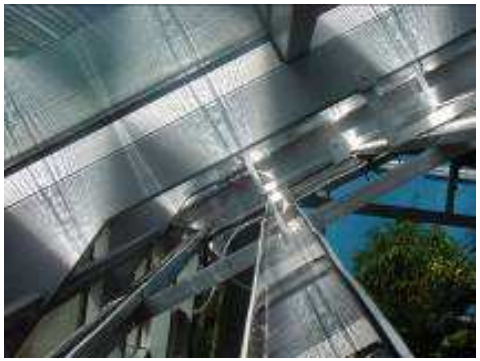
PĚSTEBNÍ SKLENÍK

EXPERIMENTÁLNÍ SKLENÍK S VYSOKÝM VYUŽITÍM SOLÁRNÍCH ZISKŮ SE SKLENĚNÝMI OPTICKÝMI RASTRY

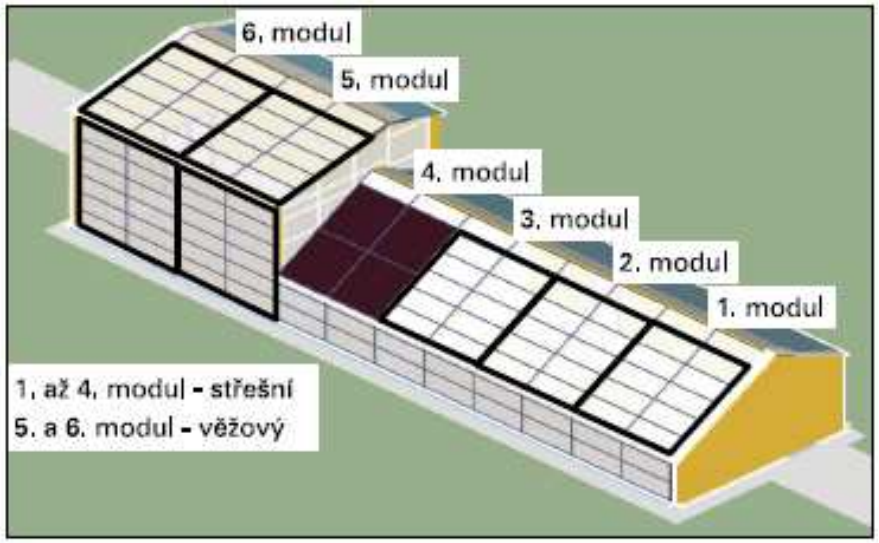
Slunečné technologie:

Fasádní odrazný rastrový modul 15 m²
Střešní odrazný rastrový modul 15 m²
Fasádní koncentrační rastrový modul 15 m²
Střešní koncentrační rastrový modul 15 m²
Střešní koncentrační hybridní modul 15 m²
Energetický modul – heliostar 400v 16 m²

SOUČASNOST
Experimentální skleník



SOUČASNOST
Experimentální skleník



SOUČASTNOST
Experimentální skleník

SOUČASNOST
Experimentální skleník

SOUČASNOST
Experimentální skleník

Cíle experimentu:

•Vyprojektovat a postavit skleník s minimální dotací externí energie, který v sobě zahrnuje všechny systémy doposud vyvinutých optických rastrů

•Využít pro projekci a dimenzování simulační prostředí TRNSYS

•Verifikovat simulační prostředí TRNSYS na monitorovaném objektu modulárního nízkoenergetického skleníku a jeho optimalizace

Metody dosažení:

• Vytvoření matematických modelů a jejich odladění v TRNSYSu

• Matematické simulace s TRY i reálnými meteorologickými daty

• Monitoring budovy jako celku i jednotlivých systémů

• Porovnání naměřených a nasimulovaných hhodnot

PROČ TO VŠECHNO?

- **Pro posouzení chování budovy se skleněnými rastry a jejích jednotlivých systémů a prvků pro přesné dimenzování absorpční plochy, akumulačního objemu, větracích a topných systémů …**
- **Pro využití modulárního skleníku jako standardu skleníku pro zemědělský trh**
- **Pro ukázání jiných možností koncipování nízkoenergetických staveb s minimální dotací externí energie.**

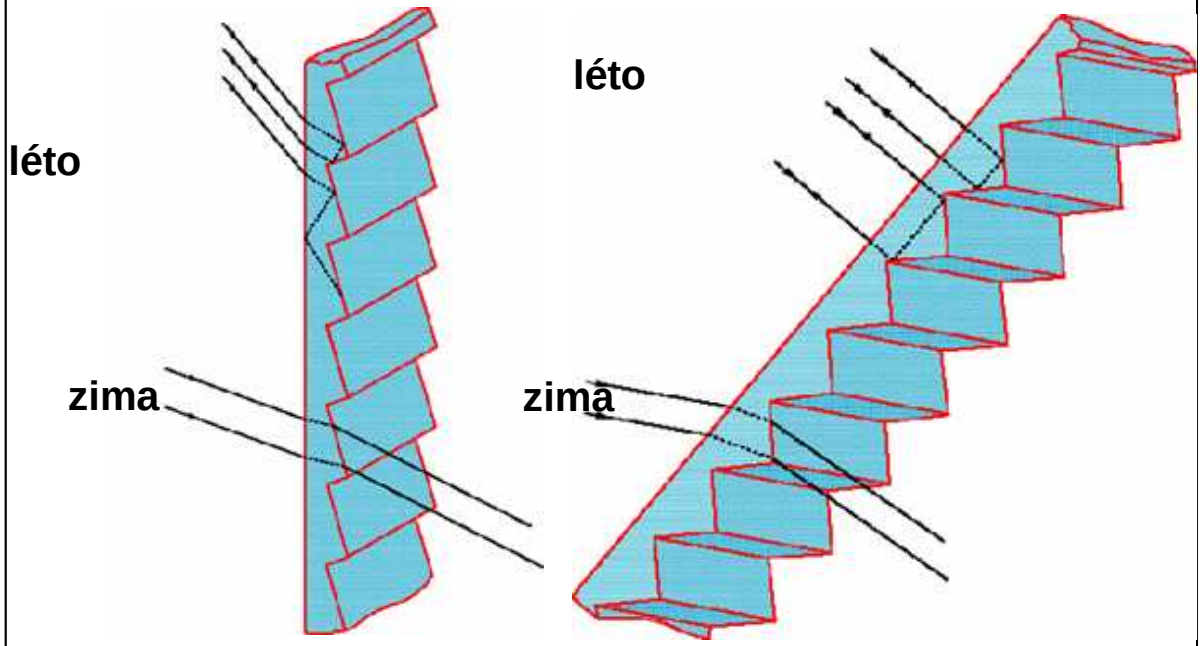
JIŽNÍ FASÁDA A AKUMULAČNÍ ZDI

hlavním záměrem bylo:

- **využít severní zeď (východní a západní) jako akumulátor energie**
- **použít a vyzkoušet jednotlivé typy rastrů k zachycení nebo odražení slunečního záření**
- **Využít vzduchotechnického způsobu vytápění**

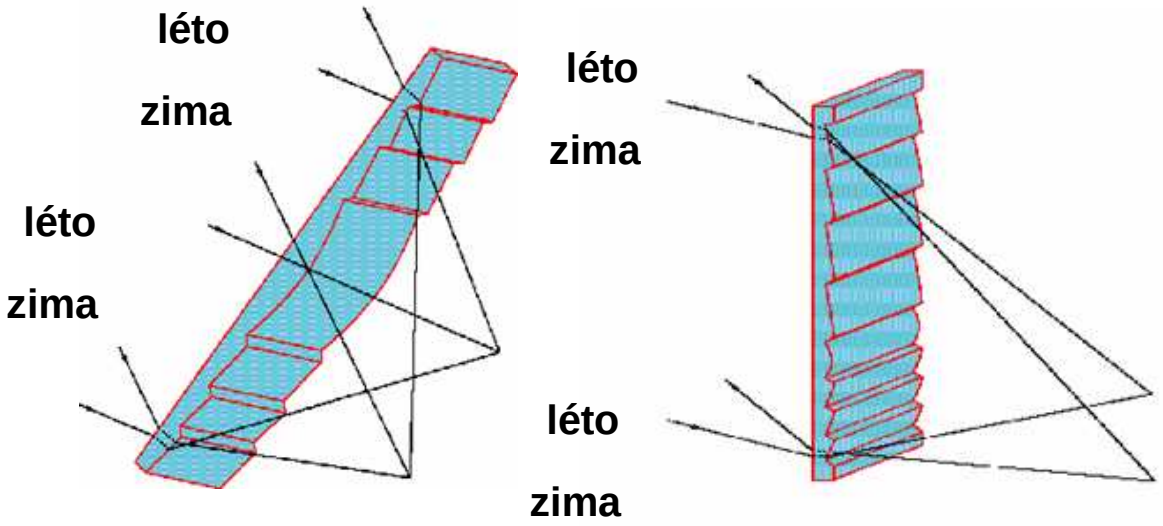
JAK TO VŠE PRACUJE - PASIVNÍ MODUL

- pasivní fasádní a střešní modul s odrazným rastrem



JAK TO VŠE PRACUJE - AKTIVNÍ MODUL

- **Fasádní a střešní modul s lineární Frenelovou čočkou (LFČ)**

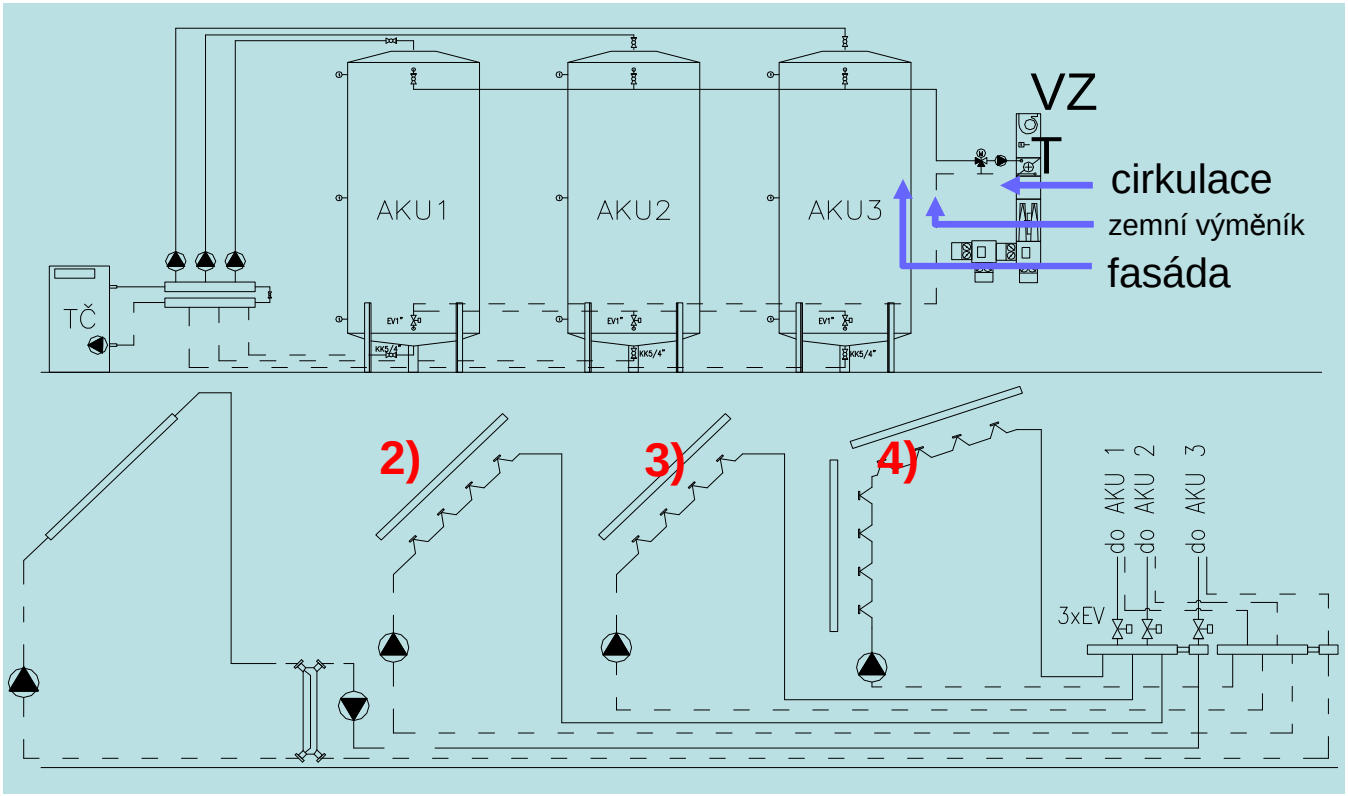


A JAK TO PRACUJE DOOPRAVDY?

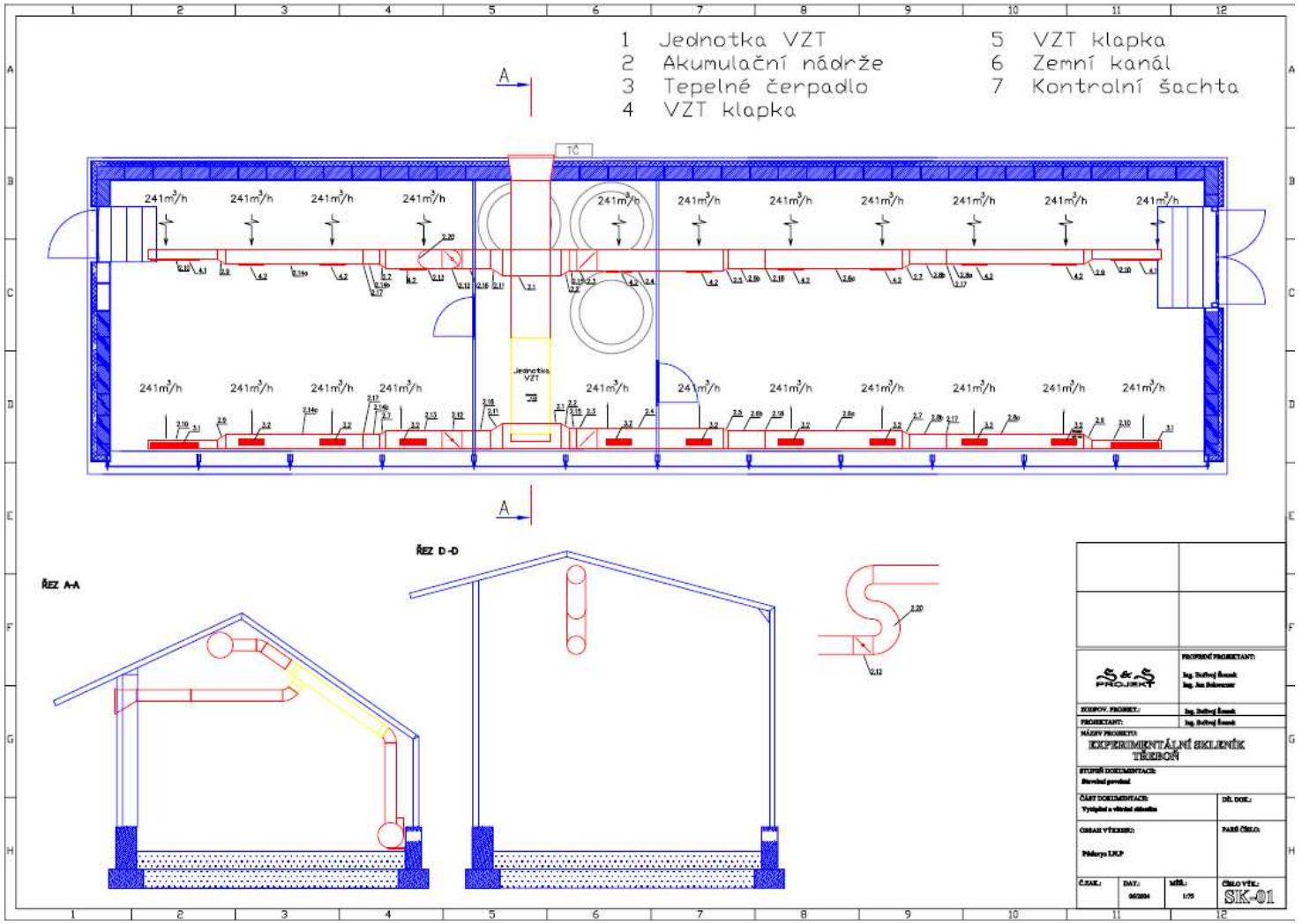
A JAK TO PRACUJE DOOPRAVDY?

VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE – ZDROJE ENERGIE

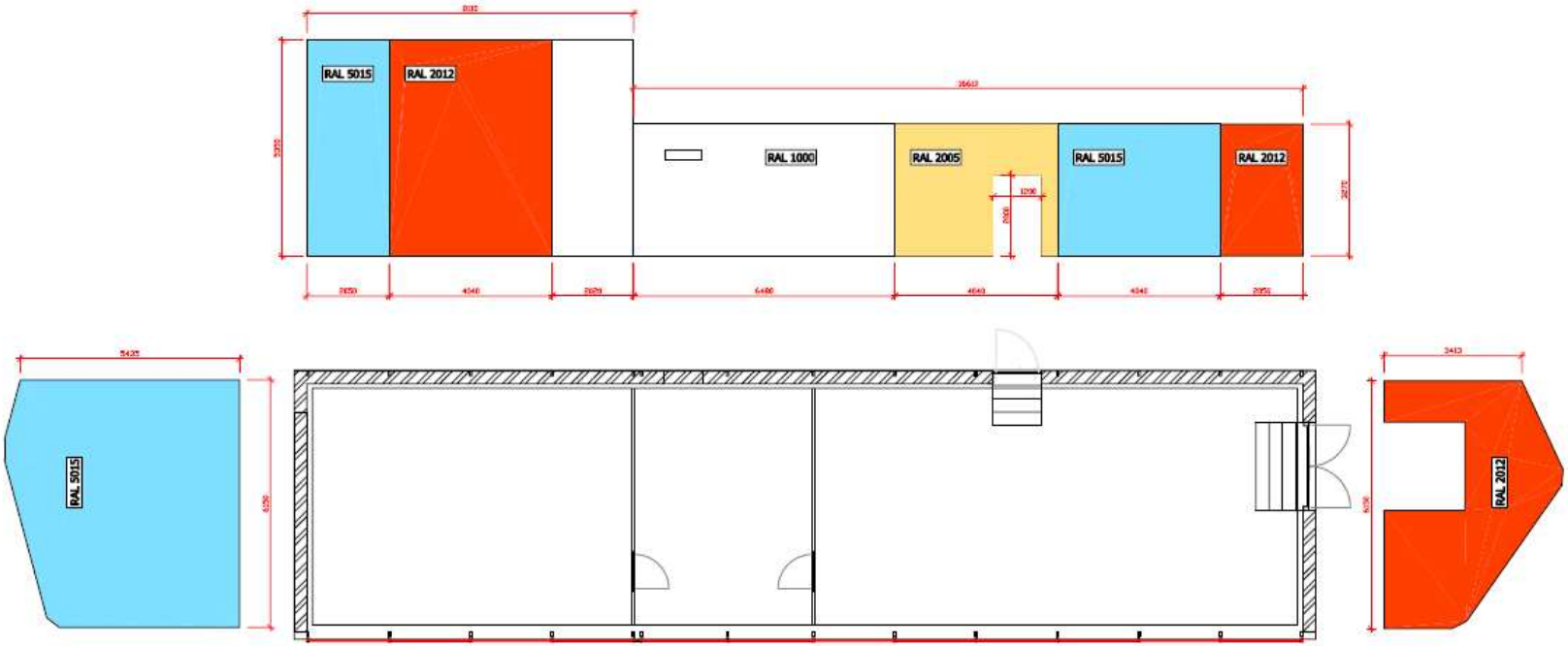
1) Vakuové kolektory
2) LFČ střešní s fototermálními absorbéry absorbéry
3) LFČ střešní s hybridními PV/fototermálními absorbéry
4) LFČ fasádní (věžový modul) s fototermálními



VZT systém vytápění a chlazení



Nejen (chytrá) budova, nejen (chytrý) systém, ale organické spojení s interiérem a jeho využitím

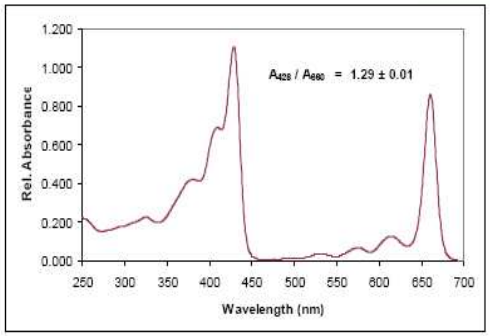


Proč tak barevný skleník?

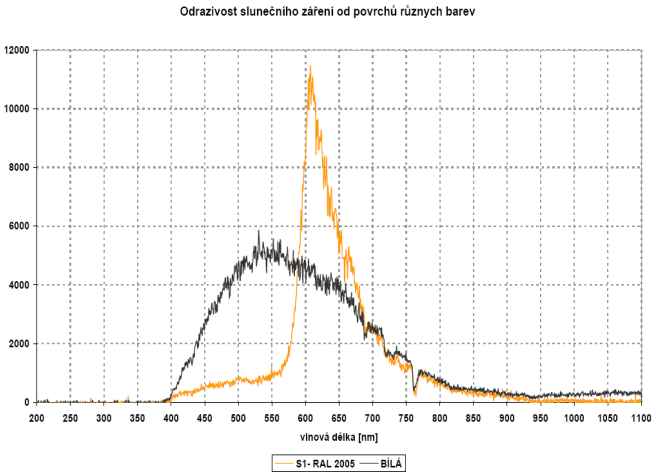
Chlorophyll a

http://www.planta.at

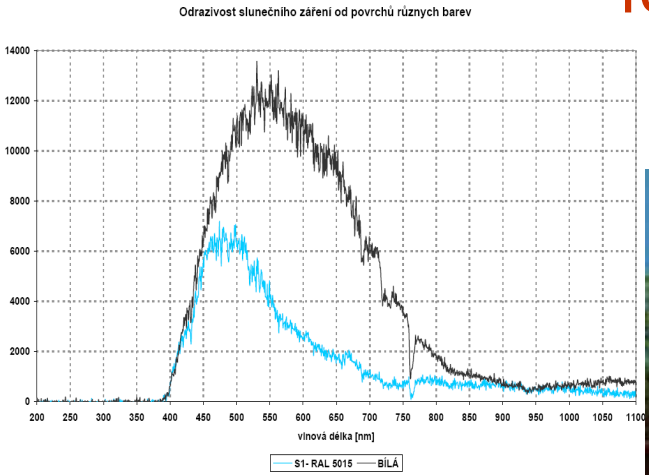
2 UV / VIS Spectrum

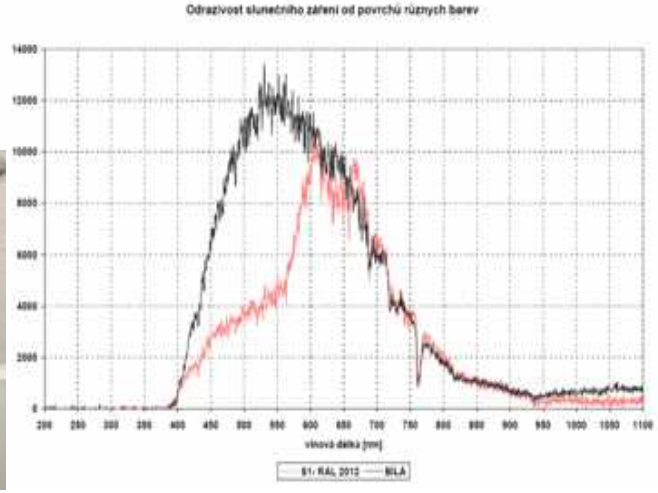


Typical UV / VIS Spectum of chlorophyll a in dry diethyl ether on a Shimadzu Spectrophotometer UV 3101.

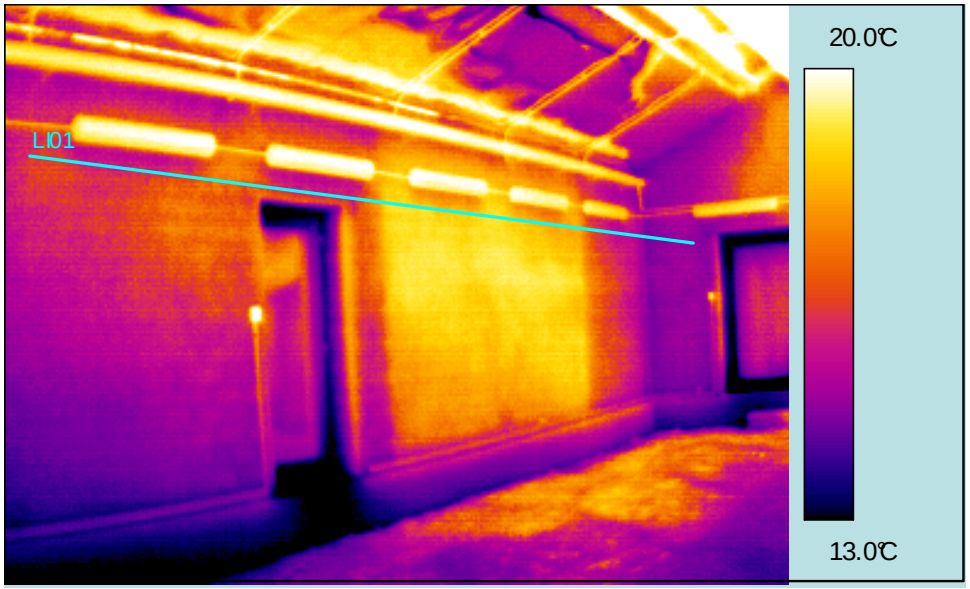


fotosyntéza a rostliny

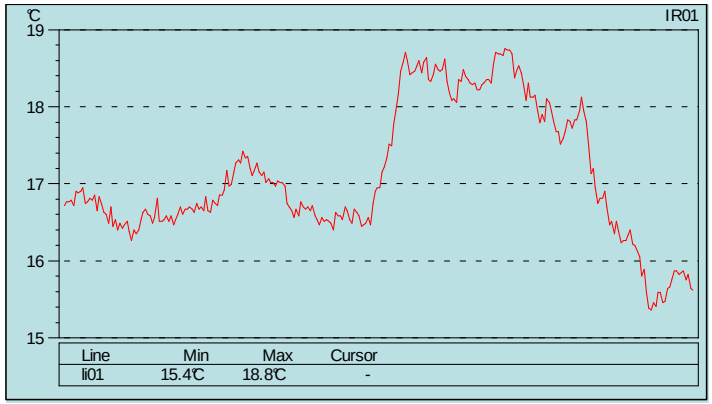




AKUMULAČNÍ STĚNY

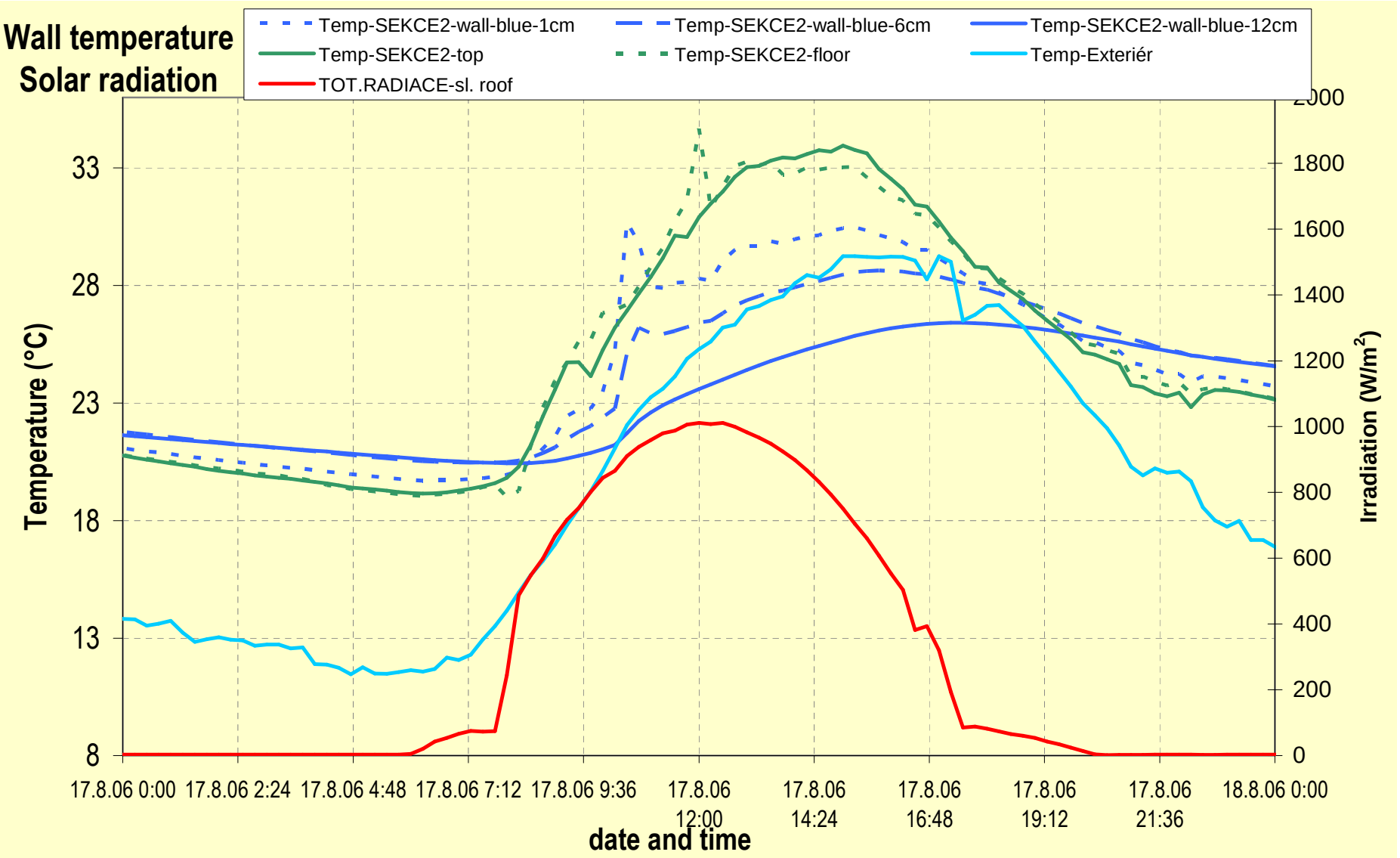


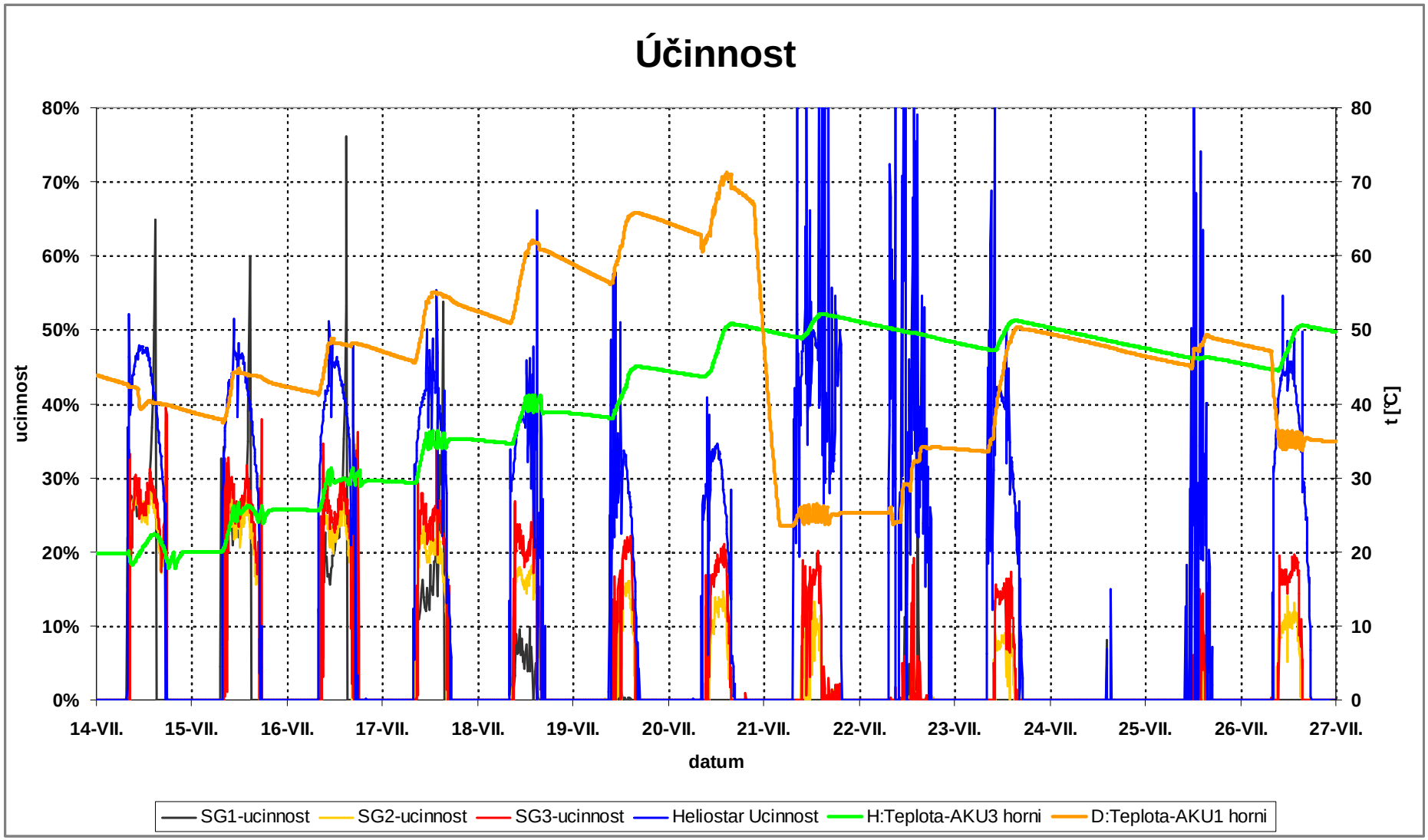
Viditelné spektrum, IR obrázek a teplotní profily vnitřních povrchů s různým barevným řešením (zimní období t_e = -10 ℃)

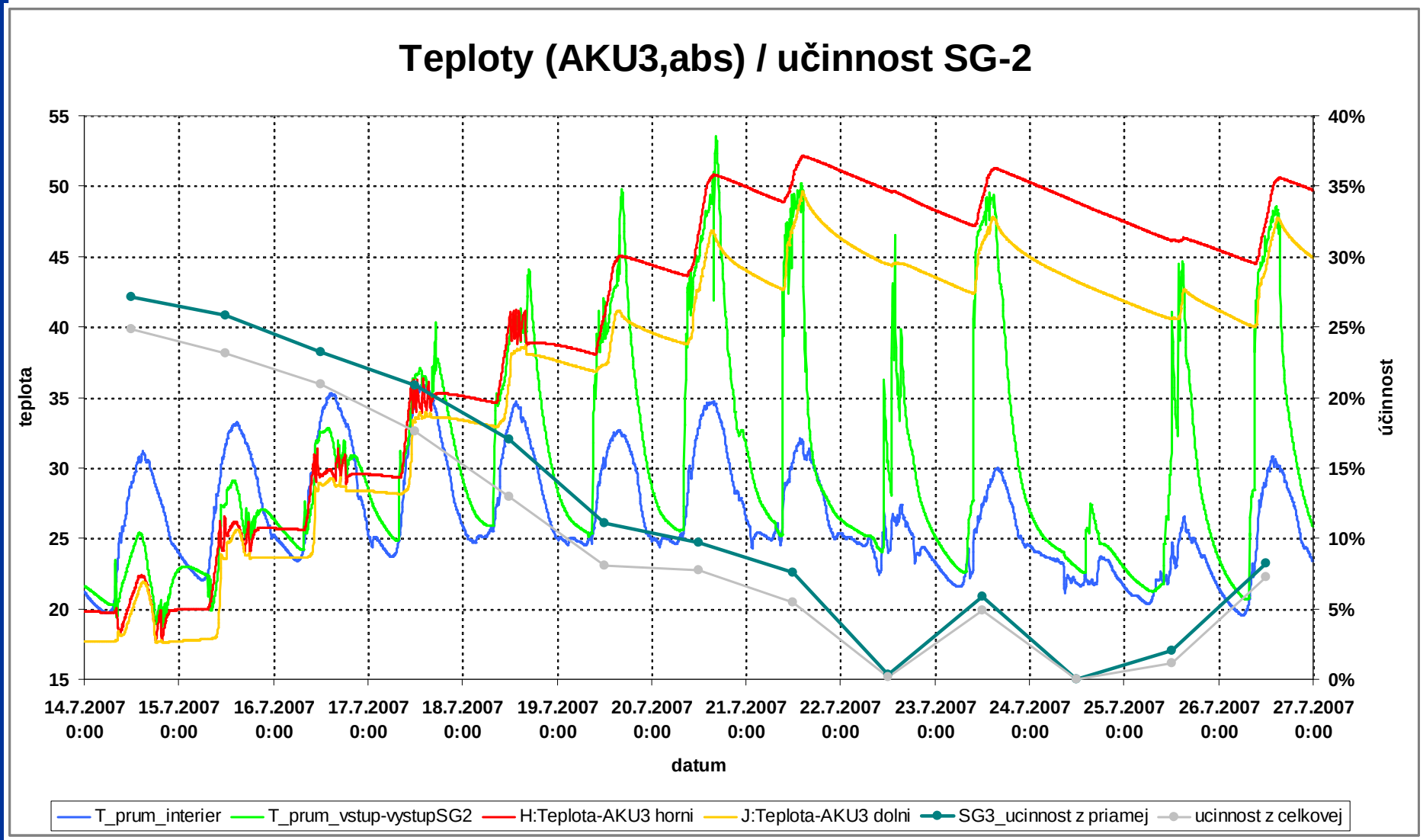


ENKI, o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01, www.enki.cz

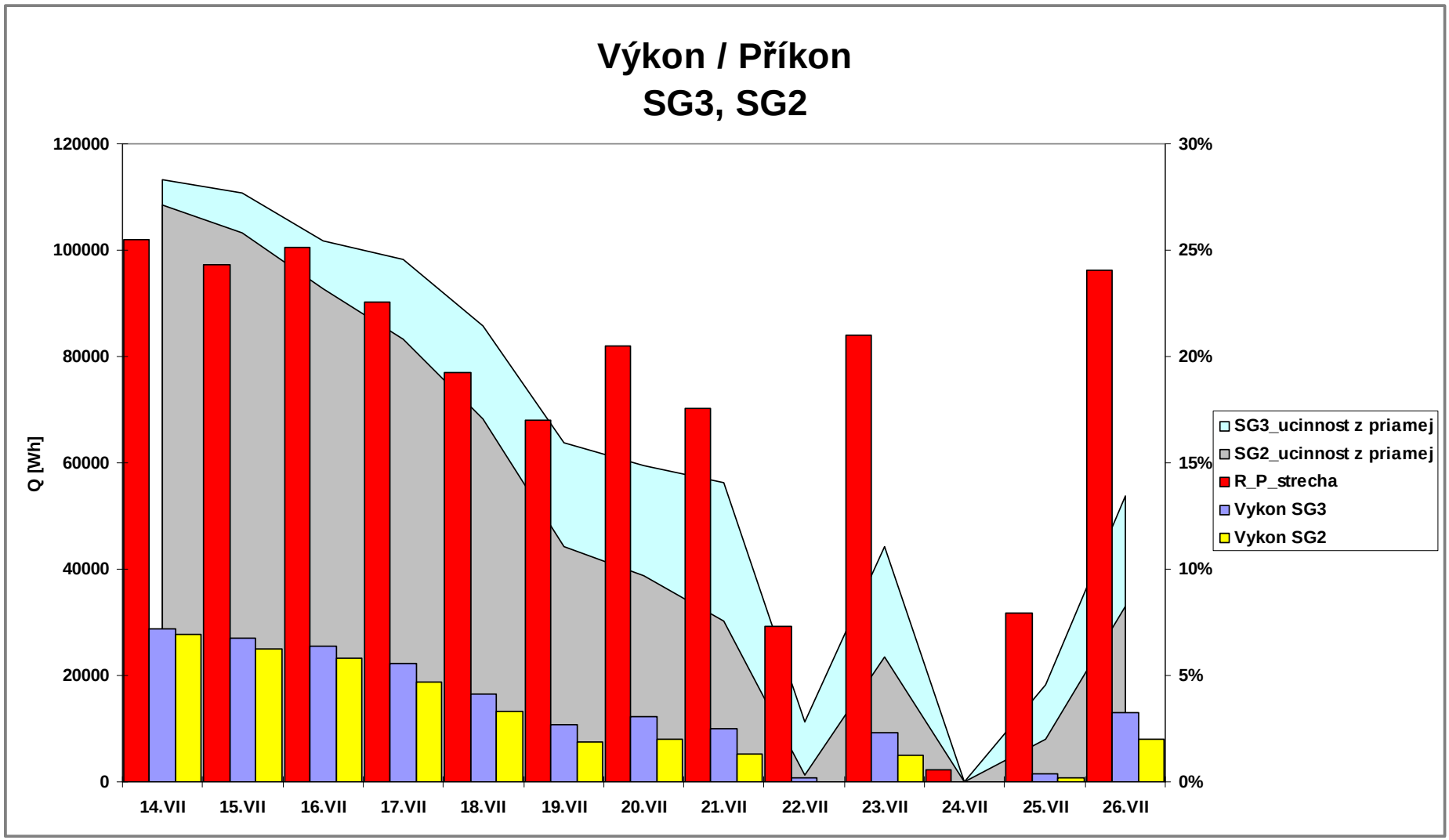
AKUMULAČNÍ STĚNY
PRŮBĚHY TEPLOT DEN/NOC




Účinnost
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
ucinnost
80
70
60
50
40
30
20
10
0
t [°C]
14-VII.
15-VII.
16-VII.
17-VII.
18-VII.
19-VII.
20-VII.
21-VII.
22-VII.
23-VII.
24-VII.
25-VII.
26-VII.
27-VII.
datum
SG1-ucinnost
SG2-ucinnost
SG3-ucinnost
Heliostar Ucinnost
H:Teplota-AKU3 horni
D:Teplota-AKU1 horni


Teploty (AKU3,abs) / učinnost SG-2
teplota
55
50
45
40
35
30
25
20
15
účinnost
40%
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
14.7.2007 0:00
15.7.2007 0:00
16.7.2007 0:00
17.7.2007 0:00
18.7.2007 0:00
19.7.2007 0:00
20.7.2007 0:00
21.7.2007 0:00
22.7.2007 0:00
23.7.2007 0:00
24.7.2007 0:00
25.7.2007 0:00
26.7.2007 0:00
27.7.2007 0:00
datum
T_prum_interier
T_prum_vstup-vystupSG2
H:Teplota-AKU3 horni
J:Teplota-AKU3 dolni
SG3_ucinnost z priamej
ucinnost z celkovej

PŘÍKON, VÝKON, ÚČINNOSTI



FOTOVOLTAIKA VE SKLENÍKU

ENKI, o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01, www.enki.cz

FOTOVOLTAIKA VE SKLENÍKU

VÝSLEDKY VE ZKUŠEBNÍM PROVOZU

- přijatelná vnitřní teplota při extrémních venkovních podmínkách a slunečním ozáření jižní fasády
- minimální kolísání teplot den/noc s možností nočního přitápění (využití akumulované sluneční energie v zásobnících)
- minimální vystavení rostlin přímé radiaci (převažje pouze difúzní složka)

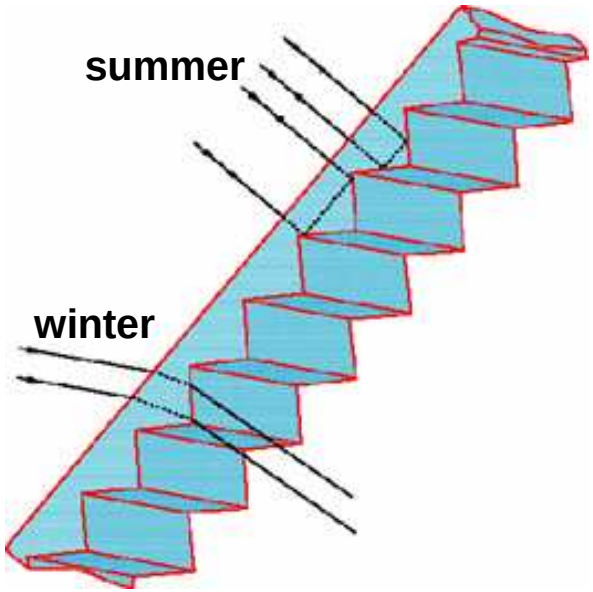
SOUČASTNOST

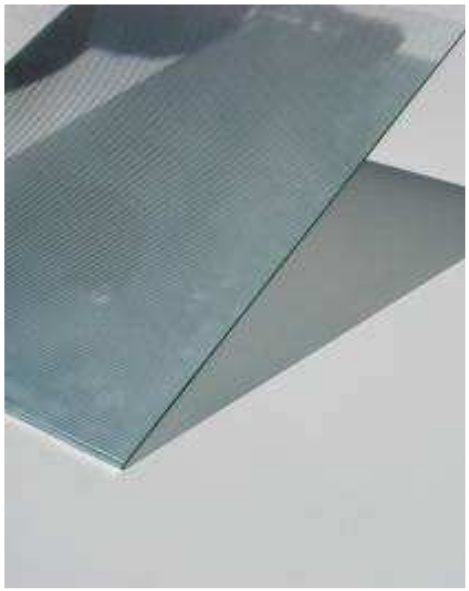
SOUČASTNOST

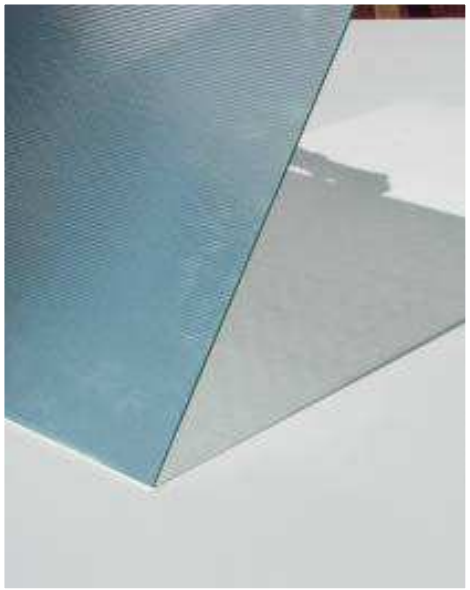
SOUČASTNOST

SOUČASTNOST

PASIVNÍ ODRAZNÉ RASTRY
střešní

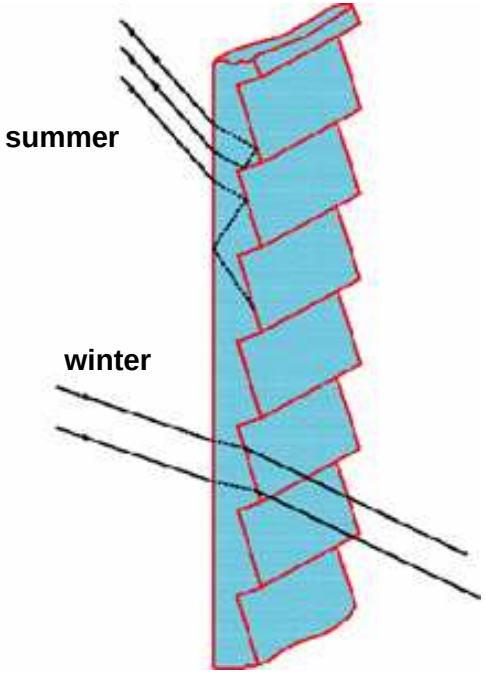




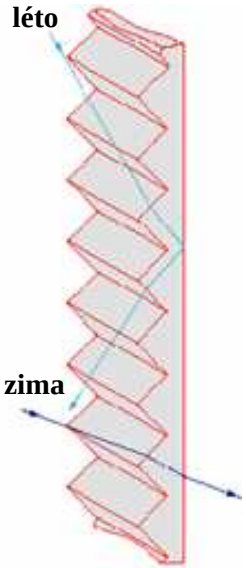


RAYWALL 45

PASIVNÍ ODRAZNÉ RASTRY
fasádní



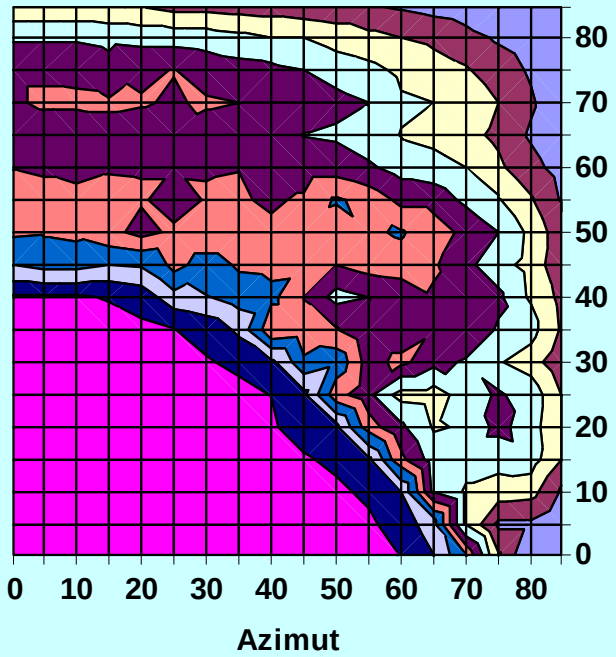
RAYWALL 90



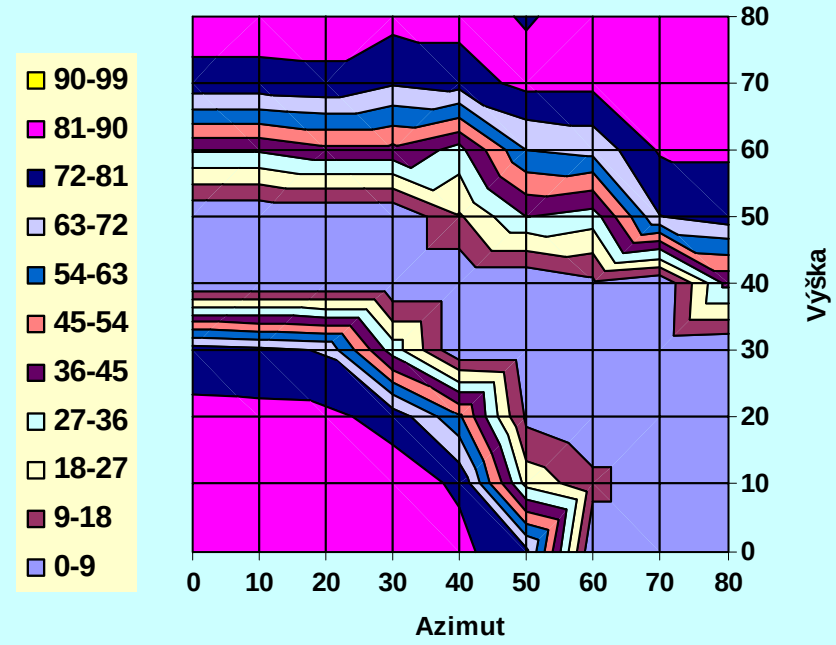
RAYWALL 45 (obráceně)

Propustnost slunečního záření

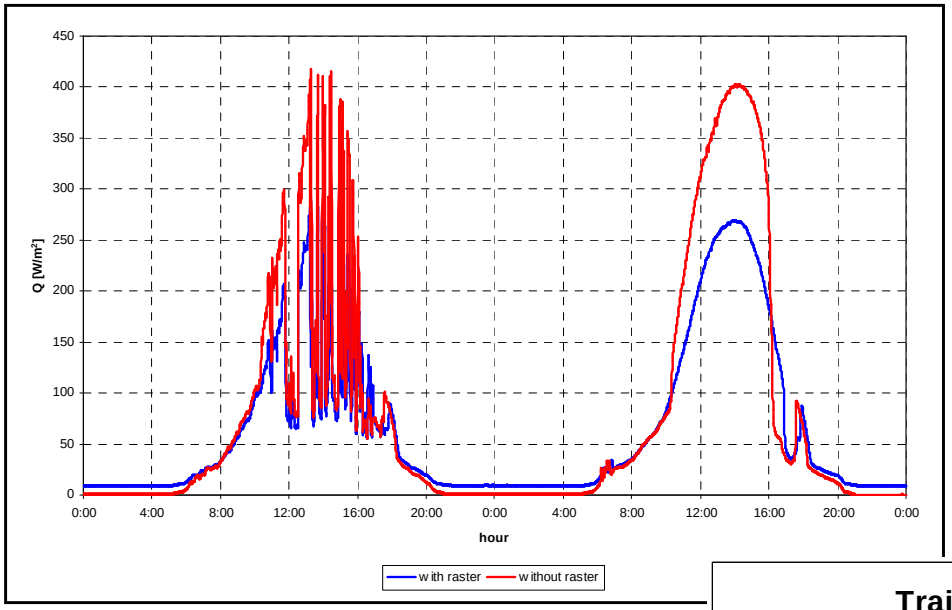
RAYWALL 90

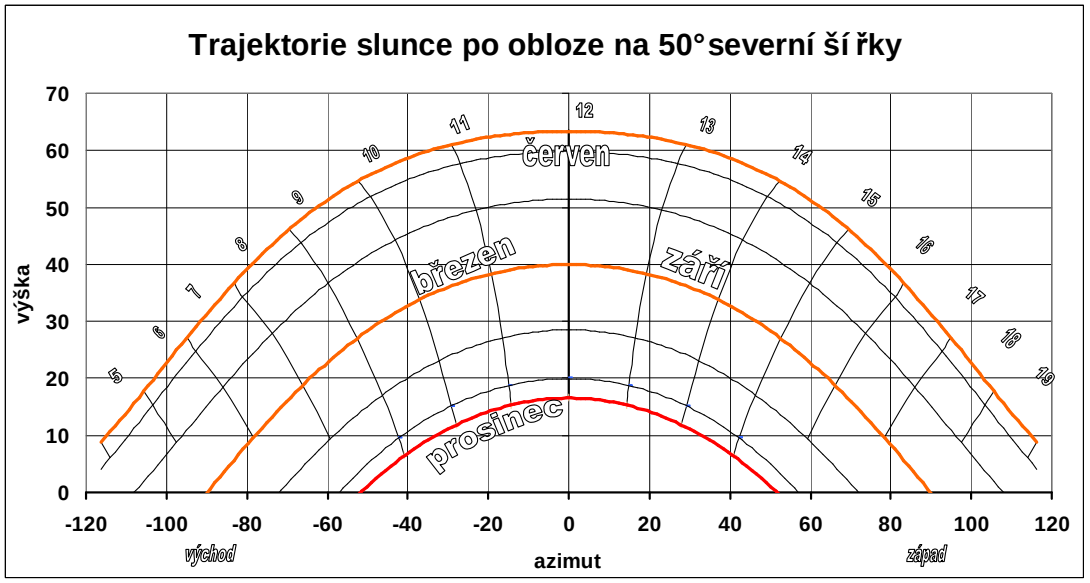


RAYWALL 45 (obráceně)



Porovnání propustnosti solární radiace přes raster a čiré sklo





MĚŘENÍ ENERGETICKÝCH CHARAKTERISTIK LINEÁRNÍCH RASTRŮ

Základní součásti simulátoru slunečního svitu:

kolimátor generující soustavu svazků rovnoběžných paprsků s maximální vzájemnou divergencí 0.53°, což odpovídá podmínkám, za nichž přichází záření ze slunce

Vidlicová altazimutální montáž umožňující libovolné nastavení úhlu mezi normálou plochy rastru a kolimátorem simulujícím sluneční záření

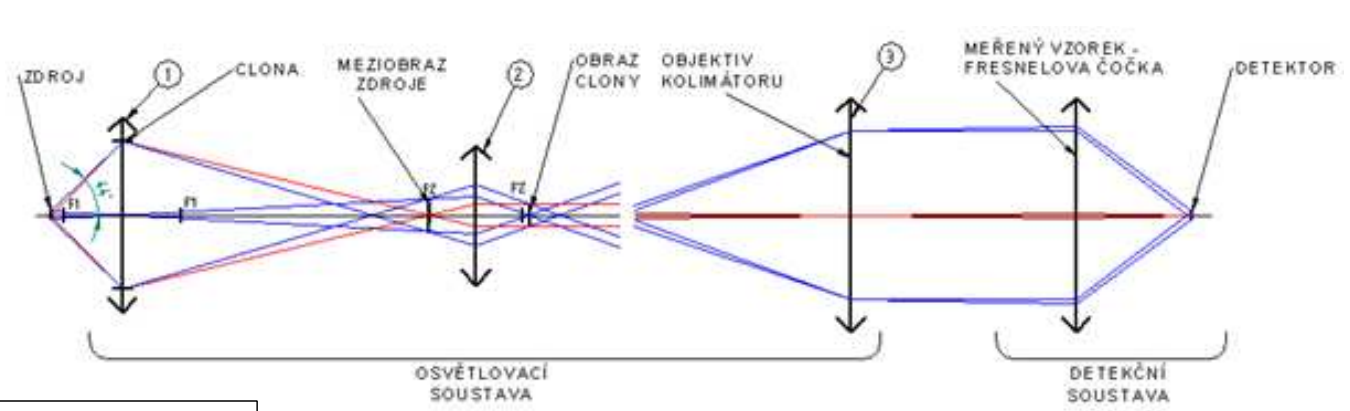
Detektor skenující intenzitu záření ve vhodné vzdálenosti za rastrem

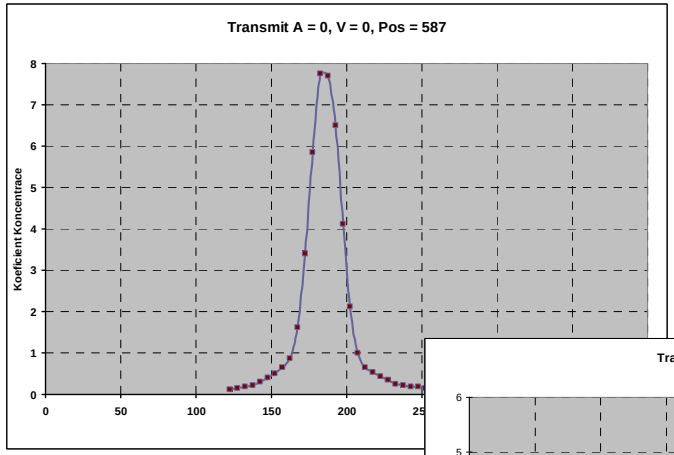
Řídicí a vyhodnocovací program

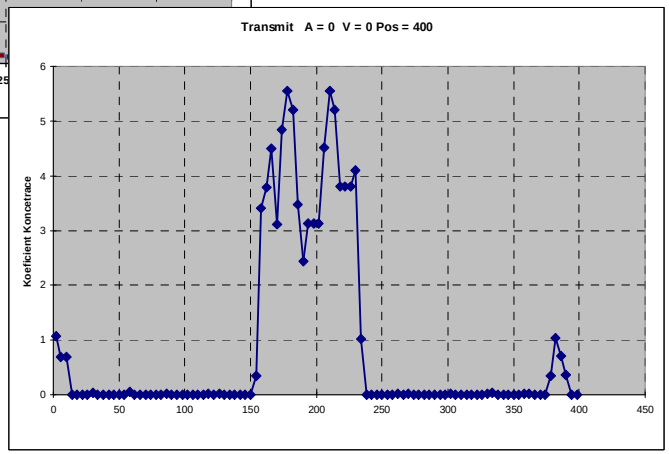
ENKI, o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01, www.enki.cz

MĚŘENÍ ENERGETICKÝCH CHARAKTERISTIK LINEÁRNÍCH RASTRŮ

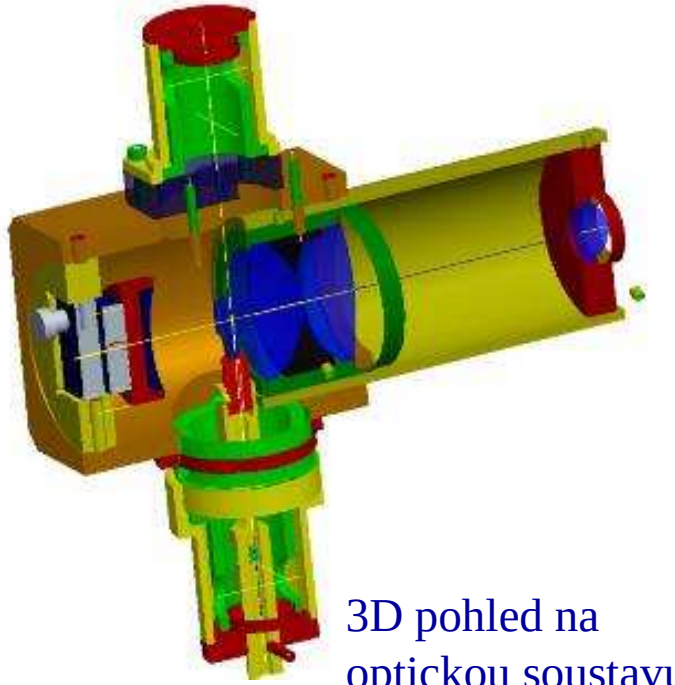
Optické schéma kolimátoru







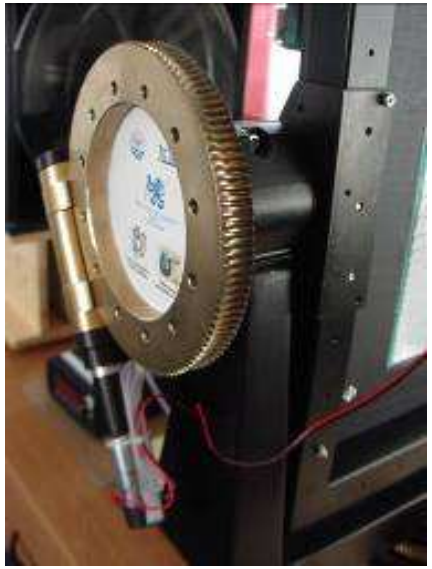
Výsledky měření



3D pohled na optickou soustavu

ENKI, o.p.s., Dukelská 145, Třeboň, 379 01, www.enki.cz

MĚŘENÍ ENERGETICKÝCH CHARAKTERISTIK LINEÁRNÍCH RASTRŮ

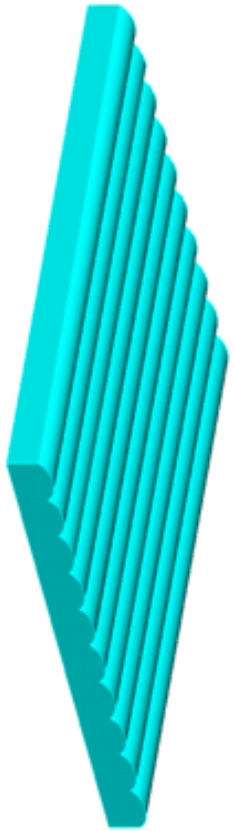


VÝPOČET ENERGETICKÝCH CHARAKTERISTIK LINEÁRNÍCH RASTRŮ

Přehled tvarů rastrů

Rovinné plochy

Čočky



Fresnelova čočka

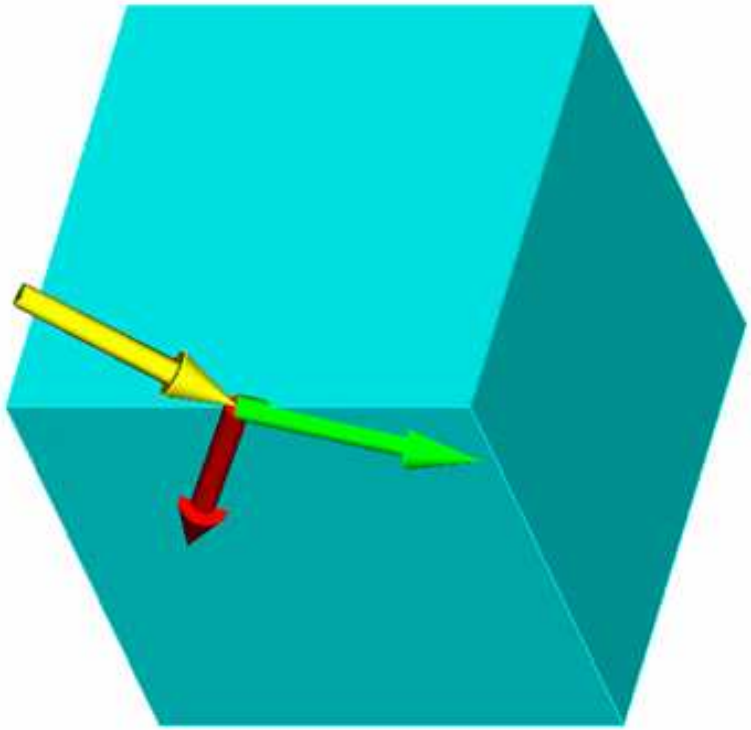
Paprsek na rozhraní

- Zákon odrazu

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

- Zákon lomu

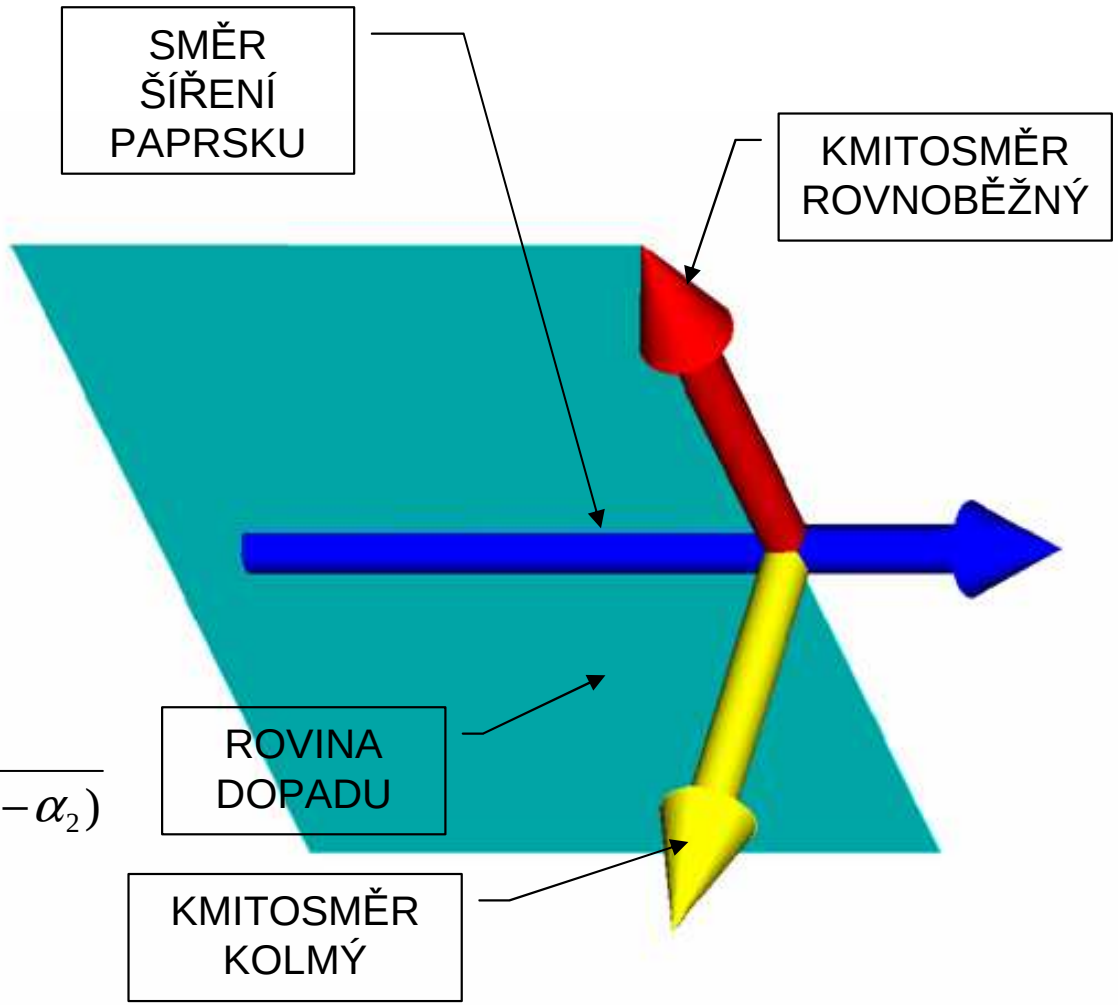
$$n_1 \cdot \sin\alpha_1 = n_2 \cdot \sin\alpha_2$$



Odrazivost a propustnost

- Odrazivost

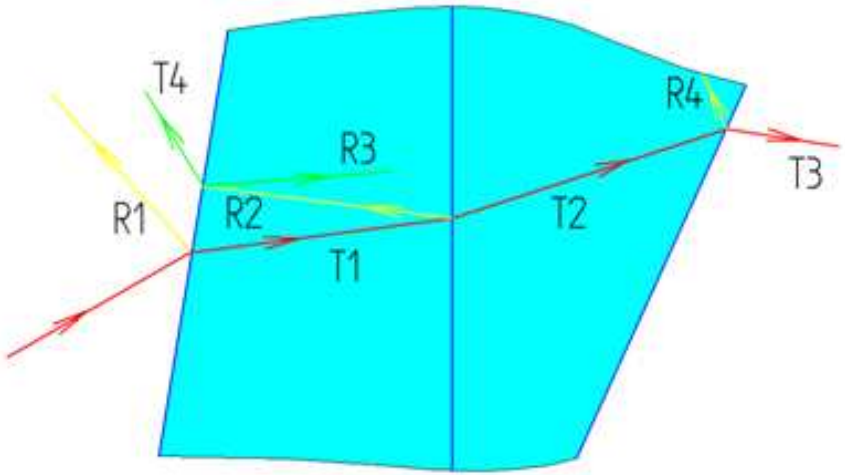
$$R_{ROVNOBEZNA} = \frac{tg^2(\alpha_1 - \alpha_2)}{tg^2(\alpha_1 + \alpha_2)}$$



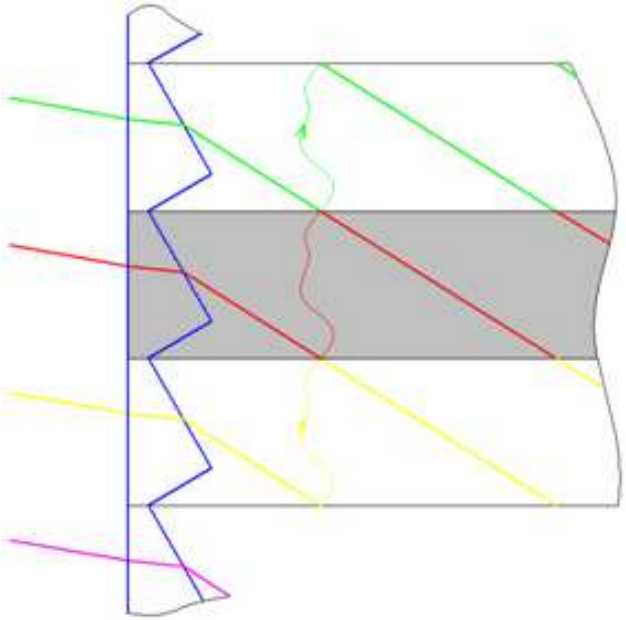
- Propustnost

$$T_{RONOBEZNA} = \frac{\sin 2\alpha_1 \cdot \sin 2\alpha_2}{\sin^2(\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \cos^2(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

Princip výpočtu



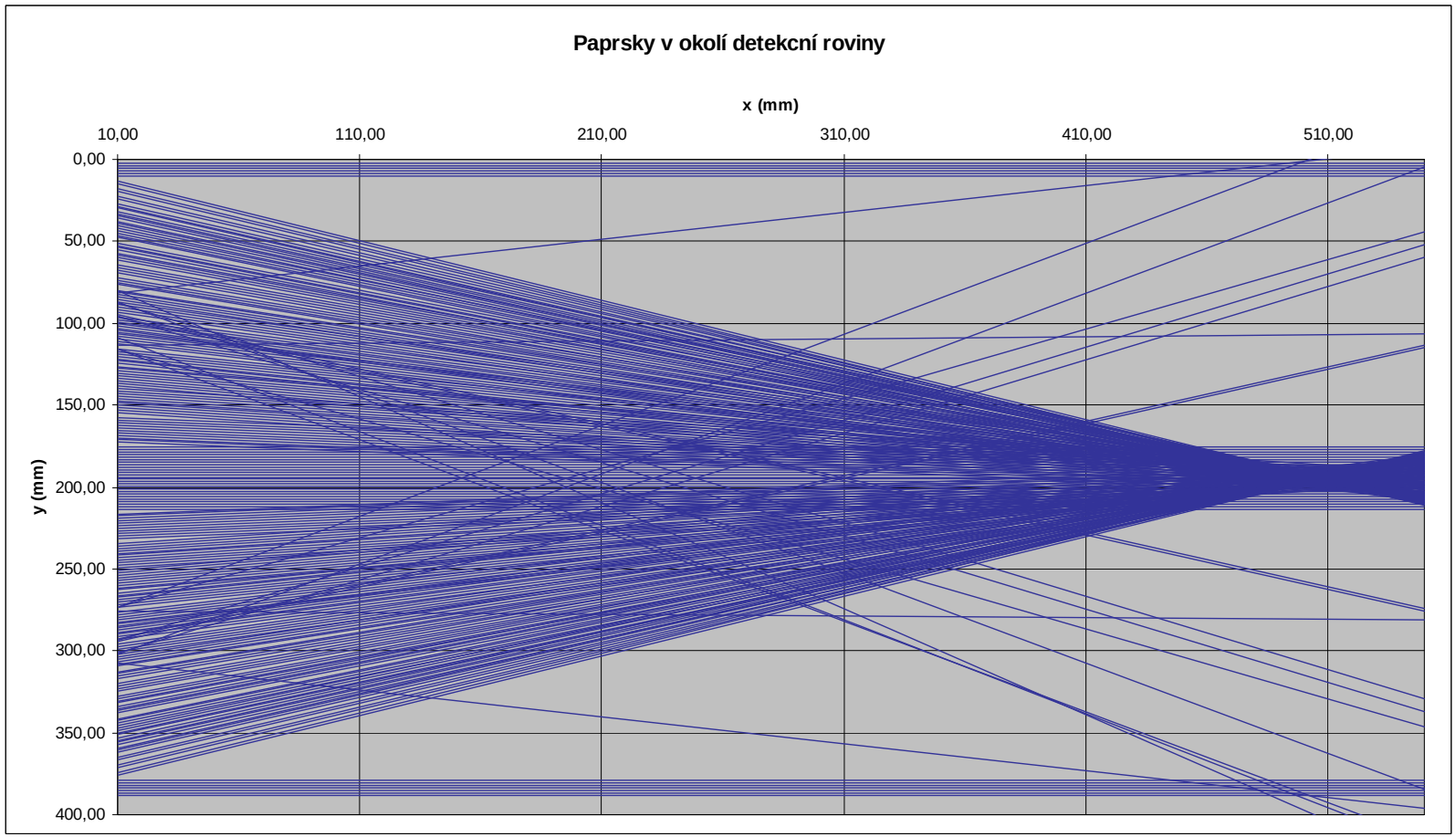
Šíření paprsků systémem



Sledování paprsků v rámci výpočetního prostoru

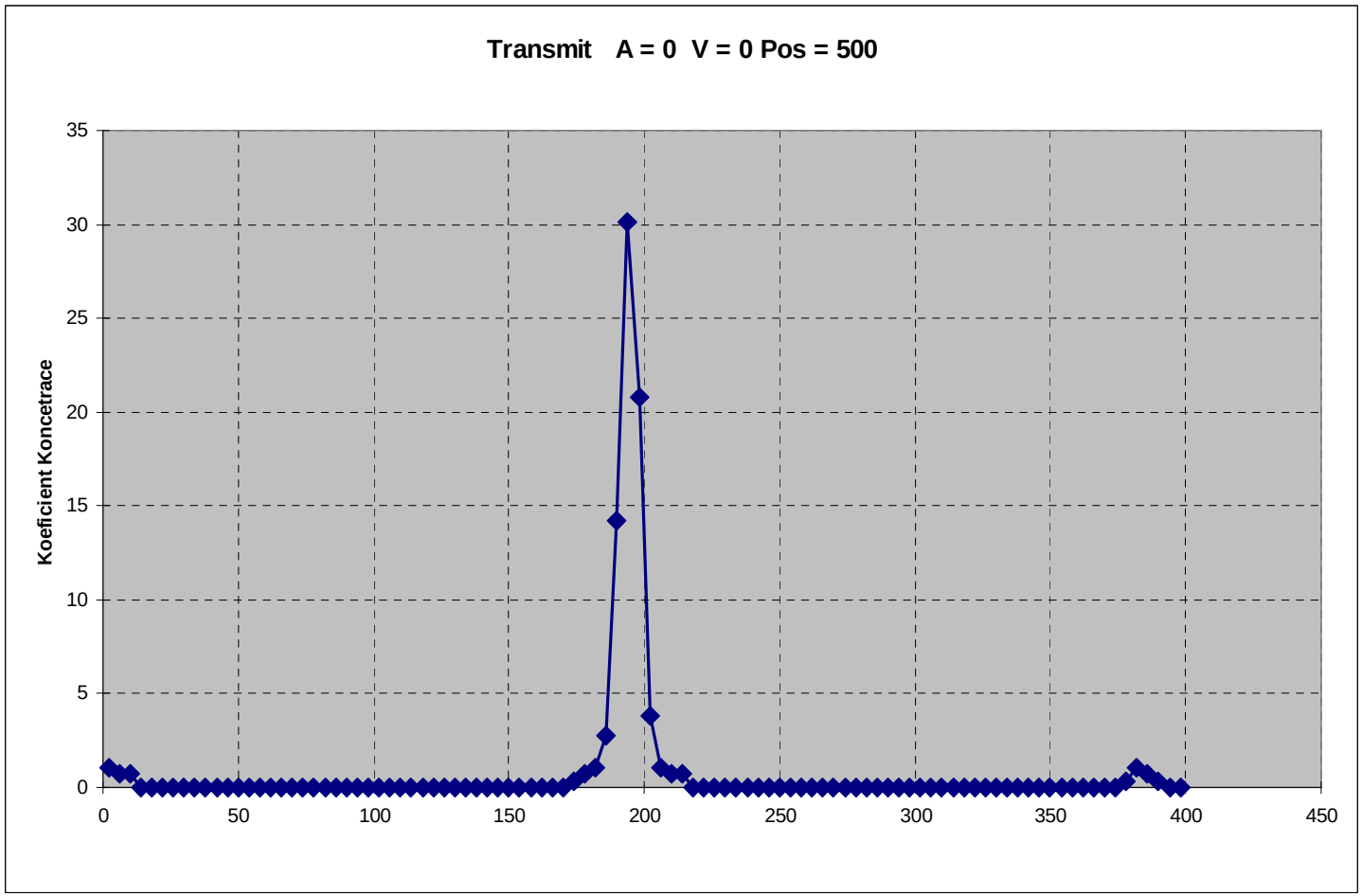
Zobrazení směru paprsků

Směr paprsků v okolí zastavovací roviny



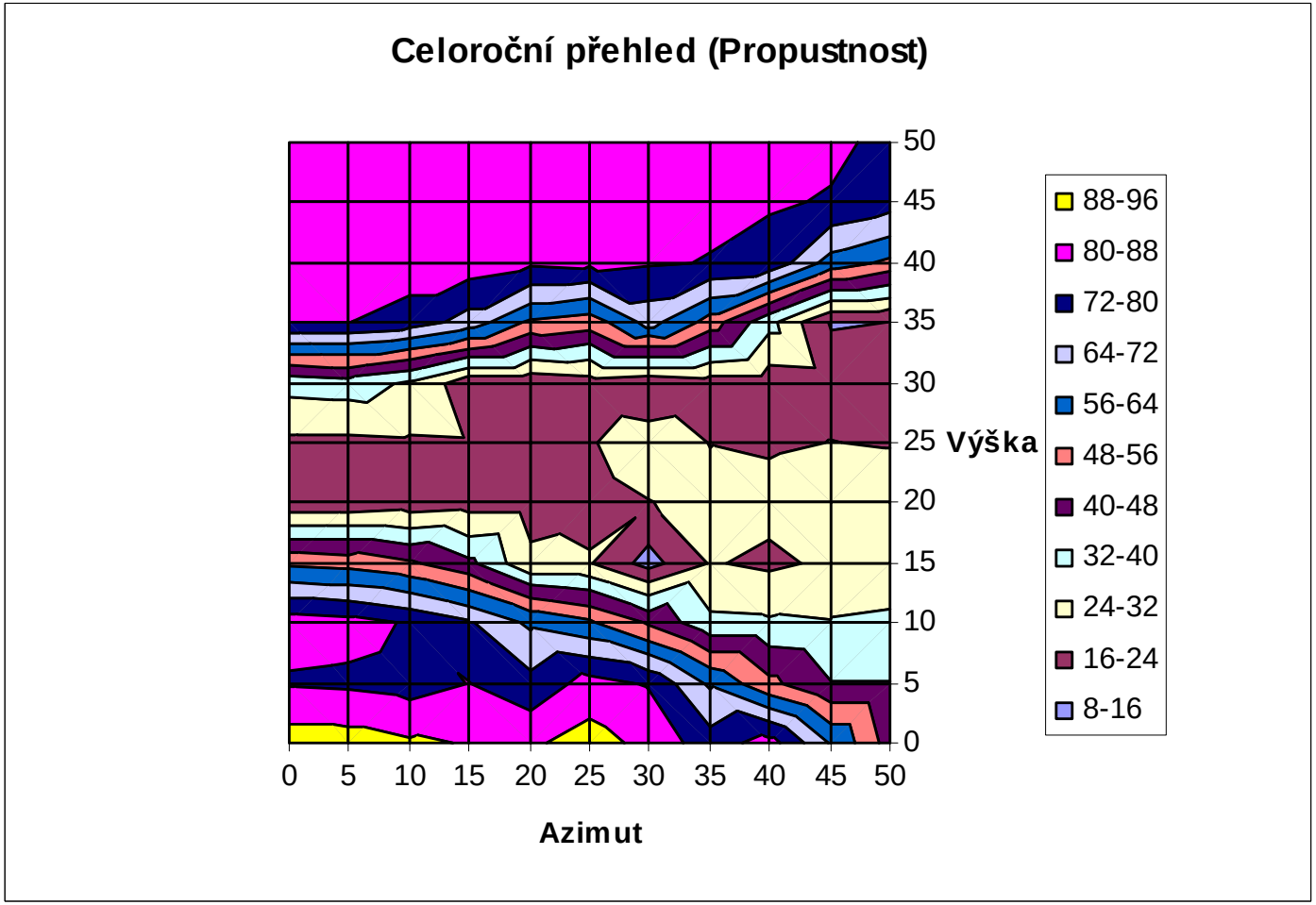
Graf odrazivosti

Hodnota koeficientu koncentrace v zastavovací rovině



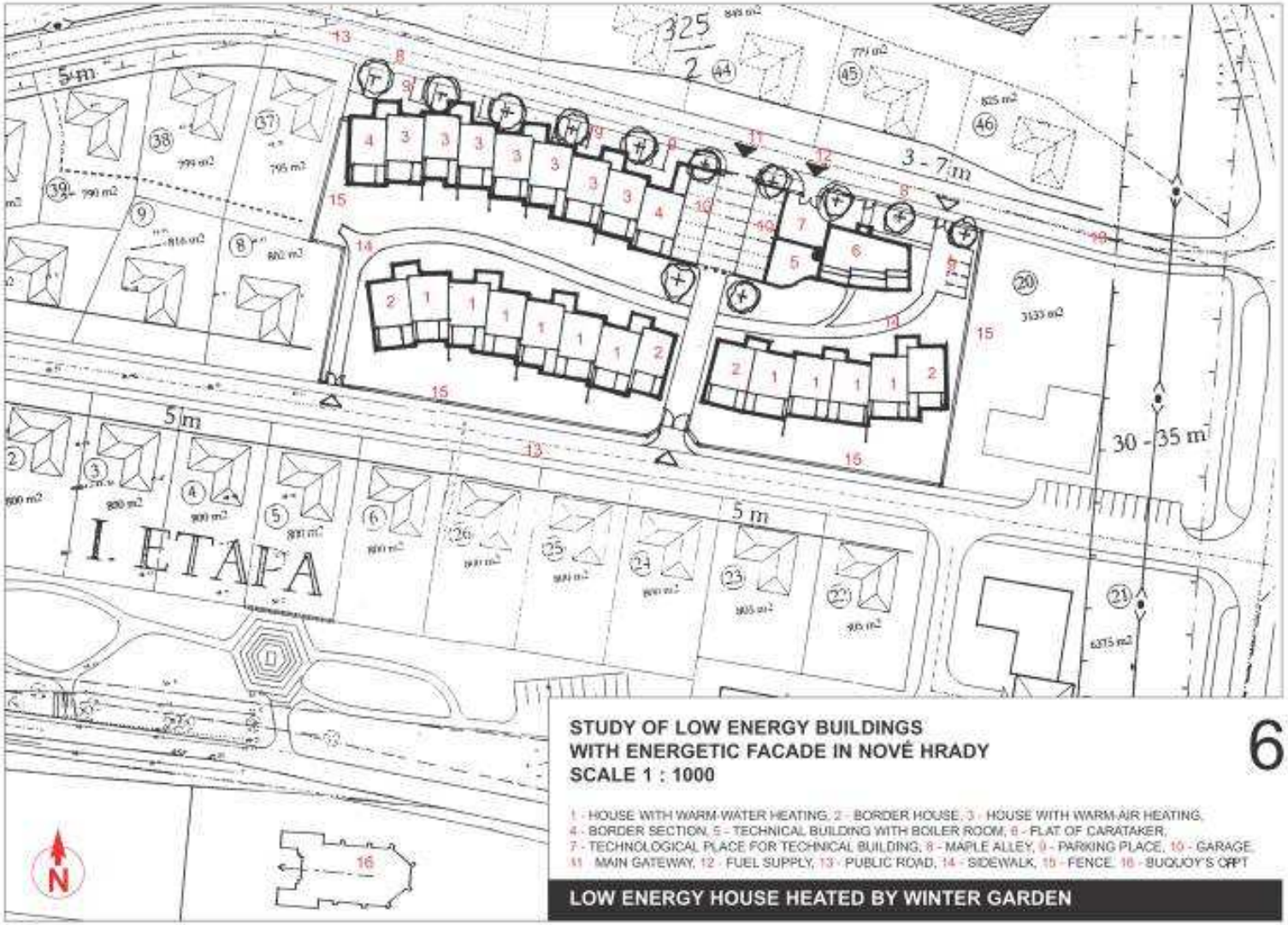
Celoroční přehled

Zobrazení propustnosti pro vybraný rozsah výšek a azimutů

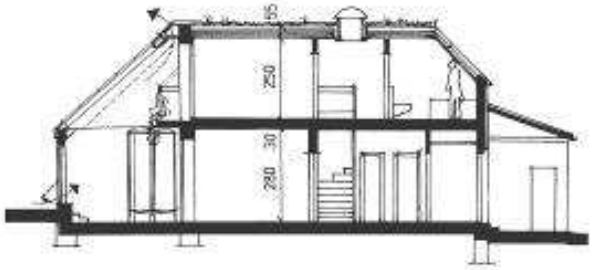


Sídliště rodinných domků pro Nové Hrady

Původní lokalizace sídliště

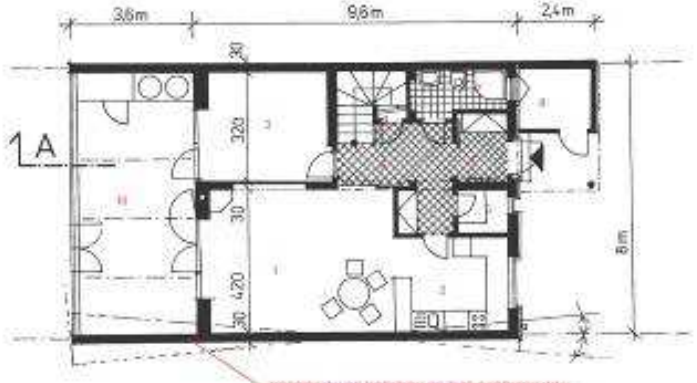


Podélný a příčný řez



SECTION AA
SCALE 1 : 100

LOW ENERGY HOUSE HEATED BY WINTER GARDEN



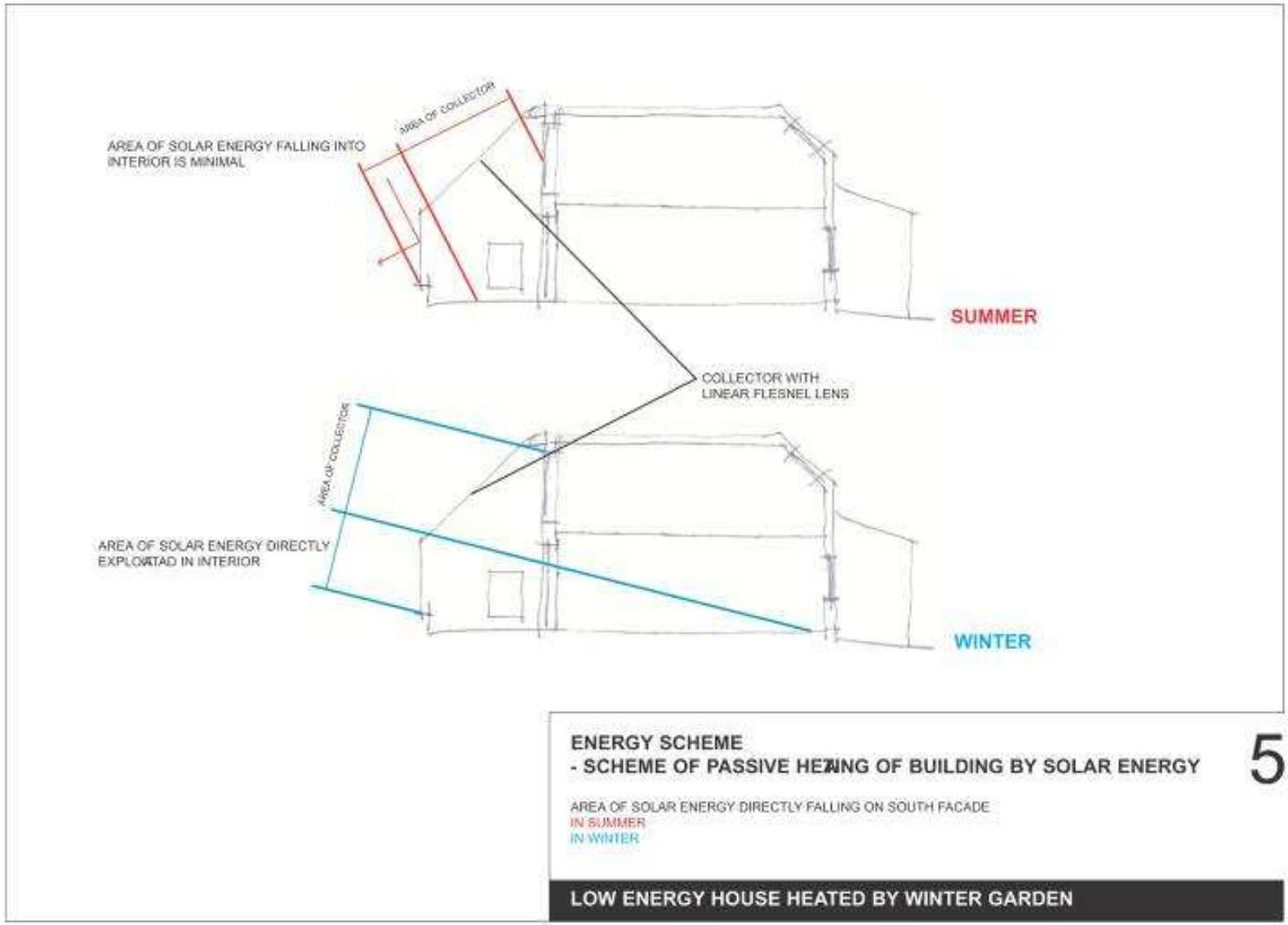
GROUND PLAN OF FIRST FLOOR
SCALE 1 : 100

1

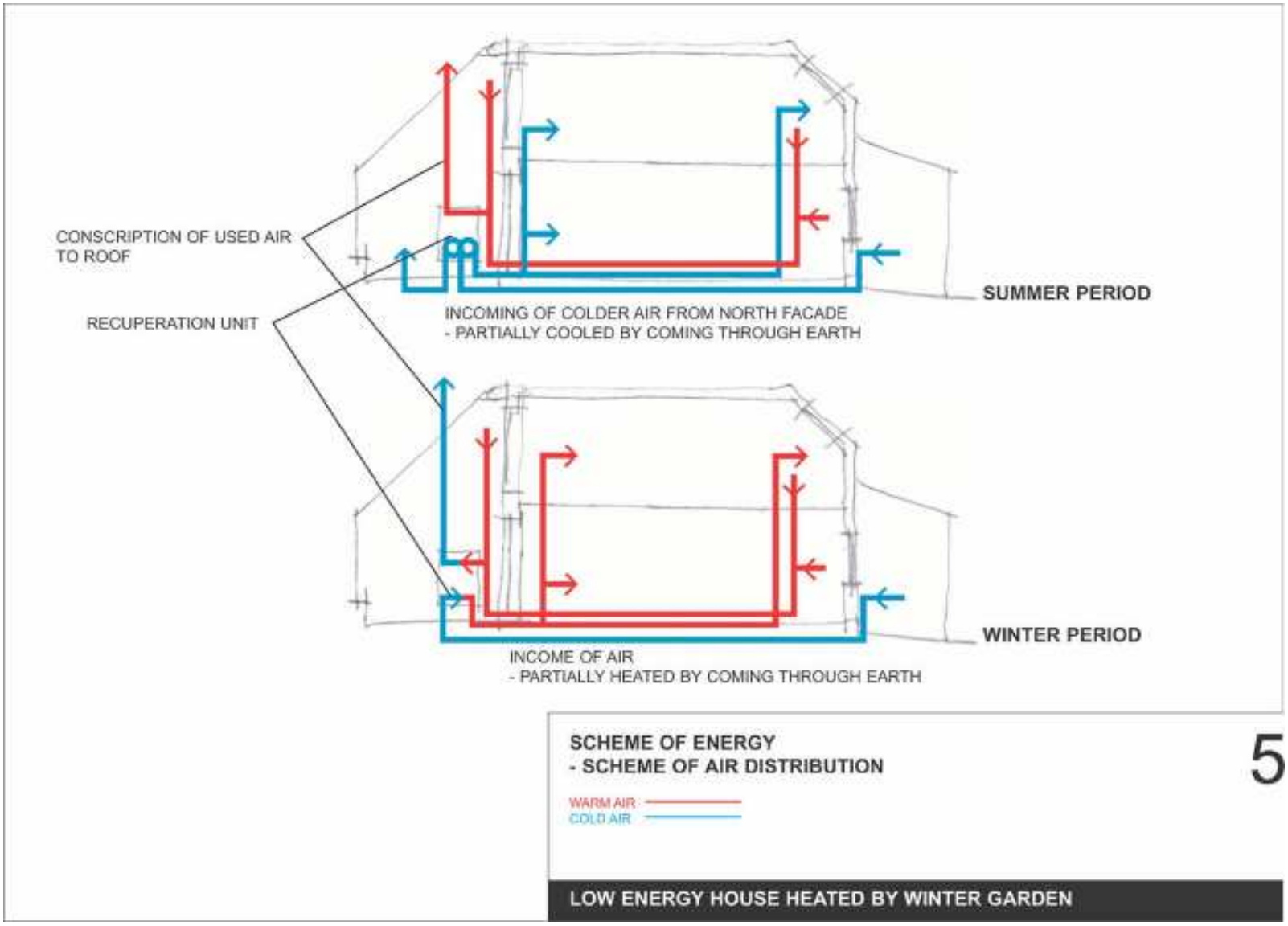
LOW ENERGY HOUSE HEATED BY WINTER GARDEN

Severní a jižní fasáda

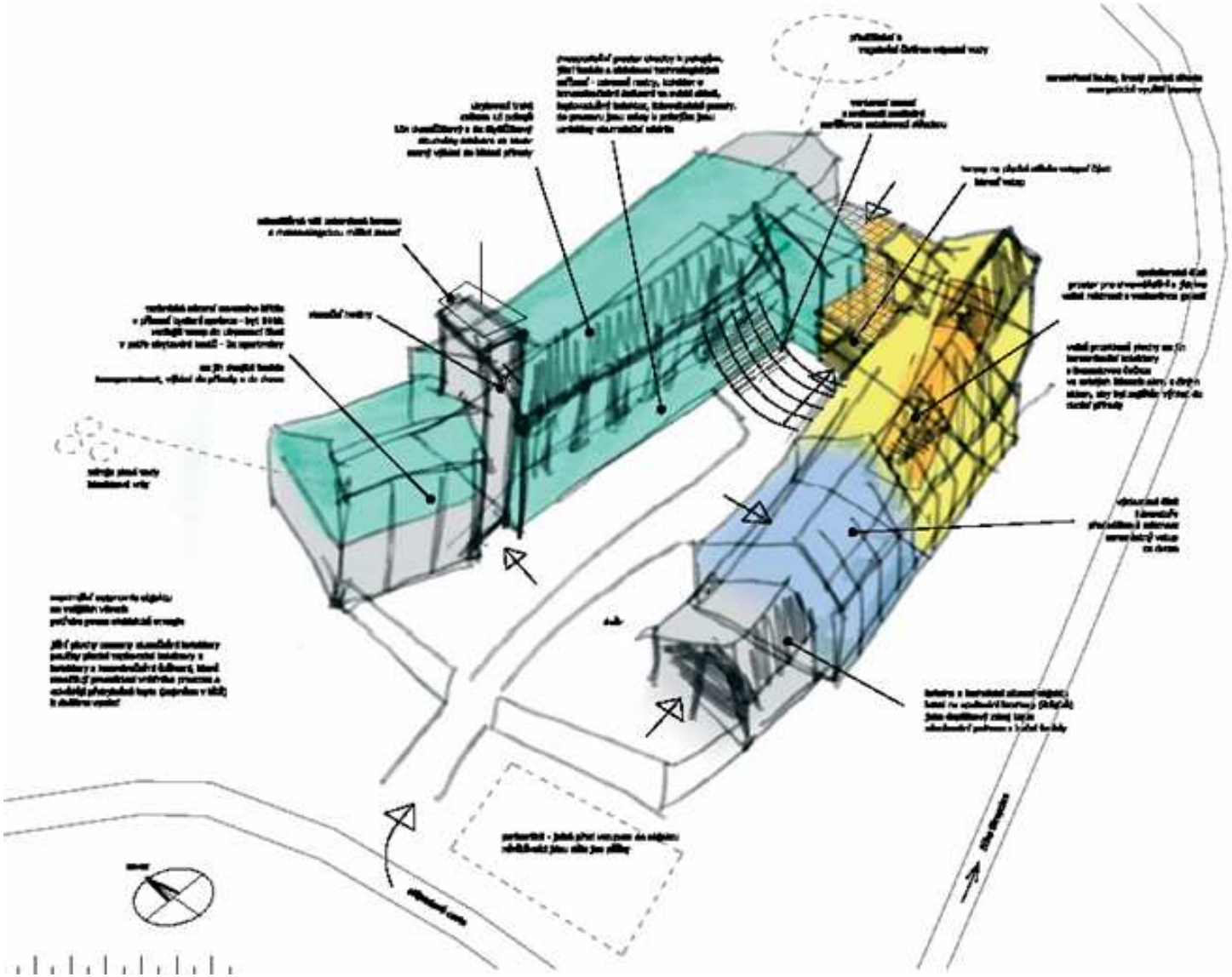
Pasivní ohřev domku Sluncem



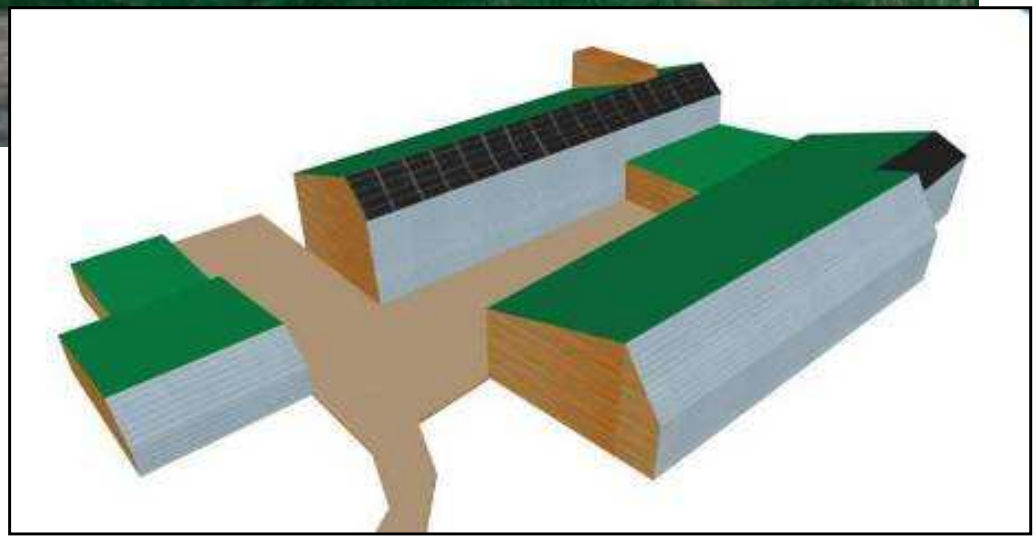
Ventilace a teplovzdušné vytápění



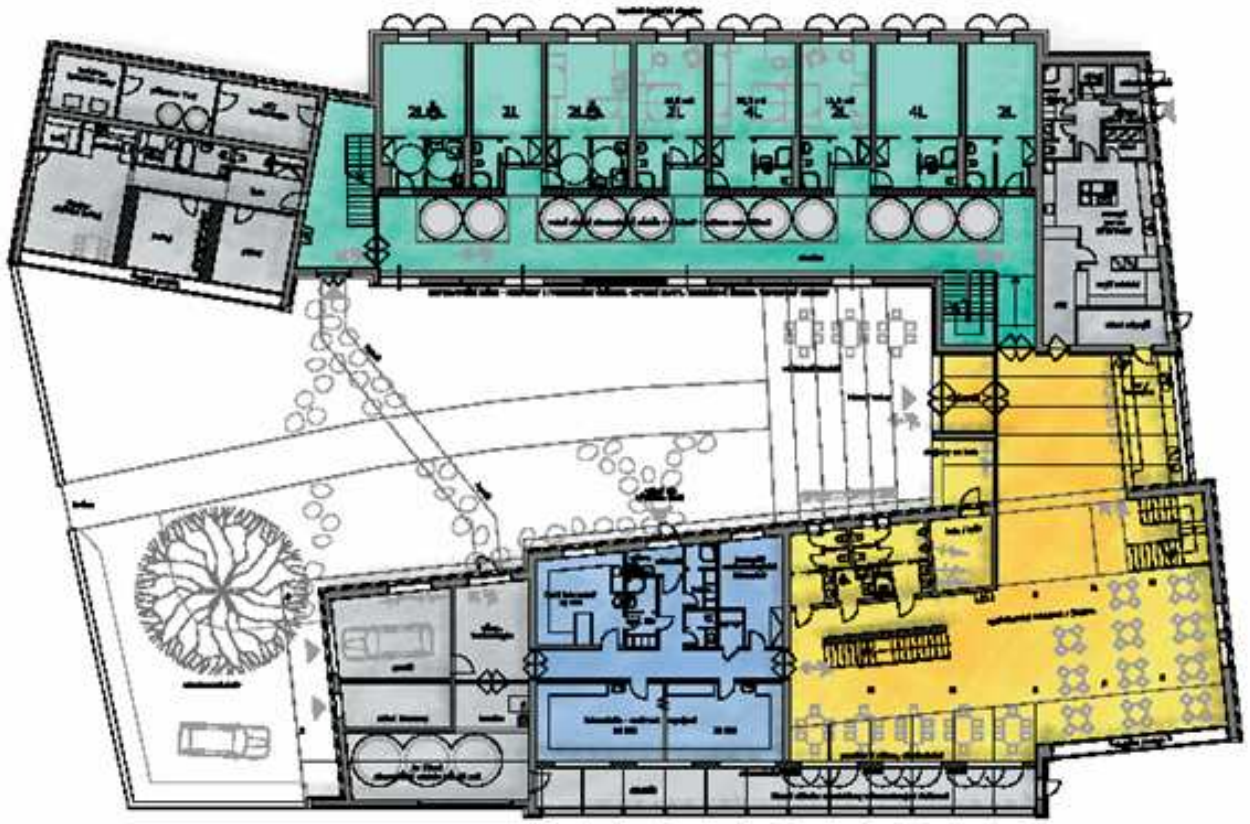
DEMONSTRAČNÍ A ŠKOLÍCÍ STŘEDISKO OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE



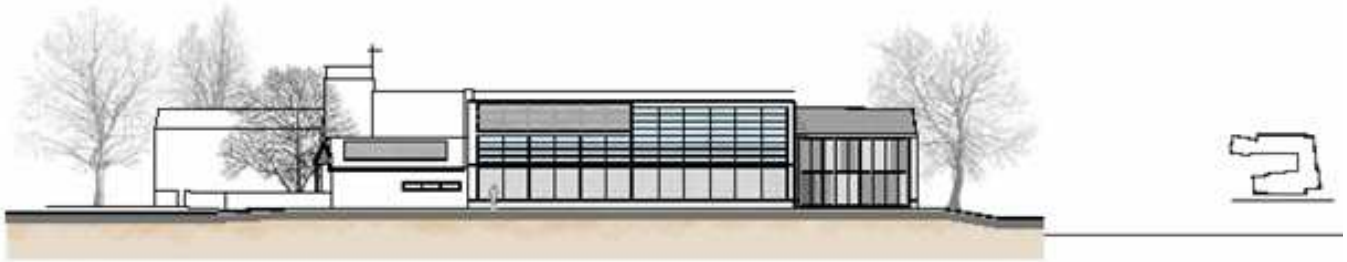
ZÁKRES DO FOTOGRAFIE



PŮDORYS PŘÍZEMÍ



ŘEZY



STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM

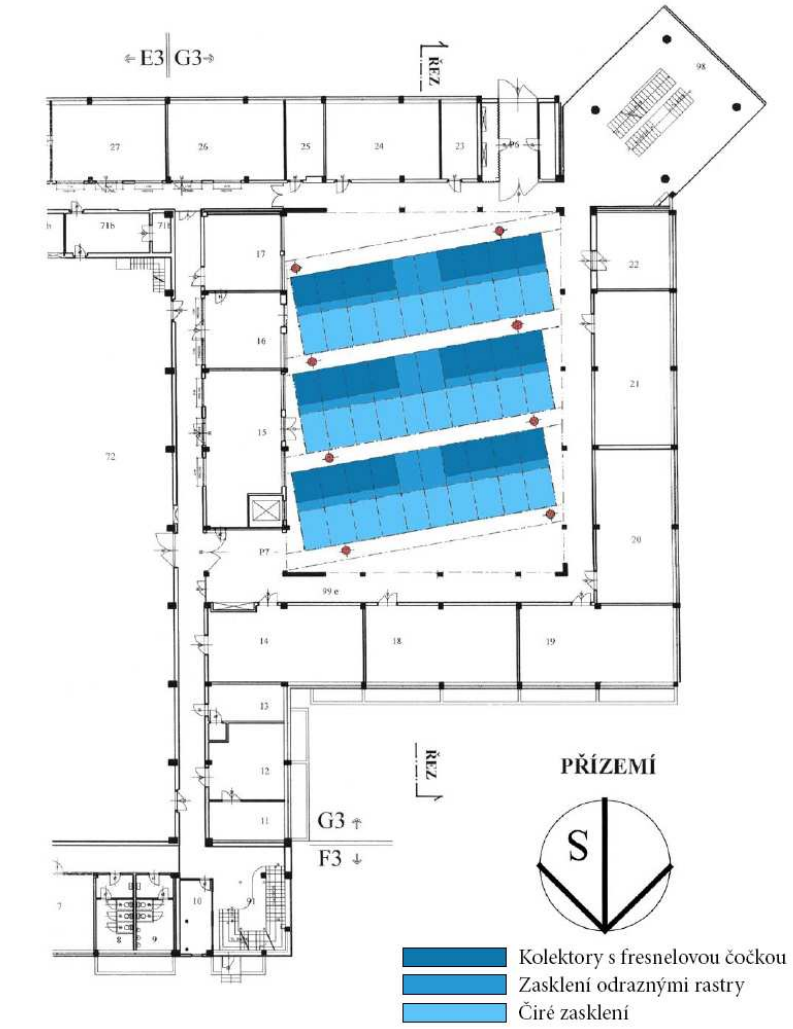
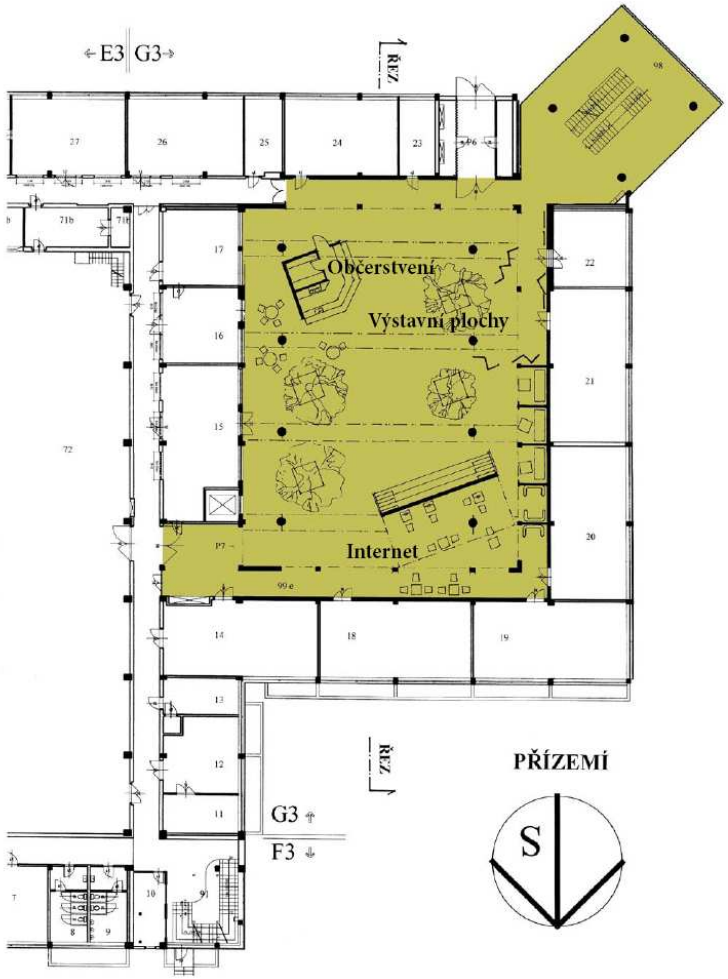


Schéma zastřešení - varianta 2

11/2006

ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM



Půdorys přízemí

11/2006

ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

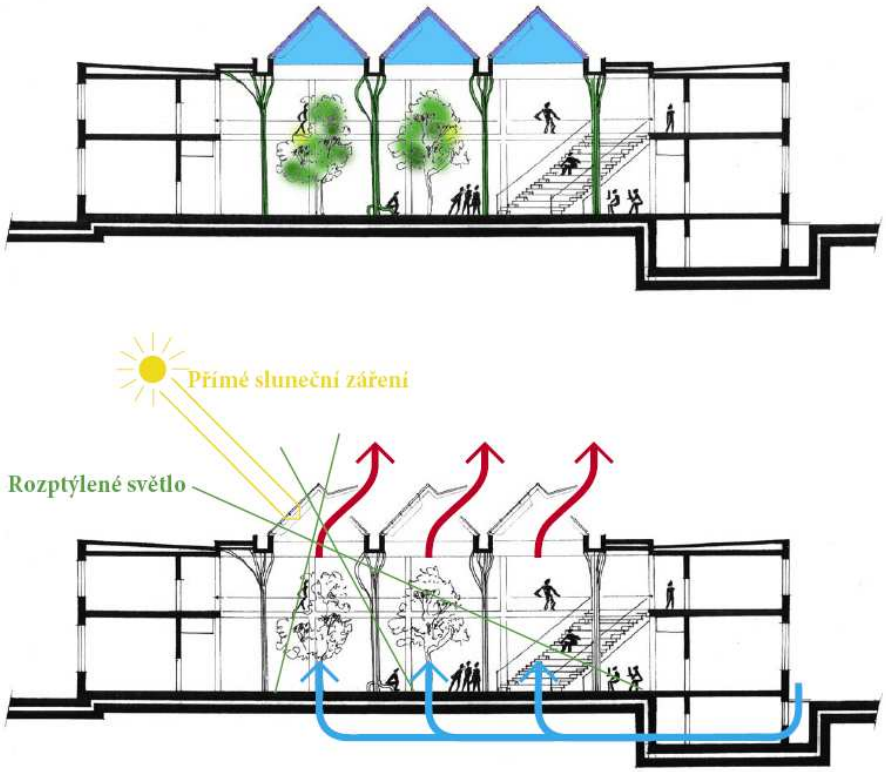
STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM

Půdorys patra

11/2006

ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM



Řez, princip oslunění a větrání

11/2006

ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM

Stávající stav

11/2006

ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM

Zákres zastřešení do fotografie

11/2006

ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

STUDIE VYUŽITELNOSTI DVORA G3 S JEHO ZASTŘEŠENÍM

Perspektivní skica
11/2006
ARCHITEKTONICKÁ DÍLNA

Vladimír Jirka – ENKI, o.p.s.

Děkuji za pozornost

Ing. Miloslav MUŽÍK, -MMM- SOLAR Ostrava

Od 11. 3. 1991

20 let praxe

www.solarnitechnika.com

Státní fond životního prostředí ČR,
Olbrachtova 2006/9, 140 00 Praha 4

vydává

Osvědčení o registraci

v Seznamu odborných dodavatelů

vedeného v rámci dotačního programu

Zelená úsporám

pro

Ing.Miloslav Mužík, -MMM-SOLAR / Ing.Miloslav Mužík

Na Milířích 584/76, 725 27 Ostrava Plesná

IČ: 16631382

Držitel osvědčení splnil požadavky pro zápis do Seznamu odborných dodavatelů (SOD) vedeného Státním fondem životního prostředí ČR v rámci programu Zelená úsporám. Platnost tohoto osvědčení je podmíněna zápisem a zveřejněním výše uvedené společnosti v Seznamu odborných dodavatelů na webových stránkách www.zelenausporam.cz.

Maximální platnost osvědčení je do konce trvání programu Zelená úsporám.

V Praze dne: 24. 4. 2009

Ing.Arch. Petr Štěpánek, Ph.D.
Ředitel SFŽP ČR

Nejčastější problémy při navrhování, montáži a provozu solárních soustav

Revize: 04-2011

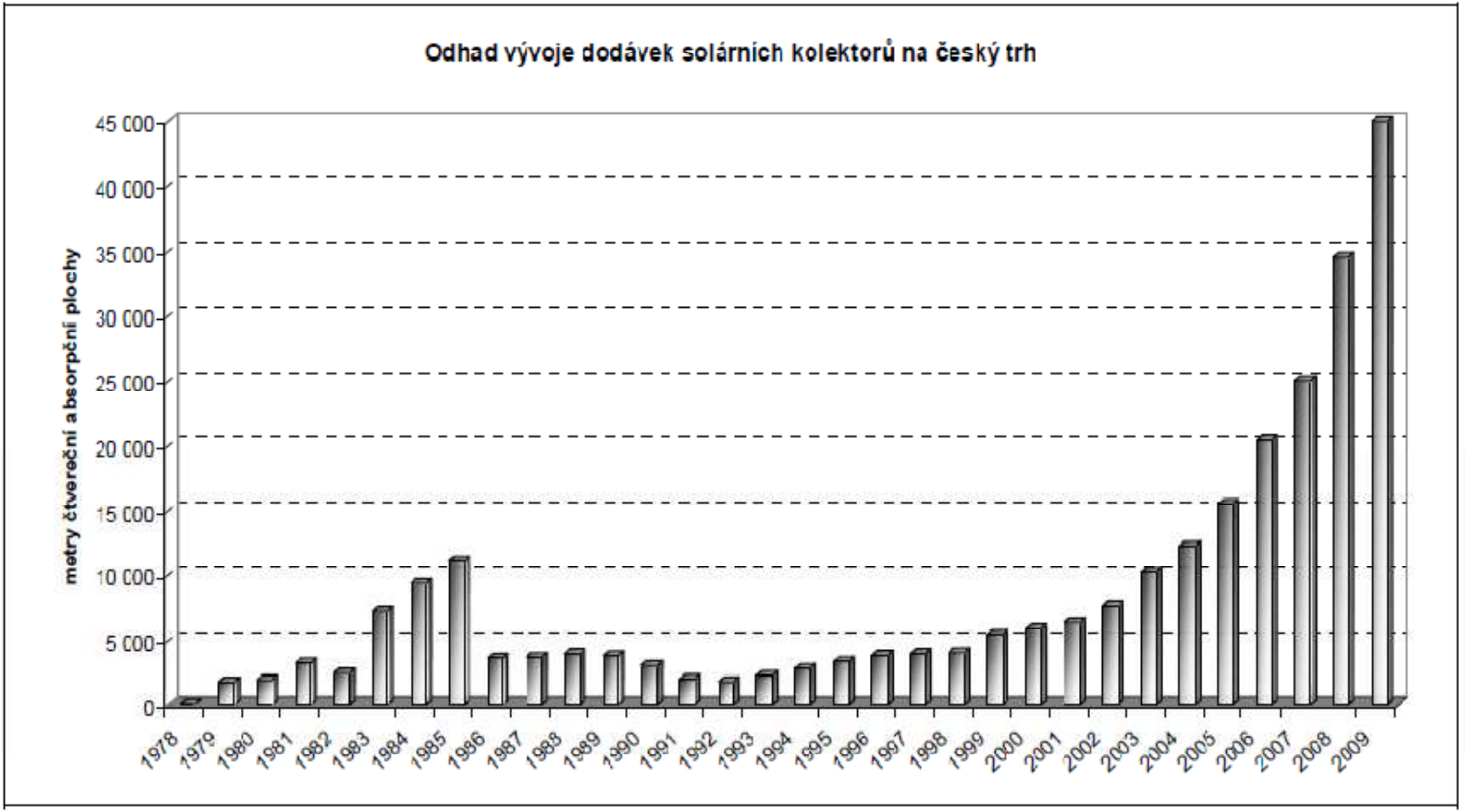
Na úvod - pohled do historie

- Počátky solární techniky od 70-tých let v tehdejší ČSSR. Montážím se věnuje doslova hrstka nadšenců. Přesto, že nejsou zvlášť bohaté zkušenosti, jsou realizovány i poměrně složité solární systémy a řada z nich dodnes funguje.
- První „velcí“ oficiální výrobci slunečních kolektorů:
  Okresní podnik služeb Kroměříž -měděný lyrový absorbér,
  Závody SNP ve Žiaru nad Hronom - absorbér z hliníkových průtočných lamel
  Elektrosvit Nové Zámky - absorbér svařený ze dvou desek systém roll-bond
  Slovenské závody technického skla v Bratislavě - vakuové trubicové kolektory
  Sklotas Duchcov - lineární Fresnelova čočka
- Jsou realizovány první velké solární soustavy:
  Kojetín z roku 1976 (140 ks, 120 m2, ohřev 2 x 4000 l)
  koupaliště Rusava, dnes již rekonstruované s novými kolektory.
  Rekreační středisko Borovnica (Žiar n.Hronom) -1980
  Pliešovce okres Zvolen (48 ks, 96 m2, ohřev 2 x 2500 l). - 1984
- Po roce 1986 nastává útlum a teprve počátkem 90 let se opět solární technika začíná postupně rozvíjet rychlejším tempem. Podíl na tomto rozvoji mají také jednotlivé podpůrné programy a zejména pak po vyhlášení programu „zelená úsporám“ zaznamenáváme prudký rozmach výrobních i montážních firem.

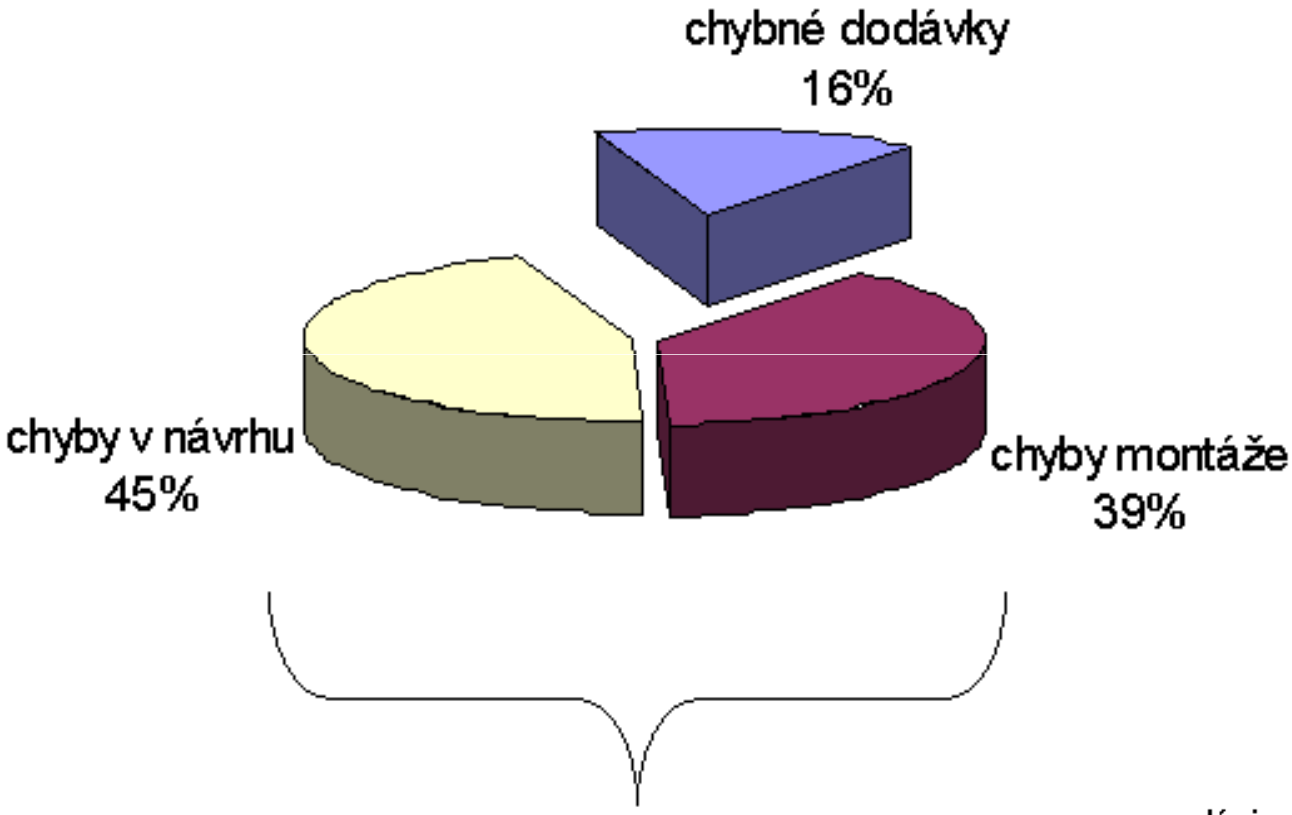
Prudký rozvoj solárních zařízení

Nedostatek zkušeností nových firem a z toho plynoucí chyby

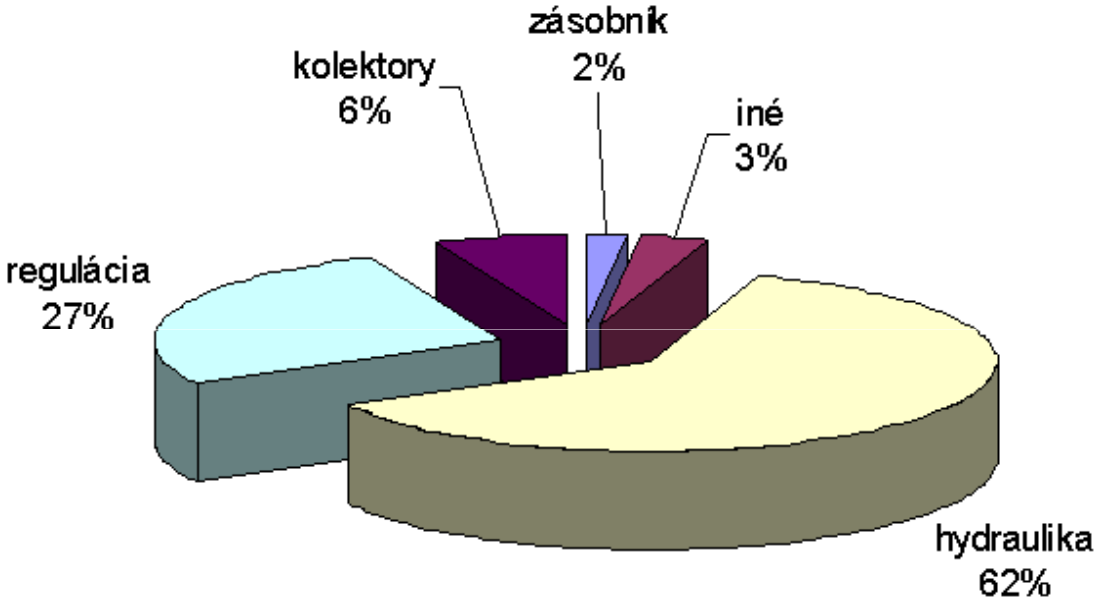
V posledních letech nastává bouřlivý rozvoj technologií a dotační systém podporuje poptávku, což je impulzem pro vznik řady firem.



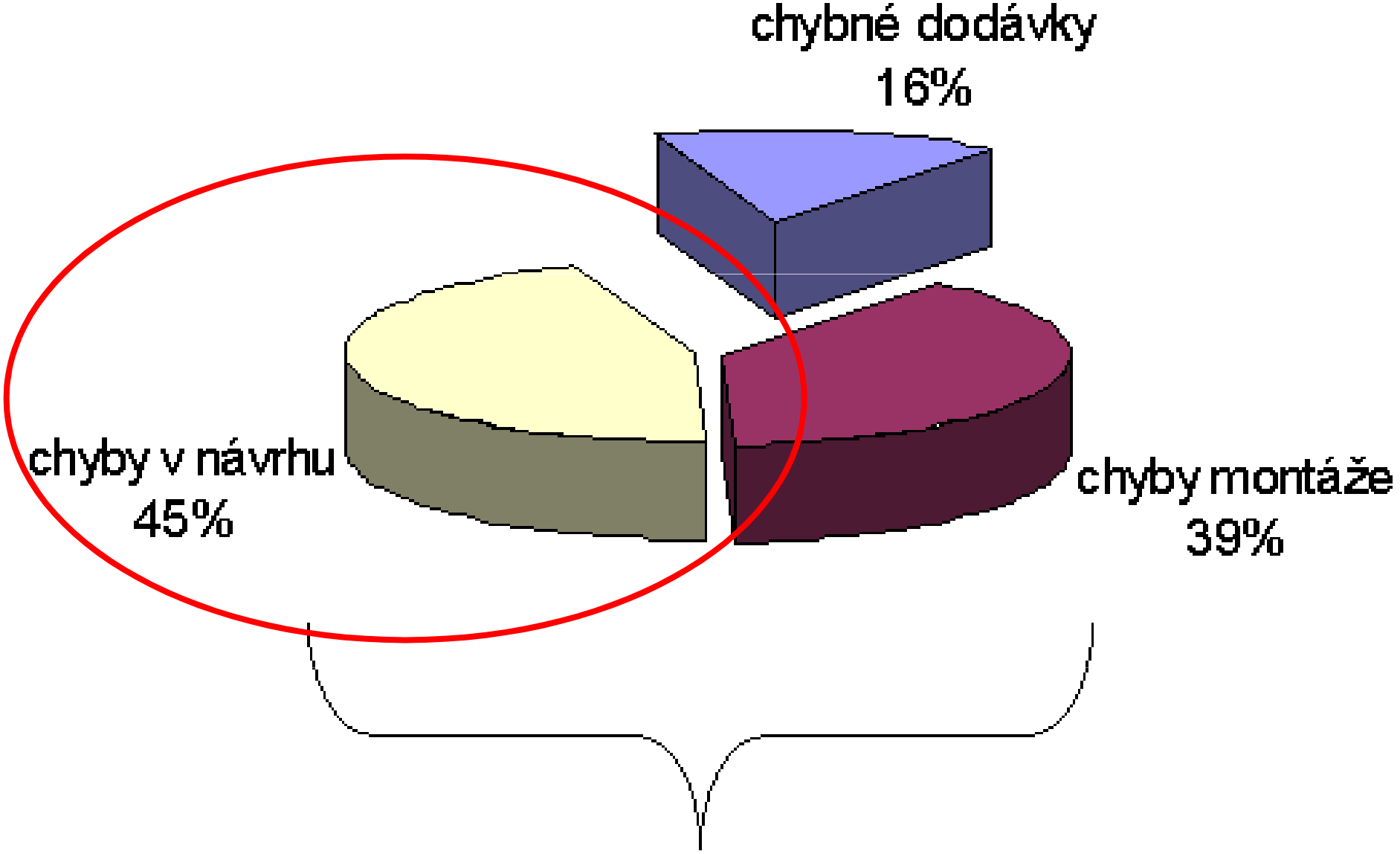
Nejčastější příčiny reklamací solárních systémů



Plánovanie a montáž = hlavná príčina nedostatkov



Zdroj: 14. Symposium Thermische Solaranlagen, Kloster Banz,
12.-14. Mai 2004 Christian Keilholz, Fa. Solarklima



Plánovanie a montáž = hlavná príčina nedostatkov

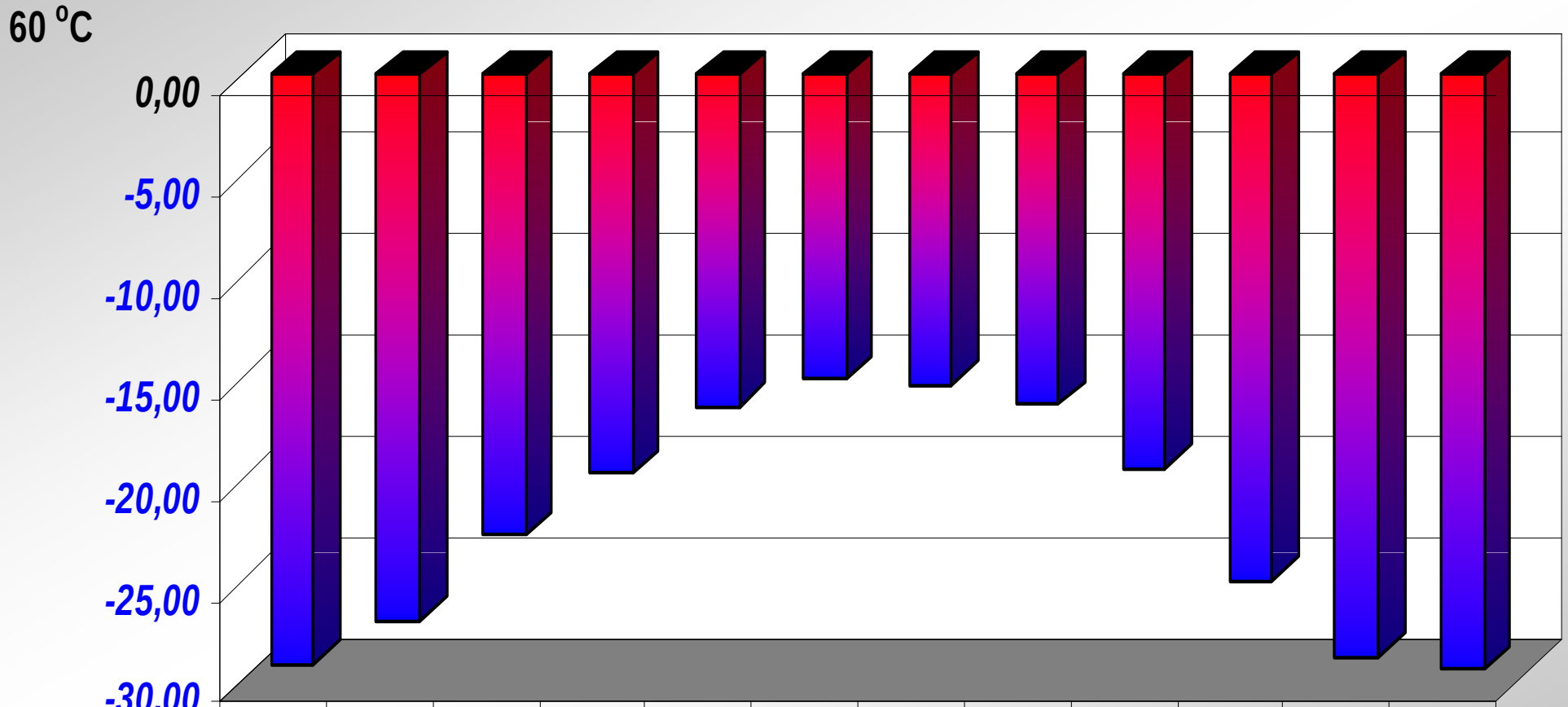
Dimenzování solárního systému

1. Poddimenzování (zásobník 500 litrů = 3 kolektory)

Měsíc	$G_{stř}$	H_{teor}	$H_{k,den}$	Počet	H_{den}	$H_{potř.}$	bilance	$H_{měs.}$	T vody
	W/m^2	kWh/m^2	kW/m^2	kolekt.	kWh/den	kWh/den	kW/den	kWh/měs	°C
Leden	305	2,52	0,2902	**3**	1,5499	30,53	**-28,98**	**48**	**13**
Únor	385	3,90	0,6822	**3**	3,6431	30,53	**-26,88**	**102**	**16**
Březen	474	5,69	1,4665	**3**	7,8313	30,53	**-22,70**	**243**	**23**
Duben	511	7,10	2,0399	**3**	10,8929	30,53	**-19,63**	**327**	**28**
Květen	515	8,08	2,6497	**3**	14,1493	30,53	**-16,38**	**439**	**33**
Červen	523	8,55	2,9070	**3**	15,5236	30,53	**-15,00**	**466**	**35**
Červenec	515	8,08	2,8581	**3**	15,2623	30,53	**-15,26**	**473**	**35**
Srpen	511	7,10	2,6743	**3**	14,2809	30,53	**-16,25**	**443**	**33**
Září	474	5,69	2,1005	**3**	11,2167	30,53	**-19,31**	**336**	**28**
Říjen	385	3,90	1,0544	**3**	5,6307	30,53	**-24,90**	**175**	**19**
Listopad	305	2,52	0,3445	**3**	1,8399	30,53	**-28,69**	**55**	**13**
Prosinec	265	2,08	0,2335	**3**	1,2467	30,53	**-29,28**	**39**	**12**
Celkový roční zisk energie (kWh)								**3 145**	
Celkový roční zisk energie (GJ)								**11,32**	
Měrná roční výroba tepla ($kWh.m^{-2}.rok^{-1}$)								**589**	
Procento pokrytí roční energetické potřeby pro ohřev TV.								**28,22%**	

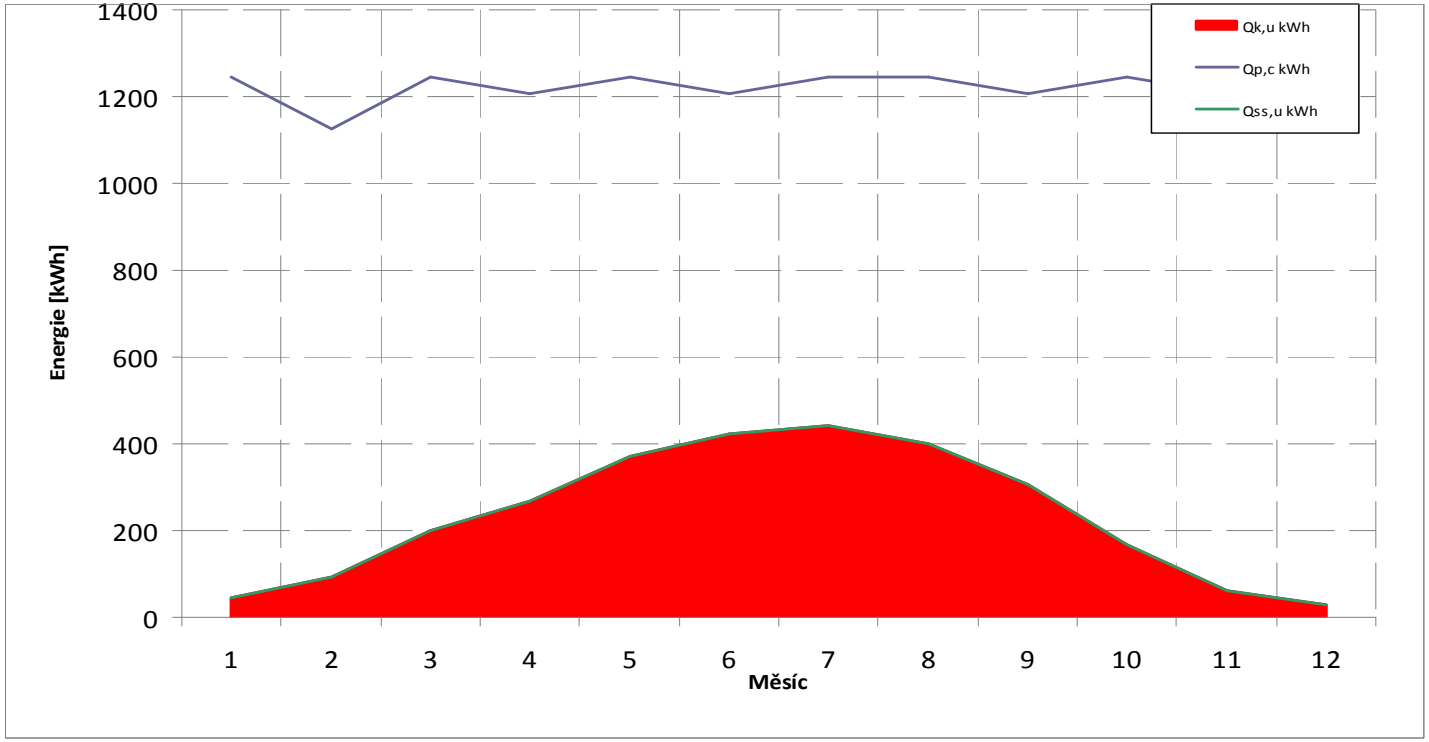
G = sluneční ozáření H = množství energie

Energetická bilance solárních zisků v kWh / den v jednotlivých měsících.

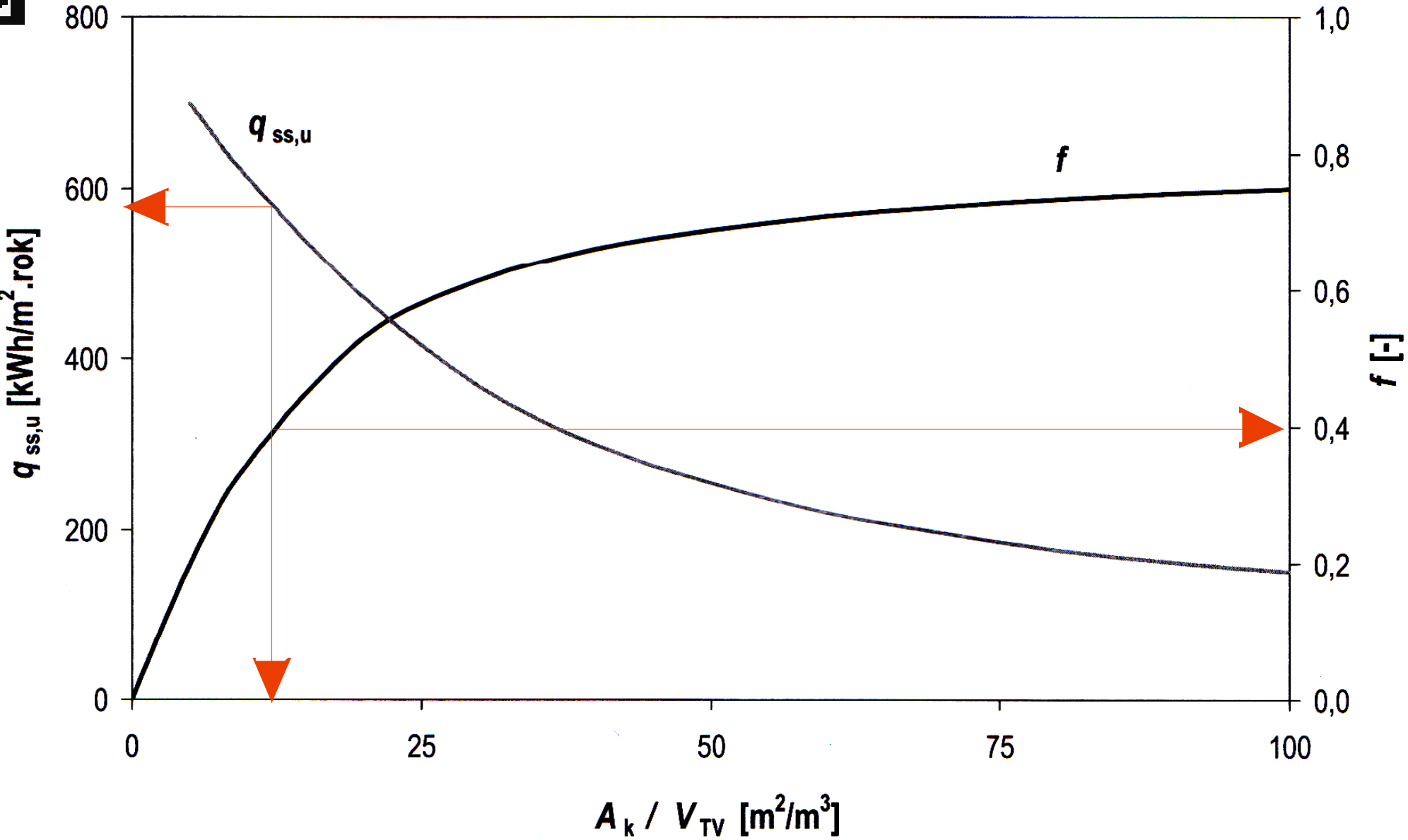


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Řada1	-28,98	-26,88	-22,70	-19,63	-16,38	-15,00	-15,26	-16,25	-19,31	-24,90	-28,69	-29,28

Poddimenzování solárního systému



- **Systém nepokryje potřebné množství energie.**
- **Dosažené úspory jsou velmi nízké**
- **Vložené investice mají dlouhou návratnost.**
- **Zákazník šíří v okolí negativní reklamu**



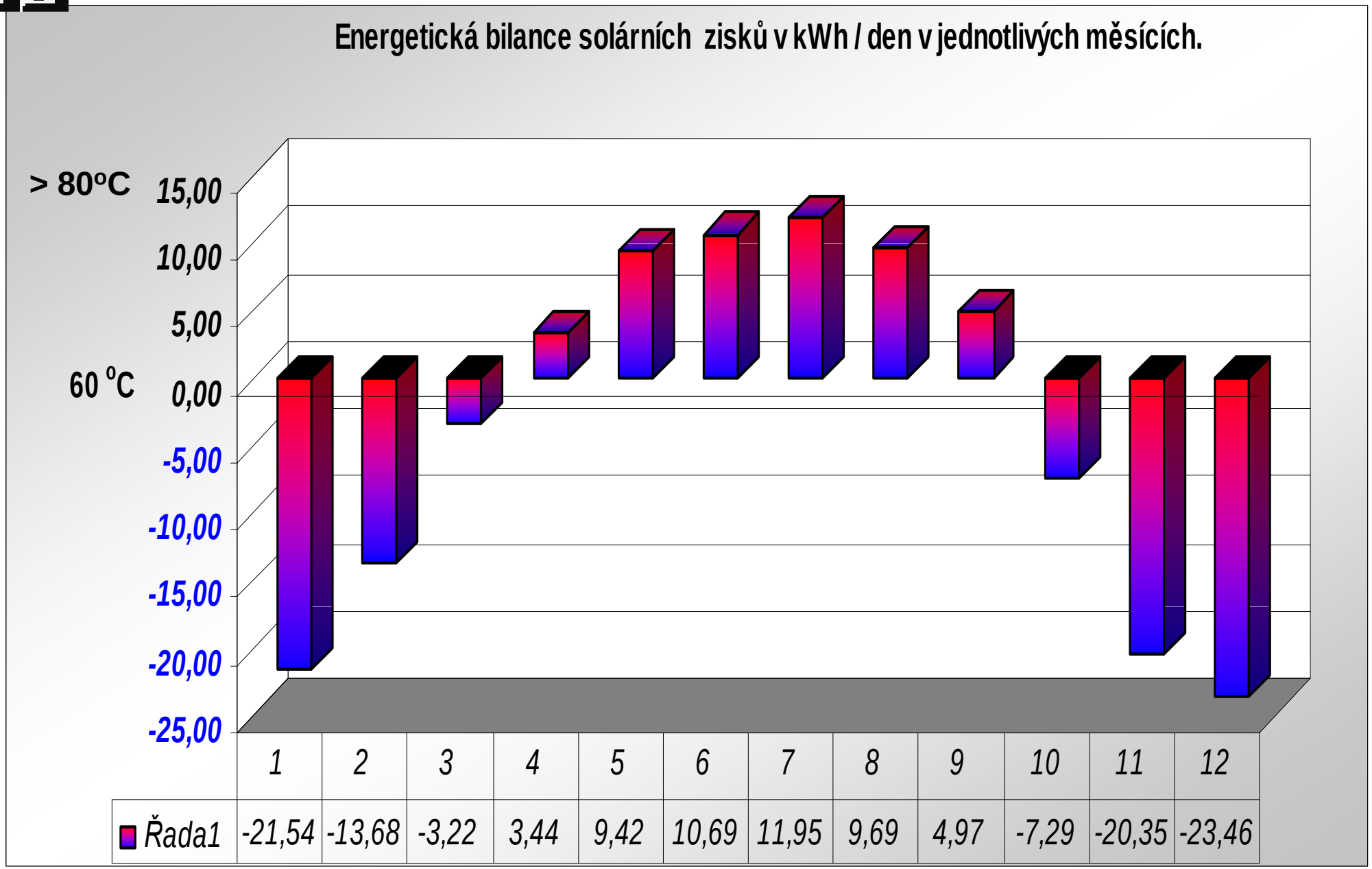
Obr. 5.25 – Souvislost mezi instalovanou plochou solárních kolektorů, solárním podílem a měrnými využitými zisky solární soustavy pro přípravu teplé vody (orientační příklad)

Dimenzování solárního systému

1. Předimenzování (zásobník 500 litrů = 15 kolektorů)

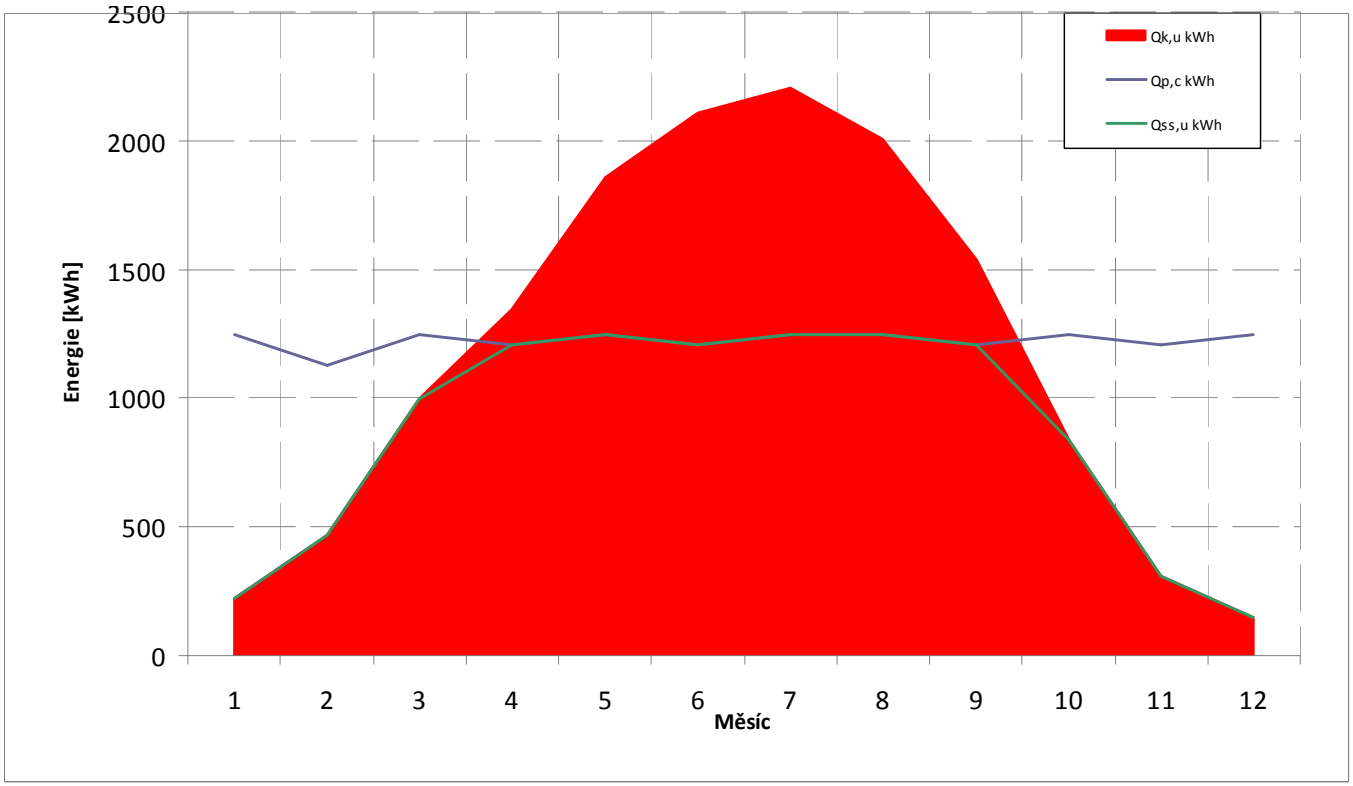
Měsíc	$G_{stř}$	H_{teor}	$H_{k,den}$	Počet	H_{den}	$H_{potř.}$	Bilance	$H_{měs.}$	T vody
	W/m²	kWh/m²	kW/m²	kolekt.	kWh/den	kWh/den	kW/den	kWh/měs	°C
Leden	412	3,40	0,3365	**15**	8,9851	30,53	**-21,54**	**279**	**25**
Únor	490	4,96	0,6310	**15**	16,8475	30,53	**-13,68**	**472**	**38**
Březen	558	6,70	1,0225	**15**	27,3016	30,53	**-3,22**	**846**	**55**
Duben	580	8,06	1,2723	**15**	33,9711	30,53	**3,44**	**1 019**	**66**
Květen	600	9,42	1,4960	**15**	39,9434	30,53	**9,42**	**1 238**	**76**
Červen	590	9,64	1,5438	**15**	41,2188	30,53	**10,69**	**1 237**	**78**
Červenec	600	9,42	1,5909	**15**	42,4783	30,53	**11,95**	**1 317**	**80**
Srpen	580	8,06	1,5061	**15**	40,2136	30,53	**9,69**	**1 247**	**76**
Září	558	6,70	1,3293	**15**	35,4920	30,53	**4,97**	**1 065**	**68**
Říjen	490	4,96	0,8702	**15**	23,2337	30,53	**-7,29**	**720**	**48**
Listopad	412	3,40	0,3812	**15**	10,1778	30,53	**-20,35**	**305**	**27**
Prosinec	344	2,70	0,2645	**15**	7,0631	30,53	**-23,46**	**219**	**22**
Celkový roční zisk energie (kWh)								**9 963**	
Celkový roční zisk energie (GJ)								**35,87**	
Měrná roční výroba tepla ($kWh.m^{-2}.rok^{-1}$)								**373**	
Procento pokrytí roční energetické potřeby pro ohřev TV.								**89,42%**	

Energetická bilance solárních zisků v kWh / den v jednotlivých měsících.

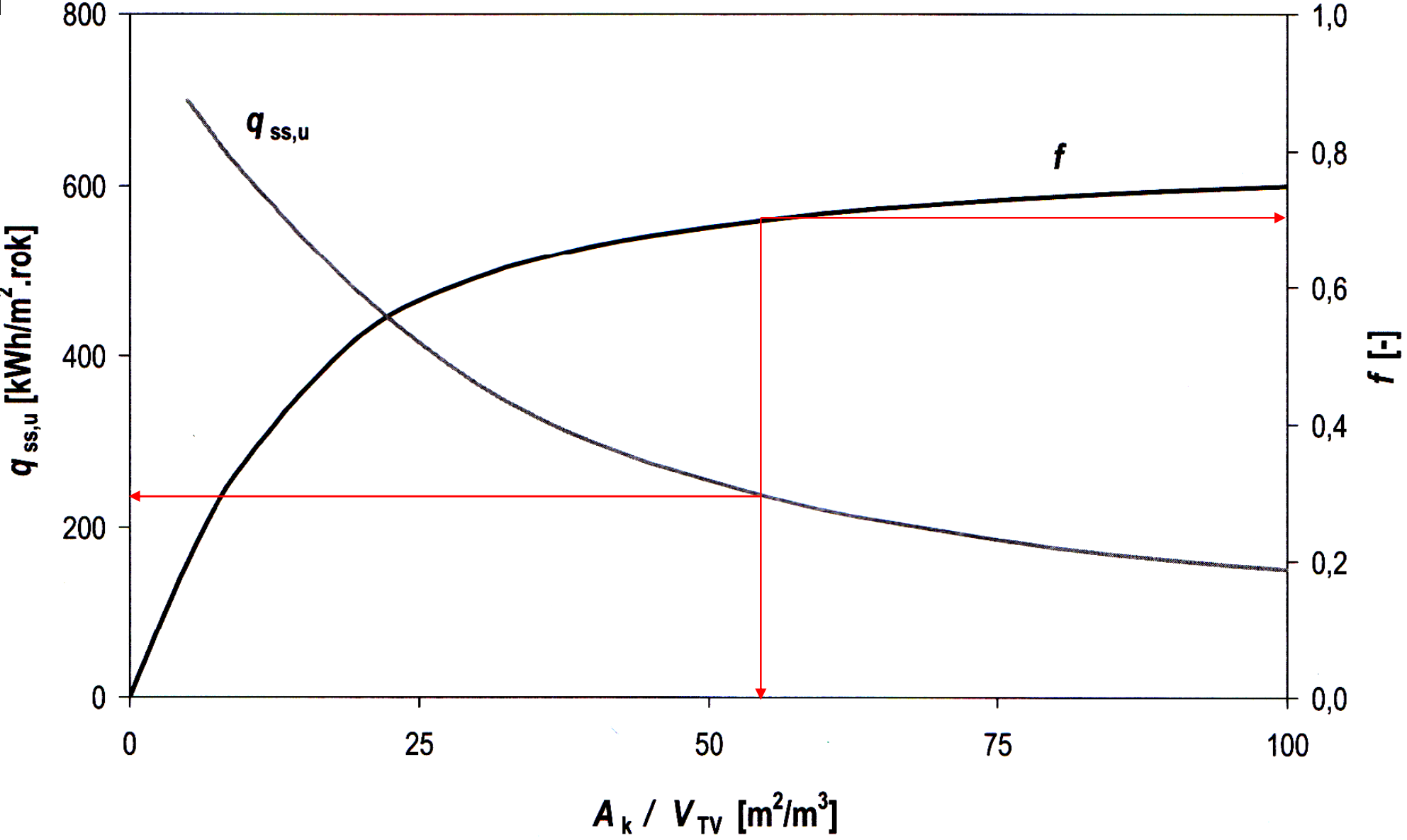


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Řada1	-21,54	-13,68	-3,22	3,44	9,42	10,69	11,95	9,69	4,97	-7,29	-20,35	-23,46

Předimenzování solárního systému



- **Systém pracuje v letním období s vysokým přebytkem tepelné energie, která není využita**
- **V důsledku přehřívání dochází k hlučnosti, stagnaci, netěsnost spojů, poruchovost**
- **Systém je zbytečně předražený a díky tomu návratnost překračuje optimum.**
- **Zákazník není spokojen a šíří opět negativní reklamu.**



Obr. 5.25 – Souvislost mezi instalovanou plochou solárních kolektorů, solárním podílem a měrnými využitými zisky solární soustavy pro přípravu teplé vody (orientační příklad)

Dimenzování solárního systému

3. Obdobné případy:

- Systém pro přitápění X v návrhu 300 litrová akumulační nádrž

Přibývají tzv. kombi systémy a speciální zapojení
= přehřívání (tepelná stabilita materiálů a teplonosných kapalin)

- Ohřev vnitřního bazénu bez oslunění X dva kolektory

- Tyto případy postrádají smysl a zákazník bude v okolí šířit zápornou reklamu

Vždy musí být vyvážená celková potřeba energie
s velikostí kolektorového pole
a také s akumulačními nádržemi a odběrnými místy

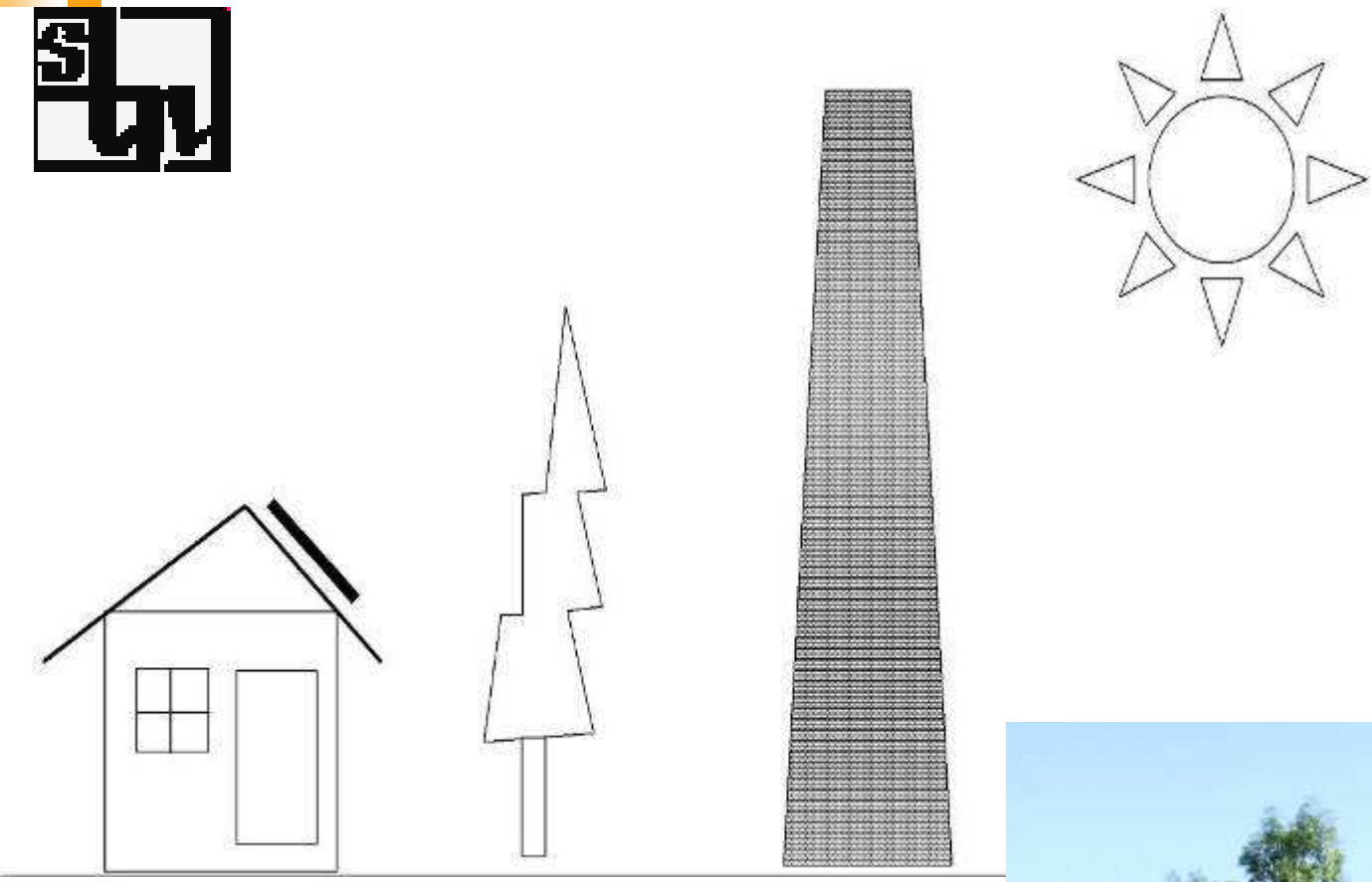
Různé názory na správné dimenzování:

1. **Denní spotřeba x 1,5**
   Při překročení navíc klesá také roční výnos pod 200 kWh/m^2

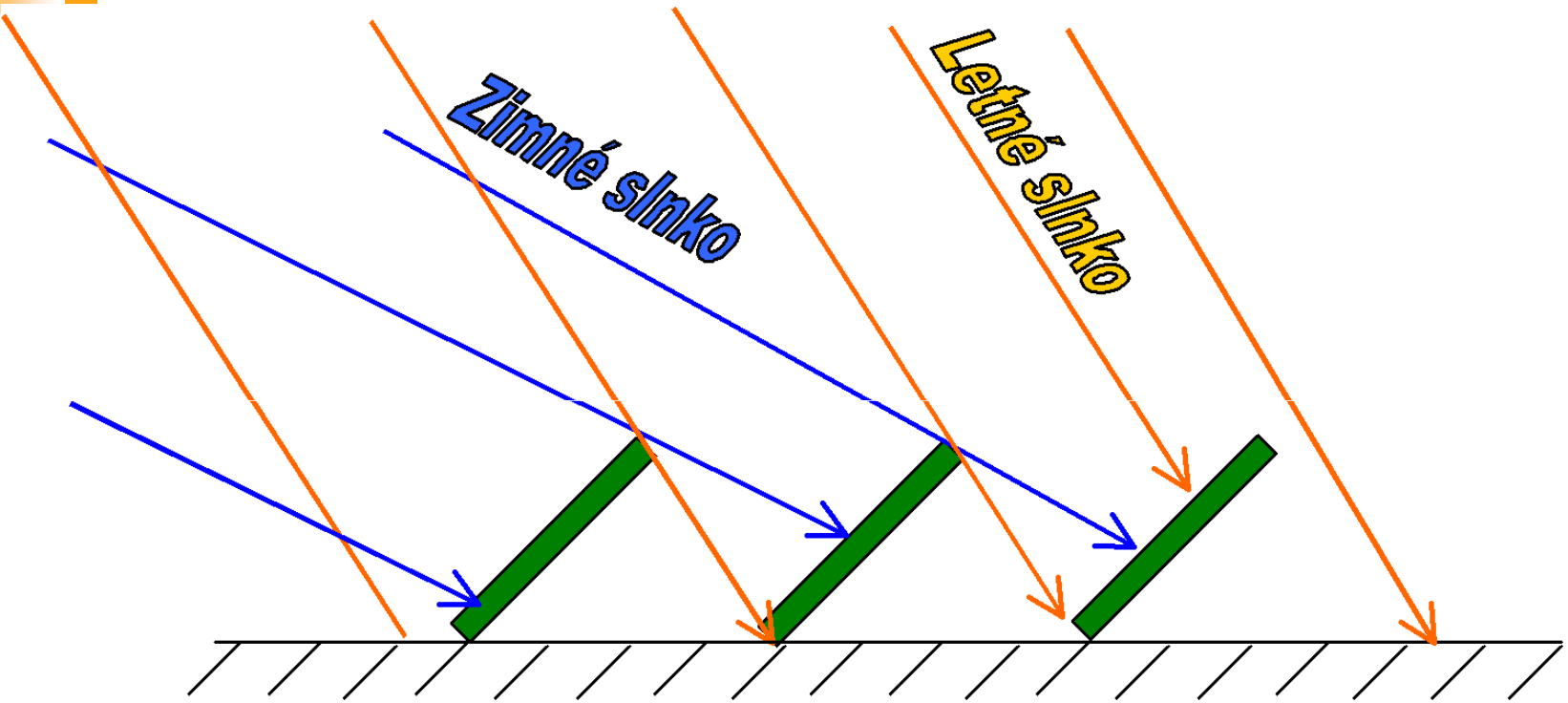
2. **Pravidlo 20/50**
   Plocha kolektorového pole = 20% z vytápěné plochy
   50 litrů akumulace na m^2
   RD se 150 m^2 = 30 m^2 kolektorů a zásobník o obsahu až 1.500 litrů.

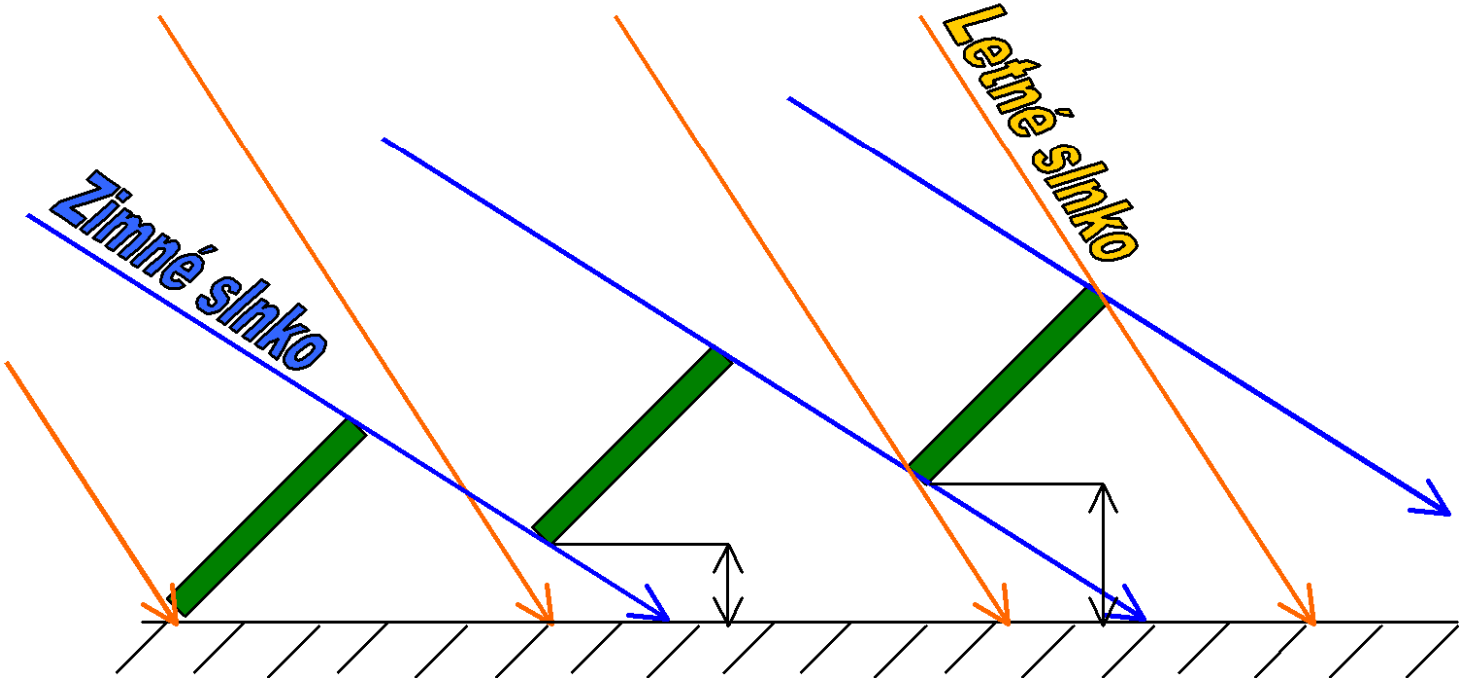
3. **Na m^2 kolektorové plochy 100 litrový zásobník.**
   Pro systémy se 100% krytím potřeby tepla až 750 l/m^2

Zastínění stavbami a vzrostlým rostlinstvem a nevhodné umístění kolektorů



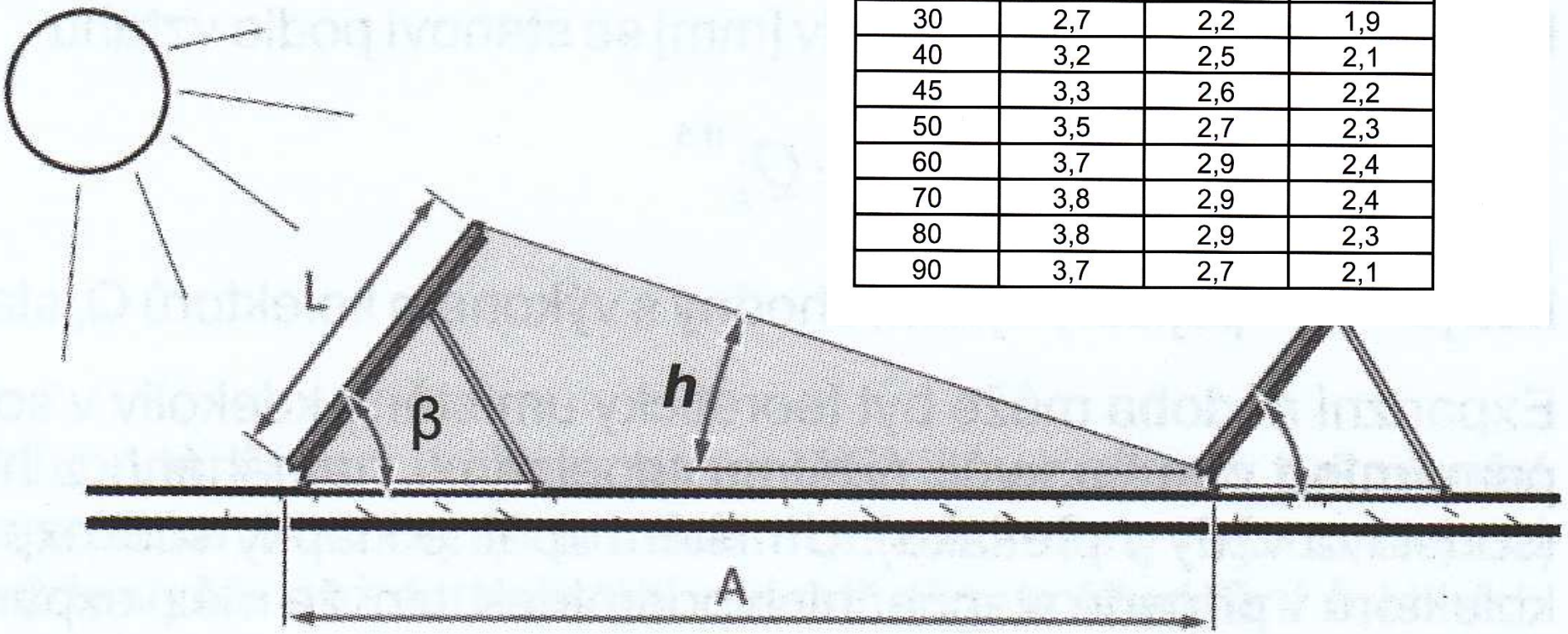
Zastínění vlastními slunečními kolektory





Tab. 3.5 – Vzdálenost řad kolektorů A

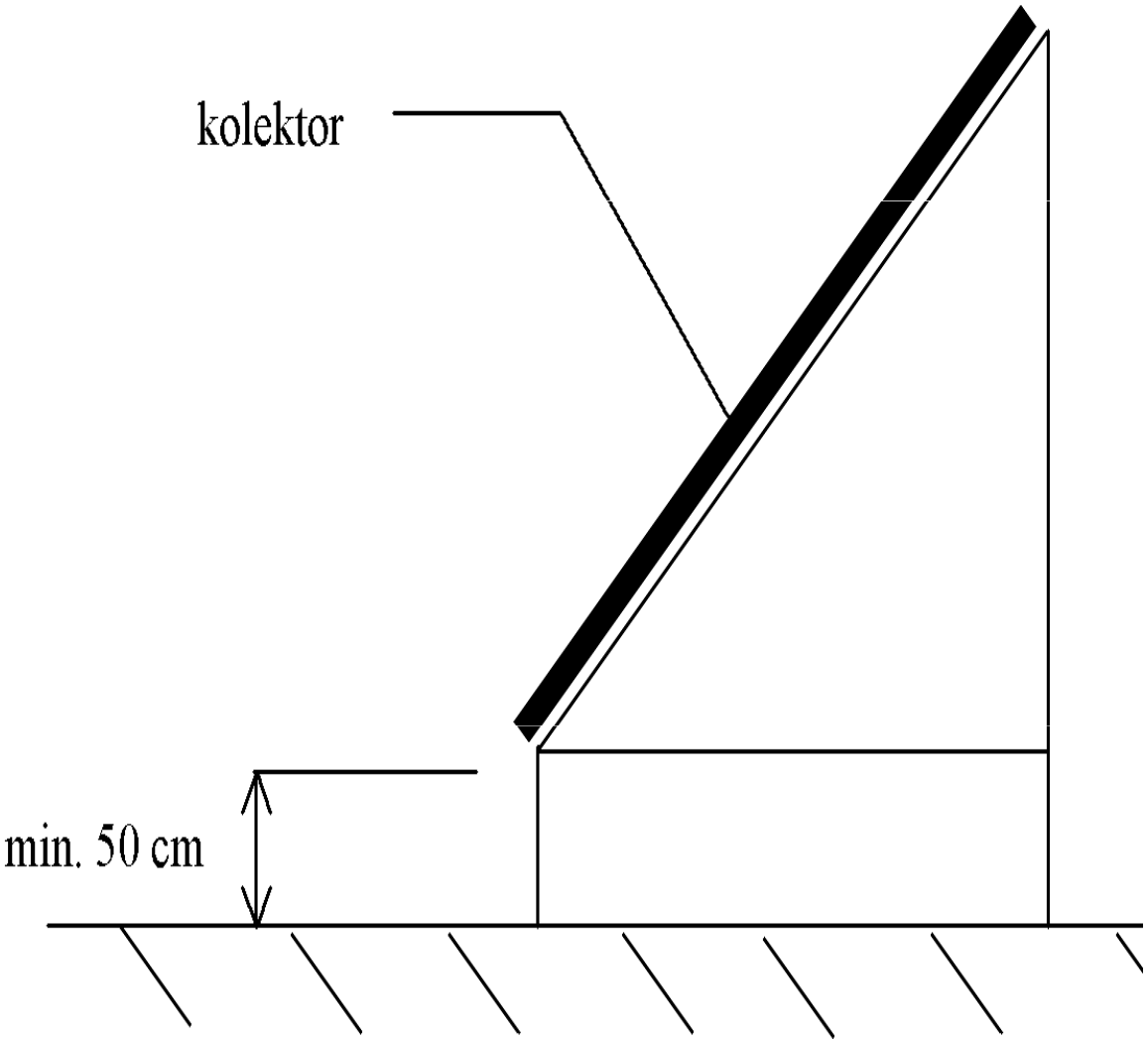
úhel sklonu kolektorů β [°]	Výška slunce nad obzorem *h* [°]		
	15	20	25
10	1,6	1,5	1,4
20	2,2	1,9	1,7
30	2,7	2,2	1,9
40	3,2	2,5	2,1
45	3,3	2,6	2,2
50	3,5	2,7	2,3
60	3,7	2,9	2,4
70	3,8	2,9	2,4
80	3,8	2,9	2,3
90	3,7	2,7	2,1



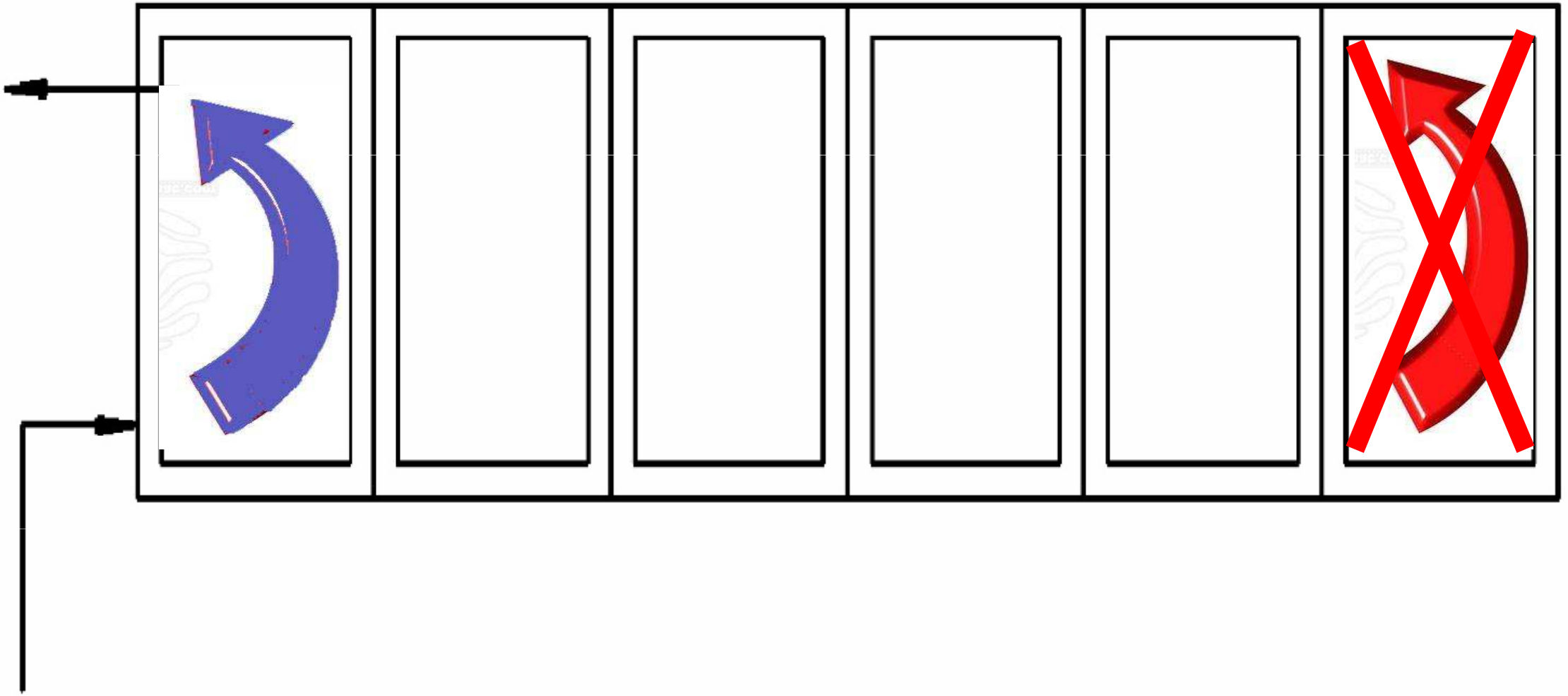
$$A = L \cdot \left(\frac{\sin \beta}{\tan h} + \cos \beta \right) \qquad (0.25)$$

Nesprávné umístění kolektorového pole

Nesprávné umístění kolektorů

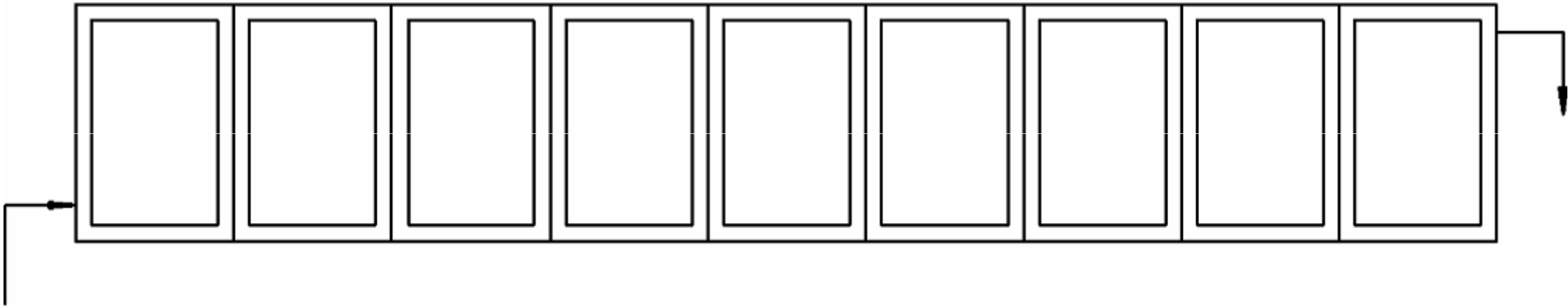


Nesprávné zapojení primárního okruhu

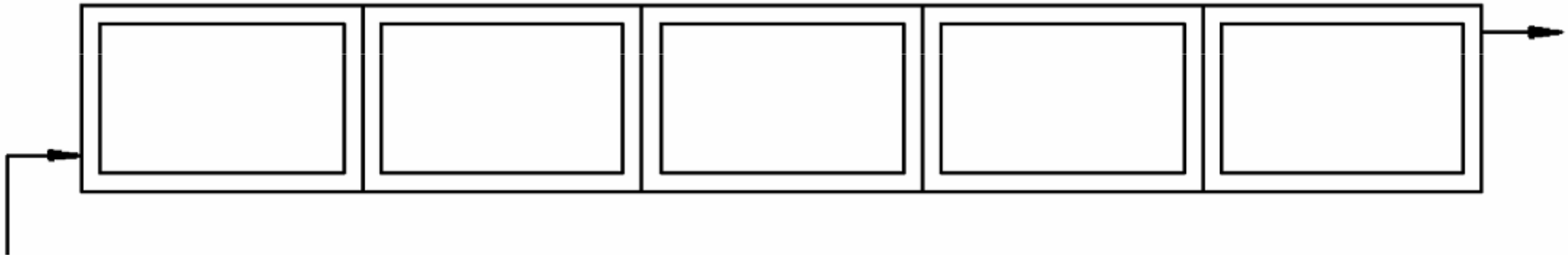


Nesprávné zapojení primárního okruhu

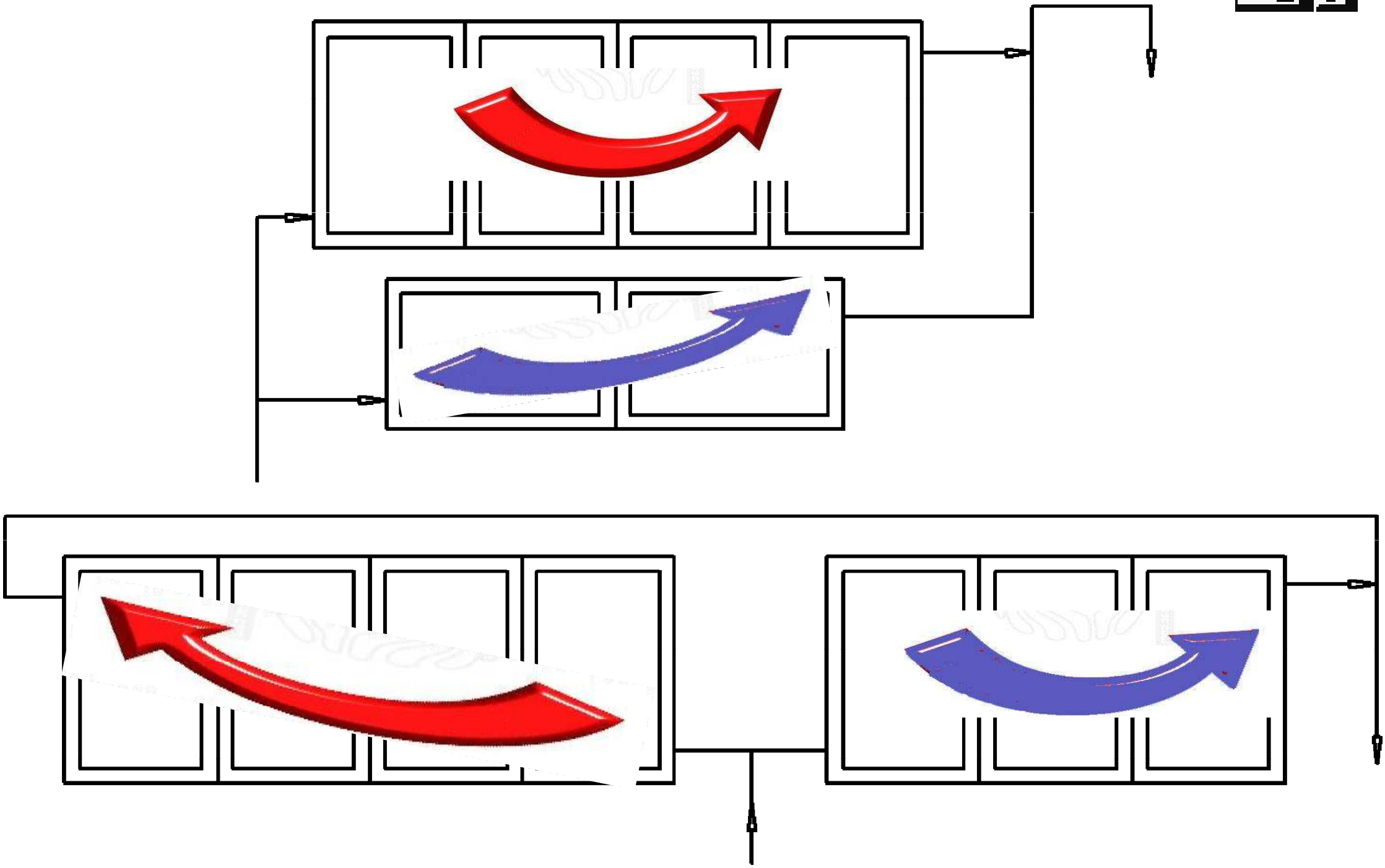
Viac ako 10 ks



Viac ako 5 ks



Nesprávné zapojení primárního okruhu



Nejčastější chyby v projektu

- použití otevřené expanzní nádoby

- nedostatečné dimenzovaní tlakové expanzní nádoby

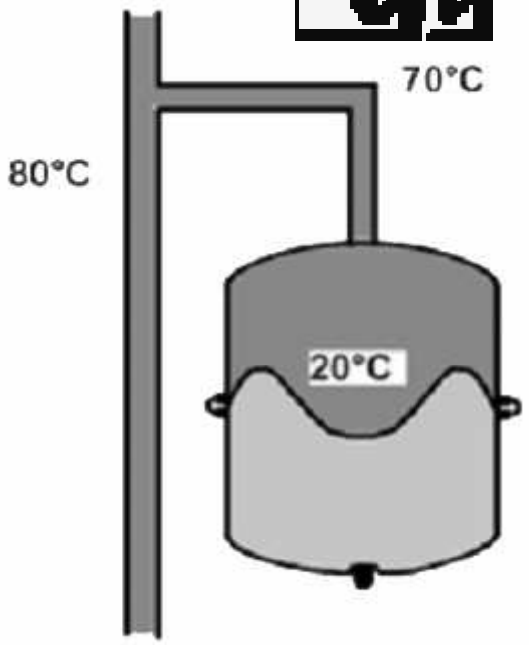
-použití méně ušlechtilých materiálů

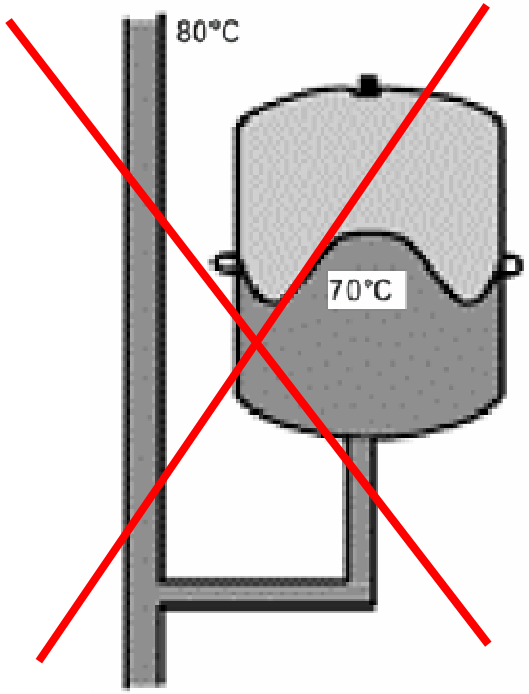
-používání regulátorů bez T_{max}

- scházející termostatický směšovací ventil na výstupu teplé vody ze zásobníku

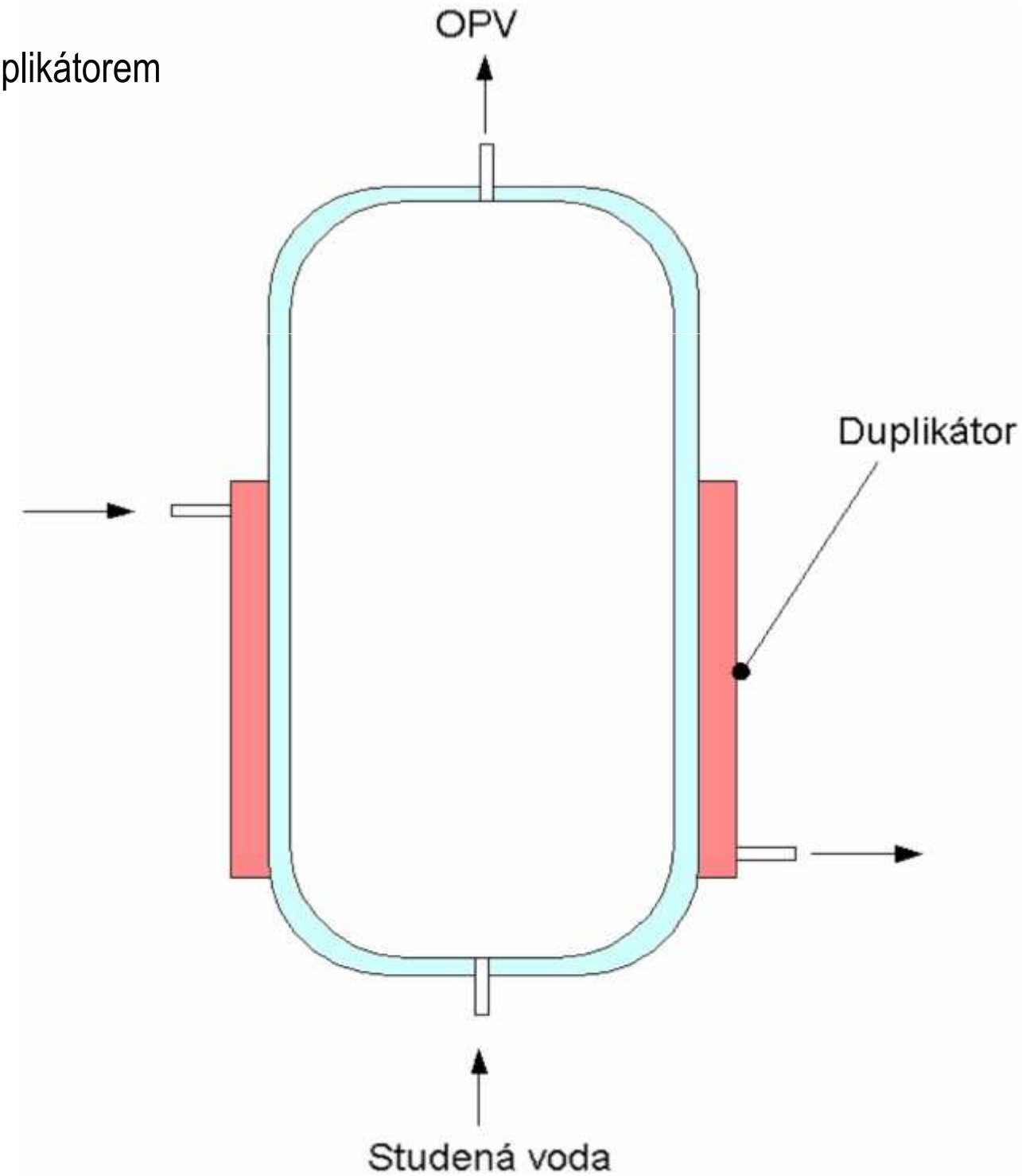
- volné vedení potrubí primárního okruhu nezabezpečené proti prověšení a vibracím - rozkmitání

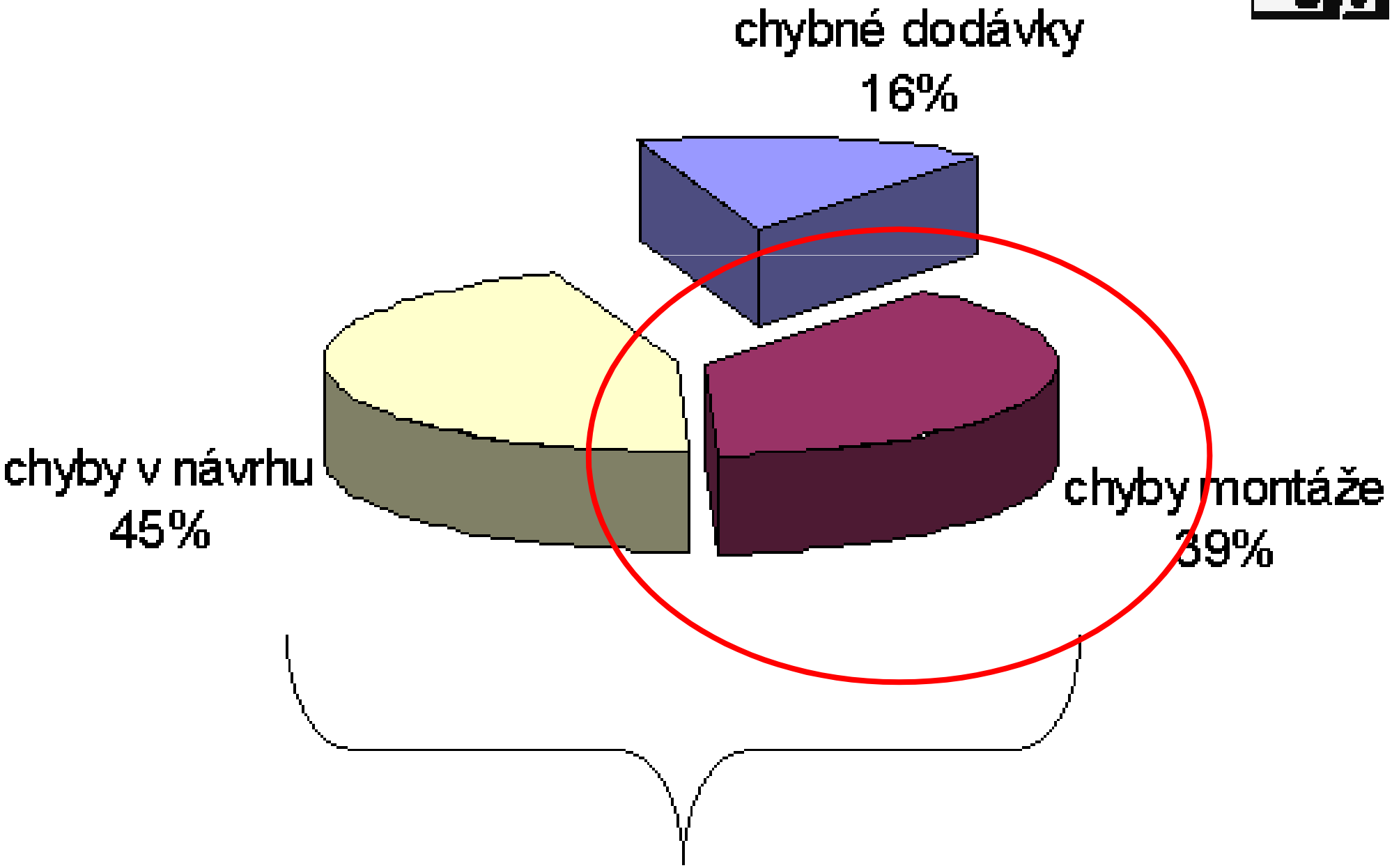
- nezohlednění teplotních dilatácí potrubí a nosných konstrukcí





Zasobník s duplikátorem



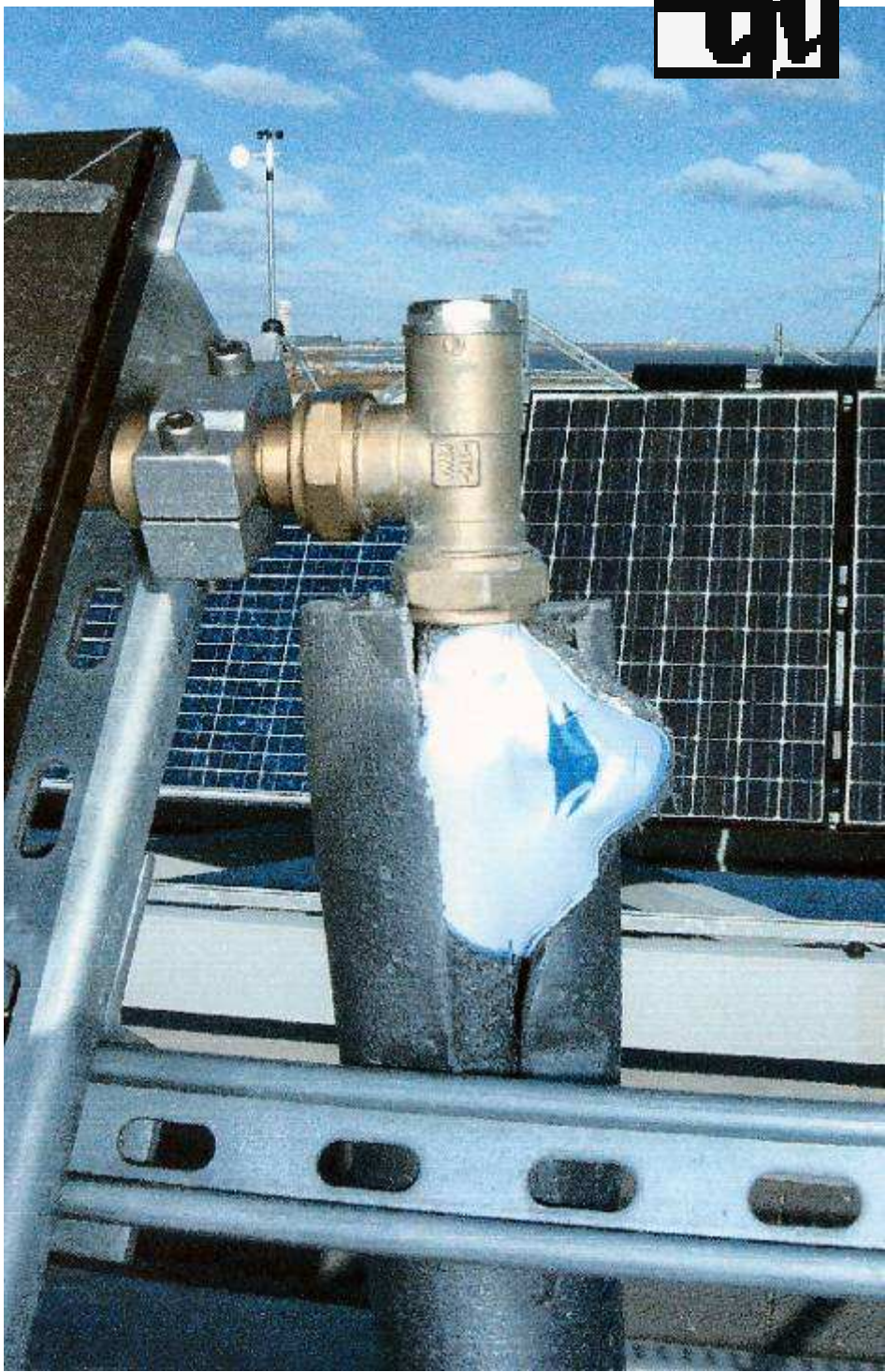


Plánovanie a montáž = hlavná príčina nedostatkov

Použití vody v primárním okruhu

Zamrzlé kolektory

Nedostatečná kvalita izolace



Netěsnosti systému v důsledku přehřívání kolektorů (cca. 10 m od kolektorů)

Degradace izolace, působení ptactva

Nejčastejší chyby při realizaci

- nesprávně namontovaná expanzní nádoba

- použití méně ušlechtilých materiálů

- použití nevhodných těsnění

- používání regulátorů bez T_{max}

- scházející termostatický směšovací ventil na výstupu teplé vody ze zásobníku

- volné vedení potrubí primárního okruhu nezabezpečené proti prověšení a vibracím (rozkmitání)

- vodorovná vedení z nerezových vlnovců.

- nezohlednění teplotních dilatací potrubí a nosných konstrukcí

Nejčastější chyby

- použití tepelných izolácí s nedostatečnou tepelnou odolností a sílou stěny

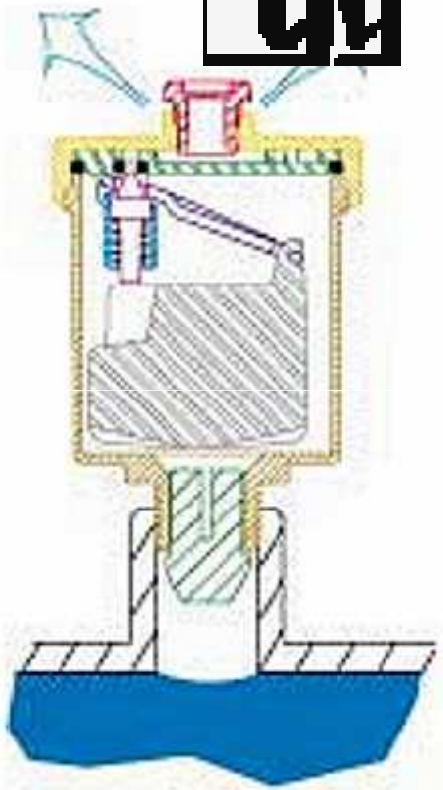
- použití automatických odvzdušňovacích ventilů

- nesprávně umístěný vypouštěcí ventil primárního okruhu

- vzduch v primárním okruhu (kolísání tlaku, hlučnost potrubí, zrychlené stárnutí teplonosné kapaliny, degradace kapaliny při vysokých stagnačních teplotách)

- ztráta teploty v zásobníku a potrubí v noci (nefunkční zpětná klapka, jednotrubková cirkulace)

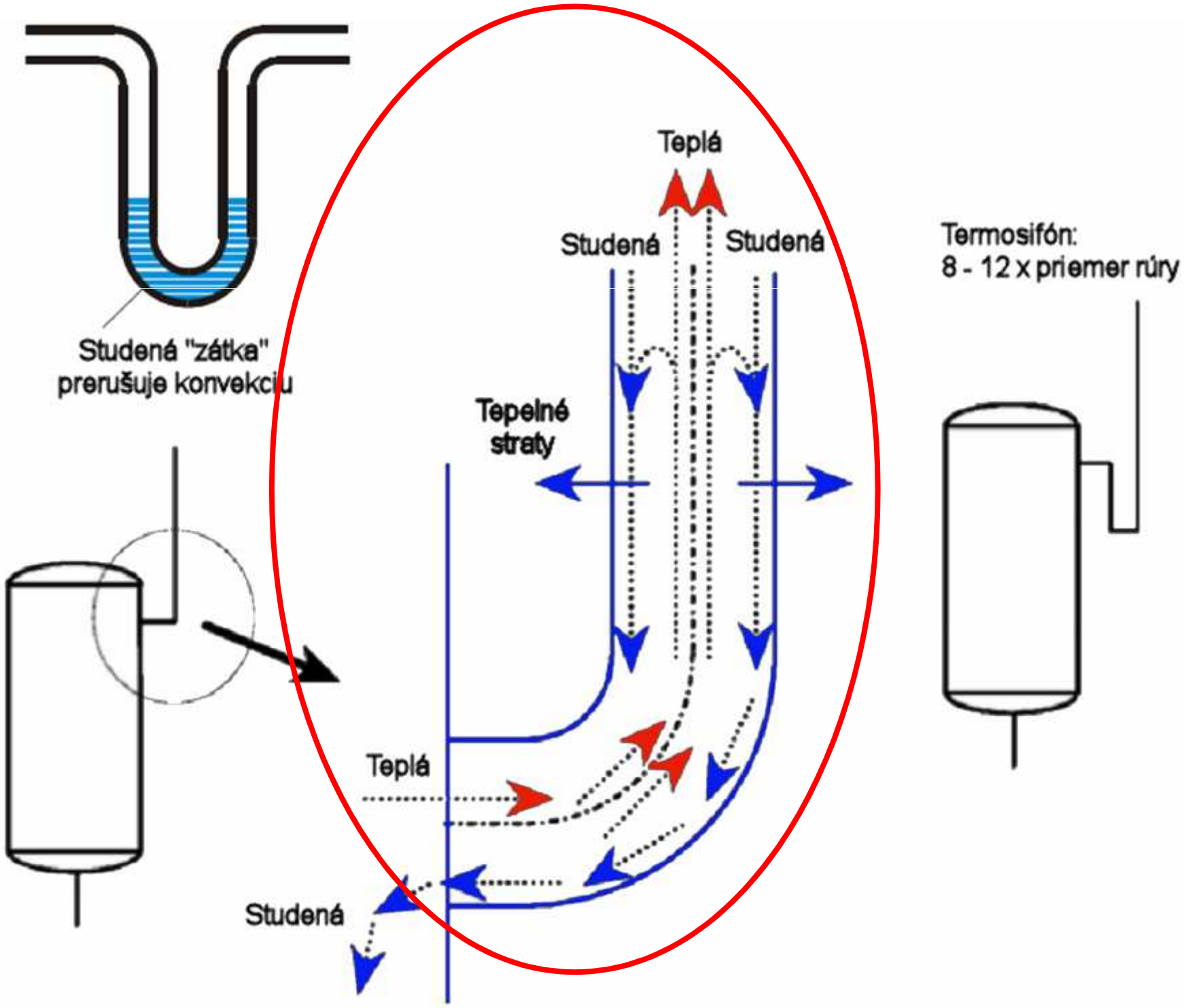
- nesprávné natlakování systému (požadované = hydrostatická výška + 0,7 bar)



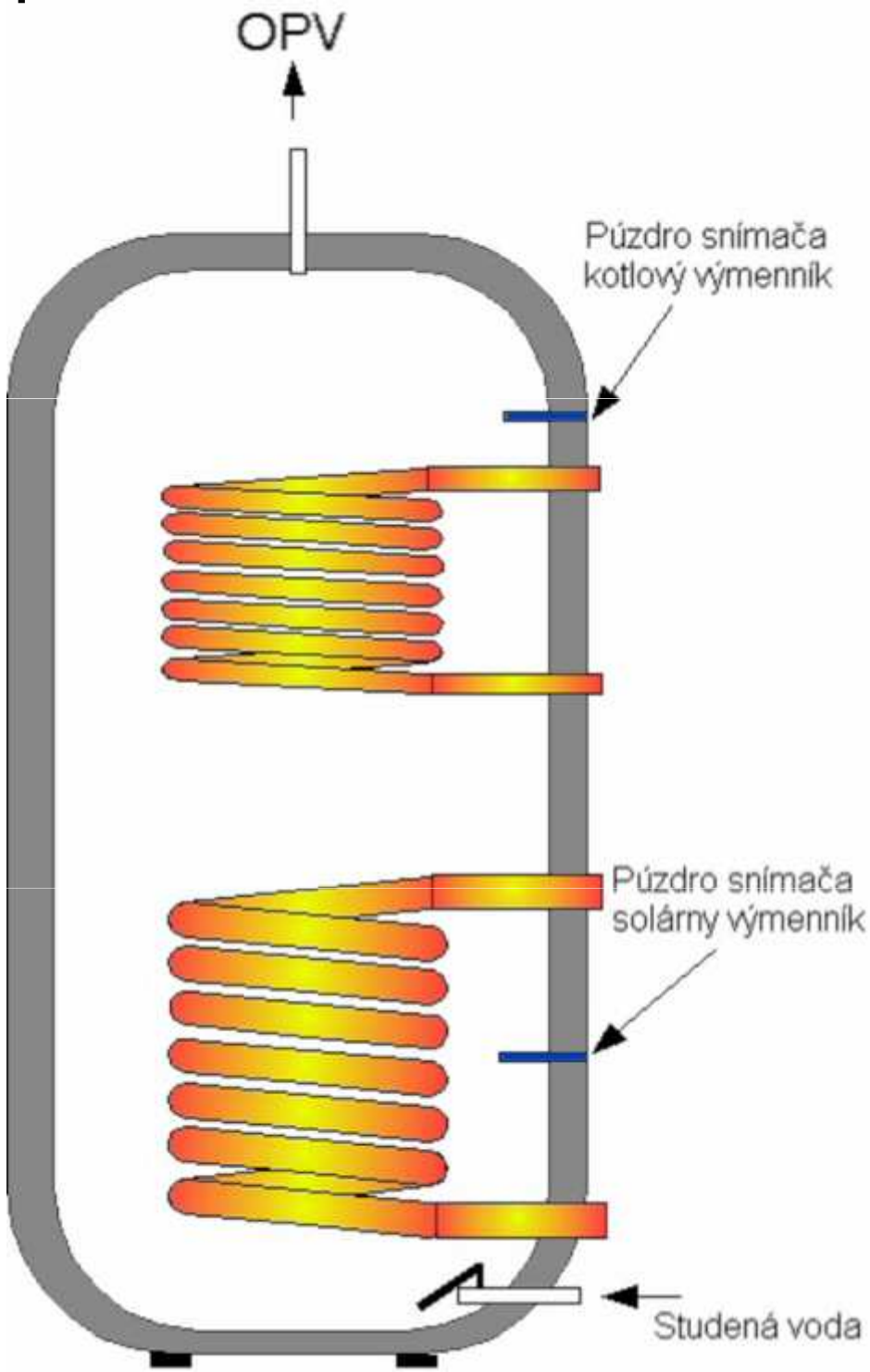
Tepelná izolace - požadavky

- **odolnost vůči max. teplotám**
  - v blízkosti kolektoru: stagnační teploty min. 170 ℃
  - vzdálenější místa: min. 120 °C

Jednotrubková cirkulace



Nesprávna poloha senzoru v zásobníku



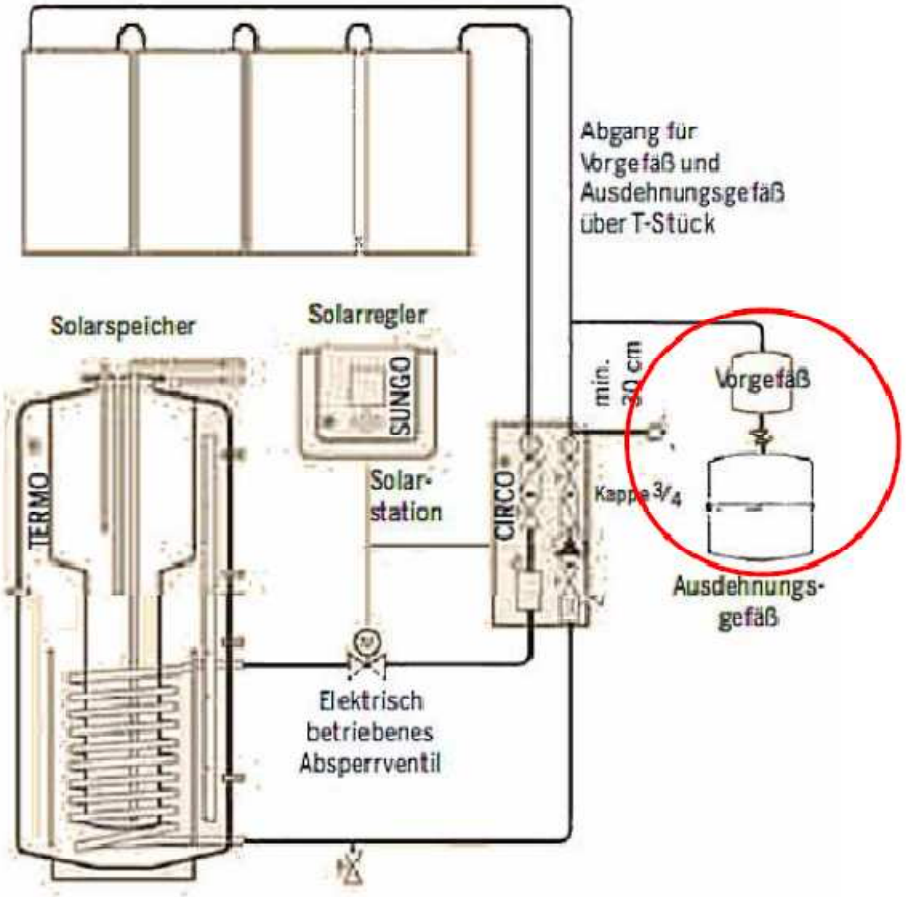
A ještě něco.....

Žiadna solárna strecha,
žiadna izolácia, odchod !
KEIN SOLARDACH,
KEINE DÄMMUNG-
ABMARSCH!

Ďalšie opatrenia proti prehrievaniu :

1. Čím kolmejšie kolektory, tým menšie prehrievanie v lete

2. Potreba ochrany expanzky predradením nádoby s objemom cca 50 % z expanzky



3. Použitie materiálov a komponentov s dobrou tepelnou stabilitou

4. Vysoké stagnačné teploty a oxidácia znižujú životnosť teplonosnej kvapaliny, preto:

a. **riadne odvzdušniť a odvzdušňovať**
b. vyplaviť okuje /preplach min. 20 min. rýchlosť vyše 0,4 m/s)
c. minimalizovať počet tesnení
d. nie príliš vysoký tlak v systéme: hydrostat. výška + 0,7 až 1 bar, pri prvom plnení + 0,1 bar na dodatočné odplynenie. Pretlak v expanzke min – 0,3 bar nižší ako prevádzkový (zohľadniť rozdiel výšky medzi manometrom a expanzkou)
e. rýchlo vyprázdňujúce sa kolektorové pole (hlavne integrované TS 400)
f. kontrola pH > 7, farby a usadenín

g. nedoplňovať expanzku vzduchom ale dusíkom

Ostatné časté chyby:

1. Tlaková skúška min. 30 min na 90 %-nú hodnotu poistného ventilu (expanzka a poistný ventil musia byť súčasťou tlakovej skúšky

2. Trojcestný ventil na podporu vykurovania umiestňovať do spiatočky (s najnižšou teplotou)

3. Zlé kontakty tepelných senzorov a bez zaizolovania

4. Nedostatočné a zle urobené tepelné izolácie

FIN
Děkuji Vám za pozornost a přeji hezký den

Solární tepelné soustavy 2011
Třeboň, 10.-11.5.2011

REALIZÁCIA VEĽKÝCH SOLÁRNYCH SÚSTAV

Ing. Alfréd Gottas
gottas@thermosolar.sk

Revízia: 05-2011

Predstavenie spoločnosti

THERMO/SOLAR Žiar

- 1974 – Založenie - thermo|solar Energietechnik GmbH
- 1987 – Plochý vákuový kolektor

- 1978 – Vyrobený prvý kolektor v ZSNP
- 1982 – Priemyselná výroba kolektorov SALK

1. január 1992

THERMO|SOLAR Žiar s.r.o.

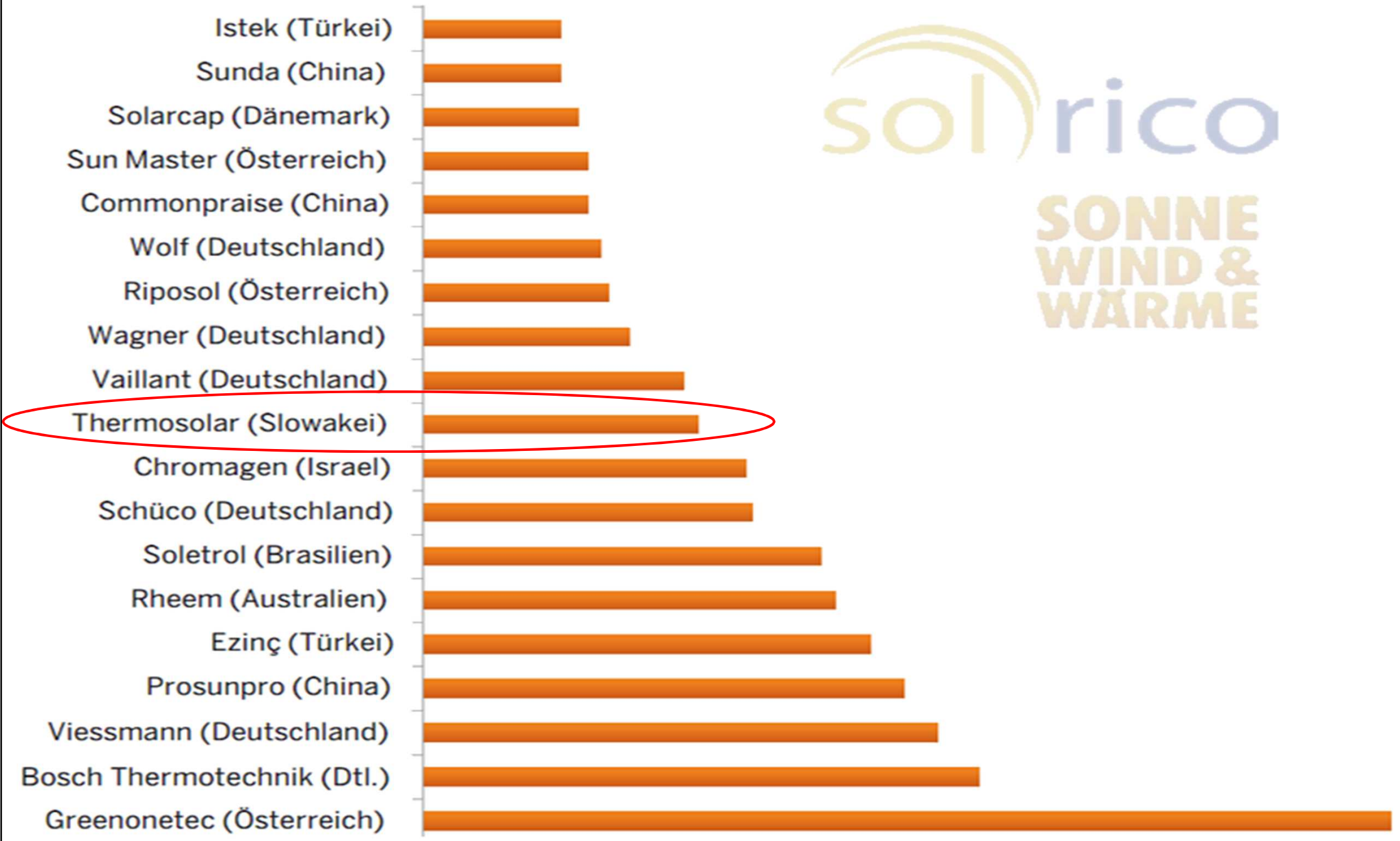
...takmer 40 rokov solárnych skúseností...

1972 – Solárna dedina Penzberg, DE, 21 rodinných domov, slnečné kolektory + tepelné čerpadlo

1986 – Kúpalisko Zvolen , SK

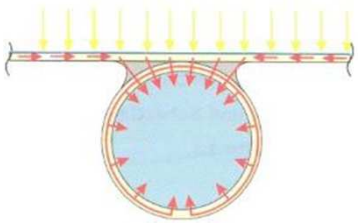
1995 - Slatiňany, CZ, Sezónna akumulácia tepla, 1100 m^3 v spojení s tepelným čerpadlom

Ranking výrobcov plochých kolektorov v roku 2009

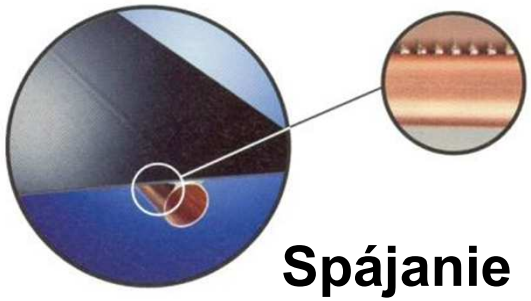


Zdroj: SWW 17/2010

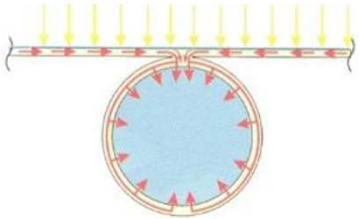
Patentovo chránené riešenie spojenia absorbčnej Platne a potrubia



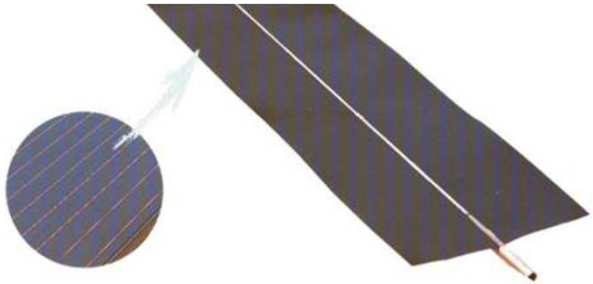
Spájkovanie



Spájanie laserom

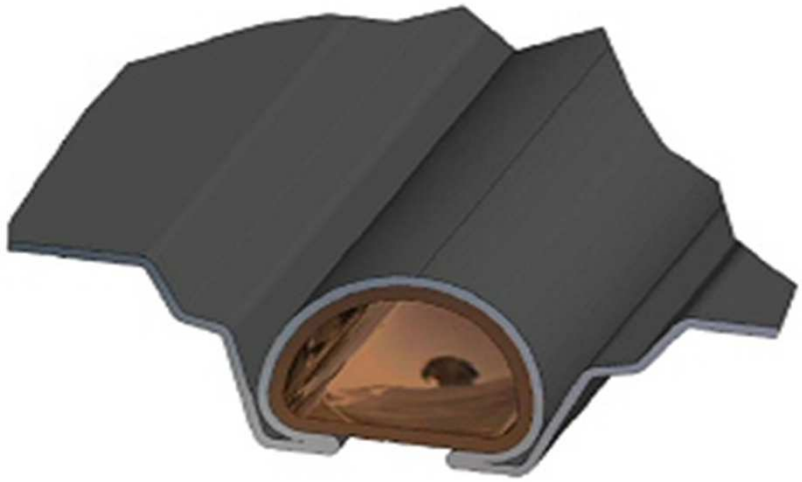


Laser, ultrazvuk



Spájanie ultrazvukom

Štandardné spájanie

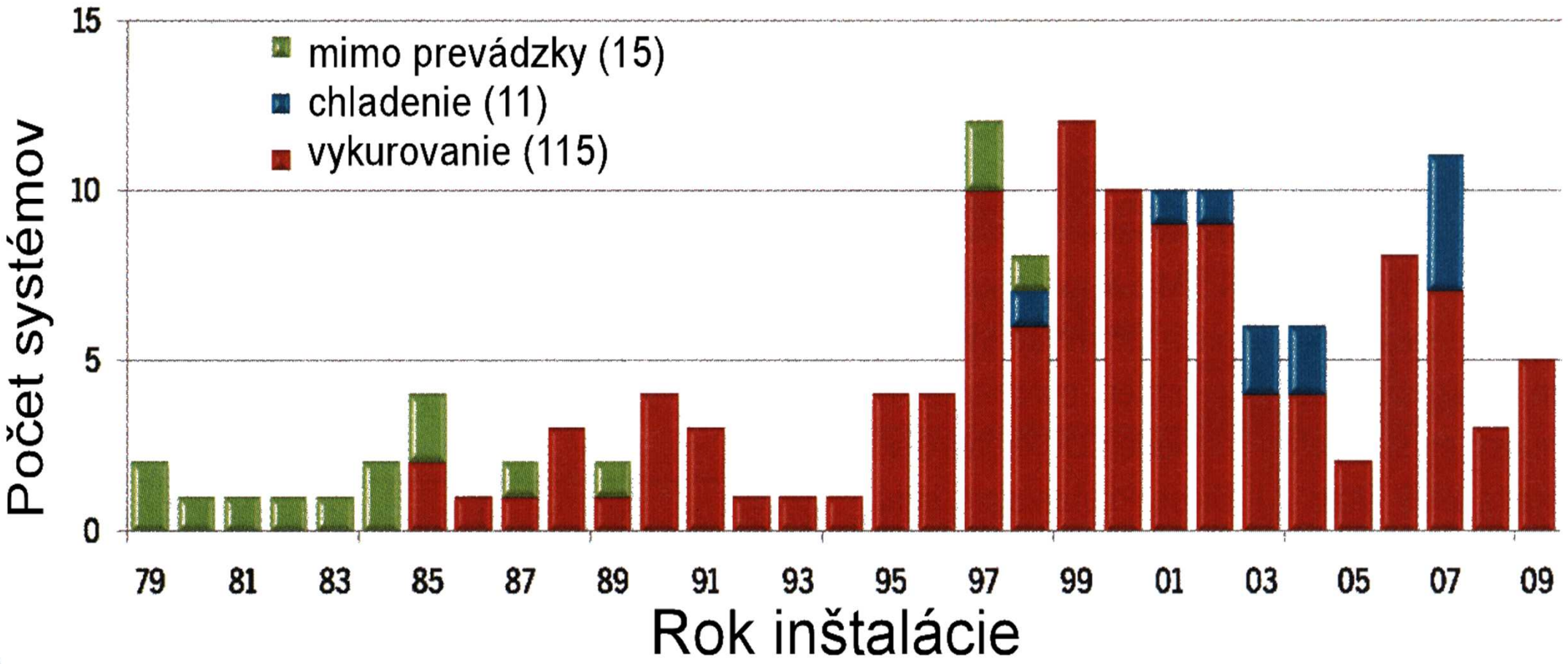


Thermo/solar spájanie

Veľké a „veľké“ systémy

Marstal, 18 300 m^2 kolektorovej plochy, najväčší realizovaný systém

Zdroj: SW&W 15/2010



- 126 funkčných solárnych zariadení s inštalovaným výkonom nad 350 kW_{th} (500 m^2 kolektorovej plochy)
- iba 40 s výkonom vyšším ako 1 MW_{th} (1 450 m^2 kolektorovej plochy)

Zdroj: SW&W 15/2010

Štatistika ESTIF

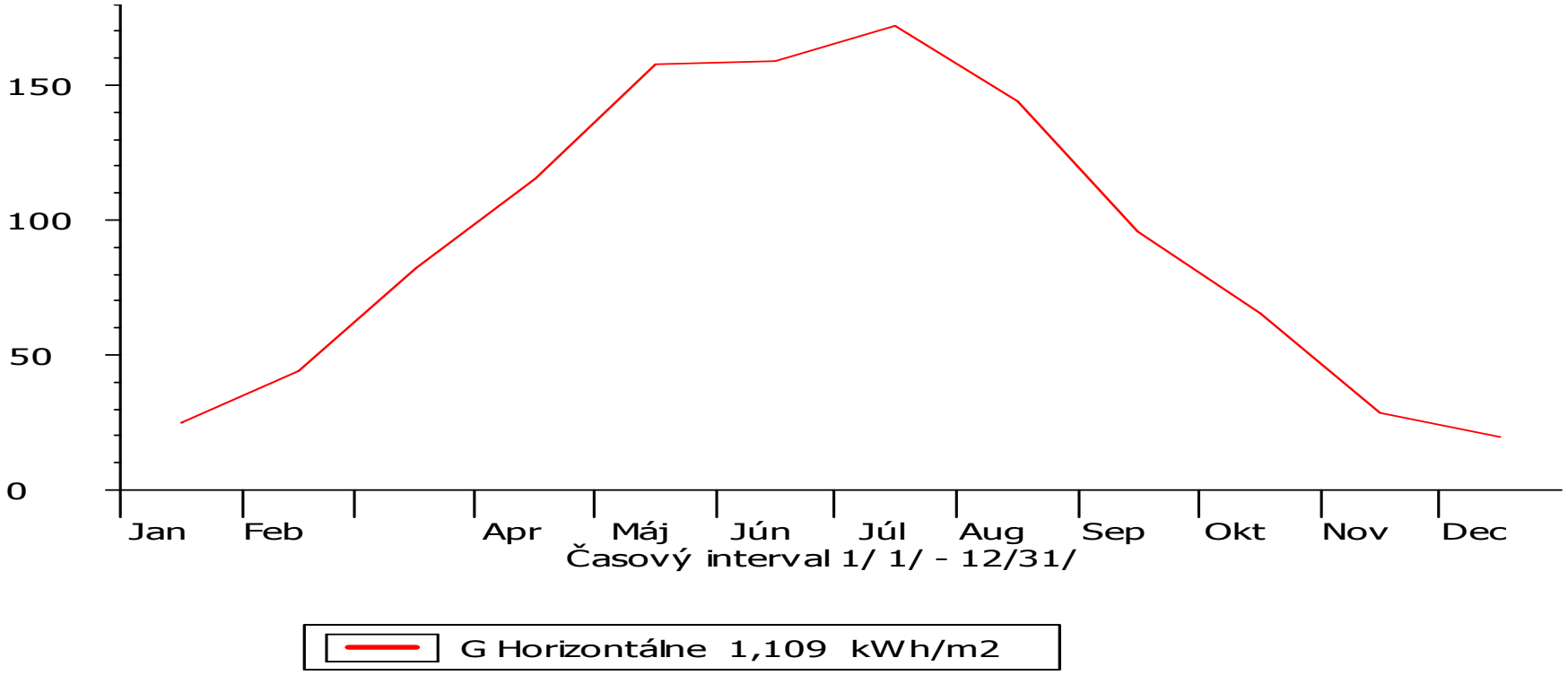
	In Operation[2]		Market (=Newly Installed)					
	2009		2007	2008	2009			
	Total Glazed		Total Glazed	Total Glazed	Total Glazed	Flat Plate	Vacuum Collectors	Total Glazed
	m²	kW(th)	m²	m²	m²	m²	m²	kW(th)
Austria	3,596,874	2,517,812	281,000	347,703	356,544	348,786	7,758	249,581
Belgium	290,847	203,593	65,000	62,200	50,700	45,500	5,200	35,490
Bulgaria	127,900	89,530	2,500	25,500	25,000	23,750	1,250	17,500
Switzerland	768,707	538,095	65,576	112,833	146,750	136,500	10,250	102,725
Cyprus	735,200	514,640	60,000	60,000	55,000	53,000	2,000	38,500
Czech Republic	211,220	147,854	25,000	35,000	40,000	30,000	10,000	28,000
Germany	12,709,000	8,896,300	940,000	2,100,000	1,615,000	1,430,000	185,000	1,130,500
Denmark	472,780	330,946	23,000	33,000	54,500	52,000	2,500	38,150
Estonia*	2,420	1,694	350	500	450	60	390	315
Spain	1,802,166	1,261,516	275,000	434,000	391,000	375,000	16,000	273,700
Finland*	26,973	18,881	2,500	4,100	4,000	2,800	1,200	2,800
France[3]	1,959,100	1,371,370	330,000	388,000	335,000	324,000	11,000	234,500
Greece	4,074,200	2,851,940	283,000	298,000	206,000	204,500	1,500	144,200
Hungary	82,590	57,813	20,648	11,000	25,000	17,000	8,000	17,500
Ireland	107,760	75,432	15,000	43,610	33,360	20,740	12,620	23,352
Italy	2,006,230	1,404,361	330,000	421,000	400,000	350,000	50,000	280,000
Lithuania	2,200	1,540	300	300	200	50	150	140
Luxemburg*	27,200	19,040	3,000	3,600	4,700	3,650	1,050	3,290
Latvia*	1,740	1,218	210	210	180	40	140	126
Malta*	40,860	28,602	5,500	6,000	5,500	5,500	0	3,850
Netherlands	407,341	285,139	19,900	25,000	44,000	44,000	0	30,800
Poland	509,860	356,902	68,147	129,632	144,184	106,514	37,670	100,929
Portugal	493,340	345,338	52,000	86,000	174,390	173,040	1,350	122,073
Romania*	114,300	80,010	6,500	8,000	20,000	11,000	9,000	14,000
Sweden	310,517	217,362	25,465	26,813	21,310	13,125	8,185	14,917
Slovenia	159,300	111,510	12,000	16,000	22,000	17,000	5,000	15,400
Slovakia	108,750	76,125	9,000	13,500	13,500	11,600	1,900	9,450
United Kingdom	475,020	332,514	54,000	81,000	89,100	51,975	37,125	62,370
EU27 + Switzerland	31,624,644	22,137,251	2,974,596	4,772,501	4,277,618	-	-	2,994,333

Zdroj: ESTIF 2010

CZT = cca. 10 % európskej potreby tepla
Solárne systémy pre CZT = 0,25–0,3 % inštalovanej kolektorovej plochy v EÚ

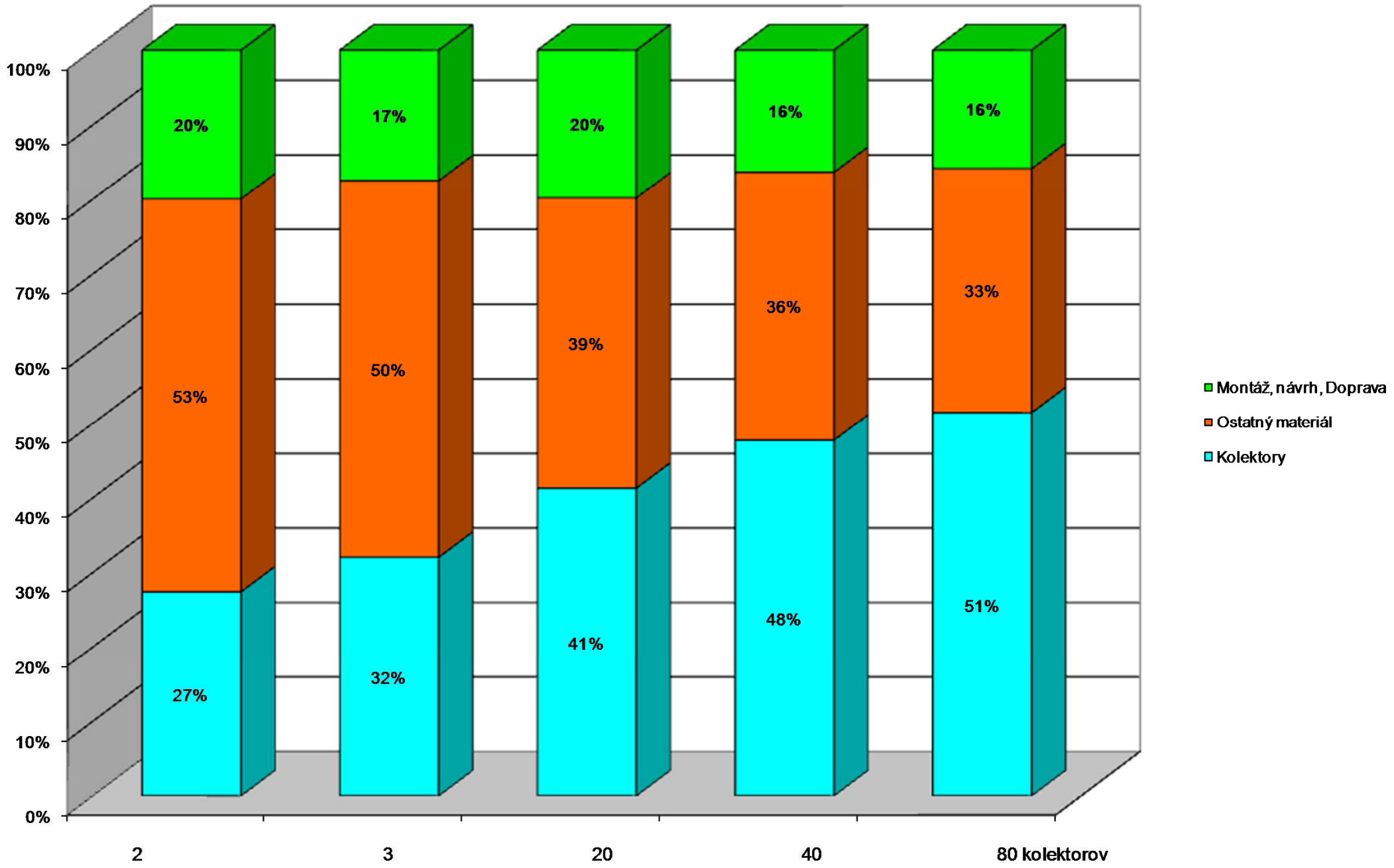
- rozvody CZT sú prevádzkované na vysokých teplotách
- v zimnom období nie sú zriedkavé prípady 120/90 °C.

- intenzita slnečného žiarenia je v zimnom období podstatne nižšia ako v lete
- v strednej Európe dopadne na jednotkovú plochu cca iba 25 % a v letnom polroku až 75 % z celoročného množstva slnečnej energie (Brno – presne 76,2 % pre IV-IX)

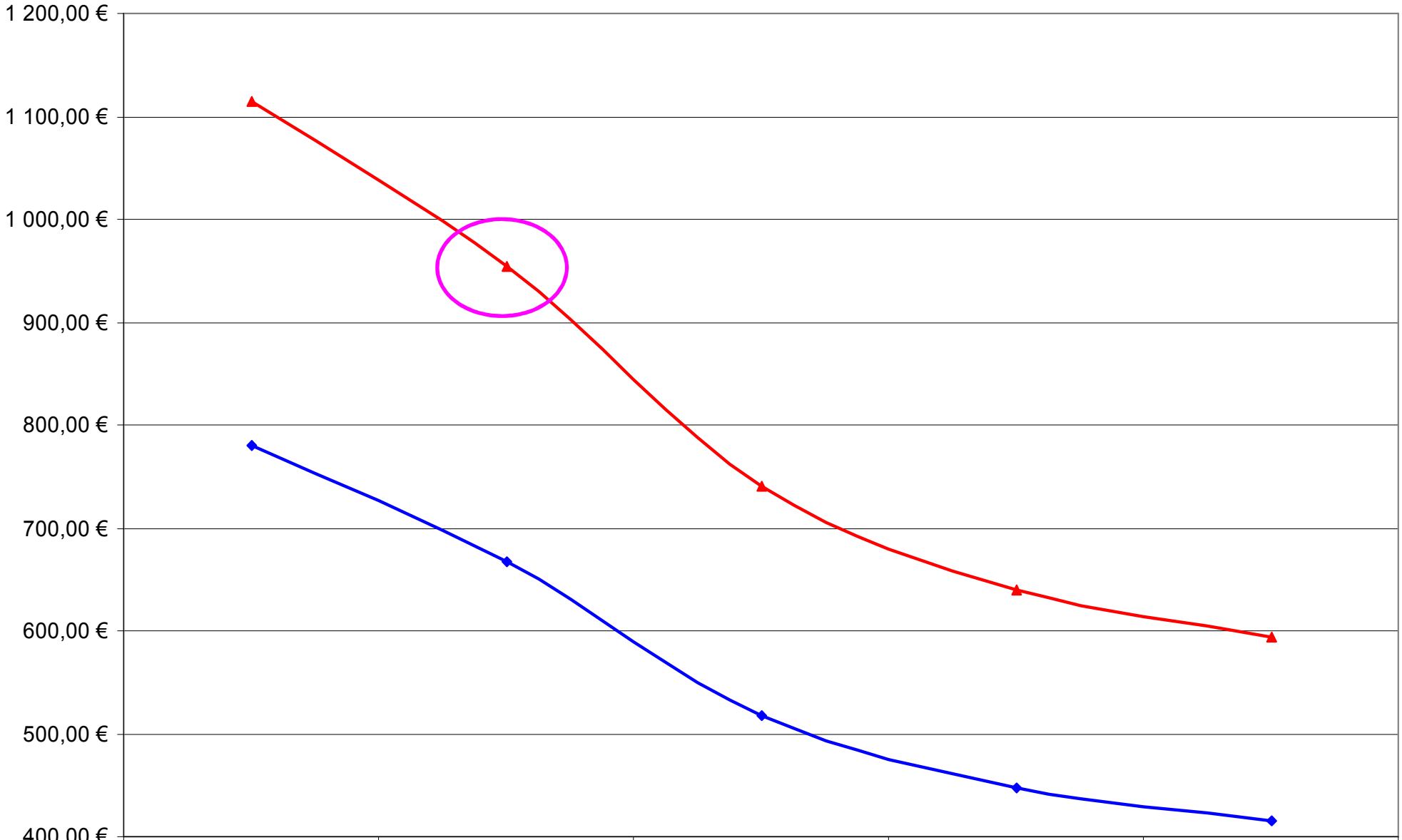


Investičné náklady pri veľkých systémoch

Rozdelenia nákladov na systém – prieskum THERMO/SOLAR

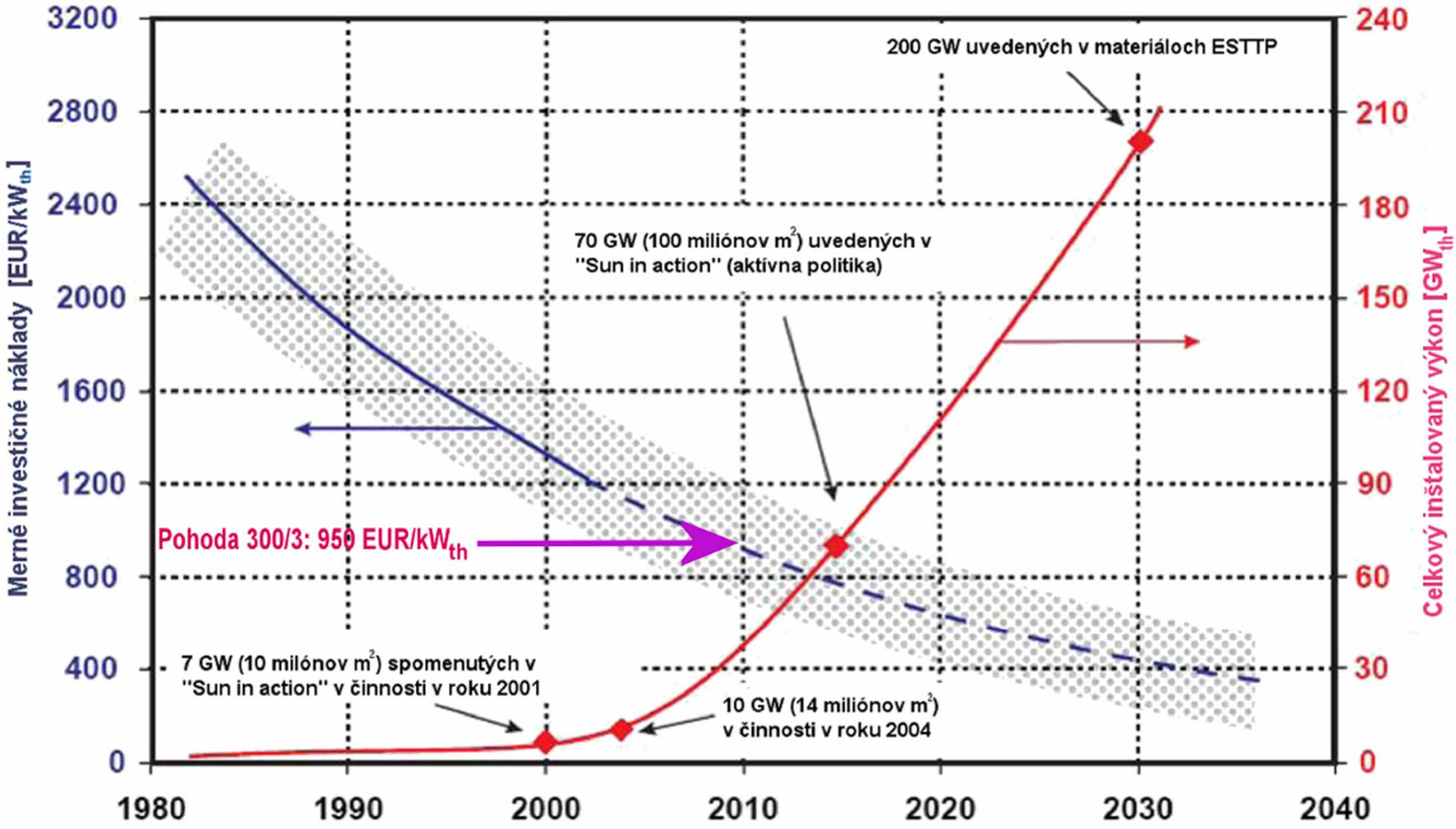


Merné investičné náklady na systém – prieskum THERMO/SOLAR



	2	3	20	40	80
Cena za 1 m2 s DPH	780,18 €	667,49 €	517,88 €	447,90 €	415,70 €
Cena za 1 kWth s DPH	1 114,54 €	953,55 €	739,82 €	639,85 €	593,86 €

Počet kolektorov



Vývoj merných investičných nákladov a inštalovaných výkonov solárnych systémov v strednej Európe, zdroj:www.esttp.org

Ceny:

- malé solárne zariadenia (20-30 m^2) ~ 15 – 20 000 CZK / m^2

- väčšie solárne zaradenia (300-400 m^2) ~ 10 – 13 000 CZK / m^2

- všeobecne:

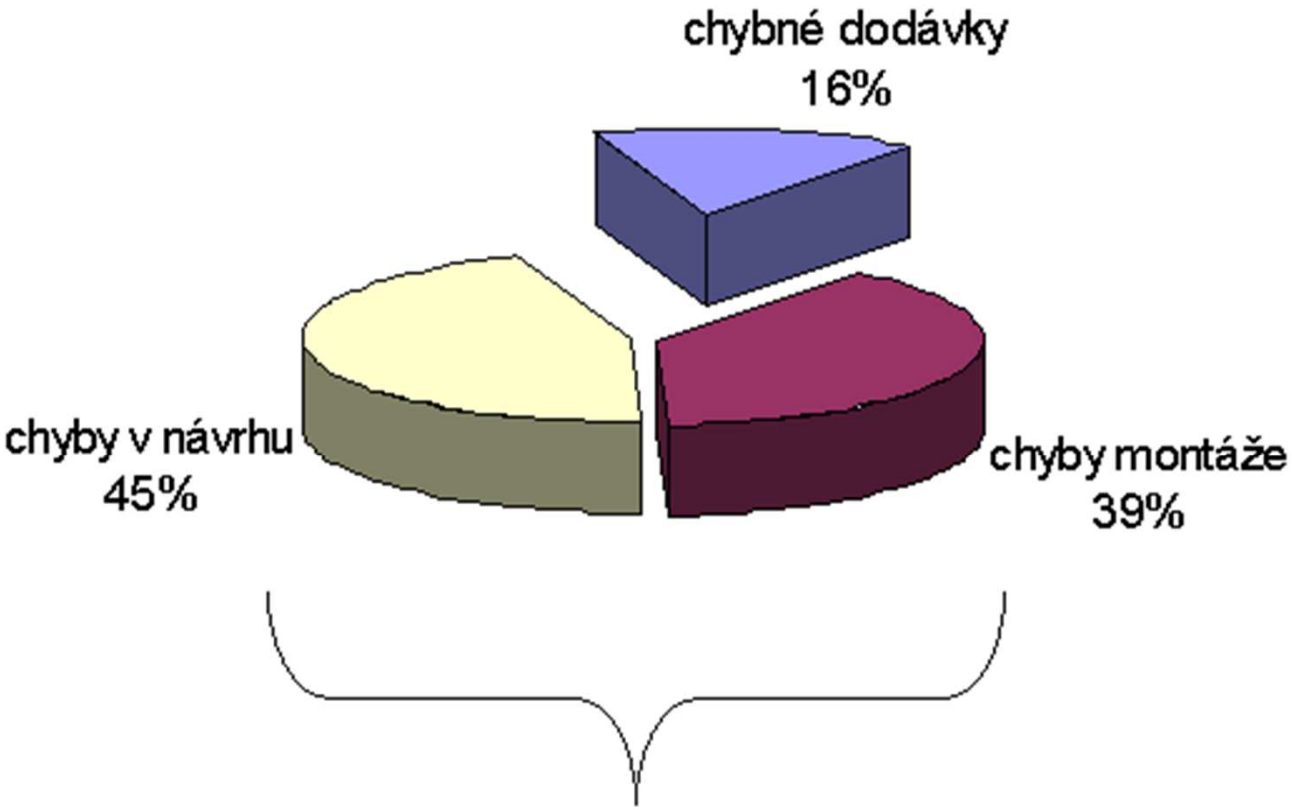
  možné rozdiely – integrácia do strechy, rovná strecha,
  disponibilné zásobníky, dĺžka spojovacích potrubí a pod.

- špecifické náklady naviac na m2 bytovej plochy ~ 350 – 900 CZK/ m2
  t.j. 1 – 1,5 % nákladov na byt

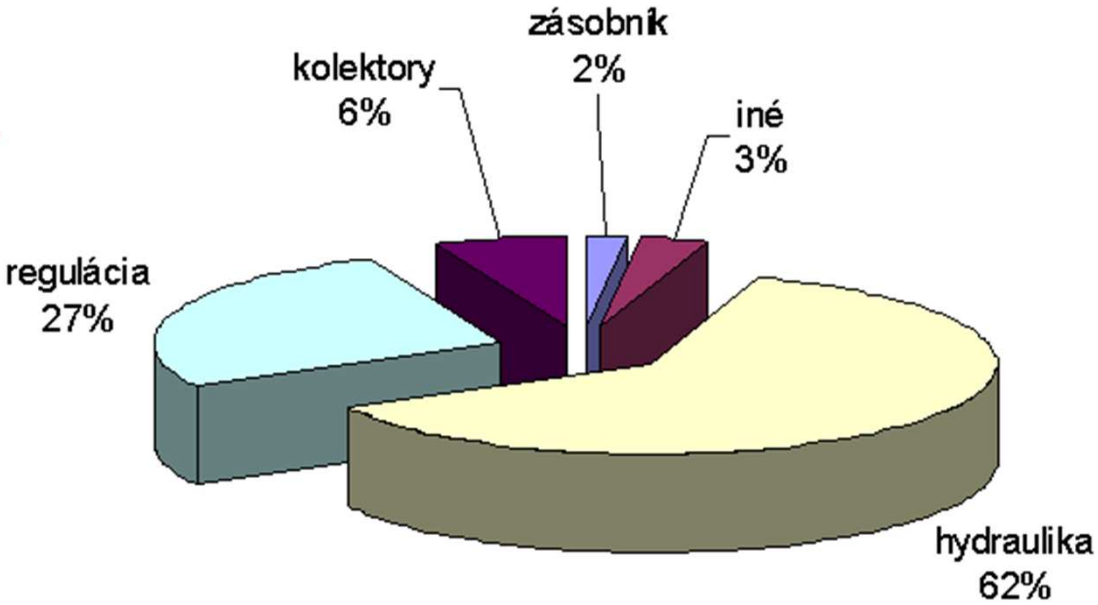
Najčastejšia chyba ?

Šetrenie na nesprávnom mieste !!!

Najčastejšie príčiny reklamácií/nefunkčnosti solárnych systémov



Plánovanie a montáž = hlavná príčina nedostatkov

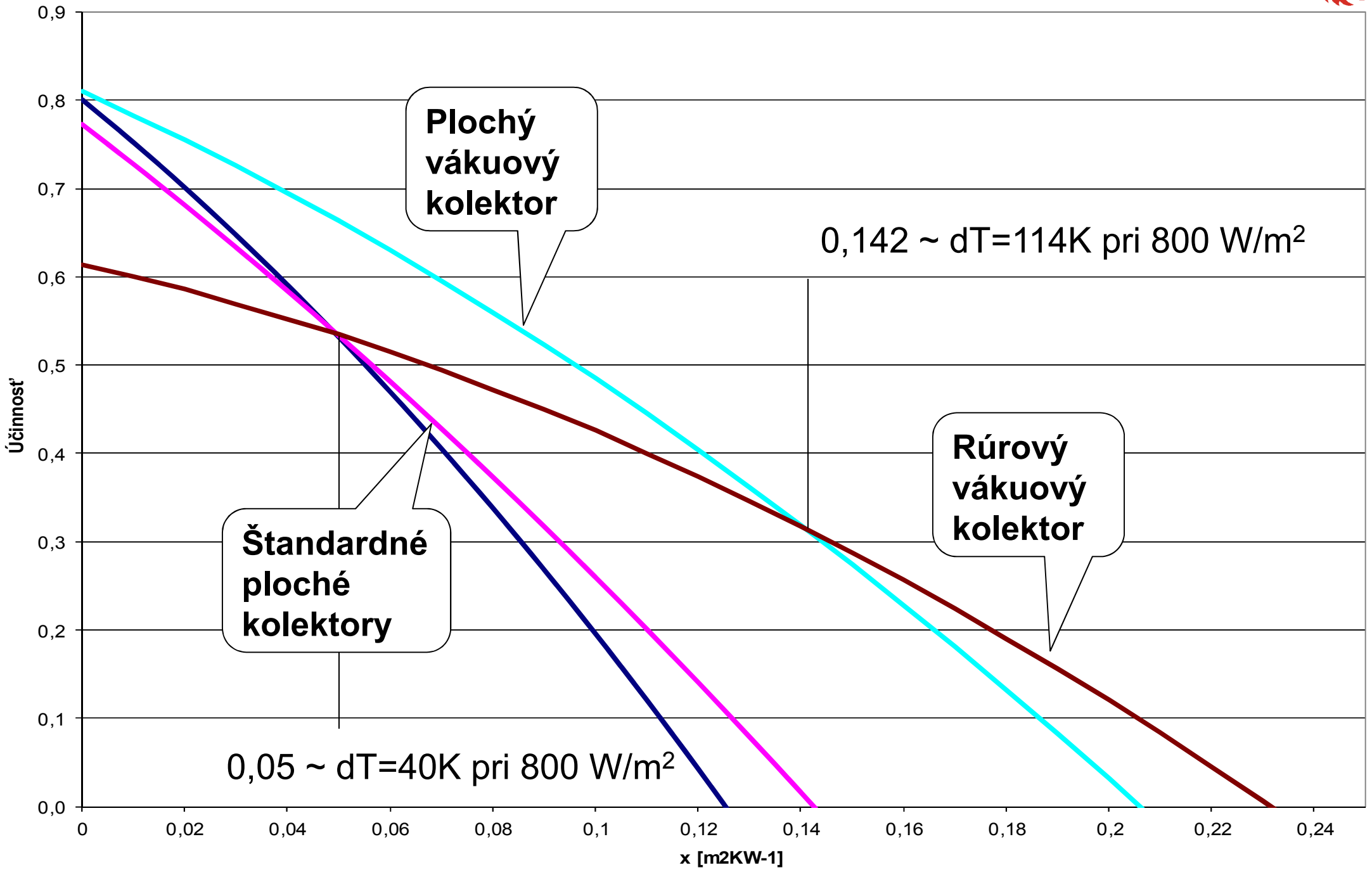


Zdroj: 14. Symposium Thermische Solaranlagen, Kloster
12.-14. Mai 2004 Christian Keilholz, Fa. Solarklima

Špecifikum v našich krajinách – výber vhodných materiálov

- kolektory
- izolácie
- zásobníky
- ...

Porovnanie rúrových a plochých kolektorov



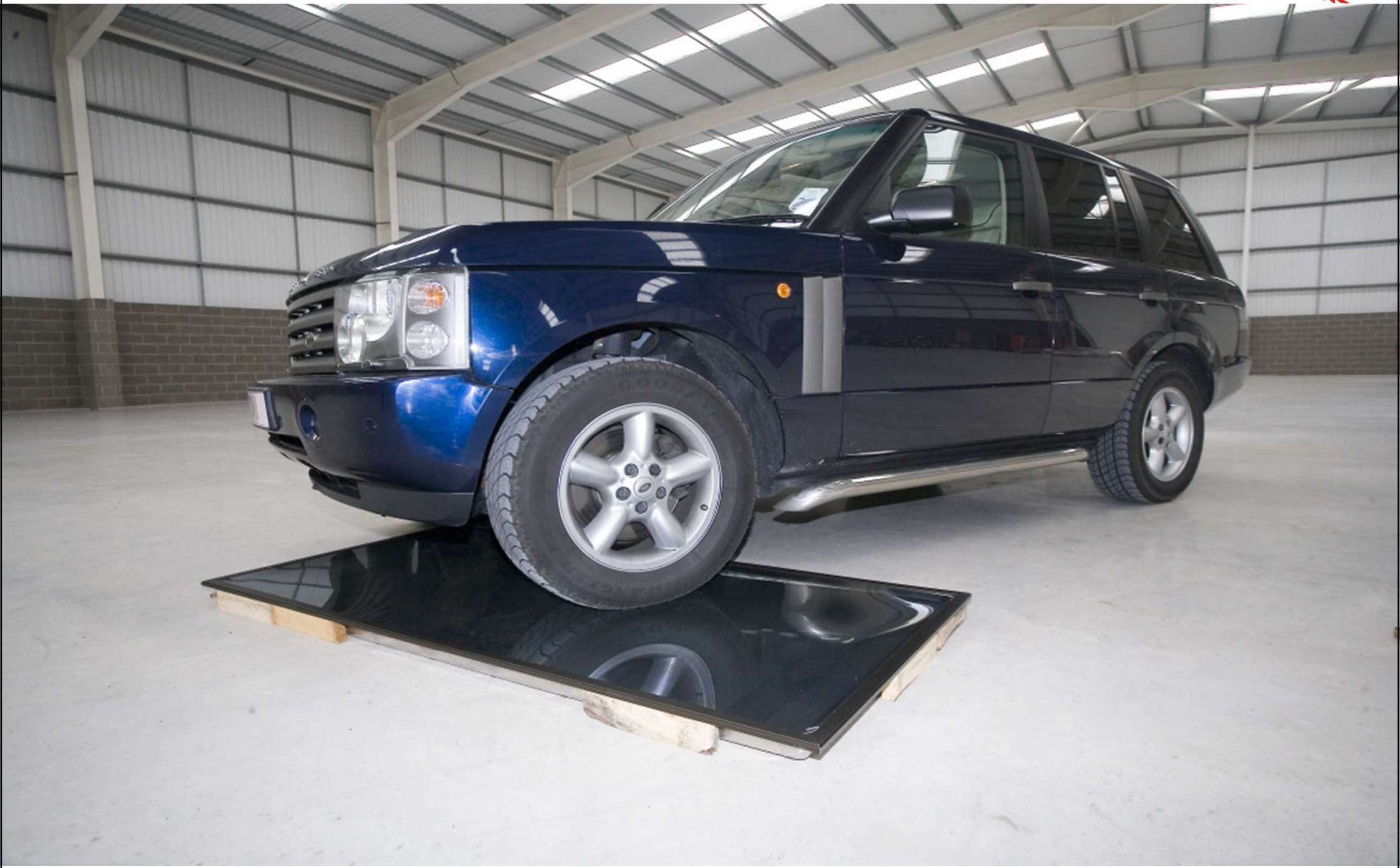
ZH-531AL

ZH-531AL

ZH-531AL

ZH-531AL

Potenciálne nebezpečenstvo deštrukcie vákuových rúr topiacim sa/zamŕzajúcim snehom



Zdroj: Archív spoločnosti Genersys plc., Londýn, GB

Pomer plochých a rúrových kolektorov namontovaných v krajinách EÚ

	In Operation[2]		Market (=Newly Installed)					
	2009		2007	2008	2009			
	Total Glazed		Total Glazed	Total Glazed	Total Glazed	Flat Plate	Vacuum Collectors	Total Glazed
	m²	kW(th)	m²	m²	m²	m²	m²	kW(th)
Austria	3,596,874	2,517,812	281,000	347,703	356,544	348,786	7,758	249,581
Belgium	290,847	203,593	65,000	62,200	50,700	45,500	5,200	35,490
Bulgaria	127,900	89,530	2,500	25,500	25,000	23,750	1,250	17,500
Switzerland	768,707	538,095	65,576	112,833	146,750	136,500	10,250	102,725
Cyprus	735,200	514,640	60,000	60,000	55,000	53,000	2,000	38,500
Czech Republic	211,220	147,854	25,000	35,000	40,000	30,000	10,000	28,000
Germany	12,709,000	8,896,300	940,000	2,100,000	1,615,000	1,430,000	185,000	1,130,500
Denmark	472,780	330,946	23,000	33,000	54,500	52,000	2,500	38,150
Estonia*	2,420	1,694	350	500	450	60	390	315
Spain	1,802,166	1,261,516	275,000	434,000	391,000	375,000	16,000	273,700
Finland*	26,973	18,881	2,500	4,100	4,000	2,800	1,200	2,800
France[3]	1,959,100	1,371,370	330,000	388,000	335,000	324,000	11,000	234,500
Greece	4,074,200	2,851,940	283,000	298,000	206,000	204,500	1,500	144,200
Hungary	82,590	57,813	20,648	11,000	25,000	17,000	8,000	17,500
Ireland	107,760	75,432	15,000	43,610	33,360	20,740	12,620	23,352
Italy	2,006,230	1,404,361	330,000	421,000	400,000	350,000	50,000	280,000
Lithuania	2,200	1,540	300	300	200	50	150	140
Luxemburg*	27,200	19,040	3,000	3,600	4,700	3,650	1,050	3,290
Latvia*	1,740	1,218	210	210	180	40	140	126
Malta*	40,860	28,602	5,500	6,000	5,500	5,500	0	3,850
Netherlands	407,341	285,139	19,900	25,000	44,000	44,000	0	30,800
Poland	509,860	356,902	68,147	129,632	144,184	106,514	37,670	100,929
Portugal	493,340	345,338	52,000	86,000	174,390	173,040	1,350	122,073
Romania*	114,300	80,010	6,500	8,000	20,000	11,000	9,000	14,000
Sweden	310,517	217,362	25,465	26,813	21,310	13,125	8,185	14,917
Slovenia	159,300	111,510	12,000	16,000	22,000	17,000	5,000	15,400
Slovakia	108,750	76,125	9,000	13,500	13,500	11,600	1,900	9,450
United Kingdom	475,020	332,514	54,000	81,000	89,100	51,975	37,125	62,370
EU27 + Switzerland	31,624,644	22,137,251	2,974,596	4,772,501	4,277,618	-	-	2,994,333

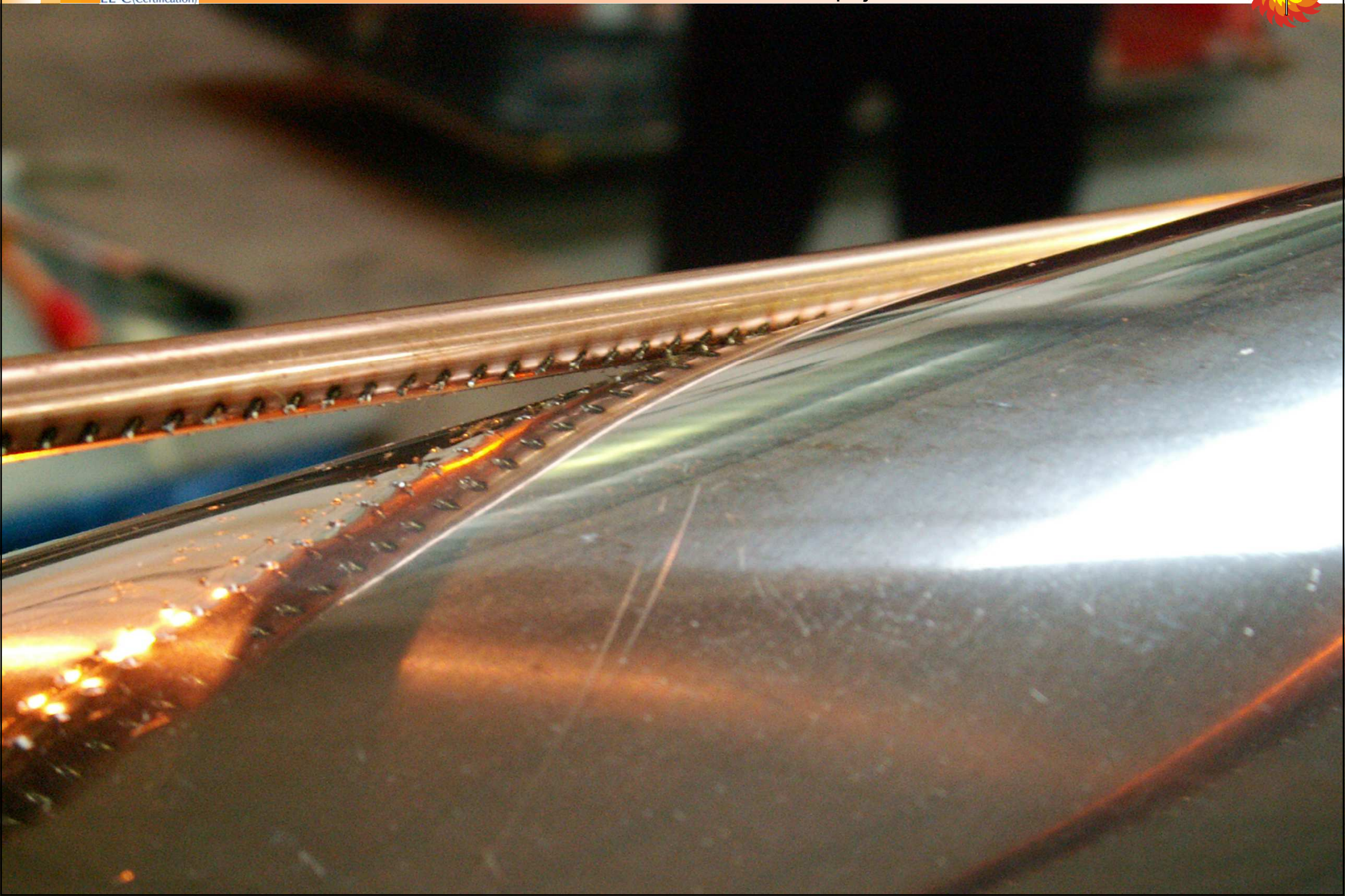
AT: 97,8/2,2

EÚ v roku 2009 86% : 14 %v prospech plochých kolektorov

Zdroj: ESTIF 2010

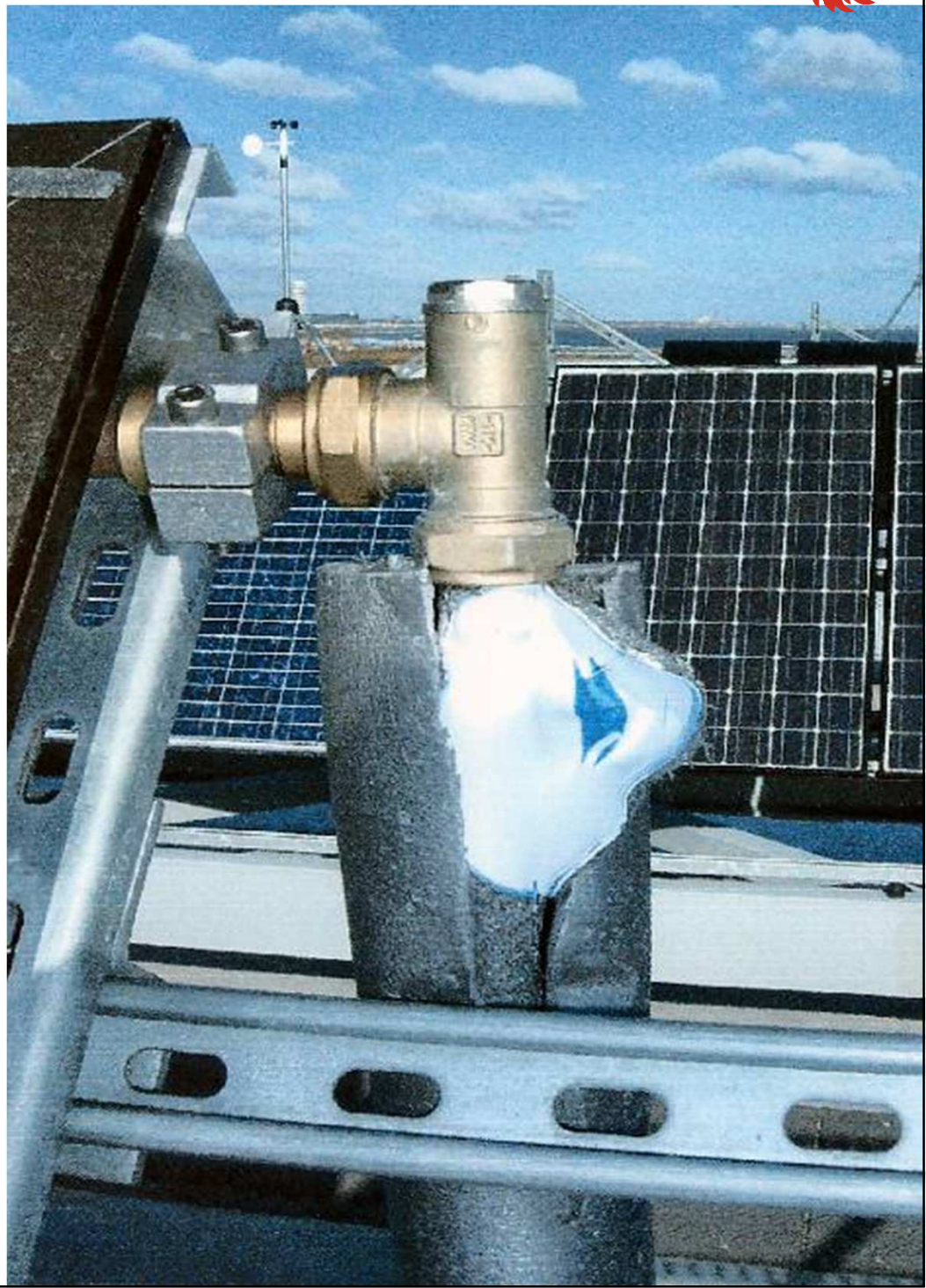
Totálne skorodovaný kolektor tureckého pôvodu po 2 rokoch prevádzky

Kolektor Dimas – spojenie absorbéra a meandra



Kolektor Dimas – nosná konštrukcia

Nedostatočná kvalita izolácie



Výsledok činnosti vtáctva a degradácie izolácie

Ale dá sa to aj inak...

Základová konštrukcia pod štandardné nosné konštrukcie

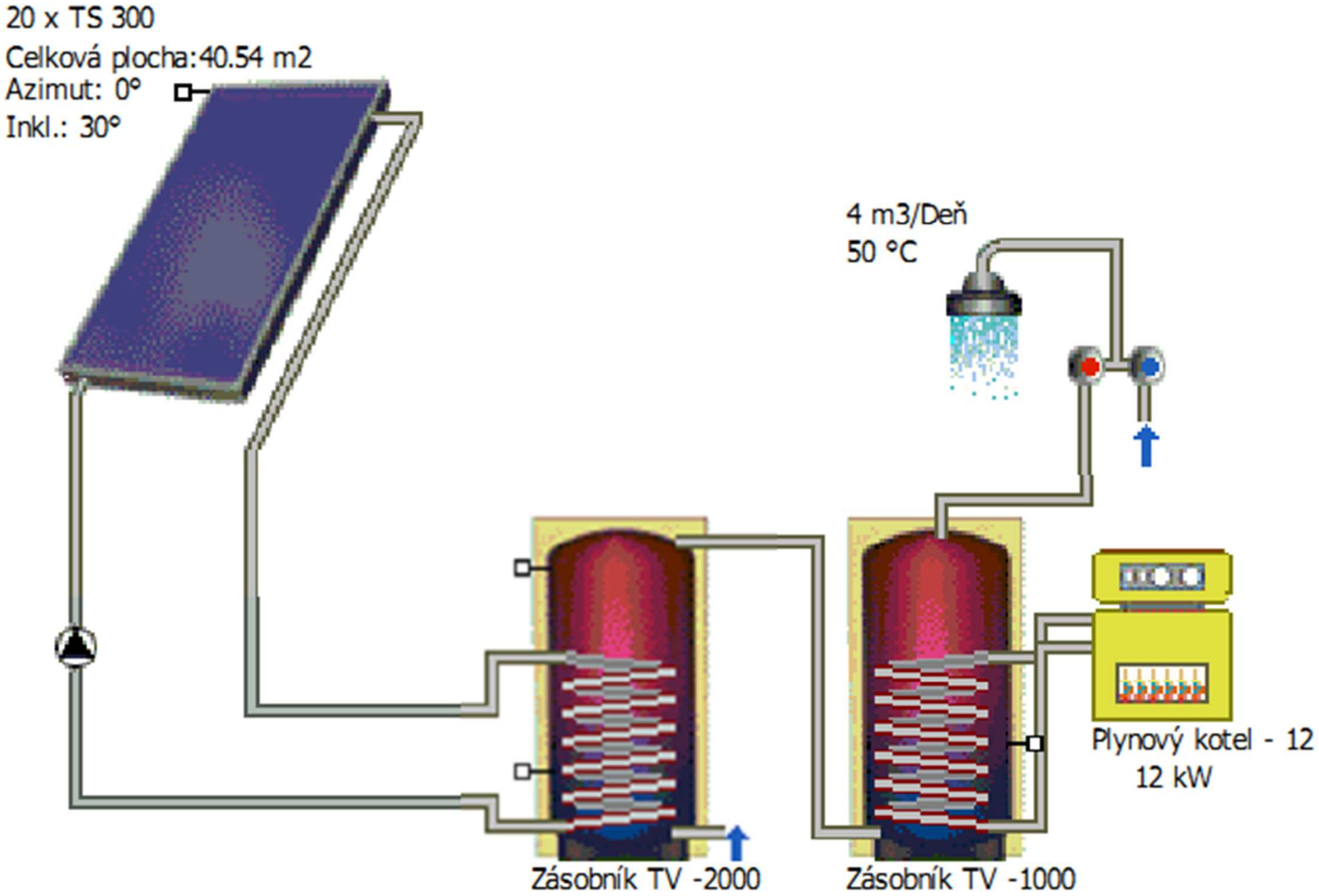
Tepelná izolácia a hydroizolácia:
- záruka
- predprípravá (konštrukcia, trasa pre potrubie)

- vysoké budovy,
- menšia záťaž vetrom

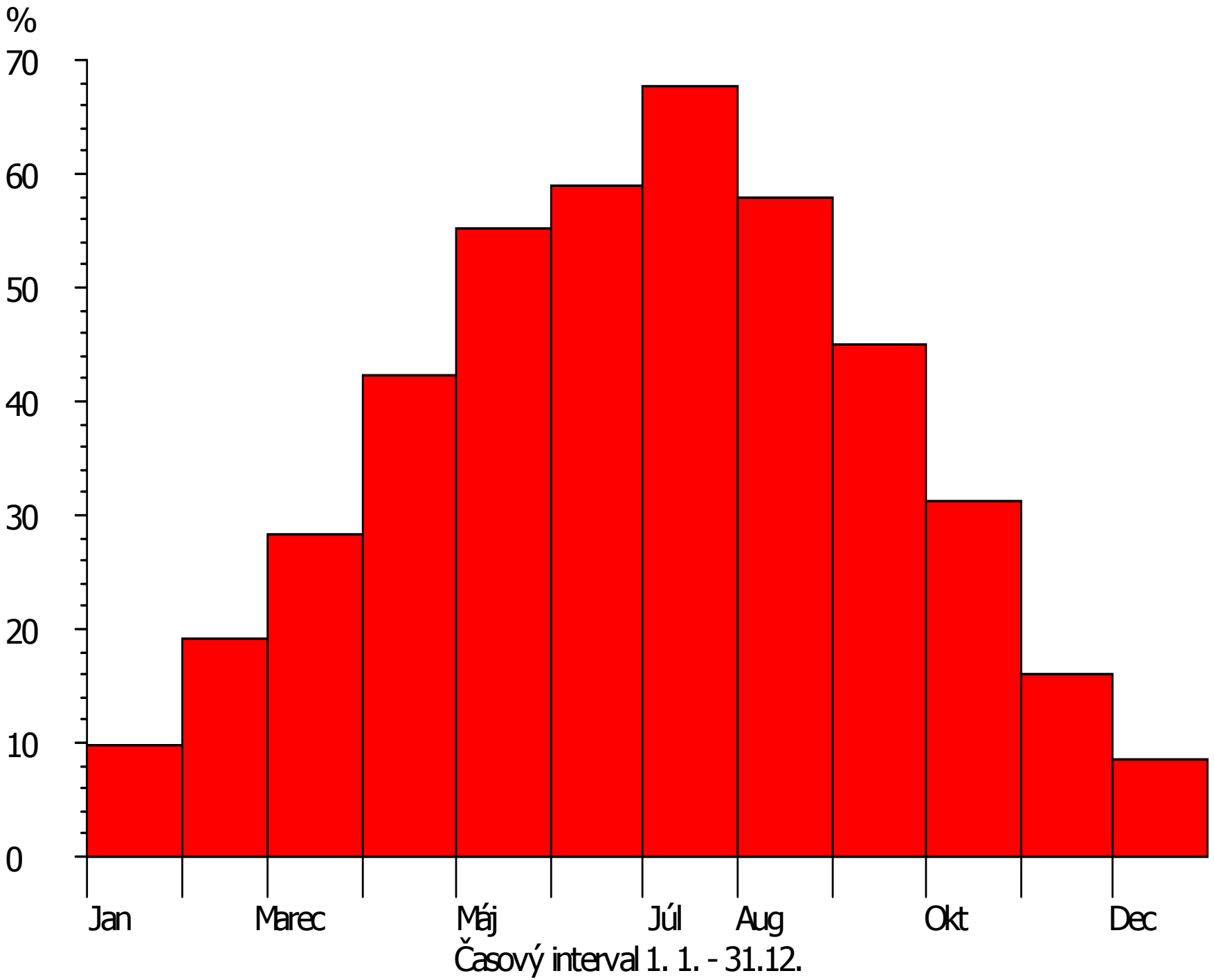
Zvýšenie sklonu kolektorov na šikmých strechách s malým sklonom

Realizácie na bytových domoch

Príklad: Bytový dom, 100 obyvateľov, spotreba TÚV 4000l/deň



Návrh veľkosti solárneho systému – úspory v mesiacoch



Výsledok: dodržaná spotreba TÚV 4000l/deň

Výsledky ročnej simulácie

Výkon inštalovaných kolektorov:	28.38 kW	
Celková plocha inštalovaného kolektora:	40.54 m²	
Plocha ožiarenia kolektora (absorpčná plocha):	45.97 MWh	1,292.72 kWh/m²
Energia získaná z kolektorov:	23.24 MWh	653.51 kWh/m²
Energia získaná z kolektorového okruhu:	23.05 MWh	648.20 kWh/m²
Dodávka energie na prípravu TV:	66.4 MWh	
Energia zo solárneho systému na ohrev vody:	23.09 MWh	
Energia z prídavného vykurovania:	44.36 MWh	
Úspora Zemný plyn H:		**3,347.6 m3**
Zamedzenie emisiám CO2:		**7,078.88 kg**
Podiel solárnej energie na ohrev TV:		**34.2 %**
Podiel úspory energie podľa EN 12976:		**36.6 %**
Účinnosť systému:		**50.2 %**

Výsledok: nedodržaná spotreba TÚV 4000l/deň – zníženie na 2000 l/deň

Výsledky ročnej simulácie

Výkon inštalovaných kolektorov:	28.38 kW	
Celková plocha inštalovaného kolektora:	40.54 m²	
Plocha ožiarenia kolektora (absorpčná plocha):	45.97 MWh	1,292.72 kWh/m²
Energia získaná z kolektorov:	19.10 MWh	537.08 kWh/m²
Energia získaná z kolektorového okruhu:	18.80 MWh	528.78 kWh/m²
Dodávka energie na prípravu TV:	33.85 MWh	
Energia zo solárneho systému na ohrev vody:	18.39 MWh	
Energia z prídavného vykurovania:	16.67 MWh	
Úspora Zemný plyn H:		**2,620.6 m3**
Zamedzenie emisiám CO2:		**5,541.61 kg**
Podiel solárnej energie na ohrev TV:		**52.5 %**
Podiel úspory energie podľa EN 12976:		**53.0 %**
Účinnosť systému:		**40.0 %**

Zníženie energetického zisku o 19 % t.j. predĺženie návratnosti o cca. 1/5

Výsledok: nedodržaná spotreba TÚV 4000l/deň – zvýšenie na 6000 l/deň

Výsledky ročnej simulácie

Výkon inštalovaných kolektorov:	28.38 kW	
Celková plocha inštalovaného kolektora:	40.54 m²	
Plocha ožiarenia kolektora (absorpčná plocha):	45.97 MWh	1,292.72 kWh/m²
Energia získaná z kolektorov:	25.25 MWh	710.08 kWh/m²
Energia získaná z kolektorového okruhu:	25.11 MWh	706.27 kWh/m²
Potreba energie na prípravu TV:	101.55 MWh	
Dodávka energie na prípravu TV:	90.34 MWh	
Energia zo solárneho systému na ohrev vody:	25.35 MWh	
Energia z prídavného vykurovania:	65.88 MWh	
Úspora Zemný plyn H:		**3,687.8 m3**
Zamedzenie emisiám CO2:		**7,798.31 kg**
Podiel solárnej energie na ohrev TV:		**27.8 %**
Podiel úspory energie podľa EN 12976:		**36.9 %**
Účinnosť systému:		**55.1 %**

Zvýšenie energetického zisku o 9 % t.j. skrátenie návratnosti o cca. 1/10

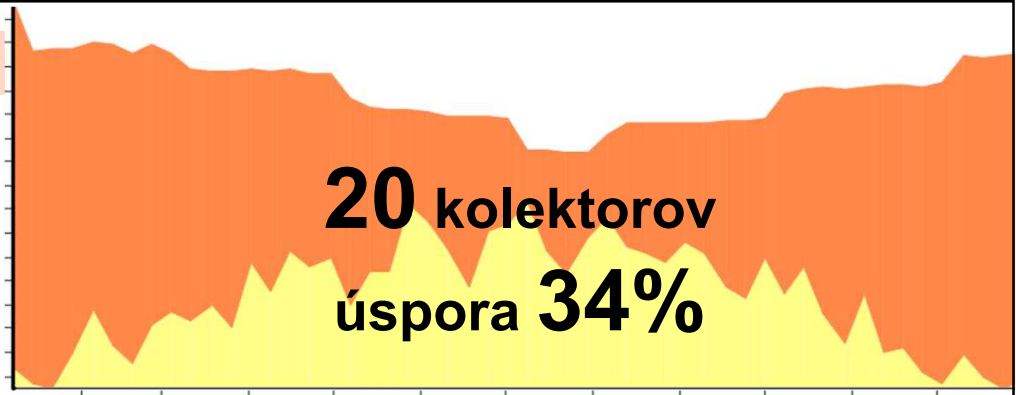
- zvyšovaním počtu kolektorov stúpa % pokrytia energie zo slnka, ale klesá energetický zisk z jedného kolektora (kWh/m2 za rok)

- „rozumné“ pokrytie ohrevu TÚV pomocou solárneho syst. v bytovom dome je max. 50-60%

- oplatí sa inštalovať aj „menší“ solárny systém, ktorý celoročne zabezpečí len predohrev vody
(limitované financie, obmedzené miesto na umiestnenie kolektorov, dotačná politika...)

- menší solárny systém je možné predpripraviť na budúce rozšírenie (dimenzovanie potrubia)

- dôsledné riadenie priority zdrojov tepla



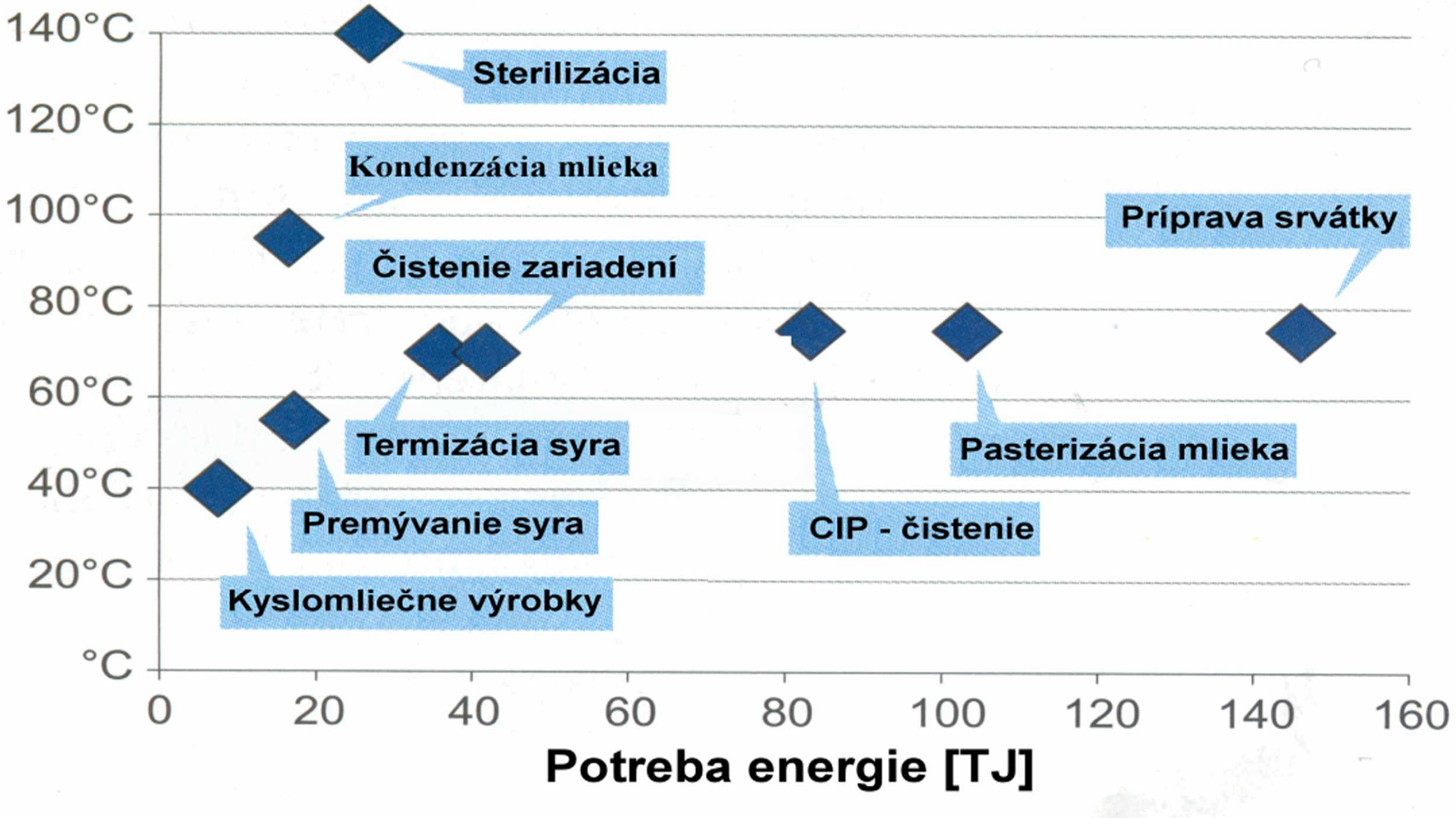
Priemyselné aplikácie

Priemyselné procesy s najväčším potenciálom pre použitie solárnych termických zariadení

Priemyselný sektor	Proces	Uroveň teploty [°C]
Potraviny a nápoje	Sušenie	30 - 90
	Umývanie	40 - 80
	Pasterizácia	80 - 110
	Varenie	95 - 105
	Sterilizácia	140 - 150
	Tepelné spracovanie	40 - 60
Textilný priemysel	Umývanie	40 - 80
	Bielenie	60 - 100
	Farbenie	100 - 160
Chemický priemysel	Varenie	95 - 105
	Destilácia	110 - 300
	Div. chemické procesy	120 - 180
Všetky sektory	Predhriatie vody v kotli	30 - 100
	Vykurovanie priemyselných hál	30 – 80

Zdroj: Erneuerbare Energie 3/2005

Teplotná úroveň



Zdroj: EE, 3/2005

Príklady realizácií

Sídlisko Hliny VII

Žilina, Slovensko

2003

Základné údaje o projekte:

- 132 kolektorov TS300 = 264 m^2 kolektorovej plochy

- dĺžka montáže kolektorového systému – 1 týždeň

- 480 bytových jednotiek, materská škola, obchody, práčovňa

- cena za m^2 kolektorovej plochy cca. 315 € (bez zásobníkov)

- rok 2005: 121.000 kWh, 2006: 119.000 kWh, **2007: 106.000 kWh**

- výstupná teplota vody - projektovaná 35 ^oC, reálne cez 50^oC

- zásobníky 4 a 6 m^3

- potenciálny problém s vandalmi, prestavba systému

Klinické centrum

Podgorica, Čierna Hora

2006

Základné údaje o projekte:

- 81 kolektorov TS300 = 162 m^2 kolektorovej plochy
- dĺžka montáže kolektorového systému – 6 týždňov, vrátane spevnenia
- nemocničný komplex – hygienické a technologické účely
- cena za m^2 kolektorovej plochy cca. 520 € (kompletný systém)
- rok 2007: 153.600 kWh , 2008: 162.000 kWh
- výstupná teplota vody - projektovaná 40 ^oC, reálne cez 55^oC
- zásobníky 20 m^3
- problémy s obstaraním materiálu – kompletný dovoz

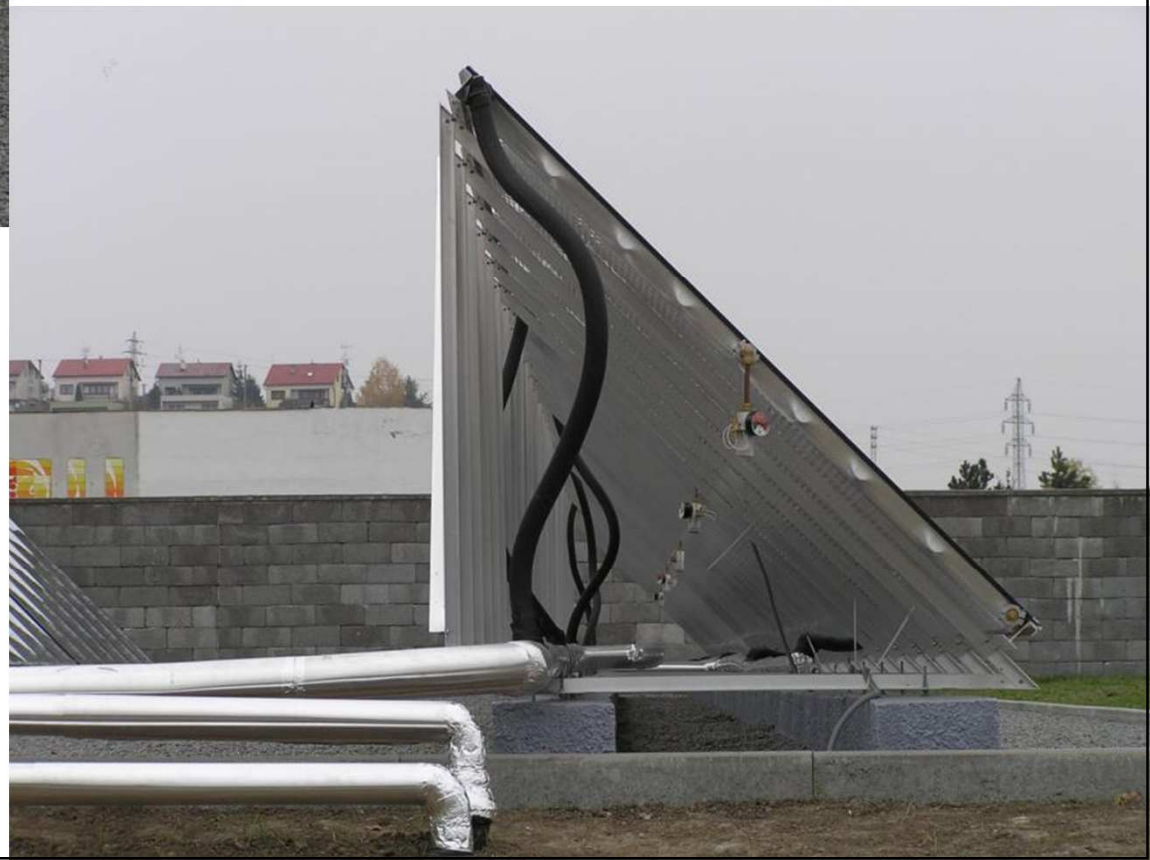
Väzenský bitúnok

Rimavská Sobota, Slovensko

2008

2008 - Väzenský bitúnok Rimavská Sobota

2008 - Väzenský bitúnok Rimavská Sobota



Základné údaje o projekte:

- 60 kolektorov TS400 = 120 m^2 kolektorovej plochy

- dĺžka montáže kolektorového systému – 2 týždne

- teplá voda pre technologické účely

- cena za m^2 kolektorovej plochy cca. 660 € (kompletný systém)

- predpokladaná úspora 65.000 kWh / meranie 1. rok: 68.000 kWh

- výstupná teplota vody 60 ^oC

- zásobníky 3 x 1,5 m^3

- problém s umiestnením systému – špecifické podmienky investora

Všeobecná nemocnica

Zrenjanin, Srbsko

2009

2009 – Všeobecná nemocnica Zrenjanin, Srbsko

2009 – Všeobecná nemocnica Zrenjanin, Srbsko

Základné údaje o projekte:

- 200 kolektorov TS300 = 400 m^2 kolektorovej plochy
- dĺžka montáže kolektorového systému – 4 týždne
- teplá voda pre sociálne účely, kuchyňu
- cena za m^2 kolektorovej plochy cca. 460 € (bez zásobníka)
- predpokladaná úspora 265.000 kWh
- výstupná teplota vody 55 ^oC
- zásobník 1 x 10 m^3 – predhrev + 2 x 10 m^3 doohrev plynom
- umiestnenie systému – polyfunkčné – prestrešenie parkoviska

Stredoškolský internát

Zrenjanin, Srbsko

2009

2009 – Stredoškolský internát Zrenjanin, Srbsko

2009 – Stredoškolský internát Zrenjanin, Srbsko

Základné údaje o projekte:

- 72 kolektorov TS300 = 144 m^2 kolektorovej plochy

- dĺžka montáže kolektorového systému – 2 týždne

- teplá voda pre sociálne účely, kuchyňu, práčovňu

- cena za m^2 kolektorovej plochy cca. 525 € (kompletný systém)

- predpokladaná úspora 83.000 kWh

- výstupná teplota vody 55 °C, **2.7.2010: 72 °C**

- zásobník 1 x 10 m^3

- umiestnenie systému – dodatočné spevnenie strechy, koordinácia

Dalkia Bratislava

ZŠ Tupolevova

2010

2010 – Dalkia Bratislava, Slovensko

2010 – Dalkia Bratislava, Slovensko

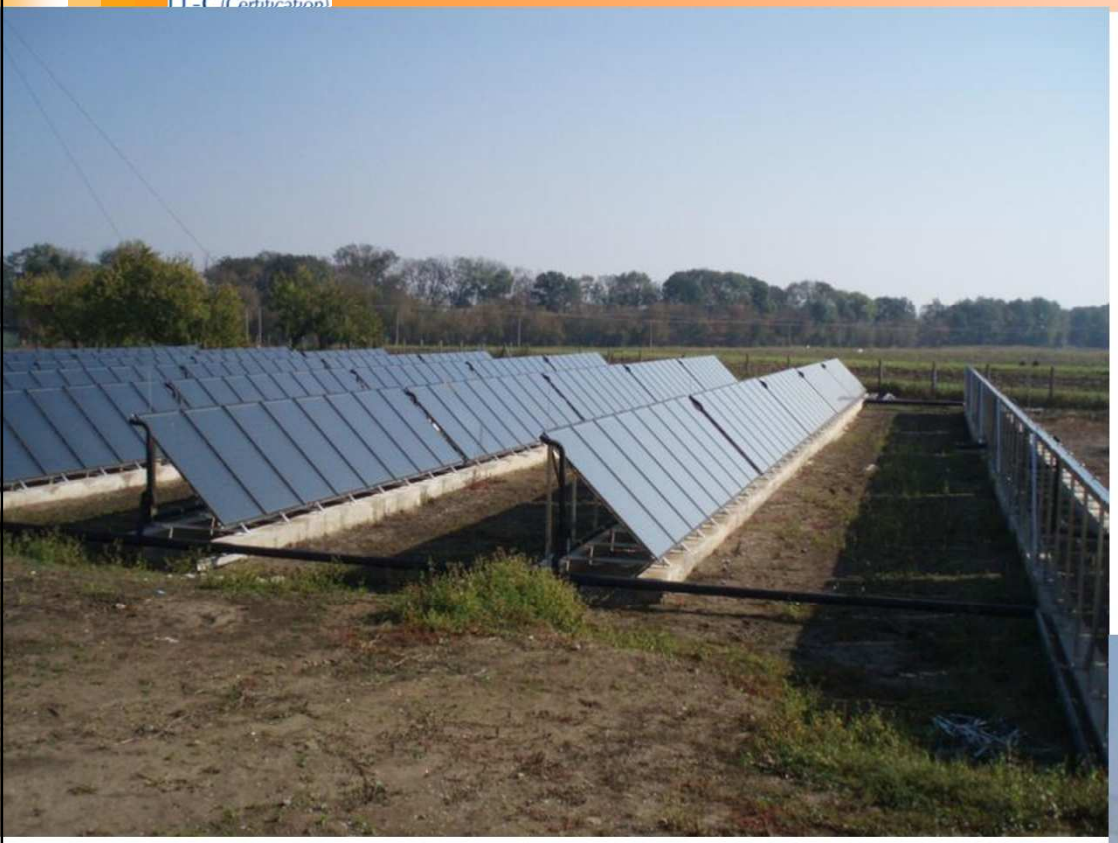
Základné údaje o projekte:

- 70 kolektorov TS300 = 140 m^2 kolektorovej plochy
- dĺžka montáže kolektorového systému – 1 týždeň
- predohrev teplej vody pre KOS
- cena za m^2 kolektorovej plochy < 300 € (kolektory, konštrukcie, prepojenia)
- predpokladaná úspora cca. 100.000 kWh
- výstupná teplota vody 40 - 45 ^oC
- zásobník 2 x 2,5 m^3
- umiestnenie systému – prístup na strechu, statika, roznášacia konštrukcia

ÚVTOS Želiezovce

2010

2010 – ÚVTOS Želiezovce



Základné údaje o projekte:

- 320 kolektorov TS300 = 640 m^2 kolektorovej plochy
- dĺžka montáže kolektorového systému – 6 týždňov
- ohrev teplej vody na sanitárne účely
- cena za m^2 kolektorovej plochy < 250 € (kolektory, konštrukcie, prepojenia)
- predpokladaná úspora 350.000 kWh
- výstupná teplota vody 45 ^oC
- zásobník 2 x 8 m^3
- umiestnenie systému (špeciálka), prípravné práce, povodeň

Potenciálne problémy pri návrhu a prevádzke systémov

- presnosť odberovej krivky – správnosť dimenzácie

- určenie vedľajších nákladov projektu – napr. slabá únosnosť strechy

- vhodné umiestnenie systému

- dodržanie vykonávacieho projektu – kooperácie

- korektné riešenie dilatácií

- správne odvzdušnenie

- dodržiavanie prevádzkového režimu systému

- vandali, vtáky, počasie

- servis, kontrola teplonosnej kvapaliny, kontrola tlaku v systéme

- reálnosť očakávaní investora

Provozní měření a vyhodnocování solárních soustav

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze

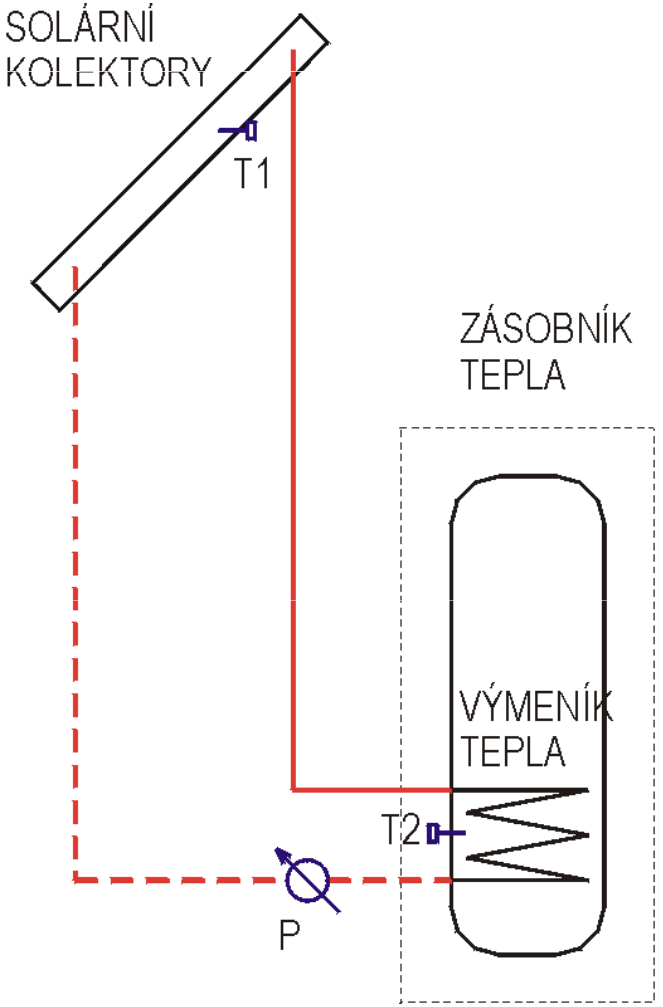
Proč měřit ?

- **měření**
  - pro zajištění funkce (provoz solární soustavy, spínání čerpadla, atd.)
  - pro kontrolu funkce (kontrola teplot, průtoku)
  - identifikace špatné funkce částí soustavy a možnost opravy
  - pro určení efektivity provozu a přínosu
    - **solární zisky, reálná úspora**
    - **solární pokrytí**

Solární soustava – základní měření

Měření veličin pro zajištění funkce solární soustavy:

- **teplota v kolektoru (T1)**
  - zvláštní jímka v kolektoru
  - čidlo zasunuté do horní sběrací trubky
- **teplota v zásobníku (T2)**
  - spodní část zásobníku
  - horní část zásobníku (2. výměník)
- **průtok (P)**
  - plovákový průtokoměr / orientační nastavení



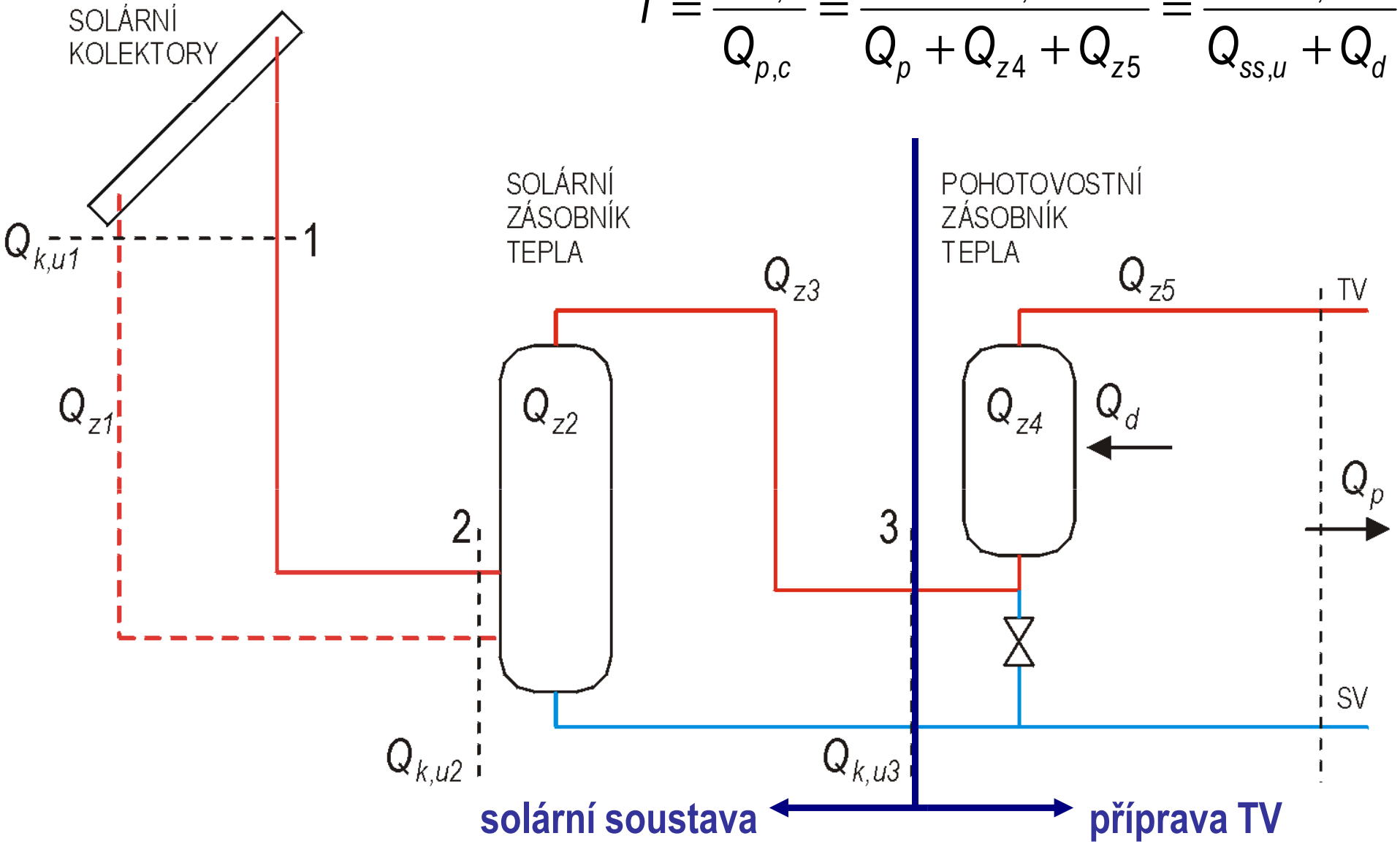
Solární soustava – bilanční měření

Měření veličin pro vyhodnocení přínosů solární soustavy:

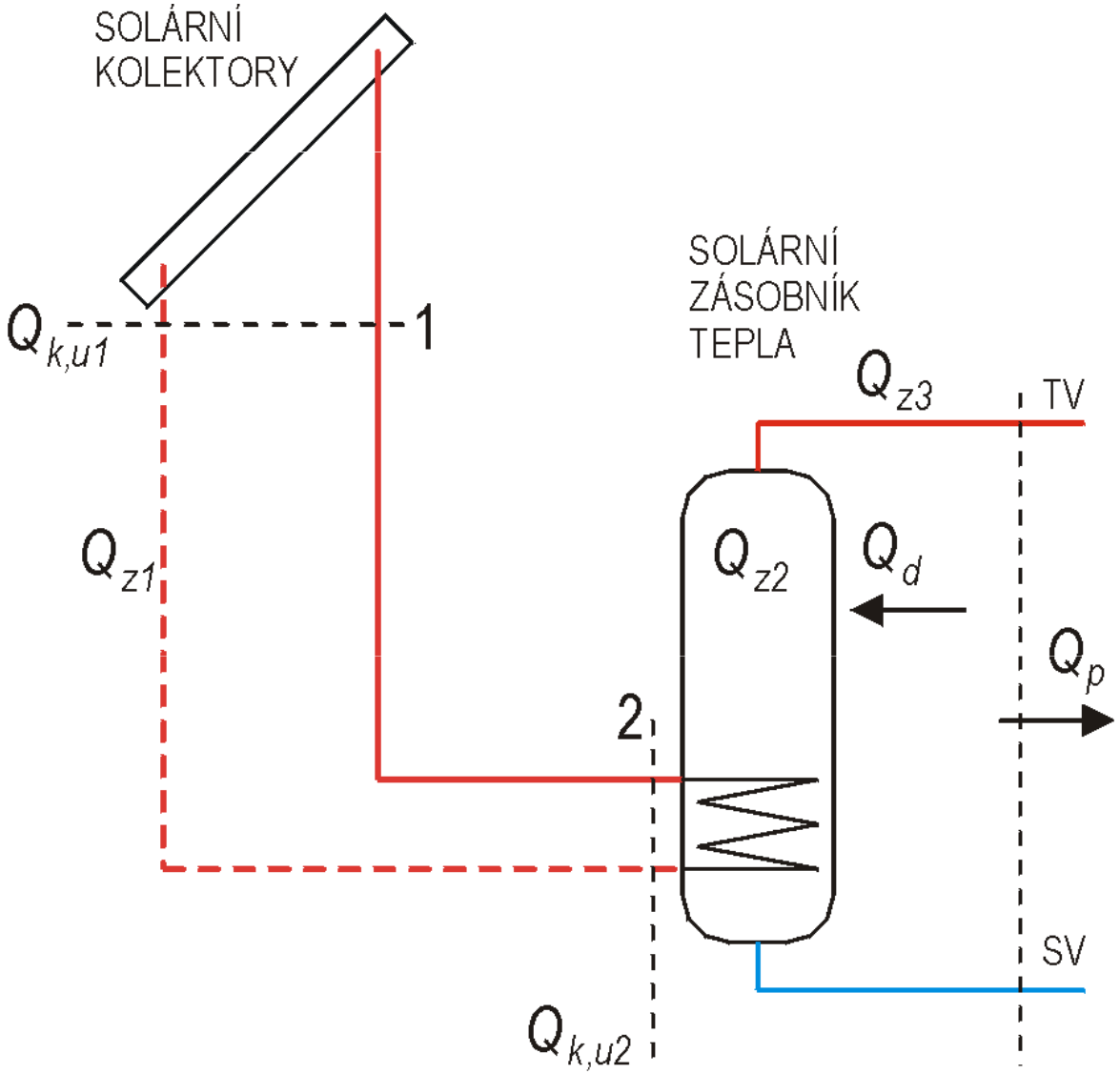
- **vyhodnocování využitelných zisků $Q_{ss,u}$ [kWh] nebo $q_{ss,u}$ [kWh/m^2]**
  - přímo – měření dodaných zisků solární soustavou
  - nepřímo – měření energie dodané nahrazovaným zdrojem Q_d [kWh]
- **vyhodnocování účinnosti η**
  - vyhodnocování dopadlé sluneční energie Q_s [kWh]
  - vztažení ke kolektoru, vztažení k systému (stupeň využití, maření energie)
- **vyhodnocování solárního pokrytí *f* [%]**
  - měření skutečné potřeby tepla $Q_{p,c}$ [kWh] ? = měření $Q_{ss,u}$ + Q_d

Solární soustava - bilance

$$f = \frac{Q_{ss,u}}{Q_{p,c}} = \frac{Q_{ss,u}}{Q_p + Q_{z4} + Q_{z5}} = \frac{Q_{ss,u}}{Q_{ss,u} + Q_d}$$



Solární soustava - bilance

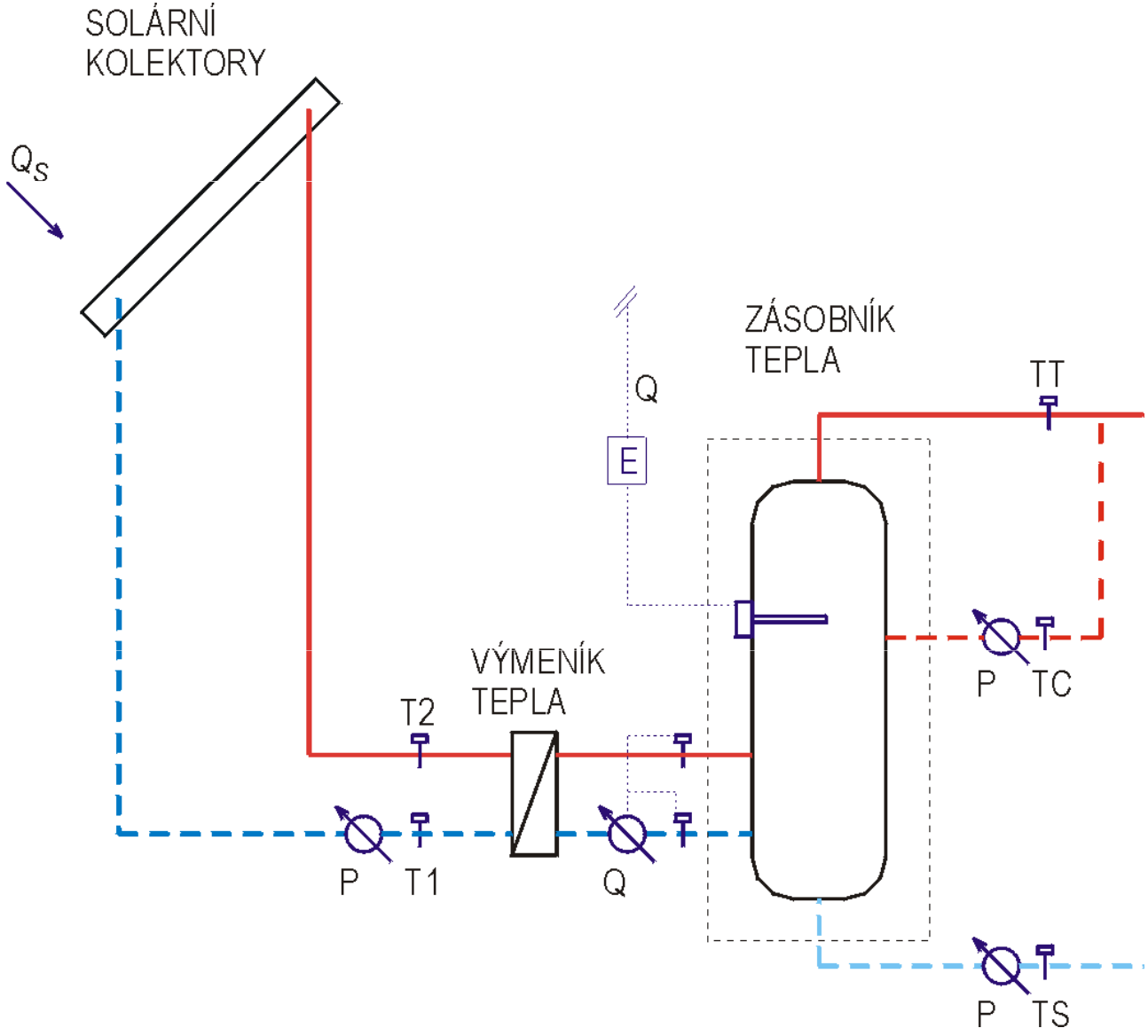


$$f = \frac{Q_{k,u2}}{Q_{p,c}} = \frac{Q_{k,u2}}{Q_{k,u2} + Q_d}$$

nesnadné oddělení ztrát solární soustavy a nahrazovaného zdroje tepla

nelze jasně říci jaká část ztrát zásobníku tepla jsou ztráty solární soustavy a nemají být zahrnuty pod $Q_{p,c}$

Měřené veličiny



teplota *t*
- teplotní čidla

průtok $\dot{V}$
- průtokoměry

teplo $Q = V\rho c(t_2 - t_1)$
- kalorimetry
- elektroměry

sluneční ozáření *G*
- pyranometry

Měření teploty

- **teplotní odporová čidla**
  - odolnost od -200 °C do 850 °C
  - platinový tepelný odpor 100 Ω nebo 1000 Ω při 0 °C
  - přesně definovaná změna el. odporu s teplotou
  - zapouzdření proti vlhkosti, teplotně odolná elektrická izolace
  - dvojvodičové, čtyřvodičové zapojení přívodů
  - třída přesnosti A, B

  - pro měření Δt: párová čidla (minimální odchylky, kalibrace)

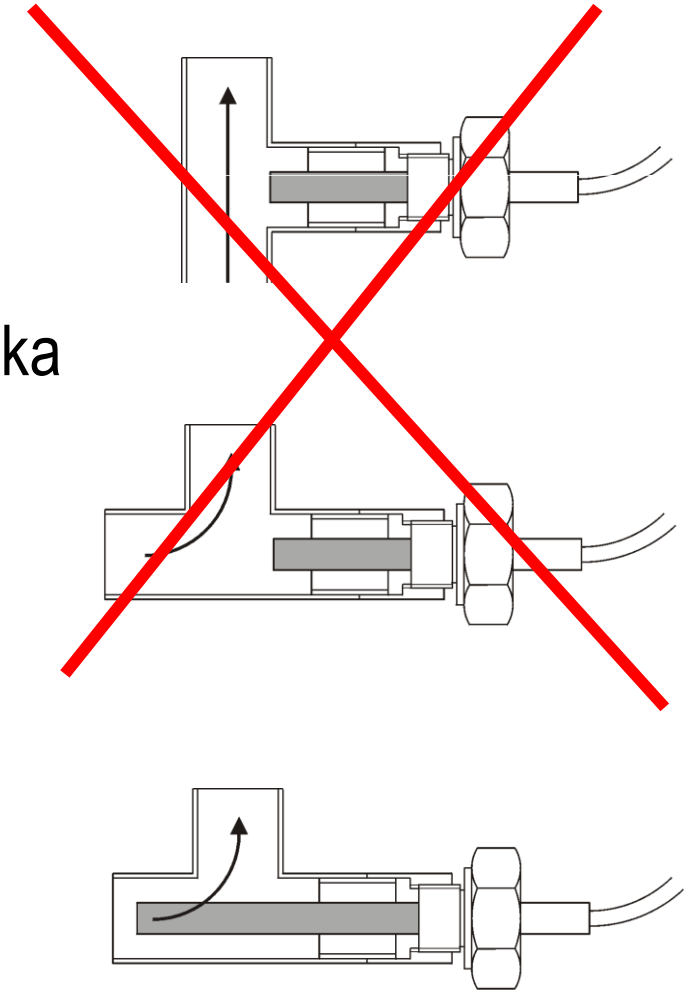
Měření teploty – umisťování čidel

do potrubí

- **jímkové provedení**
  - snadná výměna teplotního čidla
  - citlivost na provedení kontaktu čidlo-jímka
  - zvýšení setrvačnosti čidla
- **bezjímkové provedení**
  - velmi dobrý kontakt
  - problematická výměna

příložné provedení

- pouze orientační měření
- kontakt, setrvačnost, vlivy okolí



Měření průtoku

- **plovákové průtokoměry**
  - orientační měření, nastavení funkce soustavy

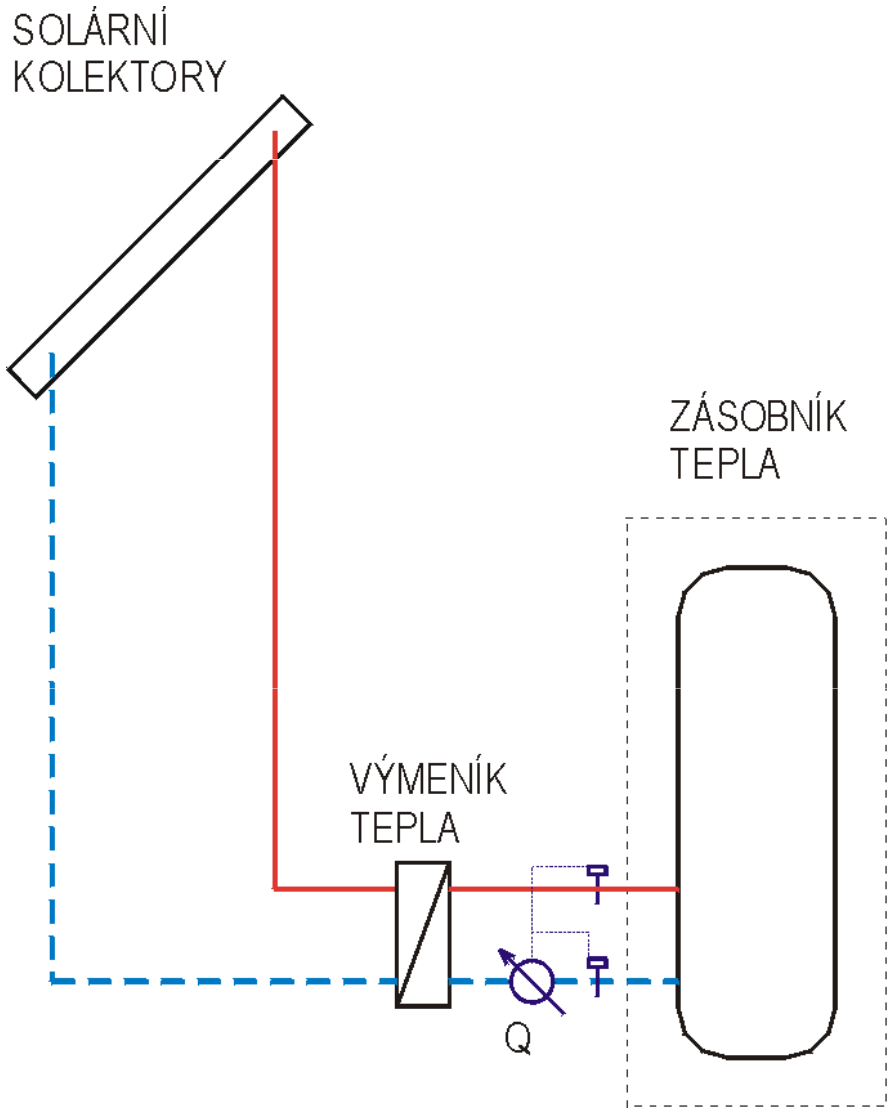
- **mechanické (rychlostní) průtokoměry (nejpoužívanější)**
  - turbínový
  - lopatkový
  - s kývavým diskem
  - ...

Měření průtoku

- **požadavky**
  - teplotní odolnost min. 120 °C
  - dostatečné pulzní číslo (pro daný průtok, alespoň 1 p/min)
    - 1 minuta = nejkratší doba běhu solární soustavy
  - některé průtokoměry (např. ultrazvukové) vyžadují uklidňující délku
  - filtr před průtokoměr
  - zohlednit tlakovou ztrátu průtokoměru ve fázi návrhu solární soustavy

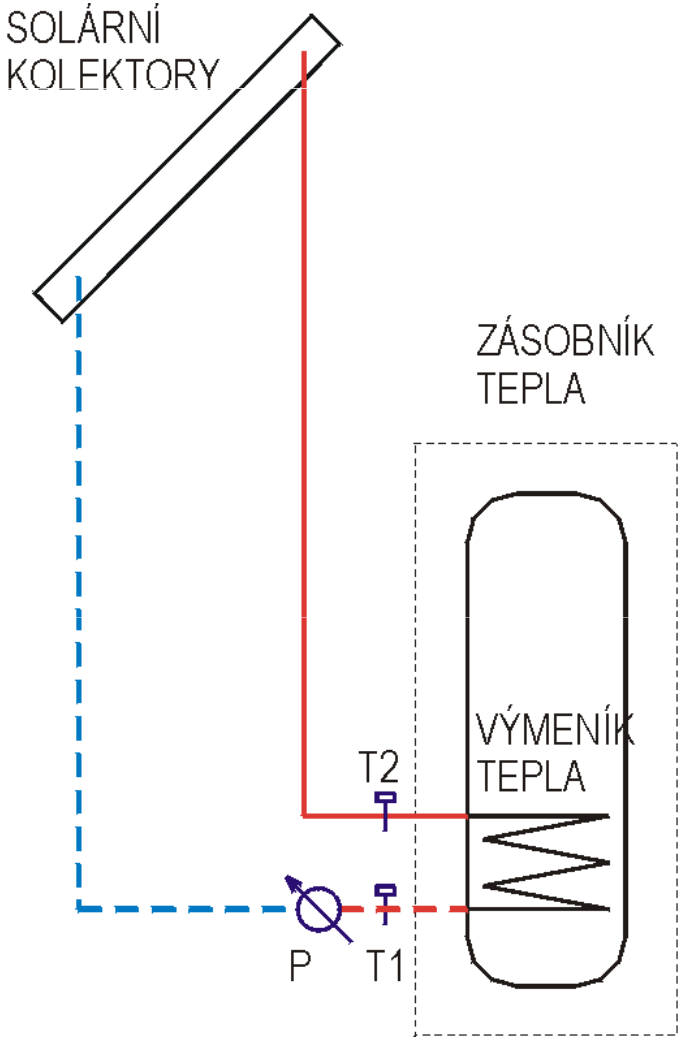
Měření tepla

- **kalorimetry**
  - měření na vodním okruhu
  - princip – průtokoměr + spárovaná teplotní čidla
  - cejchované na vodě (zkušebna, certifikace)
  - entalpická korekce
  - paměť – datalogger, vyvolání měsíčních údajů za rok
  - kompaktní provedení



Měření tepla

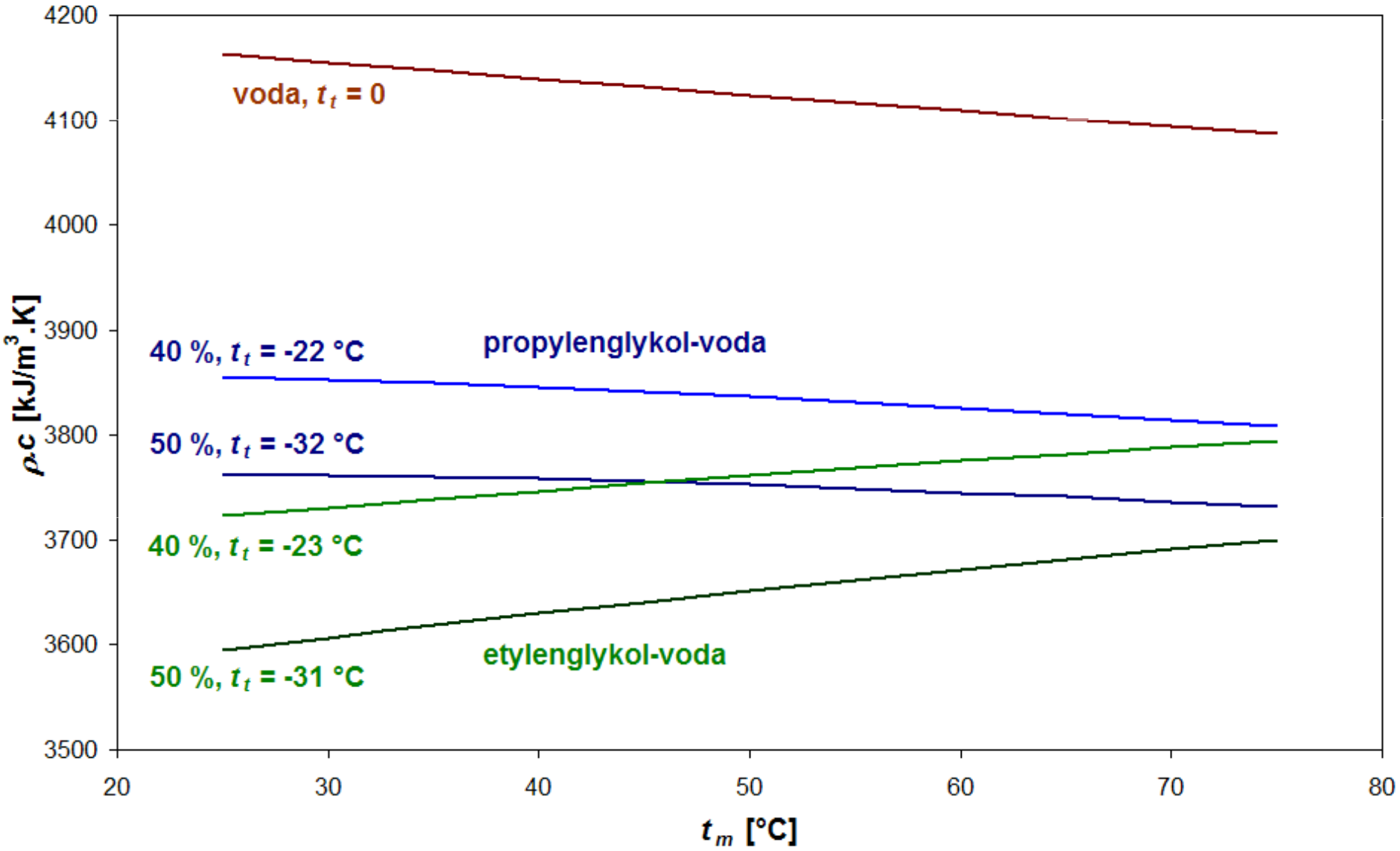
- **průtokoměr + teplotní čidla + externí datalogger (regulátor)**
  - měření na primárním okruhu (nemrznoucí směs)
  - regulátor zajišťuje výpočet *Q* podle programu
  - vložené charakteristiky $\rho.c$
  - často pouze sumační údaj (!!!)
  - paměť – datalogger, ukládání a vyvolání údajů za zvolený časový úsek



Tepelná kapacita solárních kapalin

- **teplonosné látky solárních soustav**
  - propylenglykol-voda, etylenglykol-voda
  - tepelná kapacita $\rho.c$ se liší od vody
  - jiný tvar závislosti na teplotě než voda
  - výrazně závislá na poměru ředění
  - regulátor musí mít naprogramován komplex charakteristik

Tepelná kapacita PG-voda

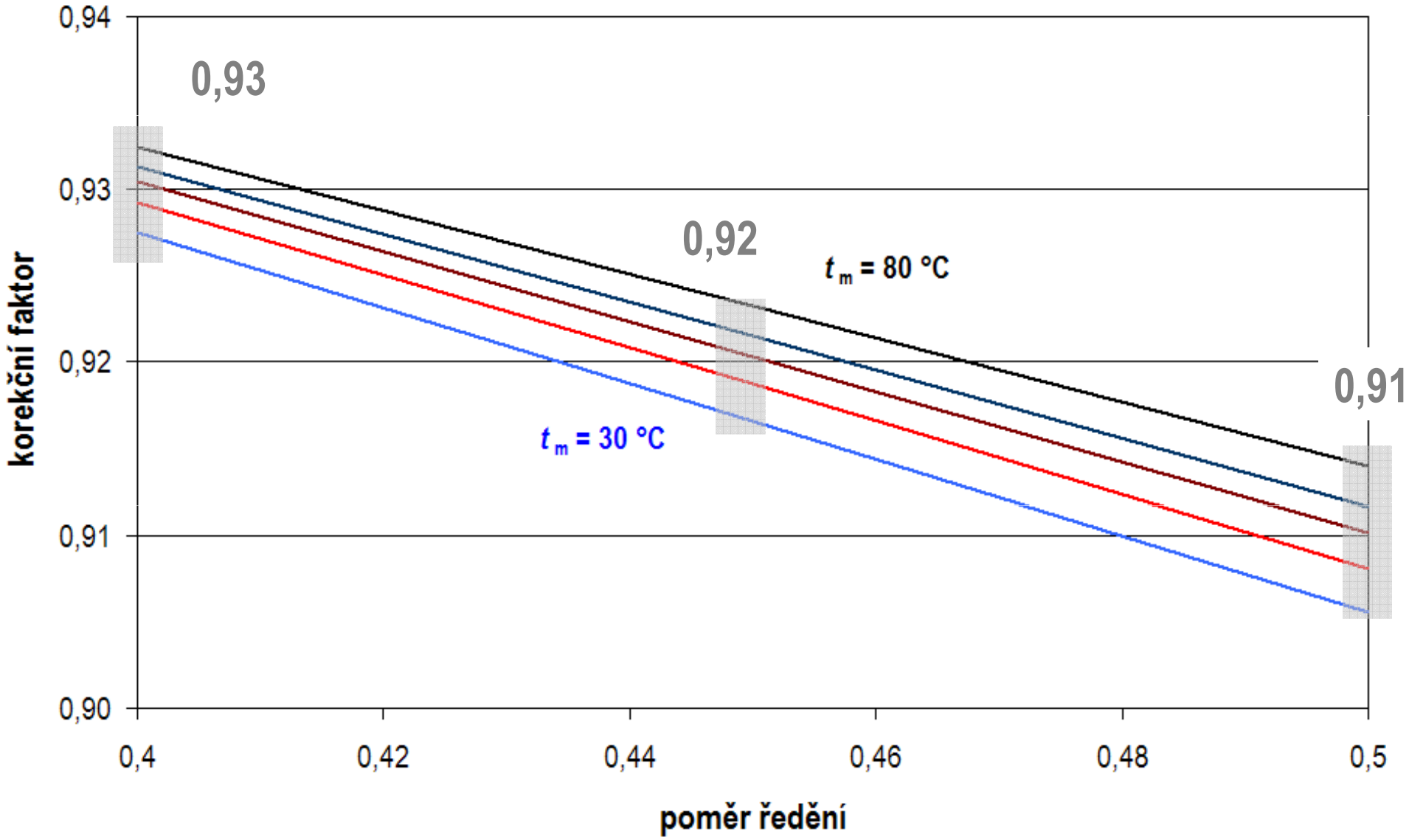


Měření kalorimetry (voda) na PG

- **měření solárních soustav s propylenglykolem kalorimetrem cejchovaným na vodu + korekční součinitel**
  - tepelná kapacita $\rho.c$ se liší od vody, nicméně její závislost na teplotě je téměř identická (pouze posunutá)
  - výrazná závislost vlastností na poměru ředění – tabelární vyjádření korekčních součinitelů

t_t [°C]	poměr ředění	t_m = 30 °C	t_m = 40 °C	t_m = 50 °C	t_m = 60 °C	t_m = 80 °C
-22	0,40	0,927	0,929	0,930	0,931	0,932
-27	0,45	0,917	0,919	0,920	0,921	0,923
-32	0,50	0,906	0,908	0,910	0,912	0,914

Tepelná kapacita PG-voda x voda



RD Mnichovice – srovnávací měření

solární kombinovaná soustava

sklon kolektorů 60°

RD Mnichovice – srovnávací měření

měřicí ústředna

regulátor + průtokoměr

kalorimetr

RD Mnichovice – srovnávací měření

	ústředna	kalorimetr	ústředna / kalorimetr
	kWh/měs	kWh/měs	-
září 08	185	203	0,91
říjen 08	156	171	0,91
listopad 08	48	53	0,90
prosinec 08	40	43	0,92
leden 09	32	36	0,90
únor 09	25	27	0,90
březen 09	64	70	0,91
duben 09	329	363	0,91
květen 09	217	240	0,90

ředění **47 %** t_m = **50 °C** korekční faktor **0,915**

Pokročilý monitoring v RD Čerčany

dřevostavba

NE dům, 4.7 kW

teplovzdušné vytápění

centrální zásobník (elektro)

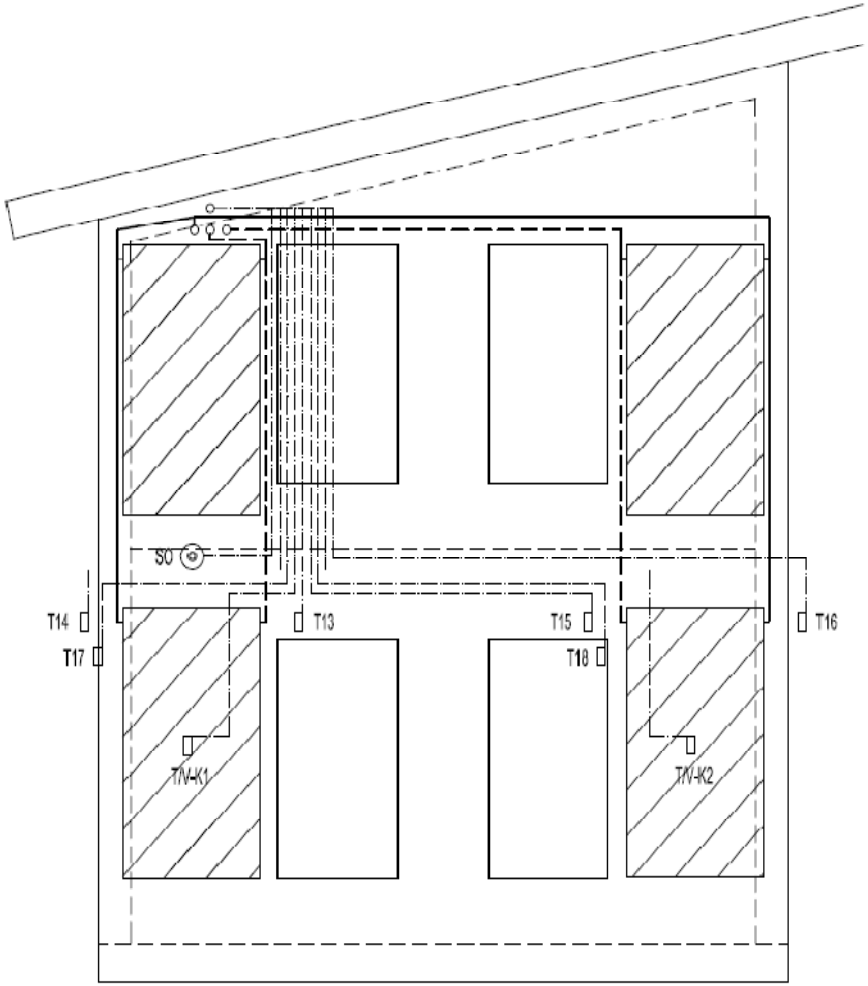
solární kombinovaná soustava TV+VYT

fasádní kolektory

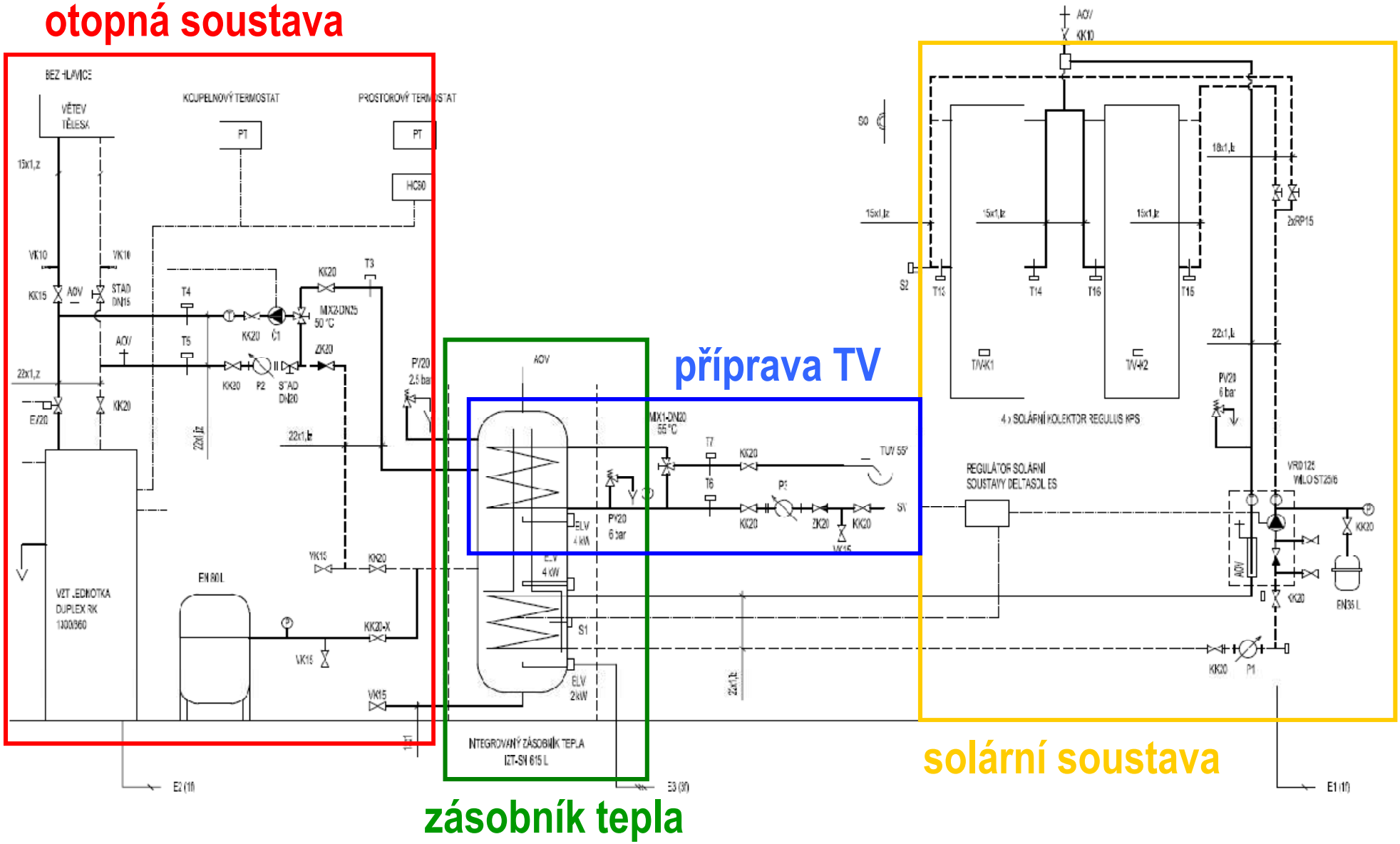
4 x 2.3 m^2 = 9.2 m^2

Monitorování – fasáda

- čidlo slunečního ozáření – pyranometr
- kombinovaná čidla teplota-vlhkost pod kolektory (izolace, vzduch.mezera)
- teplotní čidla vstup-výstup kolektoru
- teplotní čidla uvnitř kolektoru



Monitorování – soustava



Bilance

		V_{TV} spotřeba TV [l]	Q_{TV} teplo pro TV [kWh]	Q_{VYT} teplo pro vytápění [kWh]	Q_p celková spotřeba [kWh]	$Q_{k,u}$ využitelné zisky [kWh]	Q_s dopadlá energie [kWh]
26.5.2008	8.6.2008	191	6	13	19	28	407
X.X.XXXX	X.X.XXXX	X	X	X	X	X	X
7.7.2008	20.7.2008	206	7	0	7	8	253
21.7.2008	3.8.2008	336	10	0	10	14	362
4.8.2008	17.8.2008	187	6	0	6	18	356
18.8.2008	31.8.2008	188	6	0	6	39	458
1.9.2008	14.9.2008	201	7	0	7	32	475

spotřeba teplé vody: 16 l/den, přepočteno na 15/60 °C: **10 l/den**

využitelné solární zisky soustavy: $Q_{k,u}$ = 111 kWh x Q_{TV} = 36 kWh

spotřeba elektrické energie: Q_{el} = 250 kWh

$Q_z = 9 \times Q_{TV}$

$\eta_s = 6\ \%$

$f = 31\ \%$

Solární soustava Rusava (BV)

největší solární soustava v ČR: **540 m^2** kolektorové plochy

přírodní koupaliště v Rehabilitačním centru Podhostýnského mikroregionu

bazén 15 x 43 m, 1000 m^3, brouzdaliště 22 m^3, skluzavky z 9 m

Od historie po současnost

realizace realizace 1984-1985

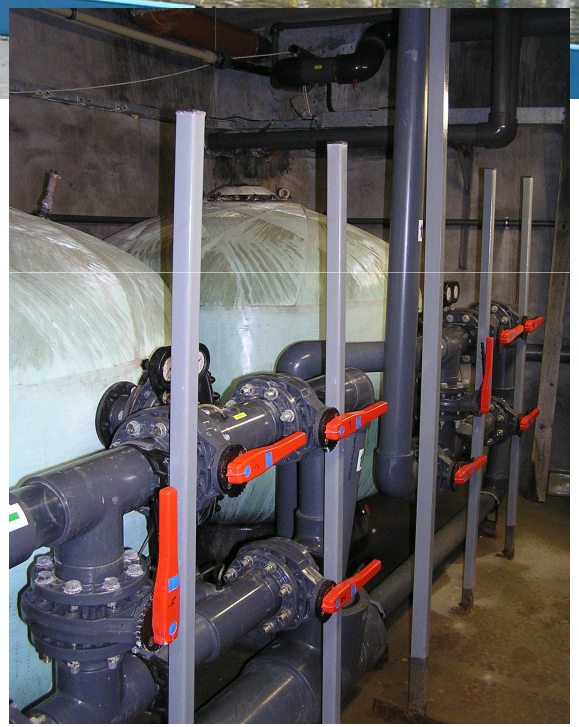
557 m^2 solárních kolektorů SP 80/08

rekonstrukce 2002

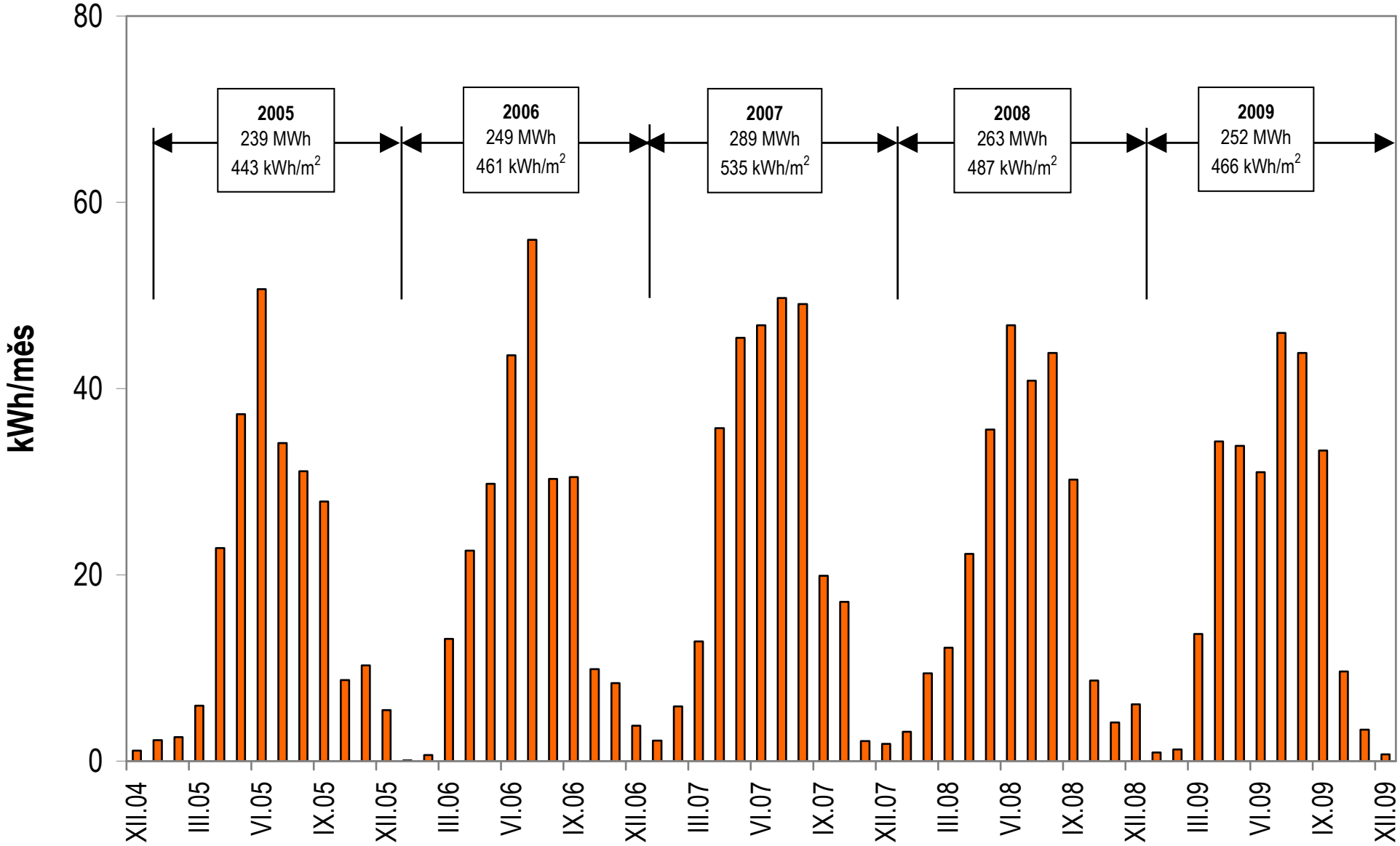
540 m^2 kolektory Ekostart

Solární soustava Rusava (BV)

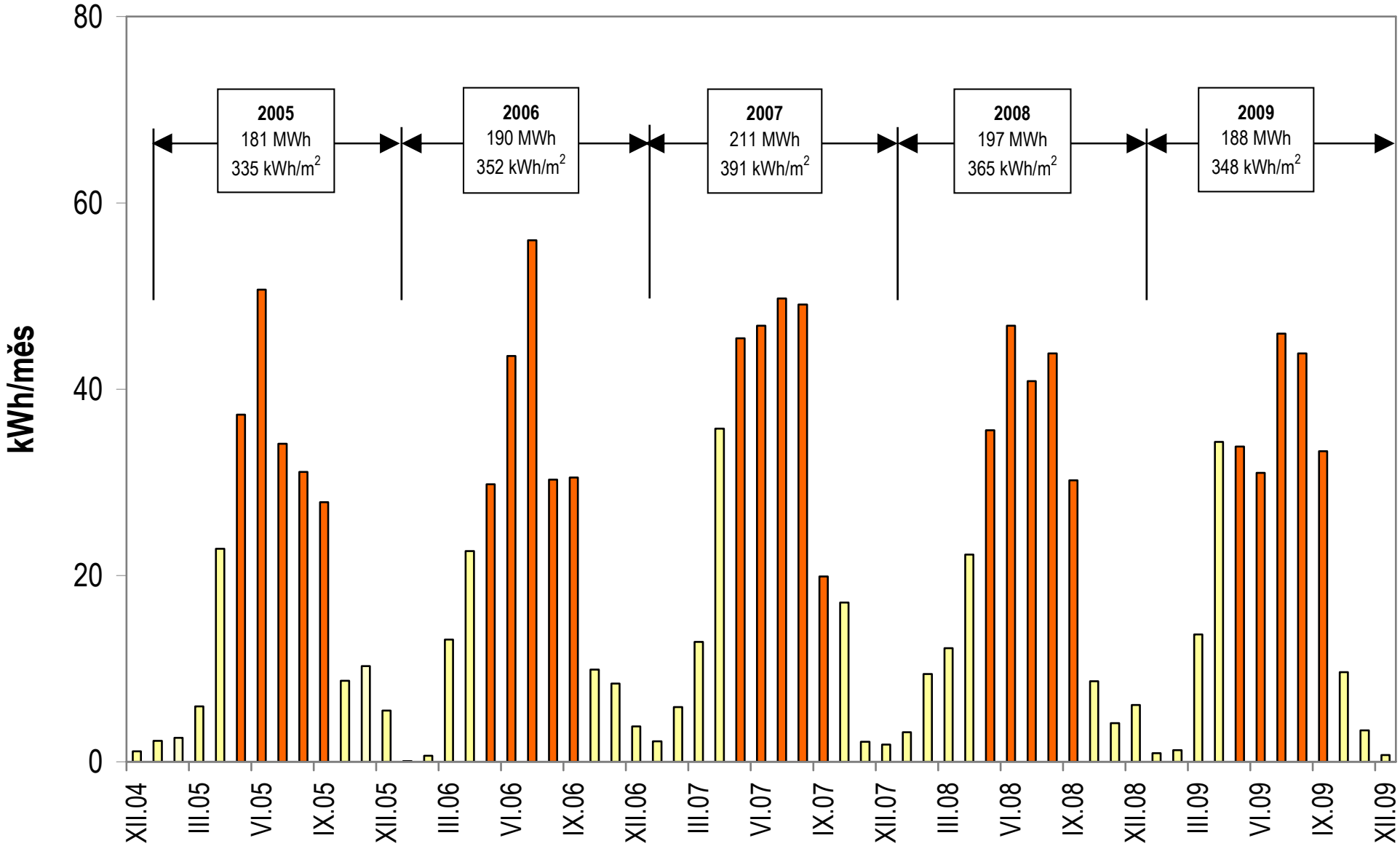
Solární soustava Rusava (BV)



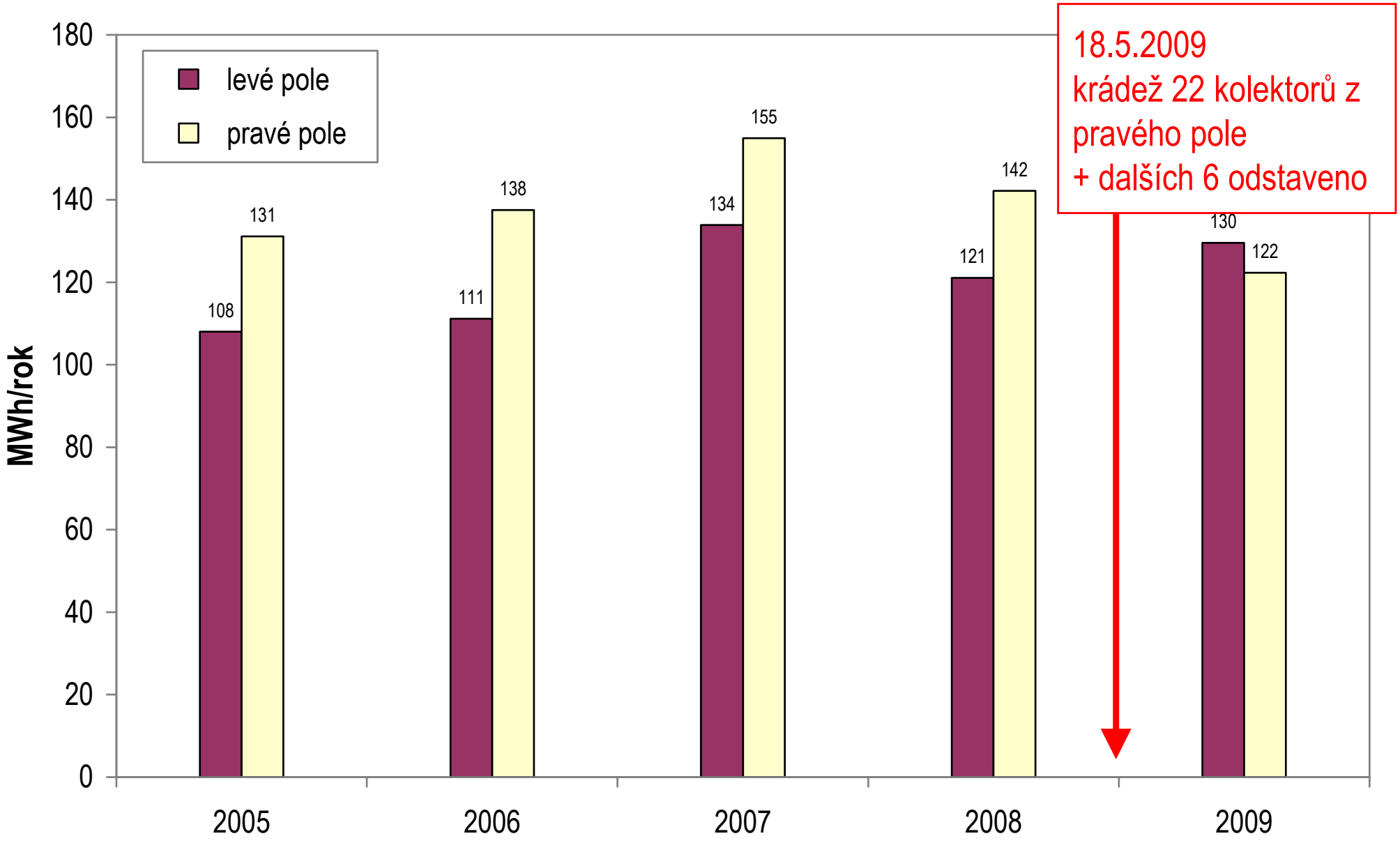
Celoroční zisky 450 až 540 kWh/m²



Provoz 1.5. – 30.9. 350 až 400 kWh/m²



Solární soustava Rusava (BV)



Solární soustava Meziboří – příprava TV

správní objekt firmy
Doterm Servis

realizace 1996
kancelářské prostory
dílny
turistická ubytovna

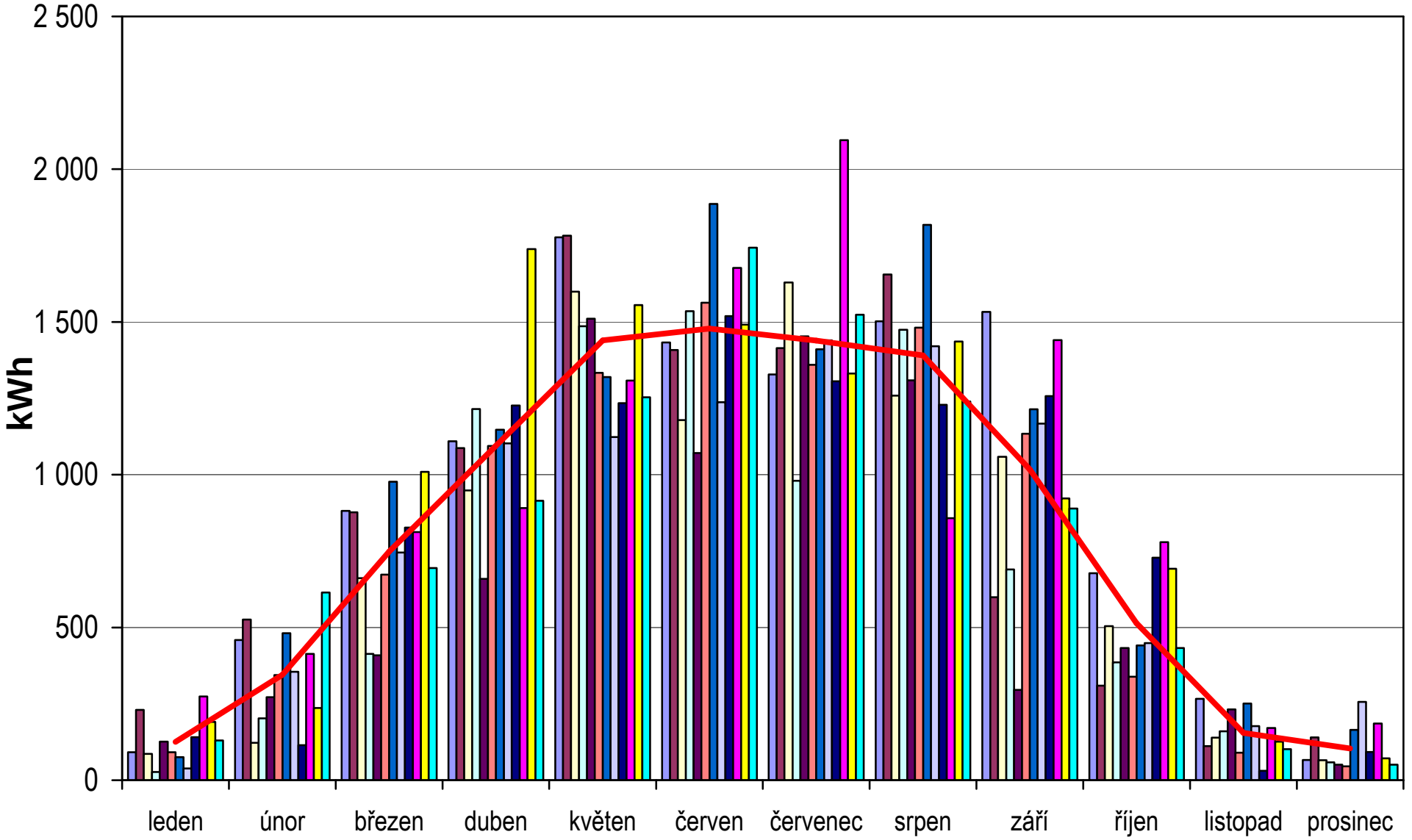
měření za více než 12 let

15 ks plochých kolektorů Heliostar = 27 m^2

Solární soustava Meziboří – příprava TV

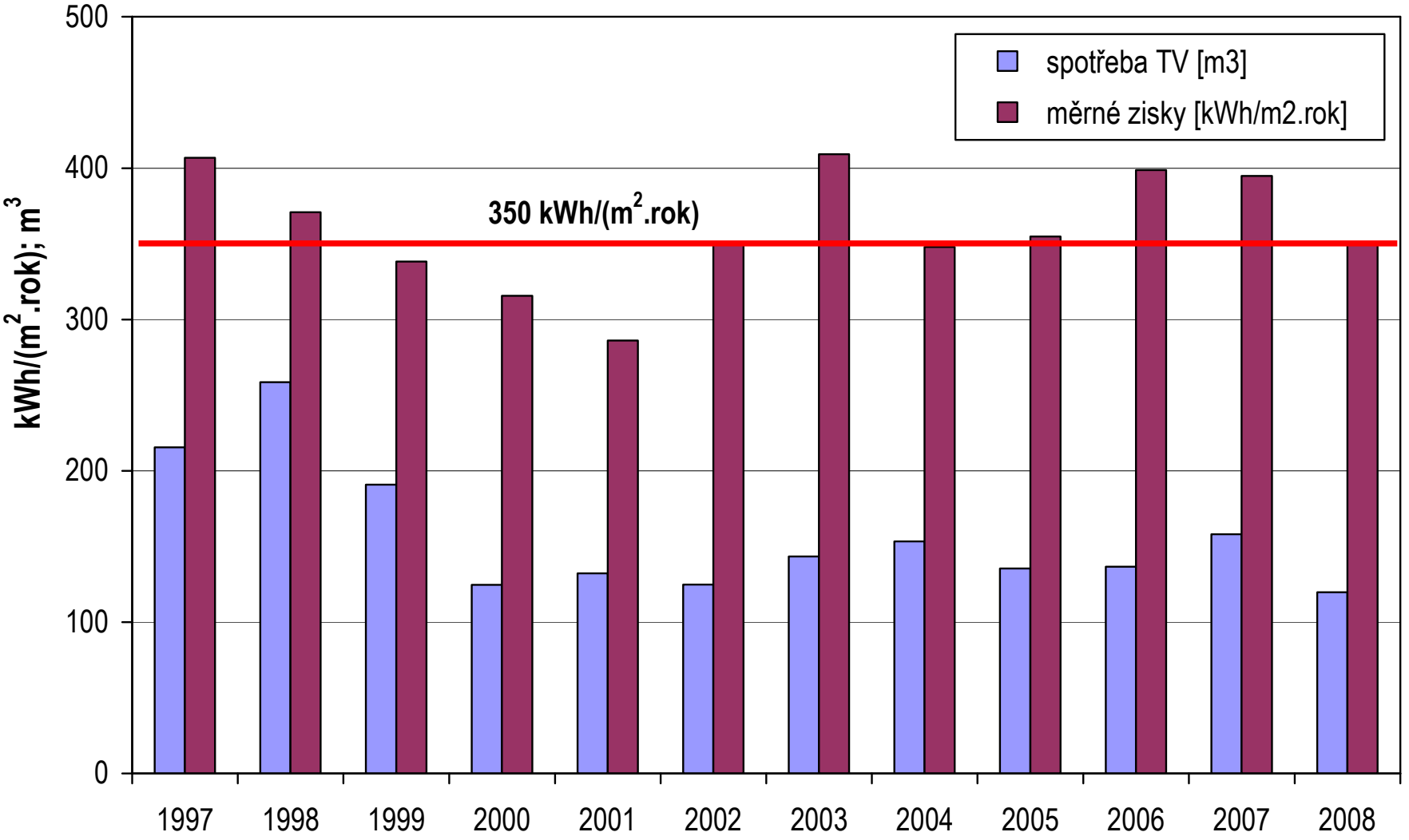
solární zásobník 6300 + 3x300 l

Solární soustava Meziboří – příprava TV



Solární soustava Meziboří – příprava TV

roční spotřeba TV: 130 až 150 m^3 (vysoký podíl tepelných ztrát TV+solar)

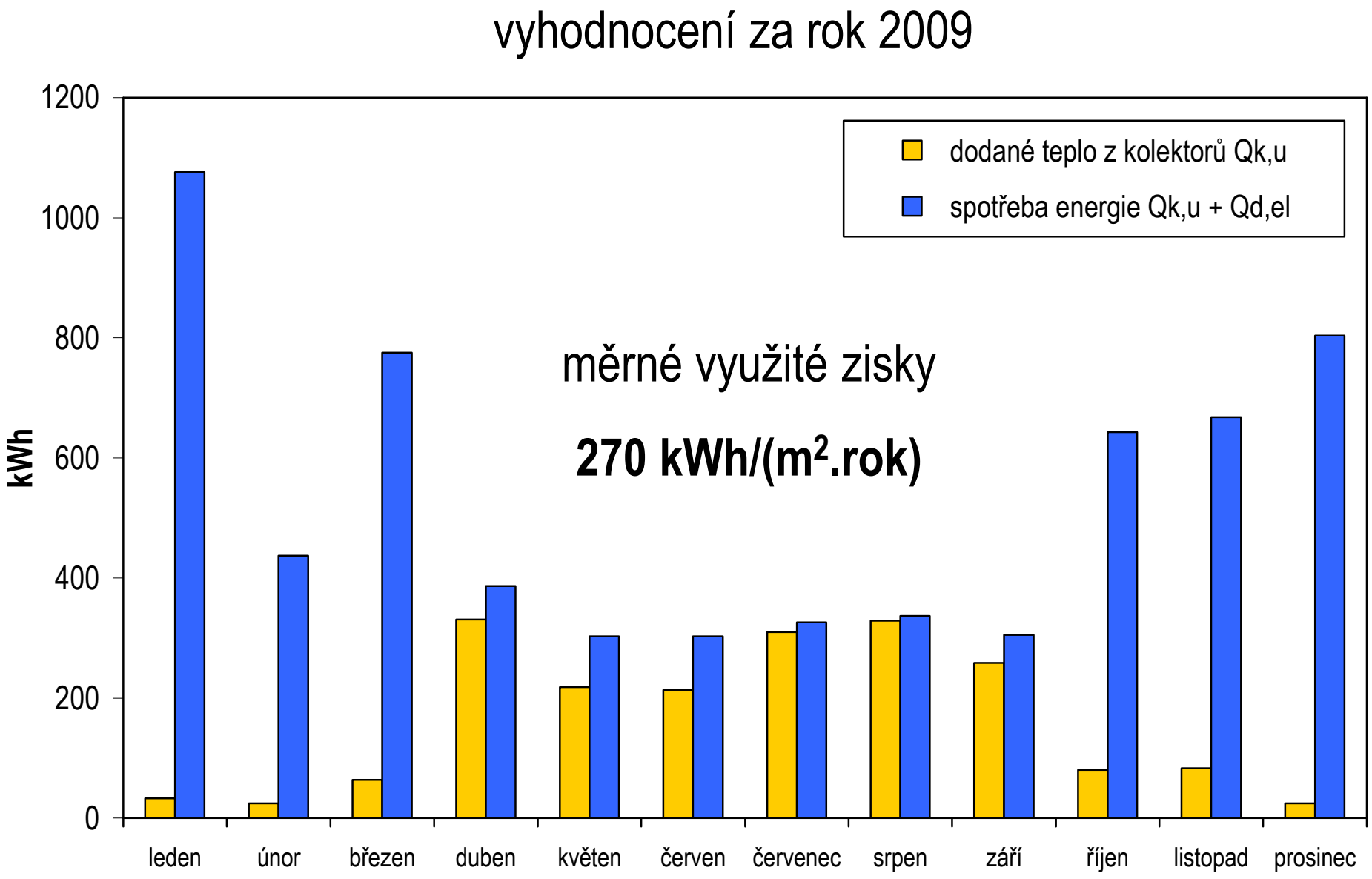


Solární soustava Mnichovice (TV + VYT)

rodinný dům, 4 osoby, ztráta 5,2 kW, plocha kolektorů 7,3 m^2, sklon 60°

monitoring: regulátor, měřicí ústředna, kalorimetr (cejch na vodu)

Solární soustava Mnichovice (TV + VYT)



Projektové hodnocení

- **rodinný dům 5 m^2**

  200 l teplé vody denně

  měrné zisky 350 kWh/(m^2.rok), solární pokrytí 57 %

- **bytový dům 42 m^2**

  3 m^3 teplé vody denně

  měrné zisky 450 kWh/(m^2.rok), solární pokrytí 42 %

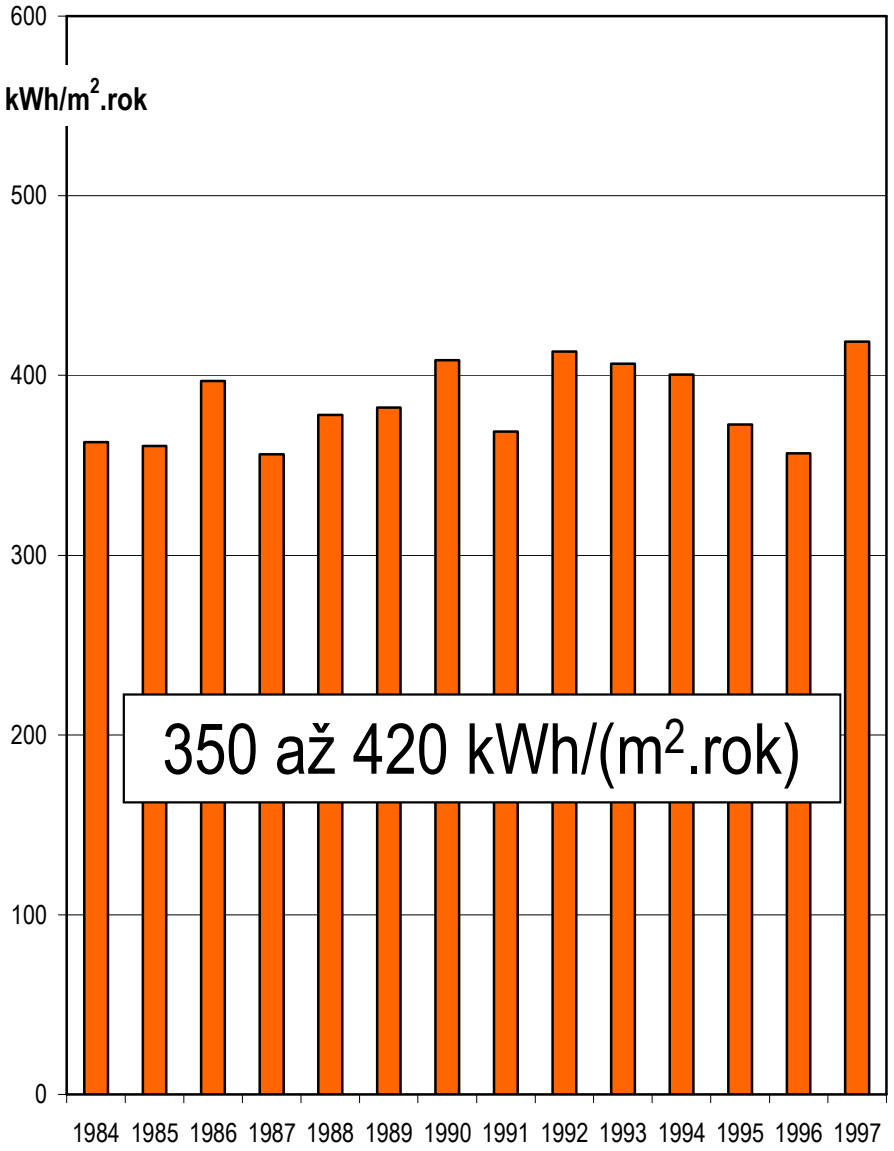
- typický meteorologický rok (TMY, **Meteonorm**), 1056 kWh/(m^2.rok)

  sklon 45°, orientace jih

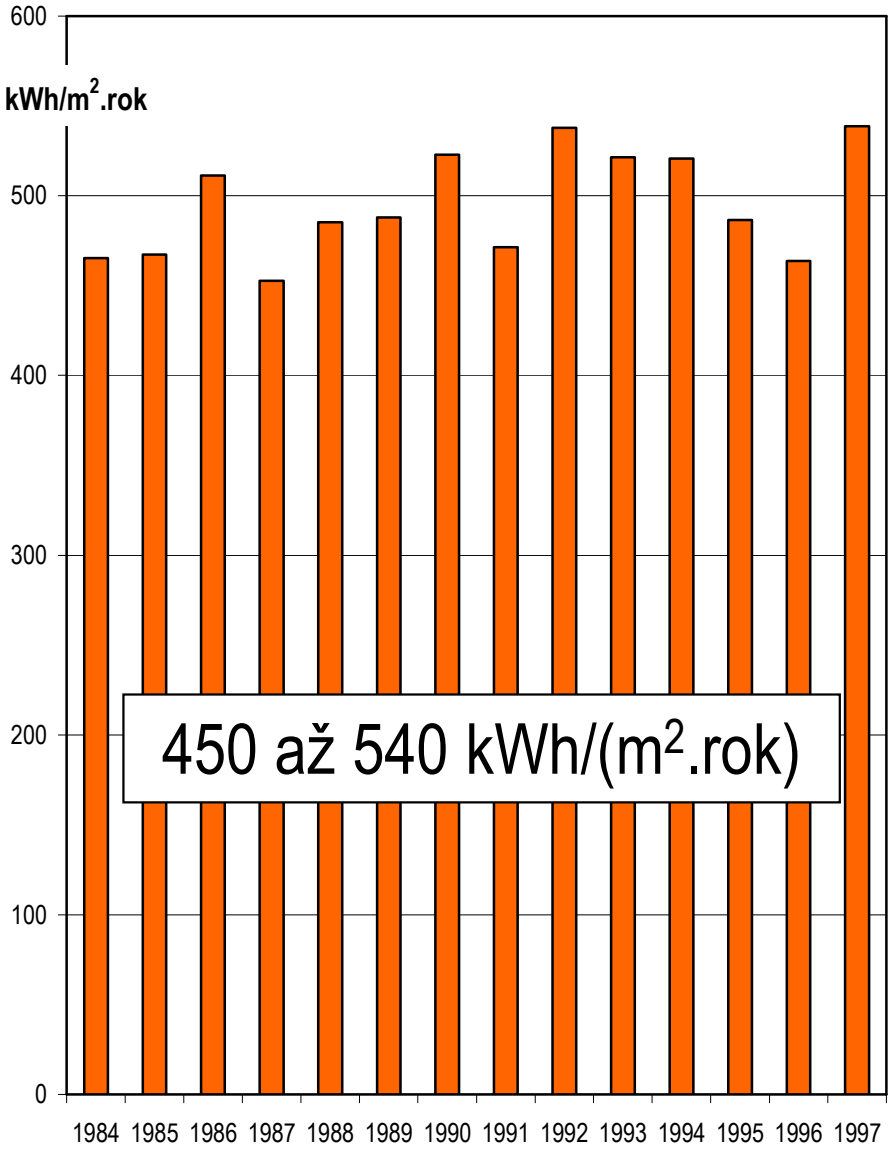
  statický hodinový výpočet, většina „simulačních“ programů

Změna zisků solární soustavy

rodinný dům

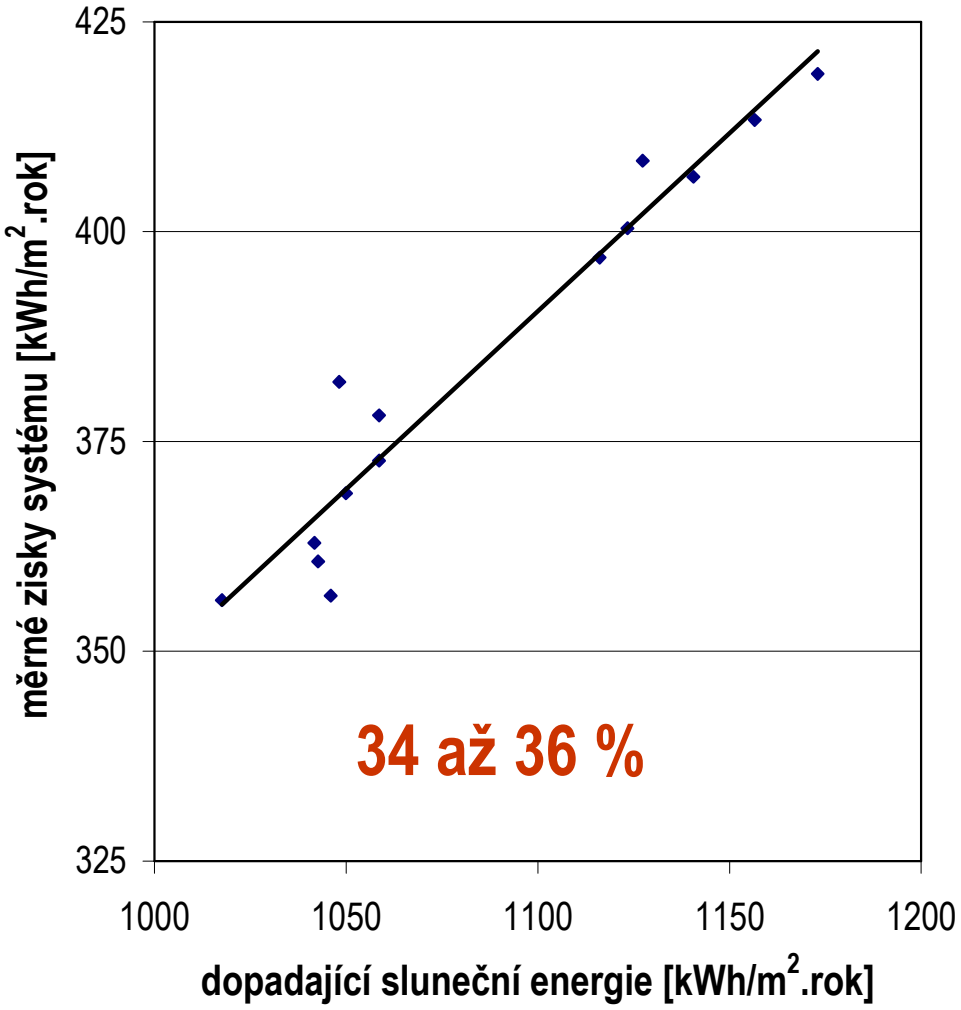


bytový dům

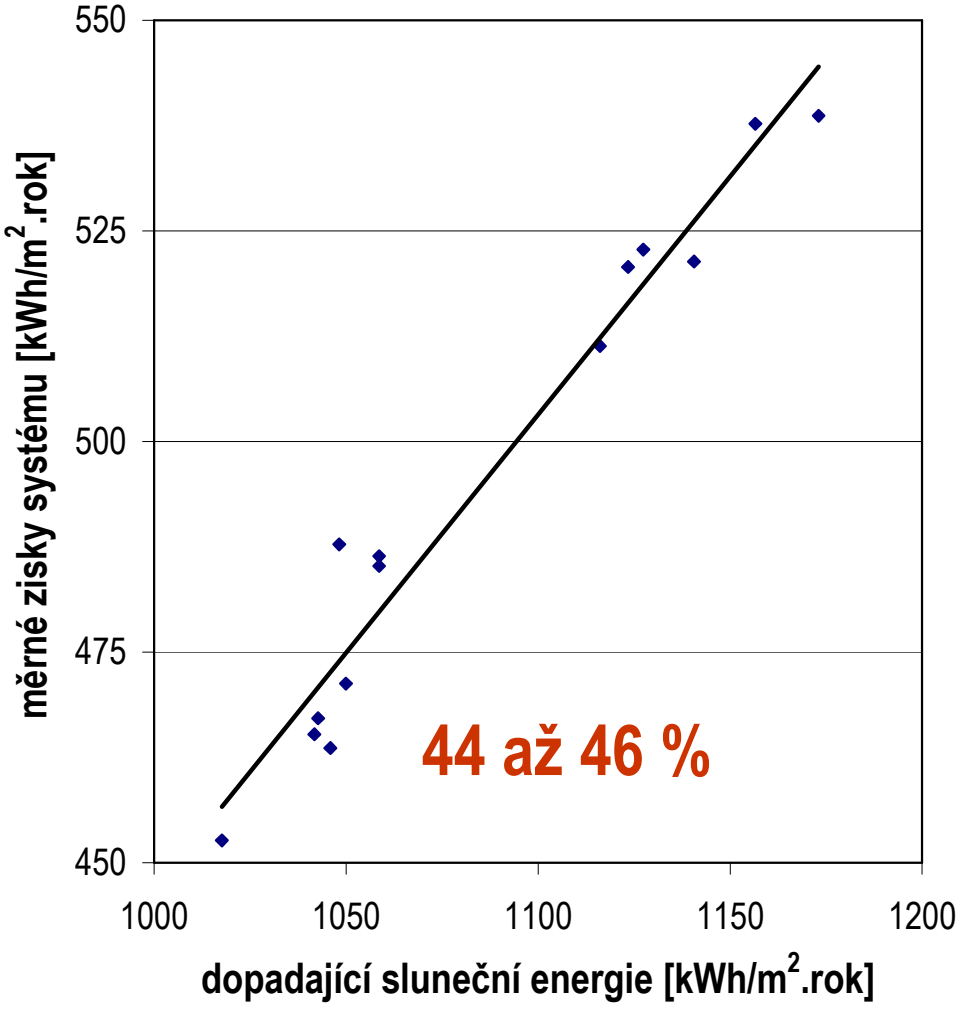


Účinnost solární soustavy (roční)

rodinný dům

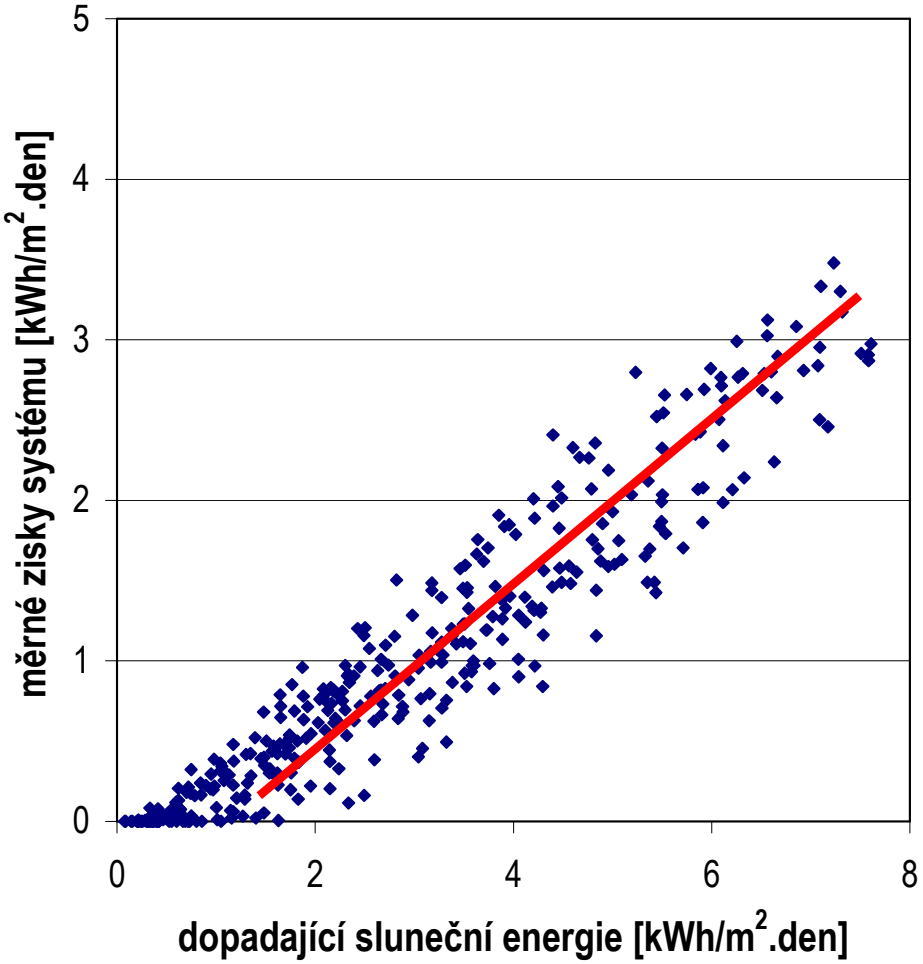


bytový dům

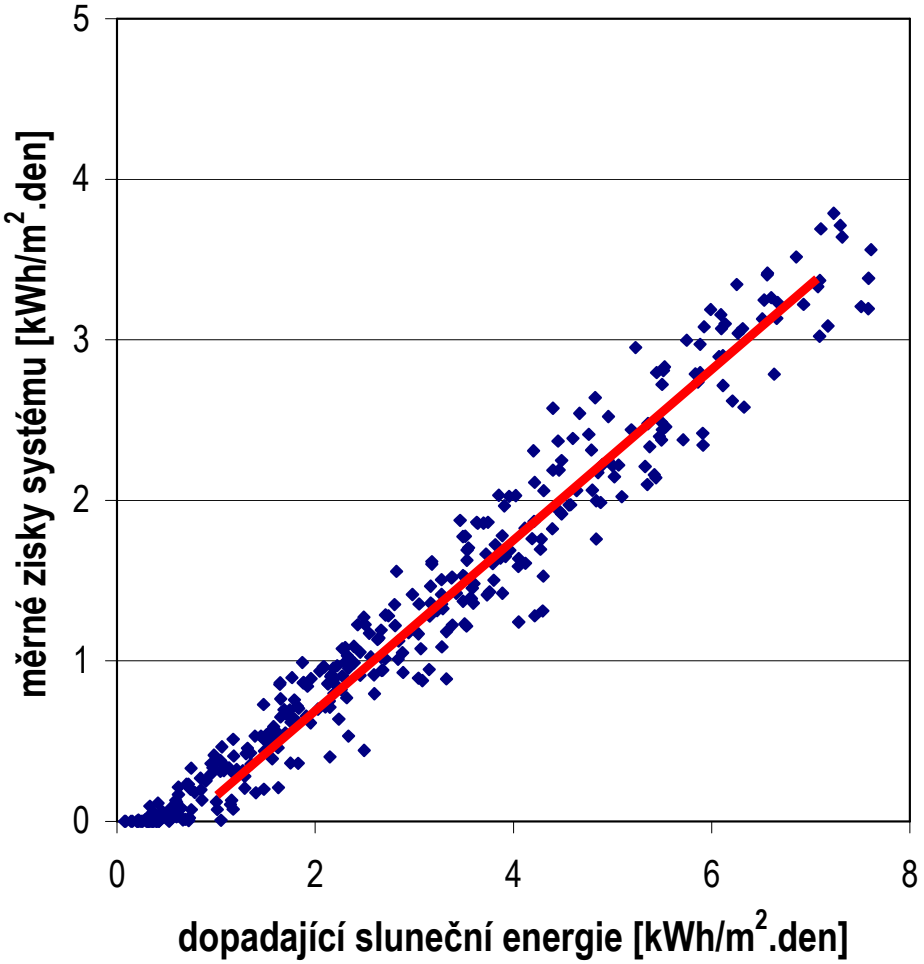


Účinnost solární soustavy (denní)

rodinný dům



bytový dům



Účinnost solární soustavy (denní)

- **denní zisk je proporcionální denní dopadlé energii**

- více / méně jednoduchý model pro výpočet (odhad) denního zisku na základě klimatických podmínek

- použití: kontrola správné funkce solární soustavy

- porovnání: naměřené hodnoty zisku = očekávaný odhad zisku ?

  ANO: soustava pracuje správně = očekávatelně

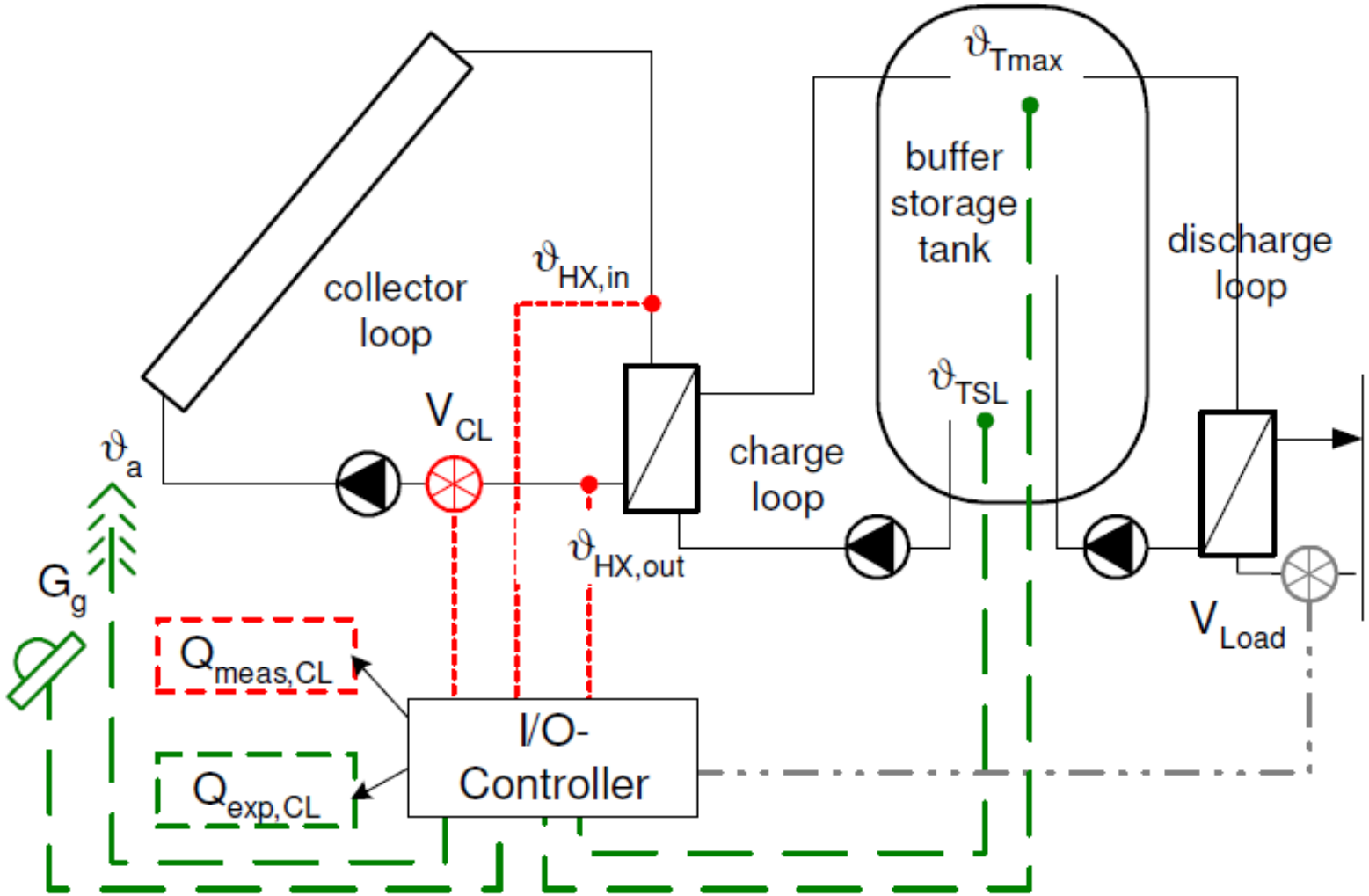
  NE: pravděpodobný problém, selhání soustavy

Input / Output metoda

- **měření dodané energie** solárním okruhem: teplo předané z okruhu kolektoru do zásobníku
- **teoretický výpočet předané energie (output)**: zjednodušený matematický model na základě měřených klimatických údajů (**input**: sluneční ozáření, venkovní teploty, teplota zásobníku, parametry kolektoru, aj.)

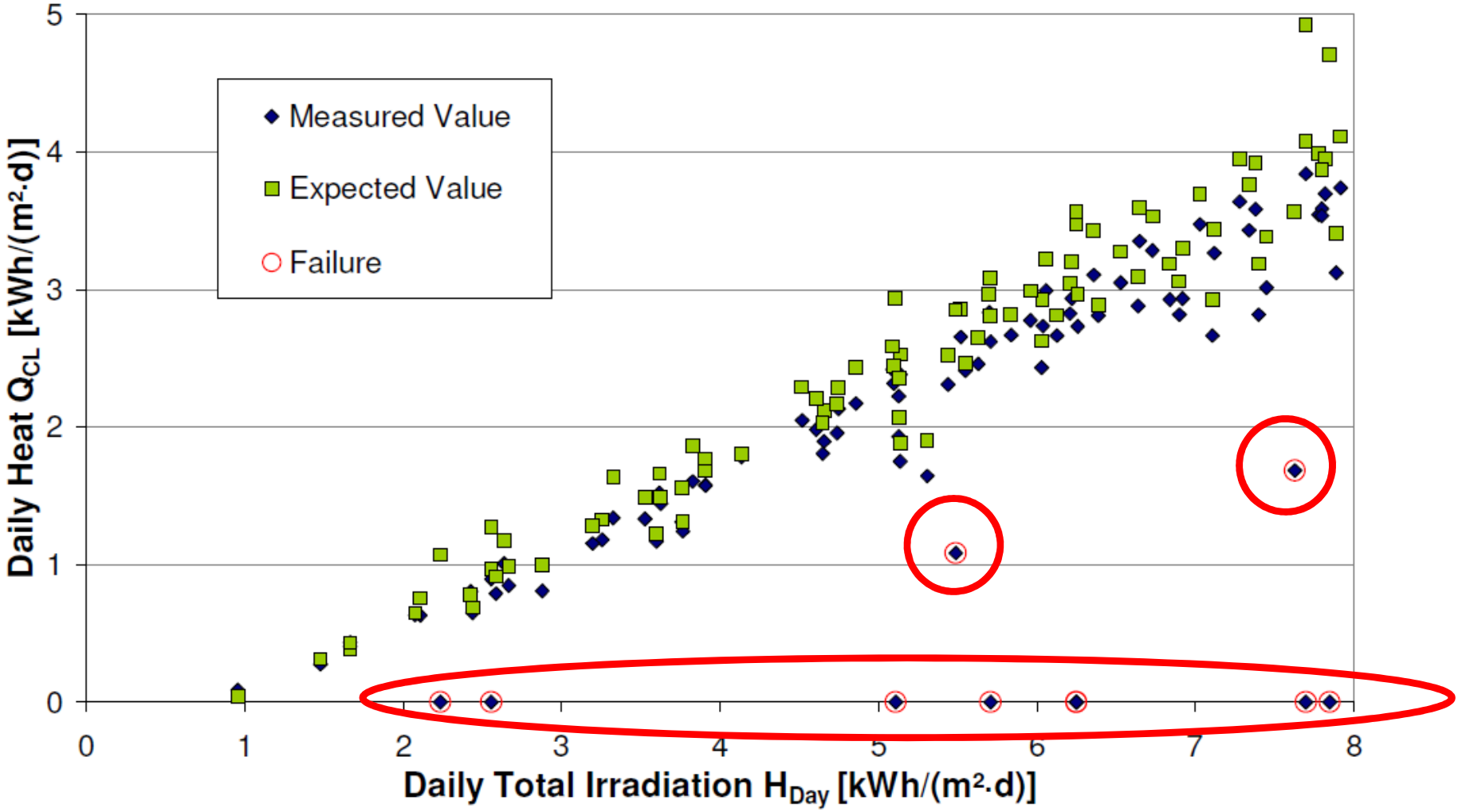
- porovnání dodané x očekávané (vypočtené)
- nesoulad vyhodnocen – pravděpodobné selhání
- nefunkční čidlo? uzavřená větev? vadné oběhové čerpadlo? ...

Input / Output metoda



Paerish, P., Vanoli, K.: Quality assurance of solar thermal systems with the ISFH Input/Output-Procedure, Proceedings of Eurosun 2006, Glasgow, UK

Input / Output metoda

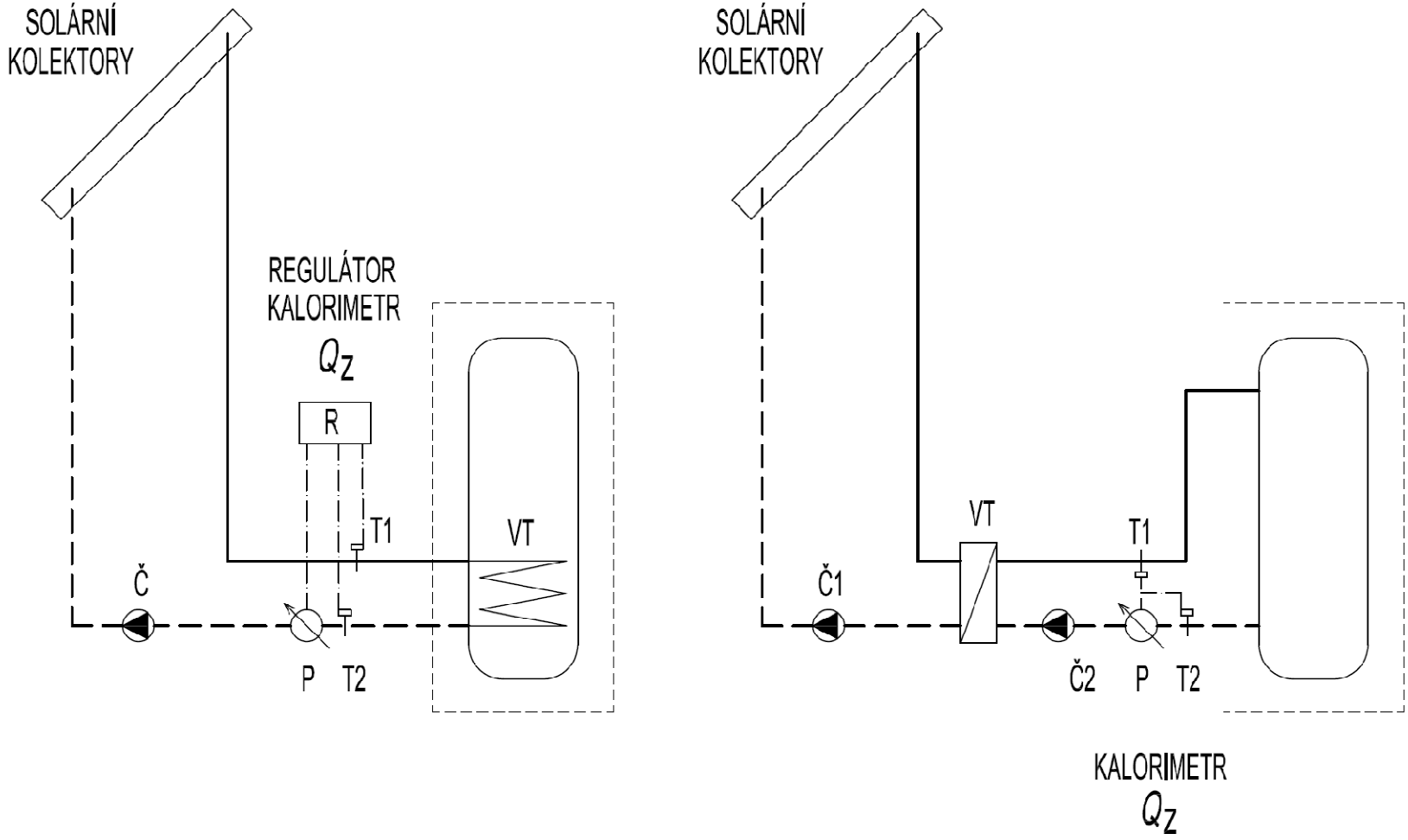


Paerish, P., Vanoli, K.: Quality assurance of solar thermal systems with the ISFH Input/Output-Procedure, Proceedings of Eurosun 2006, Glasgow, UK

Provozní měření solárních soustav (OPŽP)

- **Operační program Životní prostředí**
- všechny státem dotované instalace mají být povinně vybaveny dlouhodobým monitoringem v rámci realizace
  - zpětná kontrola efektivity vynaložených investic
  - tlak na kvalitu projektů a provedení zařízení montážní firmou
  - získání reálných údajů o provozu solárních soustav v ČR (katalog instalací podpořených SFŽP s provozními údaji)
  - zvýšení atraktivity pro veřejnost i pro dodavatele (reklama)
  - **dobré příklady táhnou !** (zákazníky)
  - **špatné upozorňují na nekvalitní návrh a provedení !** (projektanti)

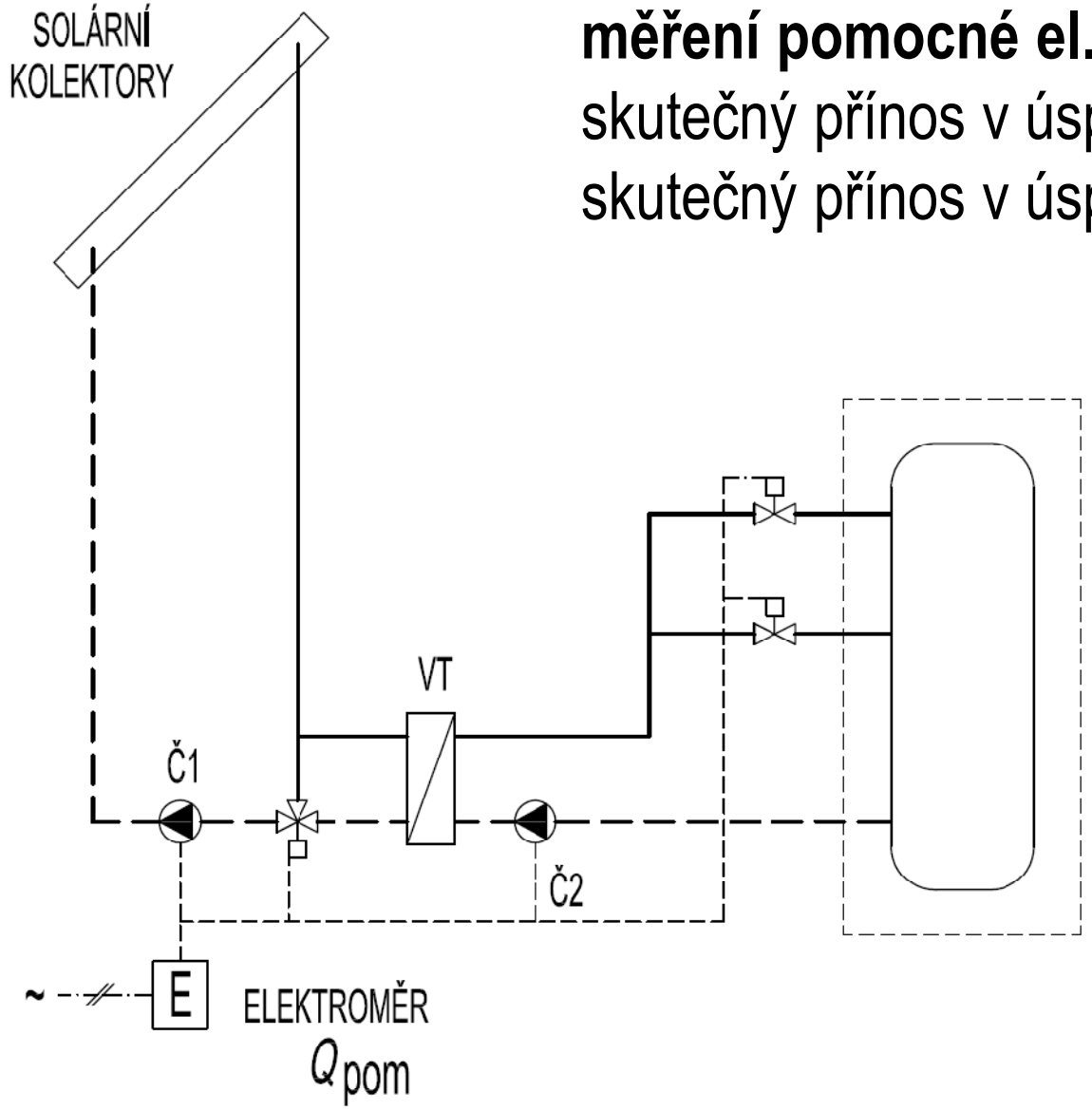
Provozní měření solárních soustav (OPŽP)



měření dodaného tepla z kolektorů do aplikace:

jednoduché a levné měření, jediný kalorimetr s pamětí (průtokoměr)

Provozní měření solárních soustav (OPŽP)



měření pomocné el. energie solární soustavy:
skutečný přínos v úspoře primární energie
skutečný přínos v úspoře emisí

oběhová čerpadla
pohony ventilů
regulace
nucené chlazení
...

tlak na energeticky efektivní řešení

Děkuji za pozornost

Tomáš Matuška
Ústav techniky prostředí
Fakulta strojní, ČVUT v Praze
Technická 4, 166 07 Praha 6

tomas.matuska@fs.cvut.cz

Československá společnost pro sluneční energii (národní sekce ISES)

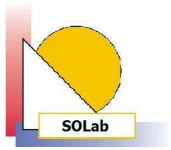
http://www.solarnispolecnost.cz

http://www.solar-info.cz

Solární laboratoř ÚTP FS ČVUT v Praze

http://solab.fs.cvut.cz

SOLAB
Solární laboratoř Ústavu techniky prostředí
Fakulty strojní ČVUT v Praze



Organizace kurzu:

Společnost pro techniku prostředí
Novotného lávka 5, Praha 1
116 68
stp@stpcr.cz
http://www.stpcr.cz

Československá společnost pro sluneční energii
Novotného lávka 5
116 68 Praha 1
http://www.solarnispolecnost.cz

Třeboňské inovační centrum (TIC)
Dukelská 145
Třeboň
http://www.tic.trebon.cz