

Solární soustavy a tepelná čerpadla pro CZT

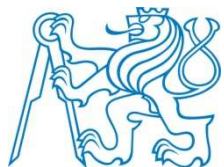
- koncepce systémů
- sezónní akumulace
- ekonomické souvislosti
- kombinace zdrojů





Solární soustavy pro CZT

- **od roku 1980**
 - první soustavy ve Švédsku (1984)
 - vývoj v Dánsku, Rakousku, Německu
 - solární soustavy s malým solárním pokrytím
 - demonstrační projekty, Solarthermie2000 (pokrytí do 50 %)
- **současnost**
 - komerční projekty (Dánsko)
 - snahy o vyšší pokrytí potřeby tepla na přípravu TV a vytápění (až 50 %)
 - více než 20leté zkušenosti z provozu
 - mediální pozornost v ČR: „solární teplárny“ se 100% pokrytím



Proč solární teplo?

- **100% obnovitelná energie**
- **nevyčerpatelná**
- **dostupná všude**

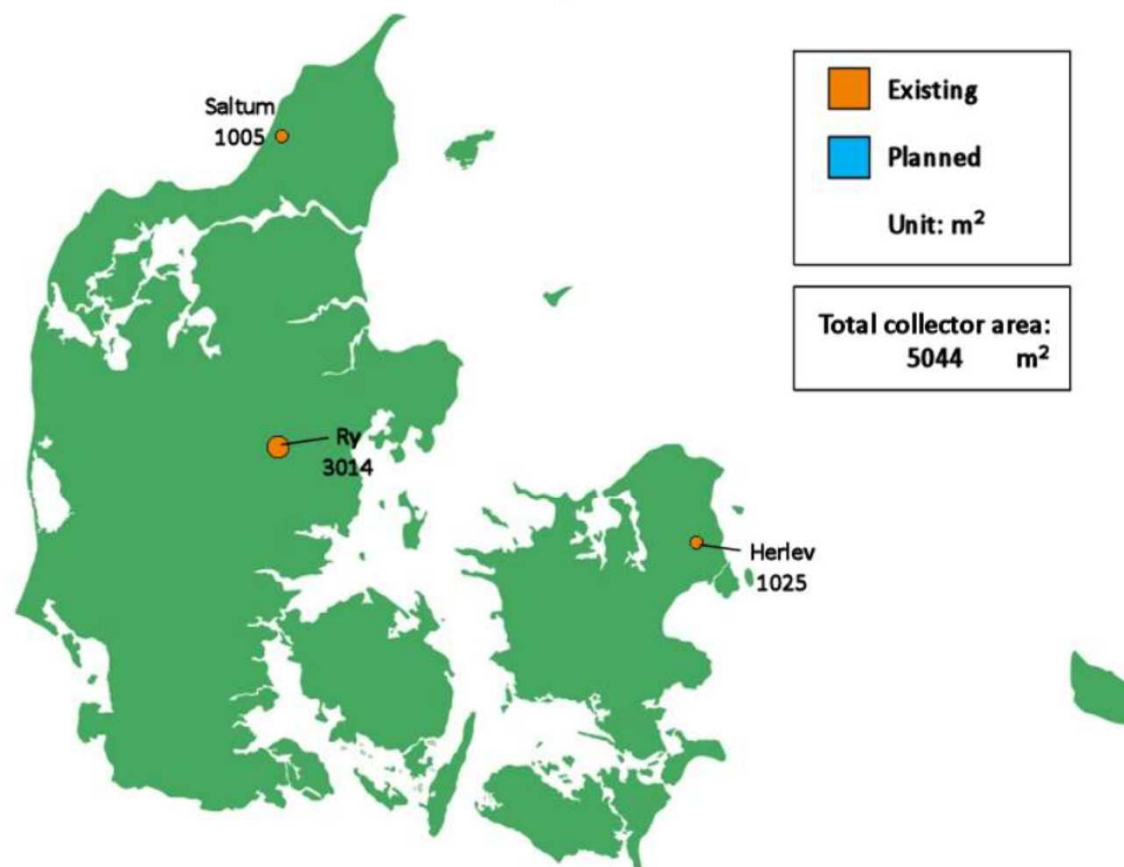
- **jedna z cest plnění cílů podílu OZE v Evropě**
- **systemy v Evropě > 500 m²**

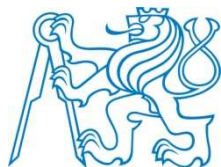
1983	7
1993	32
2003	80+13 (chlazení)
2013	216



Solární soustavy pro CZT (Dánsko)

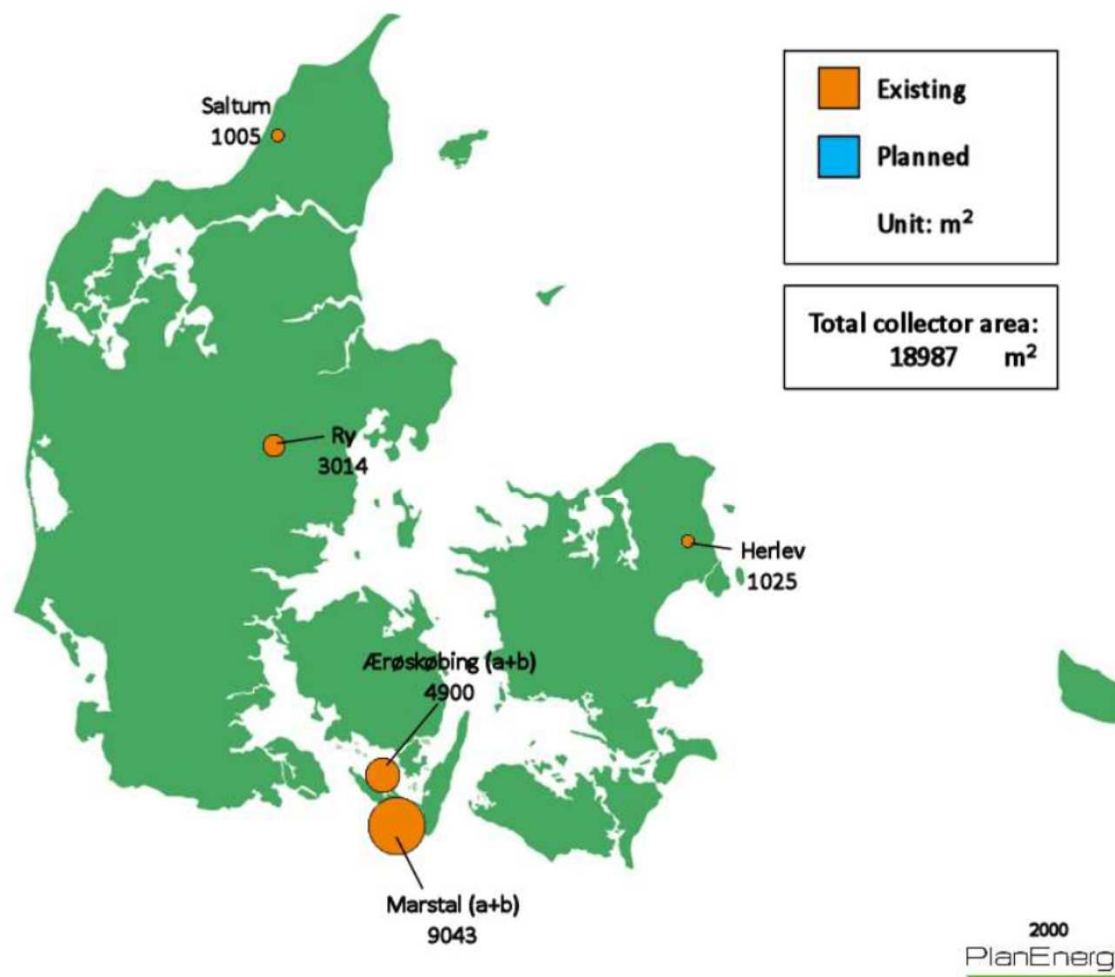
1990





Solární soustavy pro CZT (Dánsko)

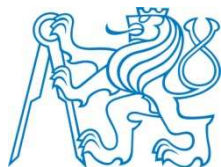
2000





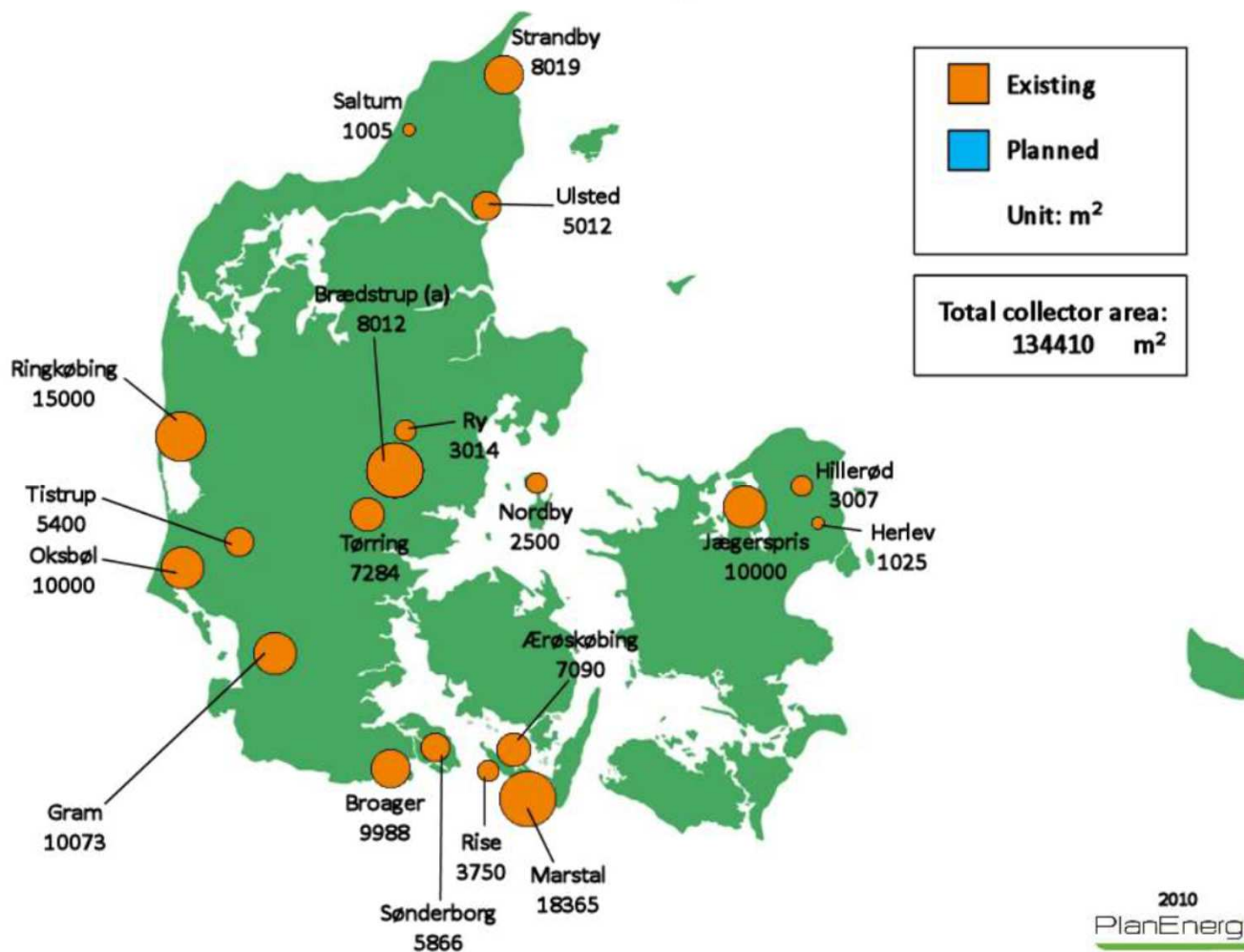
Dánsko 2008

- **vysoké zdanění zemního plynu**
 - daň ve stejné výši jako cena ZP
- **možnost prodeje uspořeného CO2**
- **státní garance půjček**
- **CZT jako „non-profit bussines“**
- **rozšíření know-how**
- **první solární CZT bez dotací**



Solární soustavy pro CZT (Dánsko)

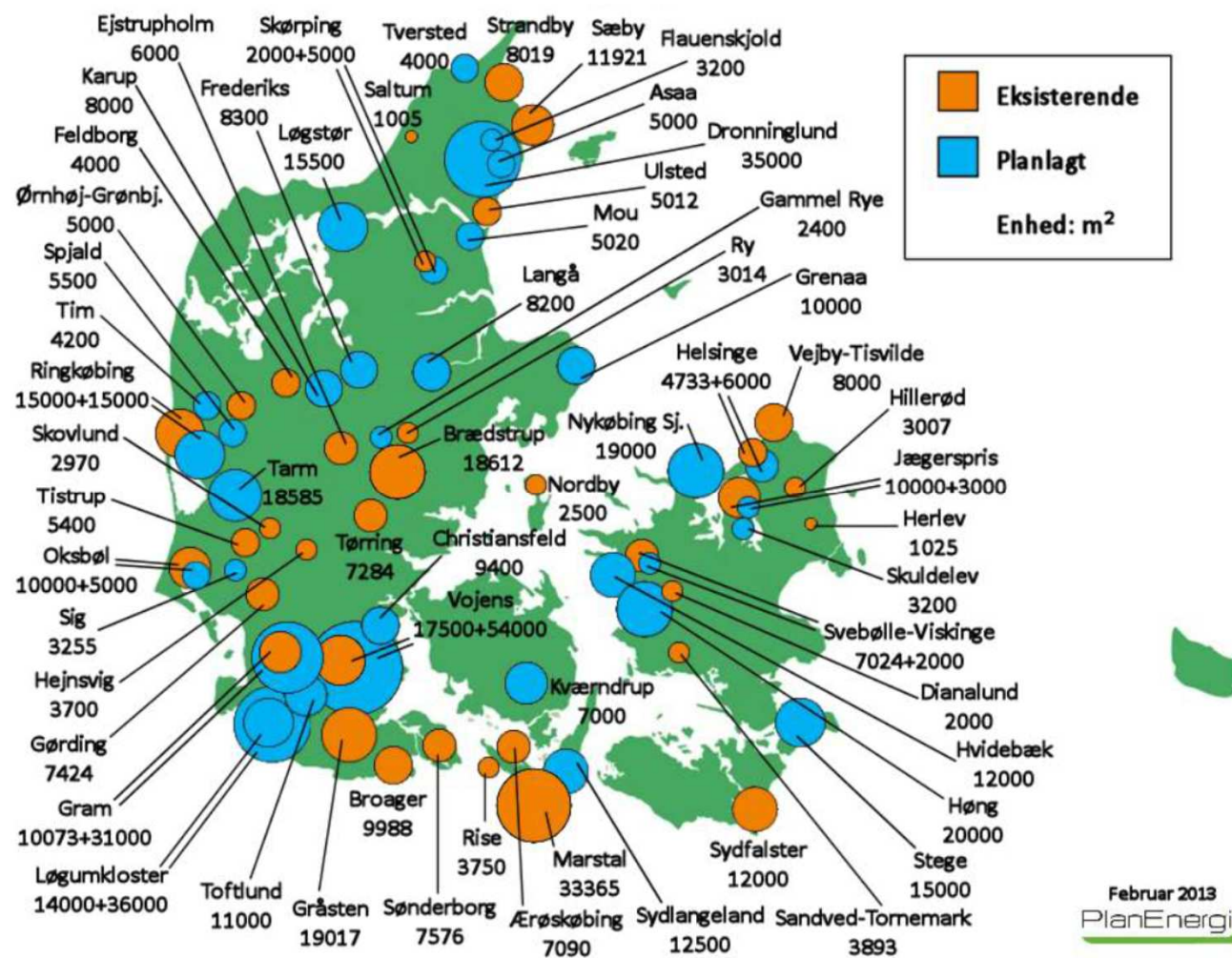
2010





Solární soustavy pro CZT (Dánsko)

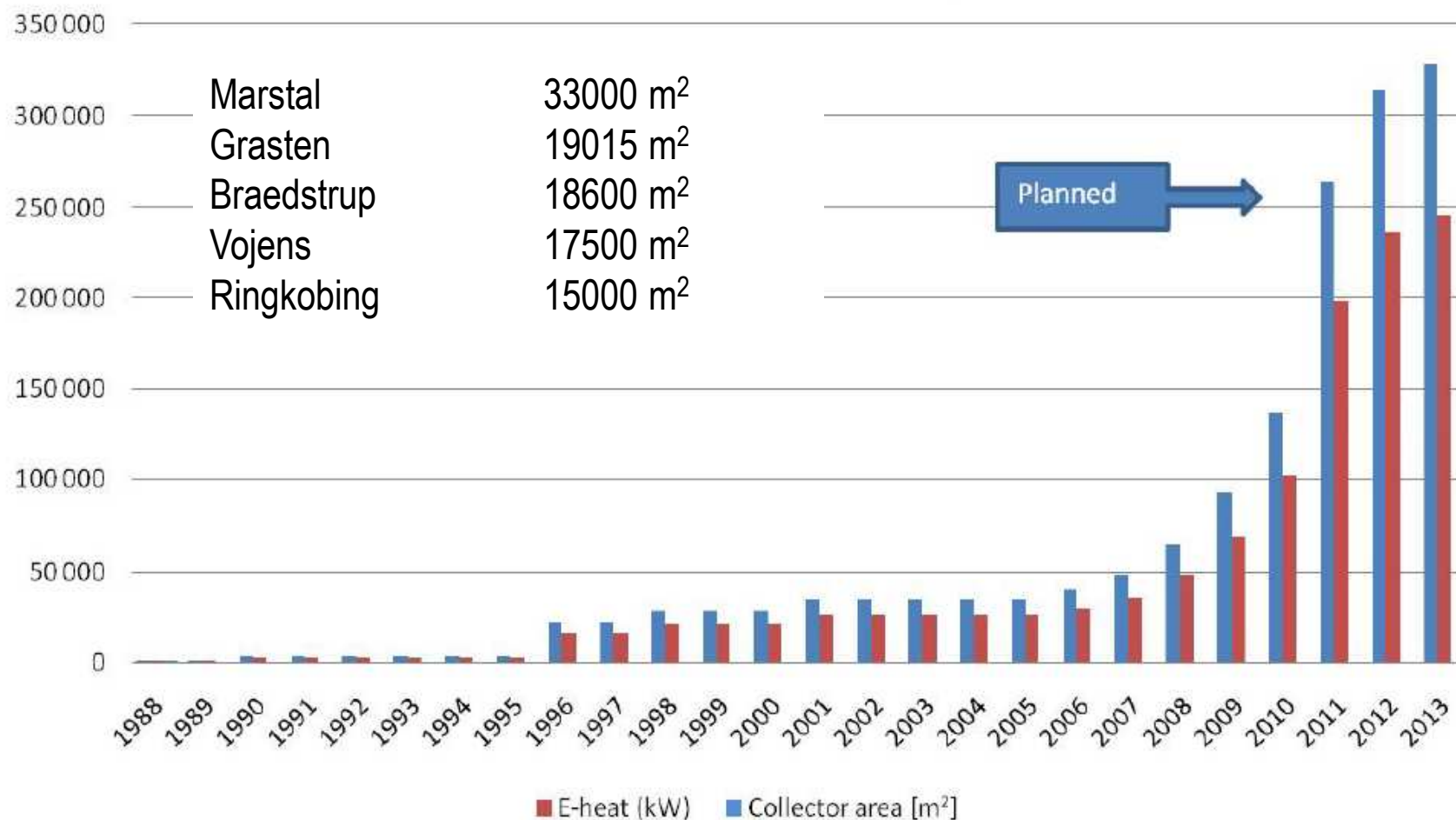
2013

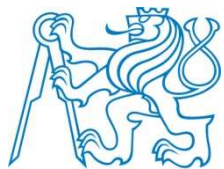




Solární soustavy pro CZT (Dánsko)

Solar District Heating in Denmark
Plants in operation and planned plants



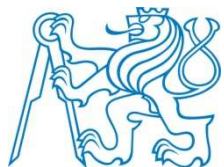


Solární soustavy pro CZT ...

... potřebují plochy



Stranby DK, 8019 m²



Sluneční energie vs. biomasa

- **biomasa**

výnos 6-10 tun suš./ha.rok, výhřevnost 4,5 MWh/t, účinnost 85 %

zisk energie ze zabrané plochy: **2,3 až 3,8 kWh/m².rok**

- **solární energie**

dopadající 1000 kWh/m².rok, reálný zisk 350 až 450 kWh/m².rok,
využití plochy 35 až 40 %

zisk energie ze zabrané plochy: **140 až 160 kWh/m².rok**

solární teplo: 40 až 50 x více energie z m² zabrané plochy



Sluneční energie vs. biomasa

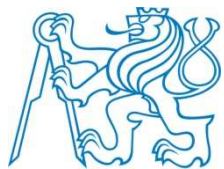
- **biomasa**

náhrada současné roční spotřeby uhlí biomasou by vyžadovala plochu cca 4,7 mil. hektarů: **60 % území ČR**

- **solární energie**

náhrada současné roční spotřeby uhlí přímým využitím slunečního záření (teplo + fotovoltaika) by vyžadovala plochu 0,09 mil. hektarů: **1,2 % území ČR**

sluneční energie: nestabilní, neřiditelný zdroj = nutnost akumulace

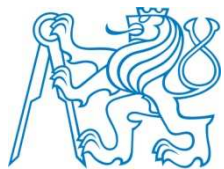


Solární soustavy pro CZT ...



... Marstal, DK 18 300 m², 13 MWt

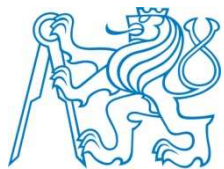
2013 ... Marstal, DK 33 000 m², 23 MWt



Solární soustavy pro CZT ...



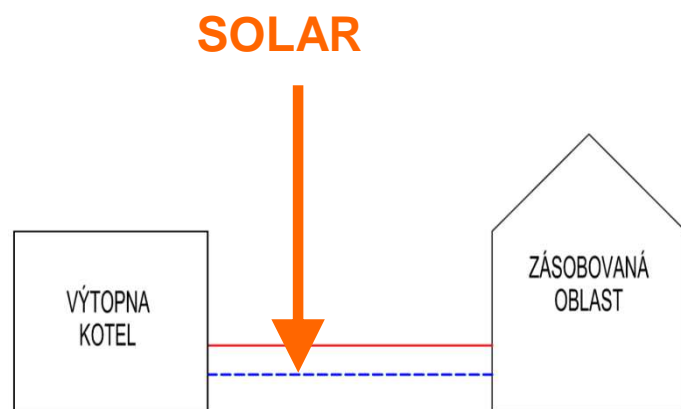
... Gardsten, SE 1410 m², 1 MWt



Integrace do CZT

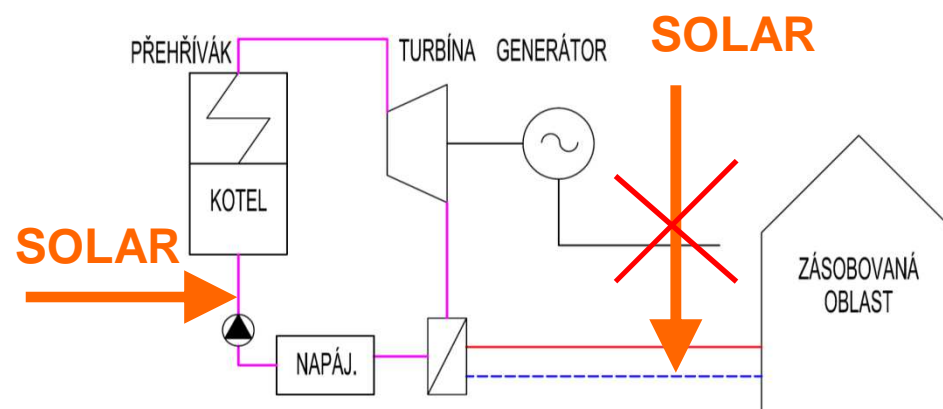
výtopenský provoz

- pouze teplo
- odběrová / produkční část - úspora paliva i emisí

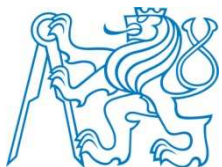


teplárenský provoz

- elektřina & teplo
- odběrová část - snížení účinnosti KJET
- produkční část - úspora paliva i emisí



pro účinné nasazení – solární teplo vždy ve funkci spořiče paliva

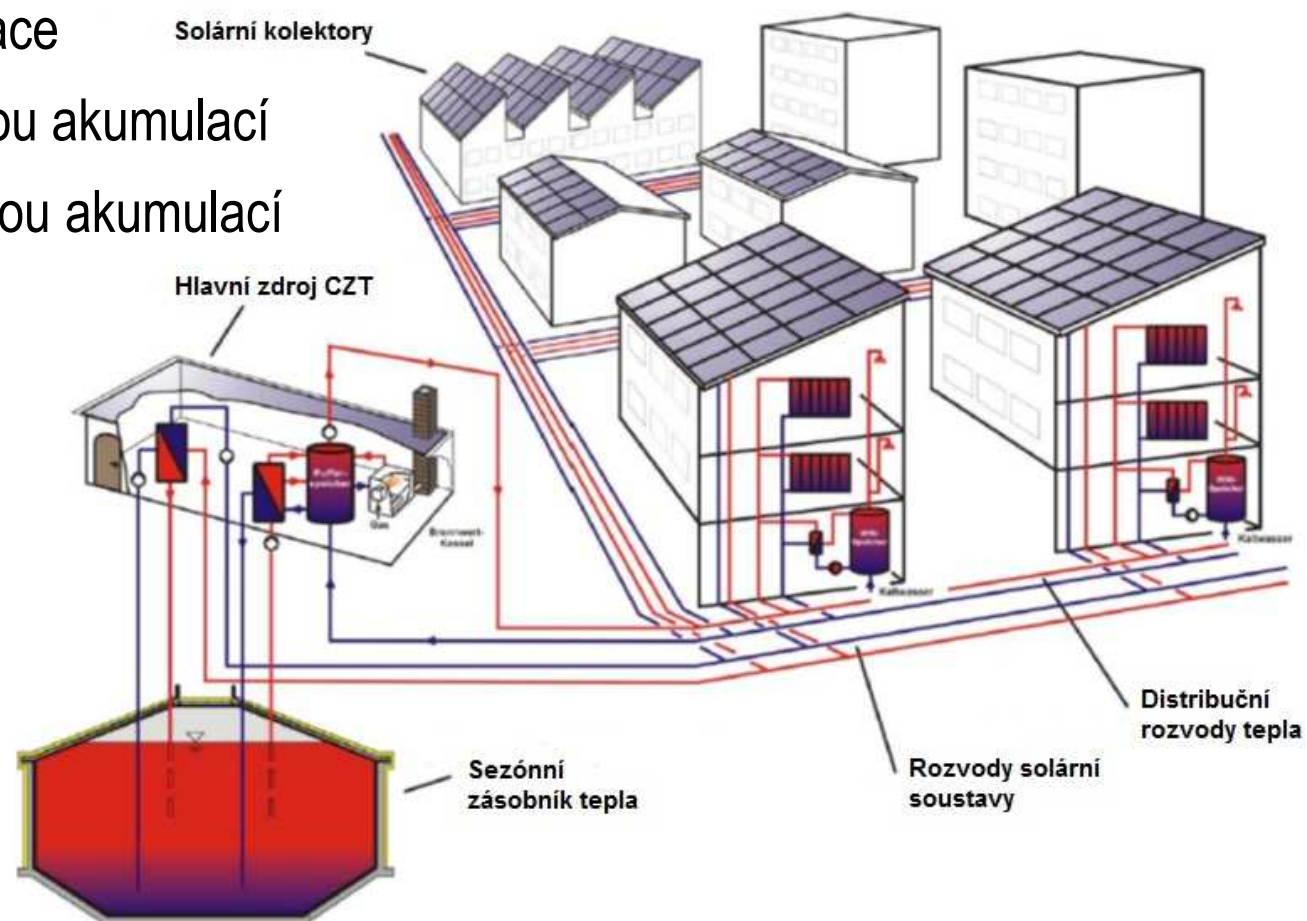


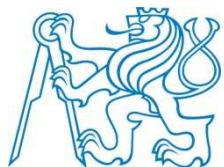
Solární soustavy pro CZT

■ druhy SCZT

- bez akumulace
- s krátkodobou akumulací
- s dlouhodobou akumulací

- centrální
- decentrální

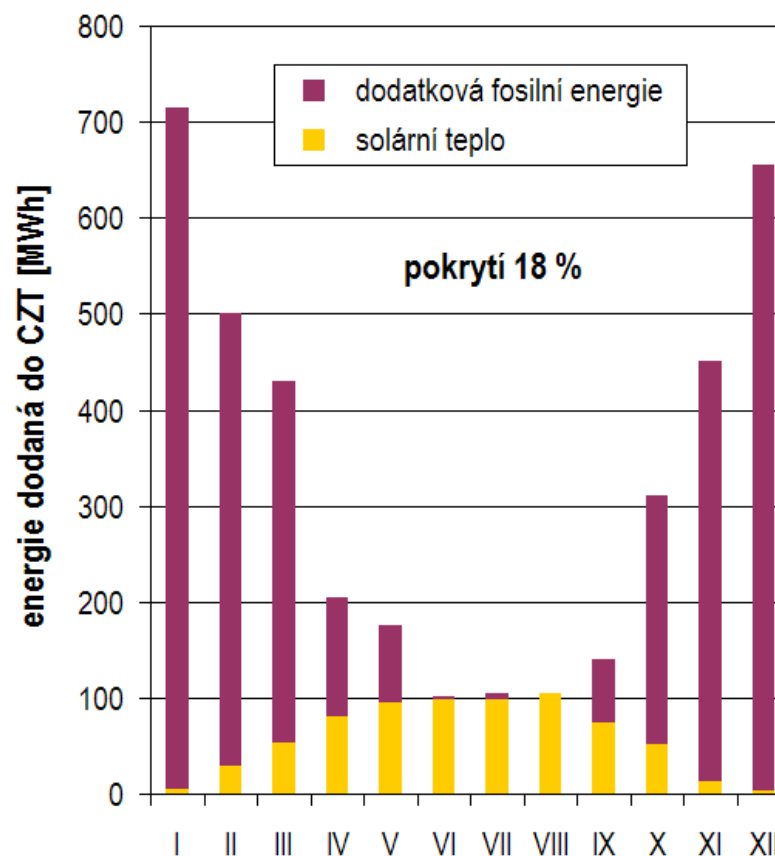


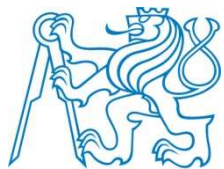


Koncepce soustav

- **Bez akumulace**
 - solární tepelné zisky se akumulují v objemu rozvodů celé sítě
 - solární pokrytí potřeby tepla se pohybuje zhruba do 5 %.

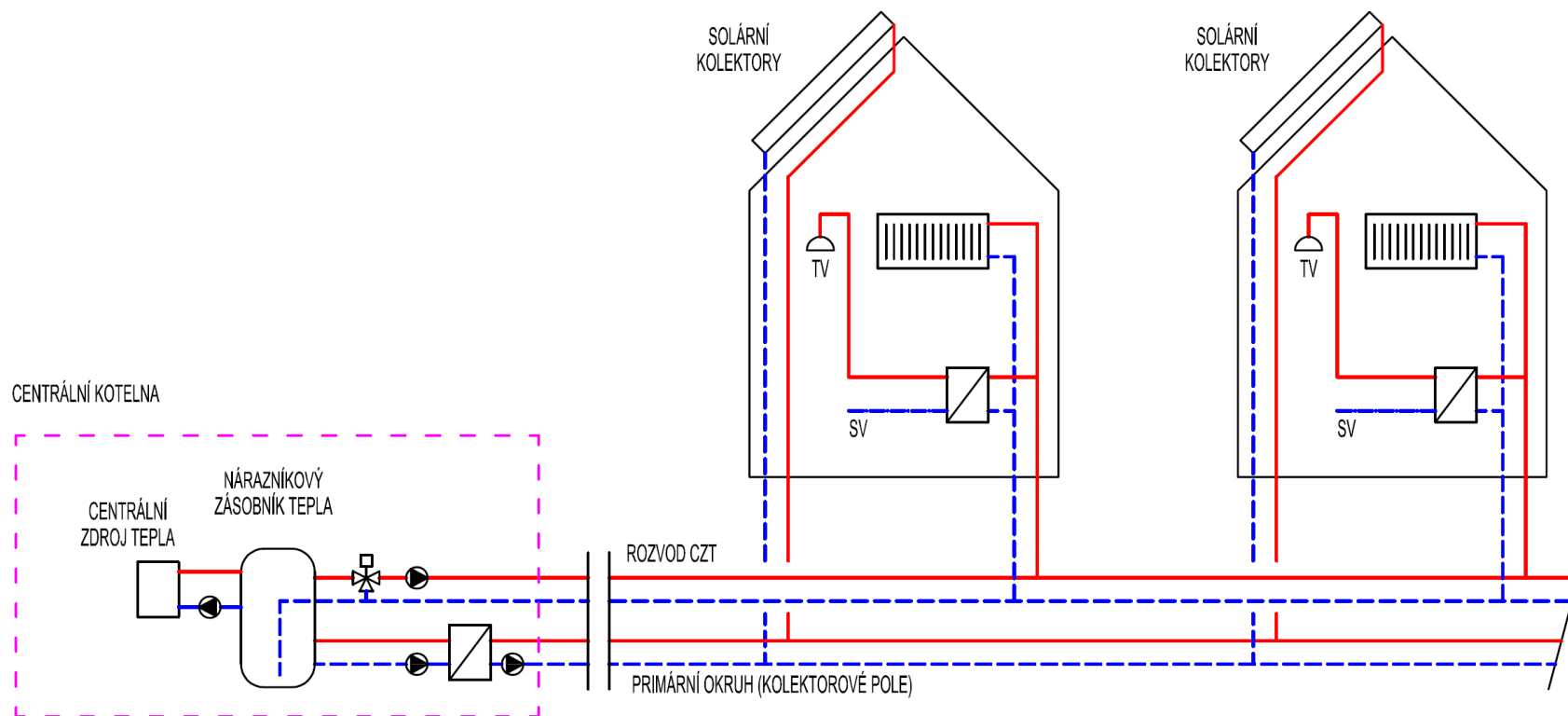
- **S krátkodobou akumulací**
 - nárazníkový akumulátor slouží pro akumulaci nejvýše několikadenních zisků
 - návrhové solární pokrytí se pohybuje od 10 do 20 %





Koncepce soustav

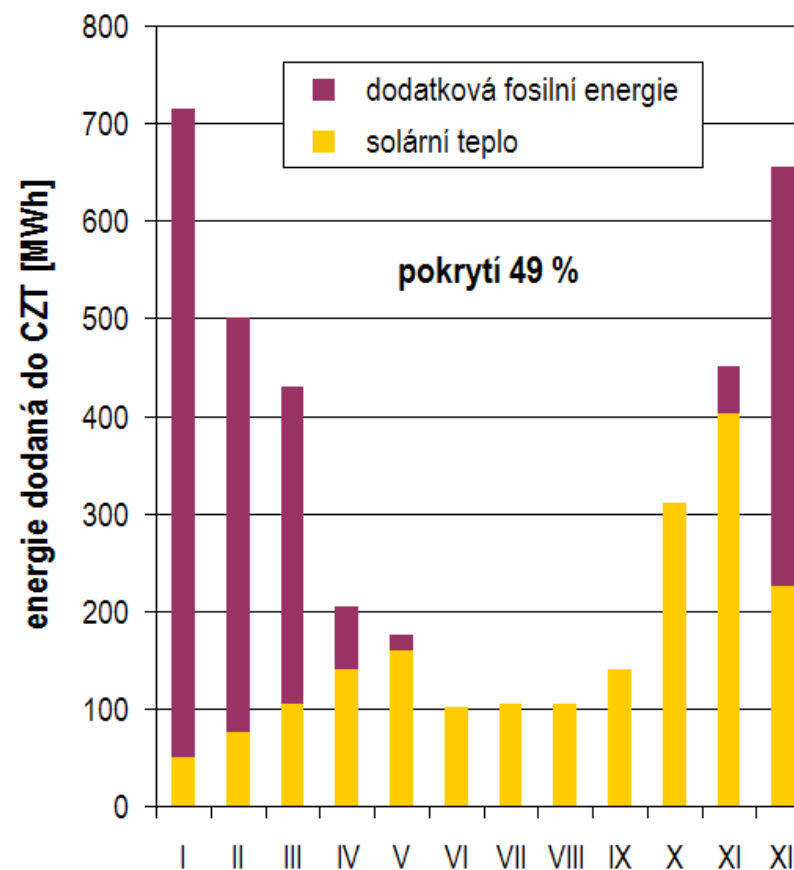
krátkodobá akumulace – denní
krytí letní potřeby tepla + ztrát v rozvodu
ekonomicky efektivní instalace





Koncepce soustav

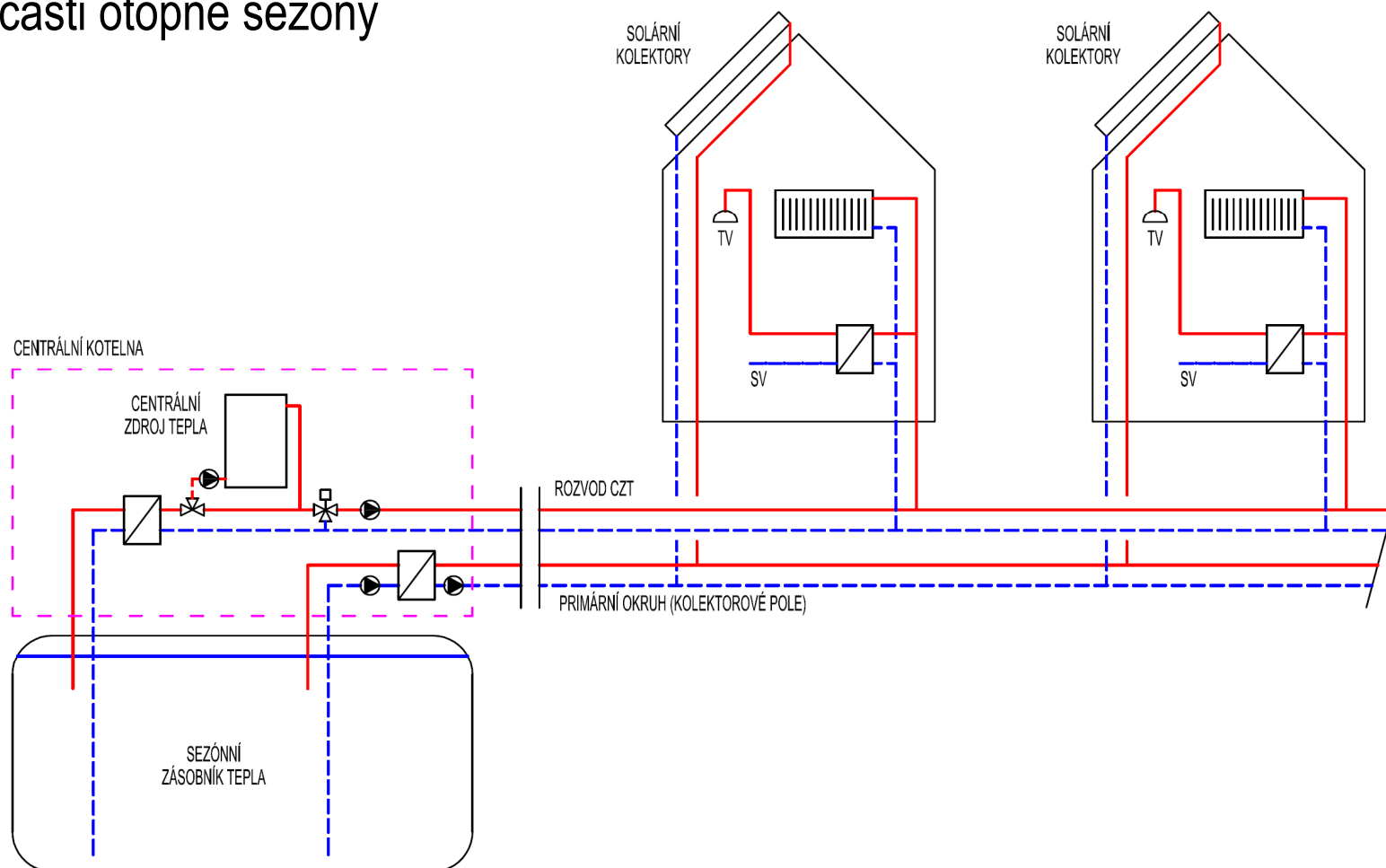
- **S dlouhodobou akumulací**
 - velkoobjemové sezónní zásobníky slouží pro akumulaci letních nadbytečných zisků
 - přenesení do zimního období
 - návrhové solární pokrytí se pohybuje do 50 %.





Koncepce soustav

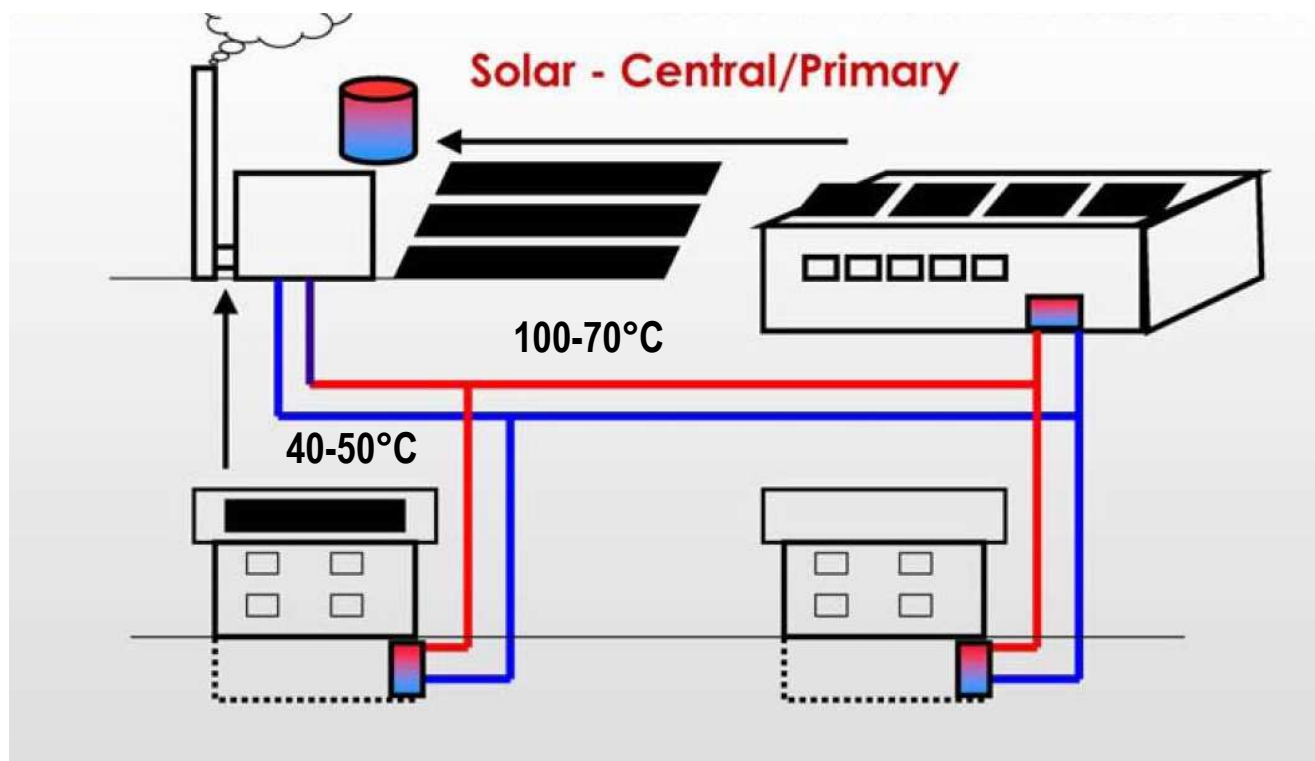
dlouhodobá akumulace – sezónní zásobník
krytí části otopné sezóny

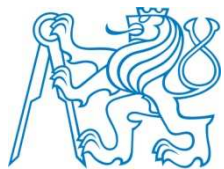




Koncepce soustav

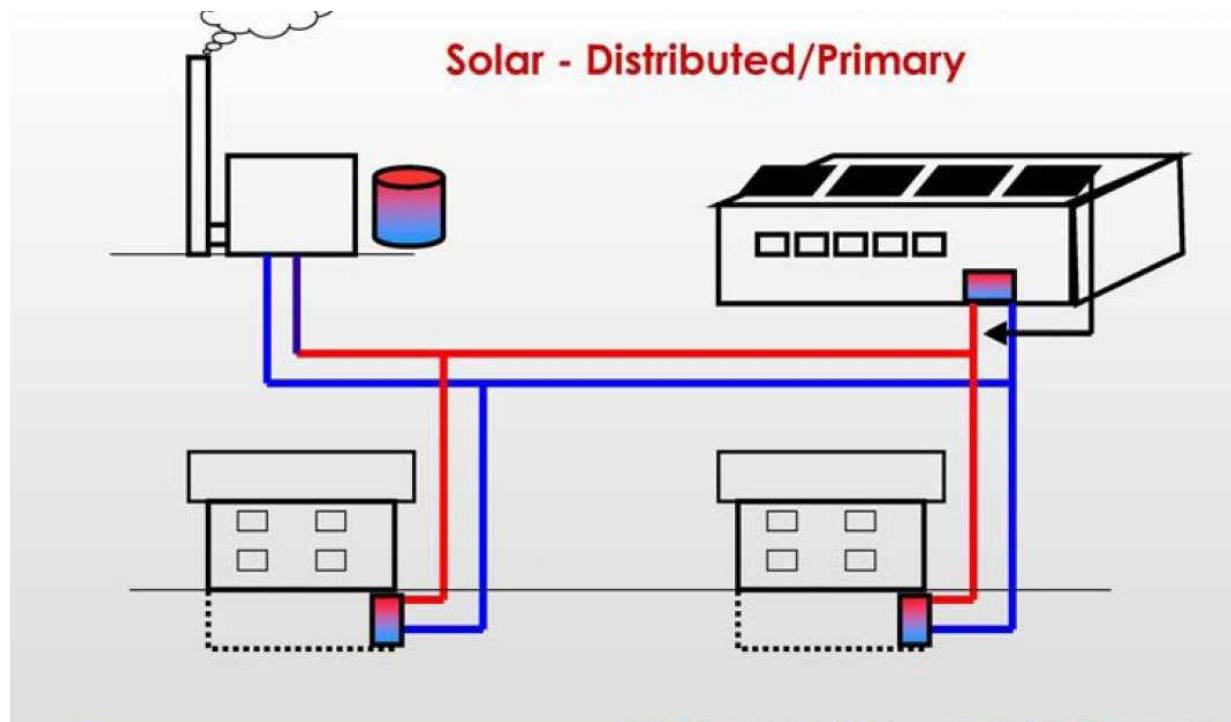
- **Centrální**
 - solární soustava pracuje jako doplněk vlastního centrálního zdroje tepla

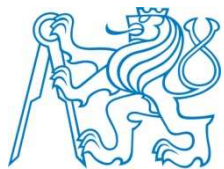




Koncepce soustav

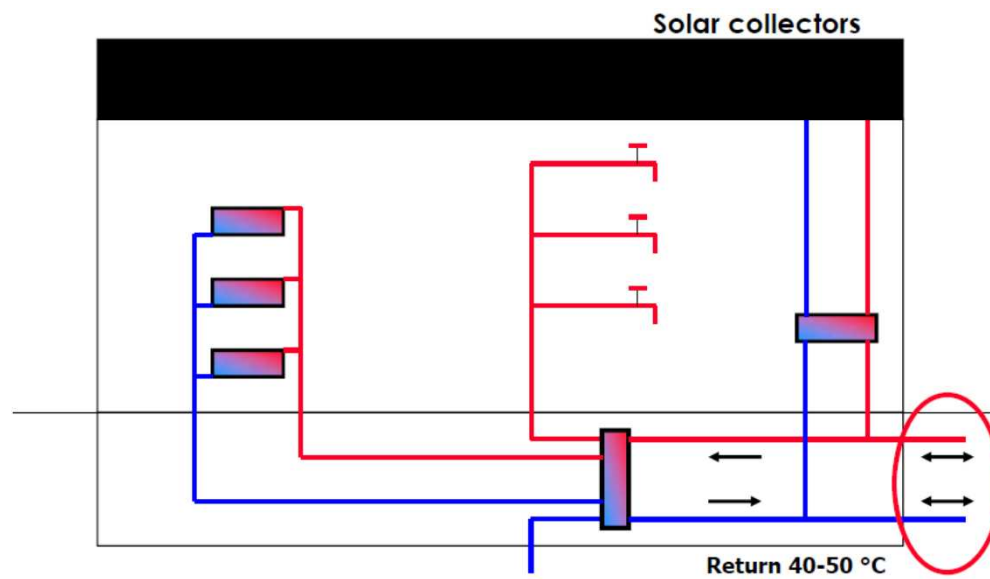
- **Decentrální**
 - solární soustava je provozována primárně pro účely krytí potřeby tepla v místě instalace, např. v budově
 - přebytky jsou dodávány do sítě podle smlouvy s provozovatelem





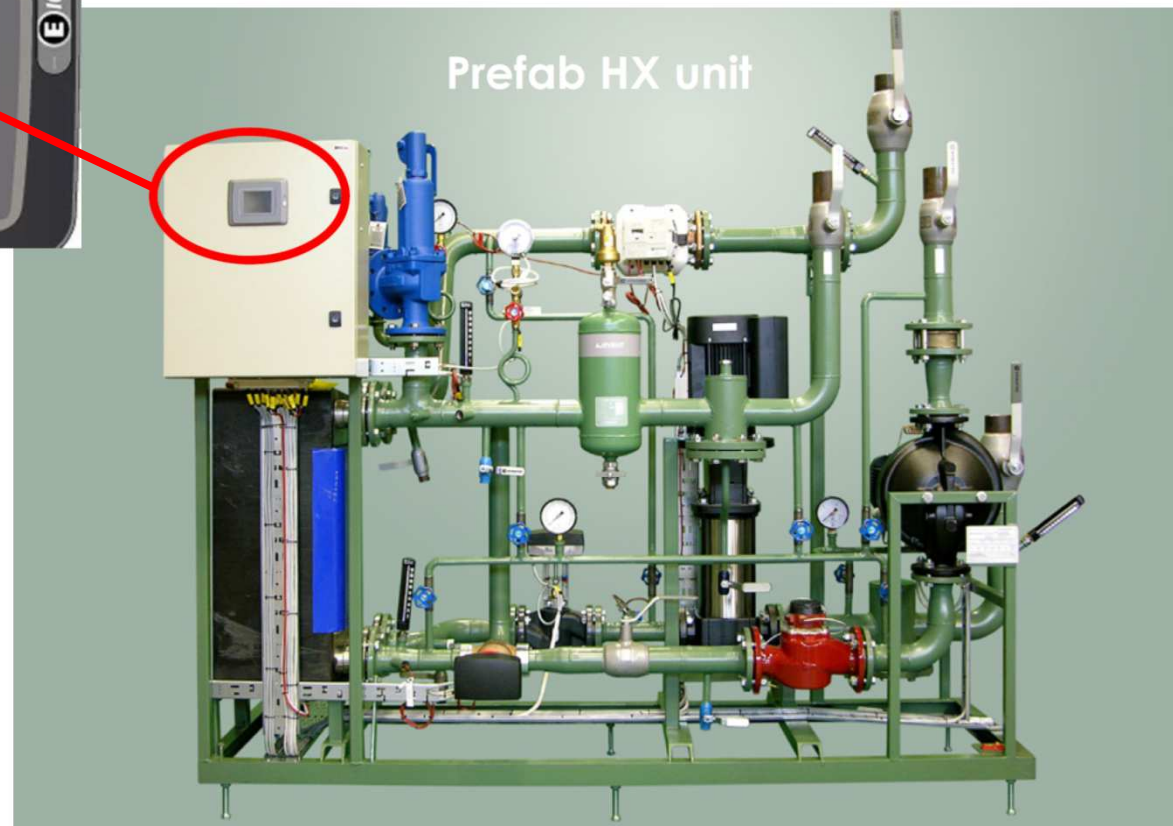
Koncepce soustav

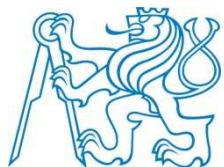
- **Decentrální**
 - výkup tepelné energie na základě tarifu
 - analogie s elektrickou energií





Výměníkový uzel

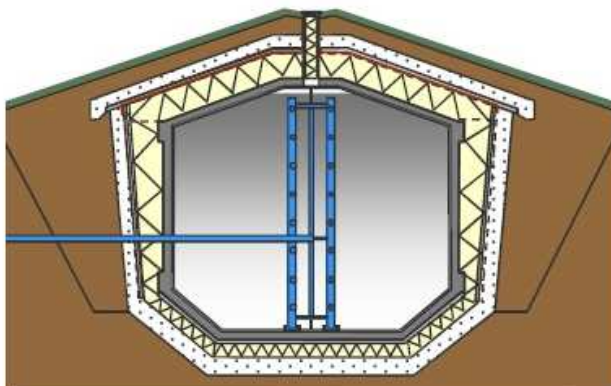




Sezónní akumulace

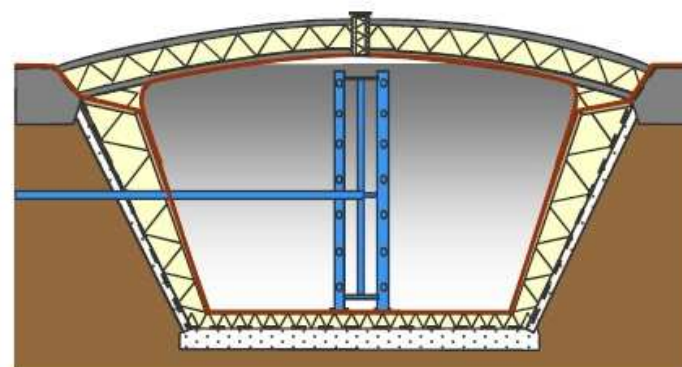
TTES

(Akumulační nádrž)



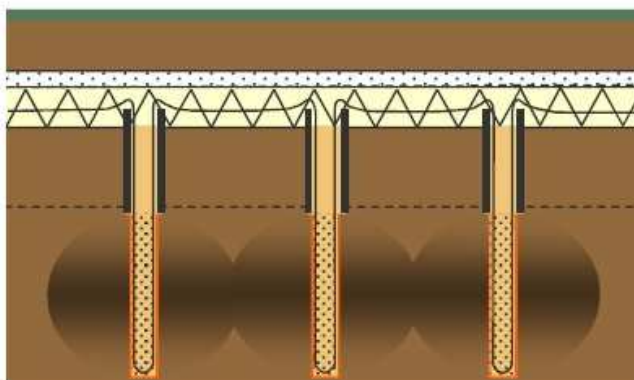
PTES

(Výkopový zásobník)



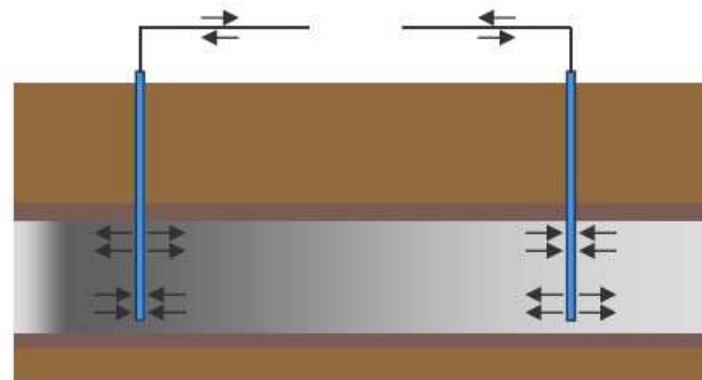
BTES

(Zásobník ze zemními sondami)



ATES

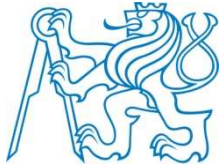
(Zvodněné podloží)



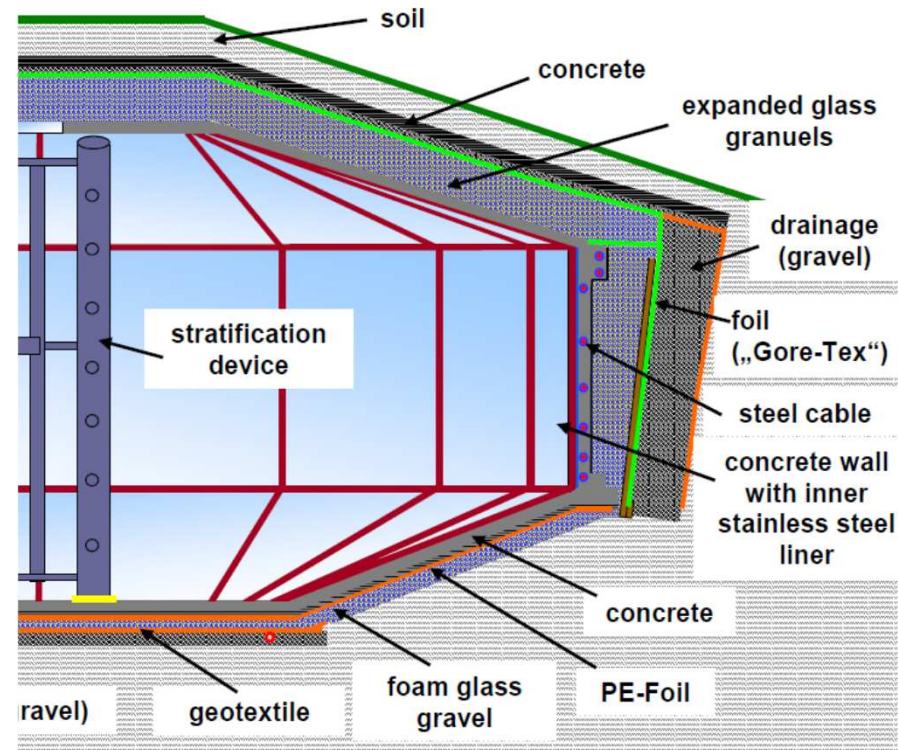


Sezónní akumulace

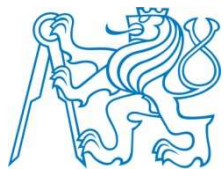
TTES		PTES	
akumulační látka			
voda		voda	voda-štěrk
tepelná kapacita v kWh/m³			
60 až 80		60 až 80	30 až 50
vhodné geologické podmínky			
- geologicky stabilní lokalita		- geologicky stabilní lokalita	
- bez podzemních vod		- bez podzemních vod	
- potřebná hloubka 5 až 15 m		- potřebná hloubka 5 až 15 m	
BTES		ATES	
akumulační látka			
zemina	voda	voda-písek	
tepelná kapacita v kWh/m³			
15 až 30		30 až 40	
vhodné geologické podmínky			
- vhodné geologické podmínky pro realizaci vrtů		- přírodní spodní voda	
- vyšší tepelná kapacita zeminy		- ohraničeno nepropustnými vrstvami	
- vyšší tepelná vodivost zeminy		vody	
- potřebná hloubka 30 až 100 m		- 20 až 50 m zvodněného podloží	



Vodní zásobník (TTES)



- železobetonová konstrukce
- vnitřní nerezové plechy jsou použity při betonování, následně jsou pak svařeny k zajištění těsnosti
- 20 až 70 cm tepelné izolace (pěnové sklo – vyšší stabilita)

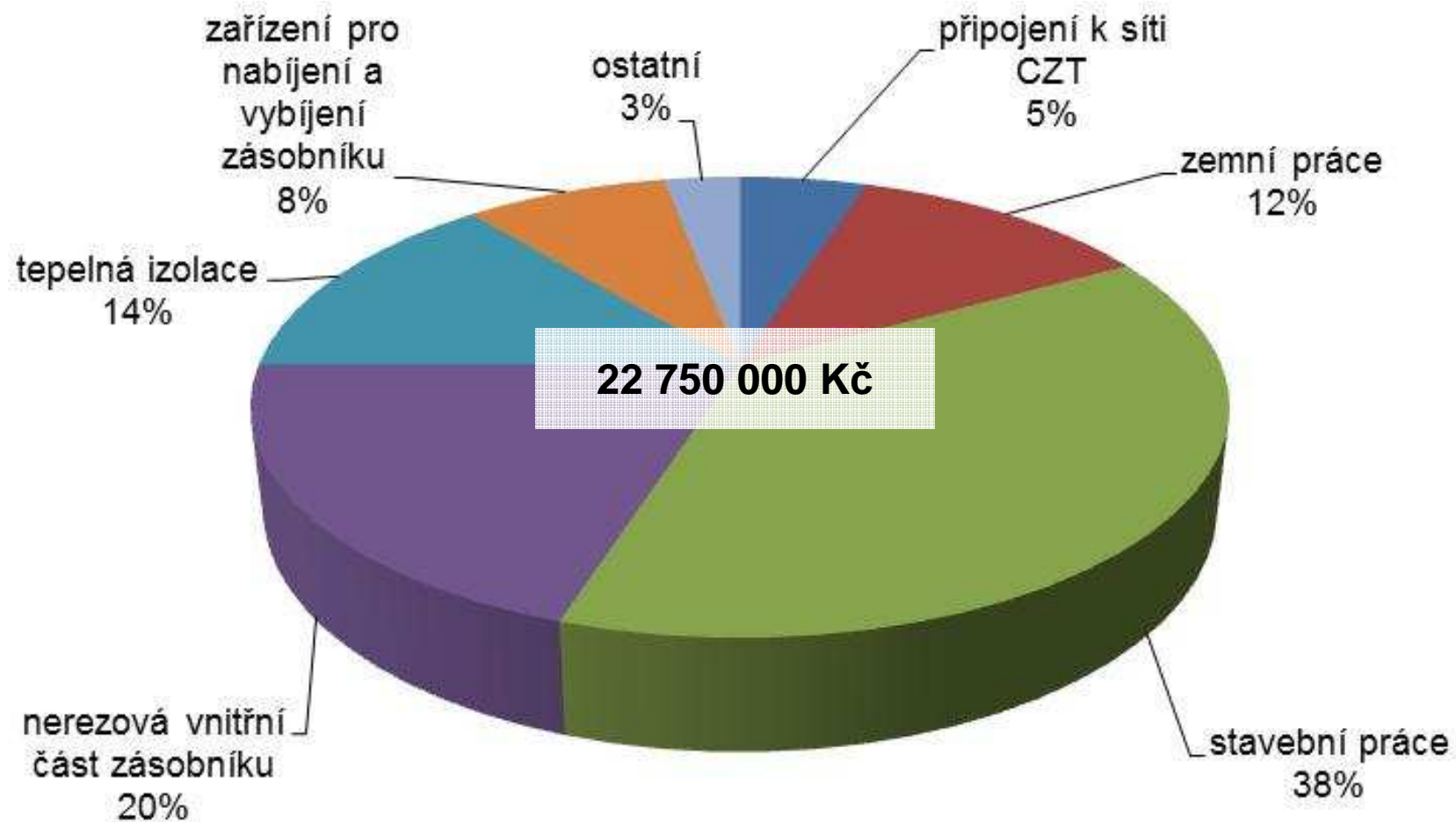


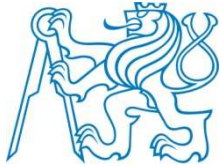
Vodní zásobník (Mnichov, 5700 m³)





Vodní zásobník (Mnichov, 5700 m³)

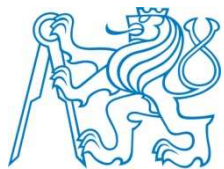




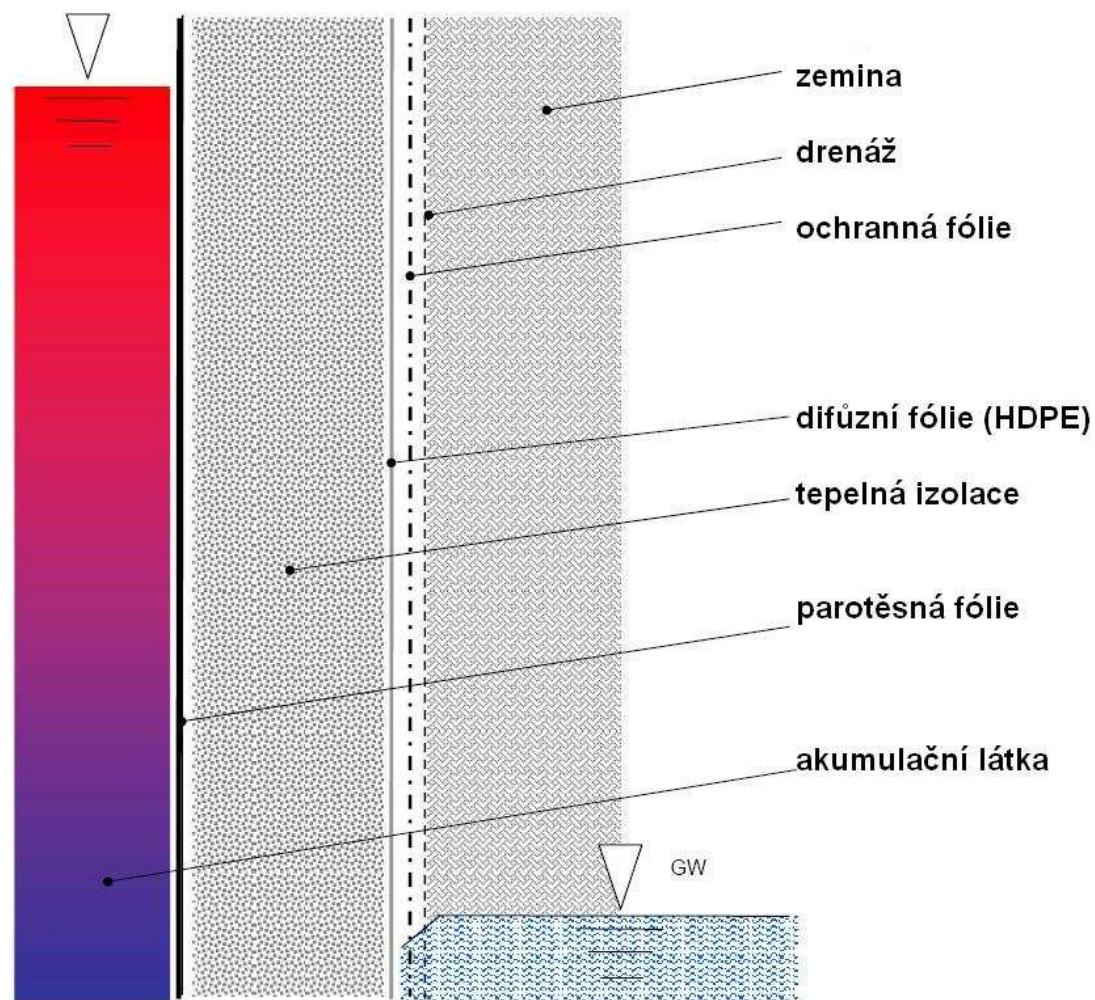
Výkopový zásobník (PTES)

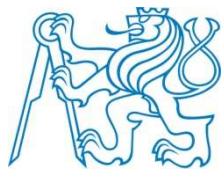
- **konstrukce**
 - samonosná konstrukce stěn, vnitřní vrstva z hydroizolační fólie
 - „víko“ zásobníku může být samonosné, podepřené konstrukcí umístěnou v zásobníku nebo plovoucí na hladině
 - tloušťky tepelné izolace vychází z velikosti zásobníku – obdobné jako u TTES
 - izolace: pěnové sklo, PUR, minerální vlna, extrudovaný polystyren

- **nabíjení/vybíjení**
 - otopnou vodou
 - registrem polyetylenových trubek



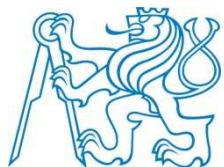
Výkopový zásobník (PTES)



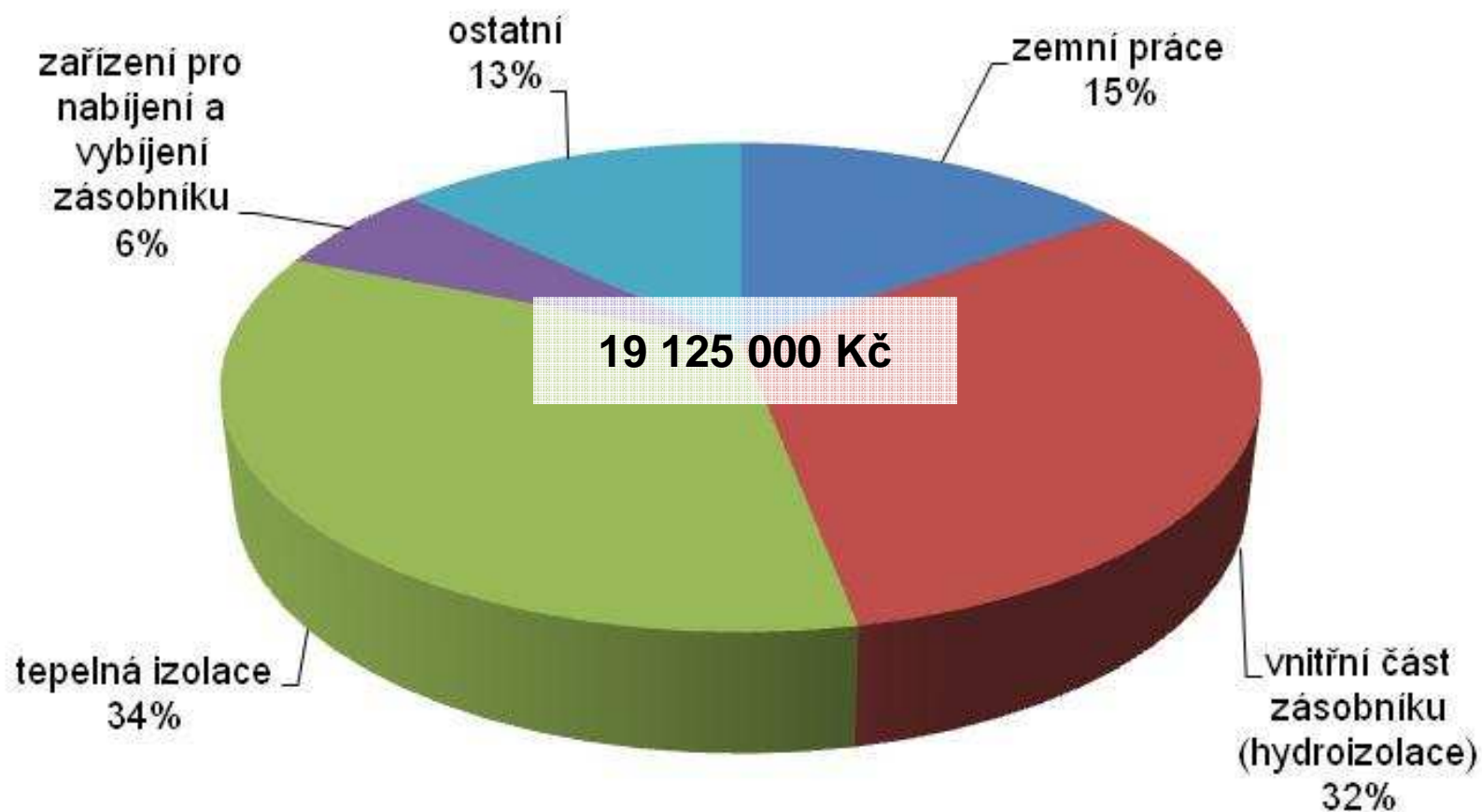


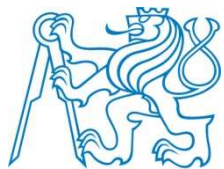
Výkopový zásobník (Eggenstein, 4500 m³)



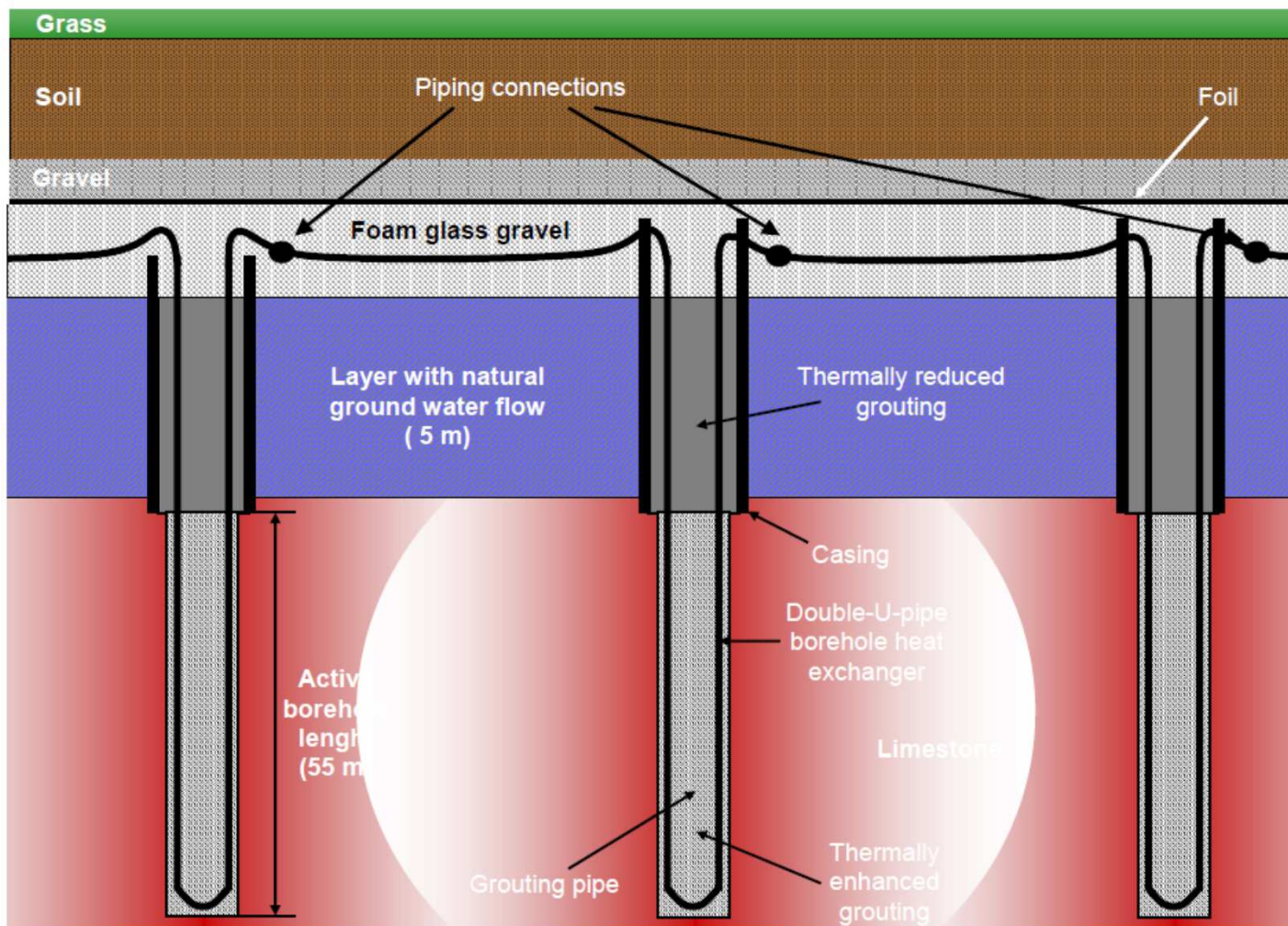


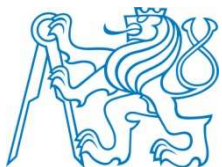
Výkopový zásobník (Eggenstein, 4500 m³)



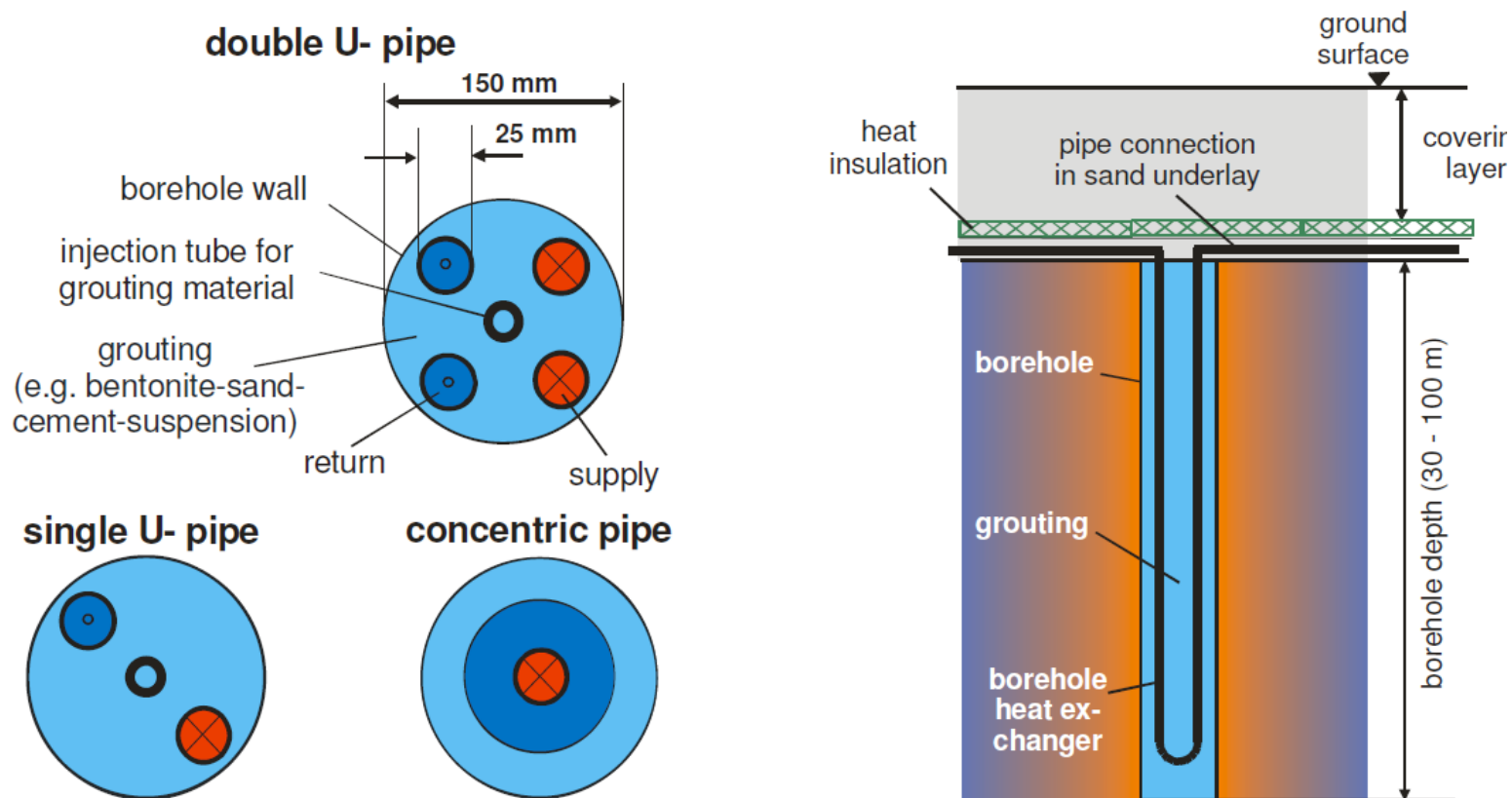


Zemní zásobník (BTES)

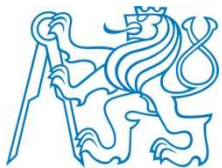




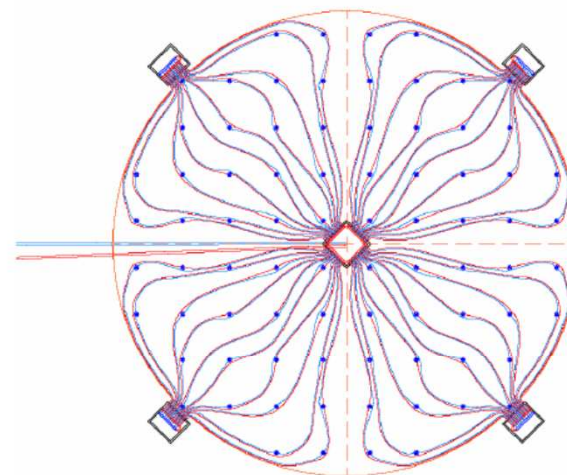
Zemní zásobník (BTES)



Borehole diameter	100 - 150 mm	Flow rate in U-pipes	0.5 - 1.0 m/s
Borehole depth	30 - 100 m	Average capacity per m borehole length	20 - 30 W/m
Distance between boreholes	2 - 4 m	Min. / max. inlet temperature	-5 / > +90 °C
Thermal ground conductivity	2 - 4 W/(m·K)	Typical cost of BTES storage per m borehole length	50 - 80 €/m



Zemní zásobník (Crailsheim, 37 500 m³)

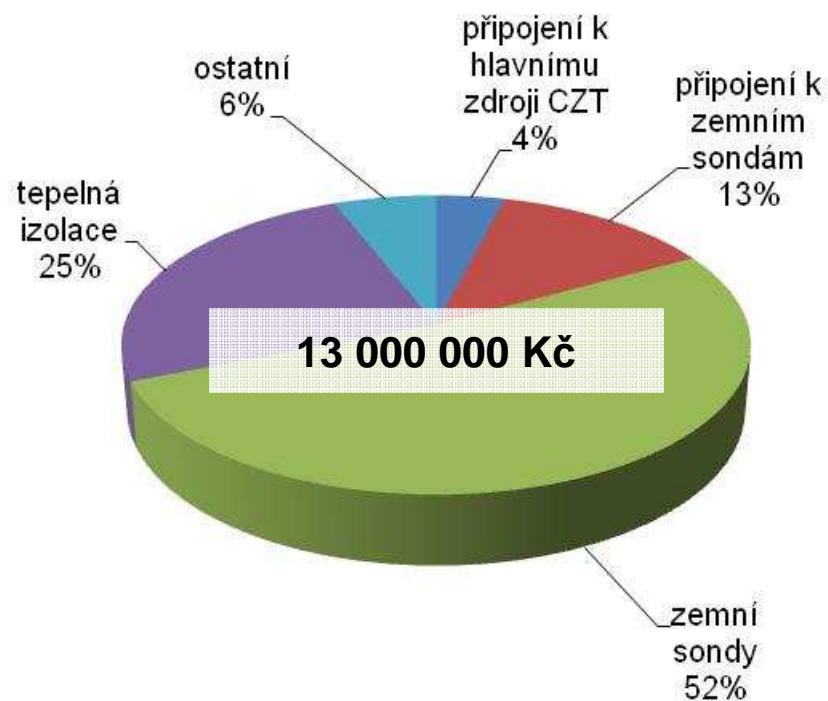




Zemní zásobník (Crailsheim, 37 500 m³)

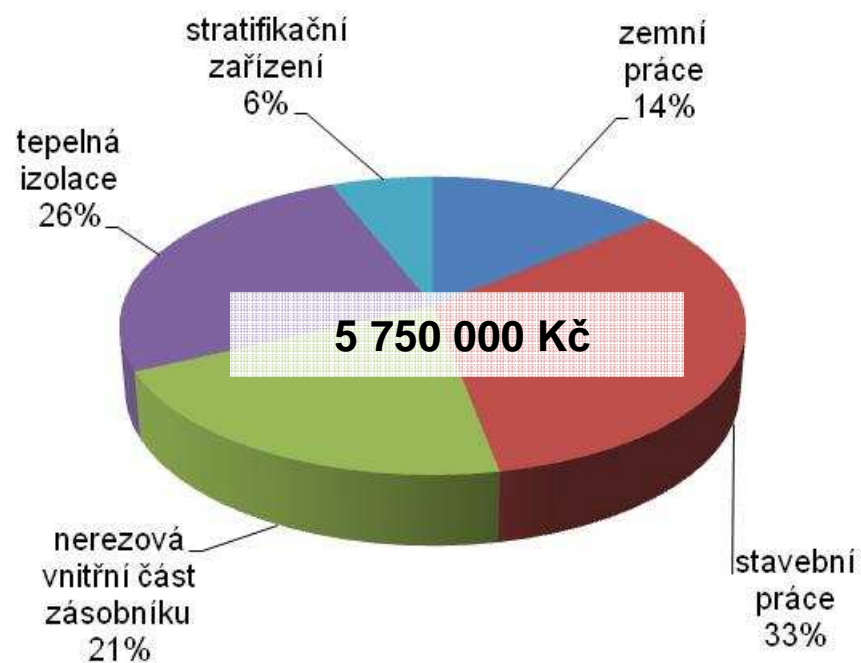
BTES

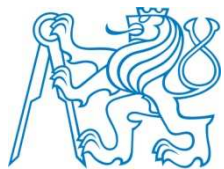
37 500 m³ (objem zeminy)



Vodní zásobník

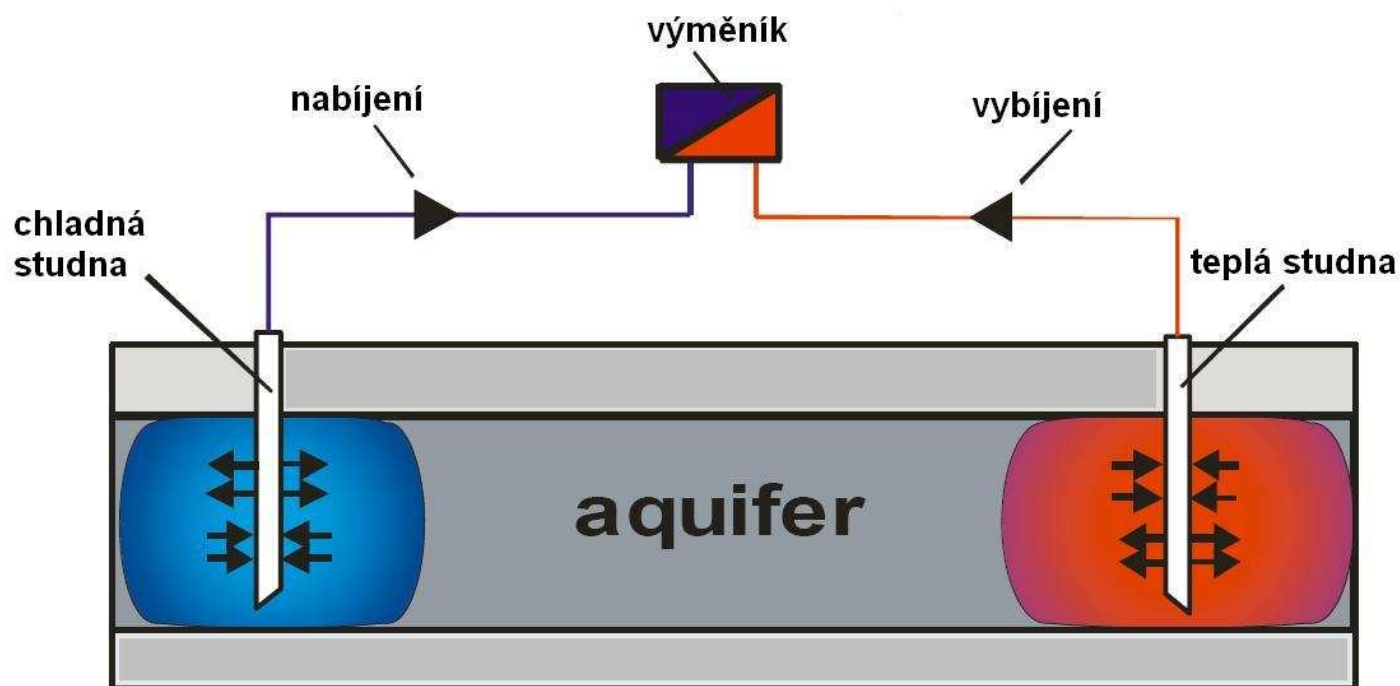
480 m³ (objem vody)

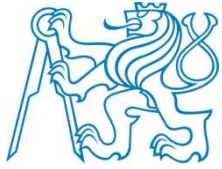




Aquifery (ATES)

- ukládání tepla do zvodněného podloží

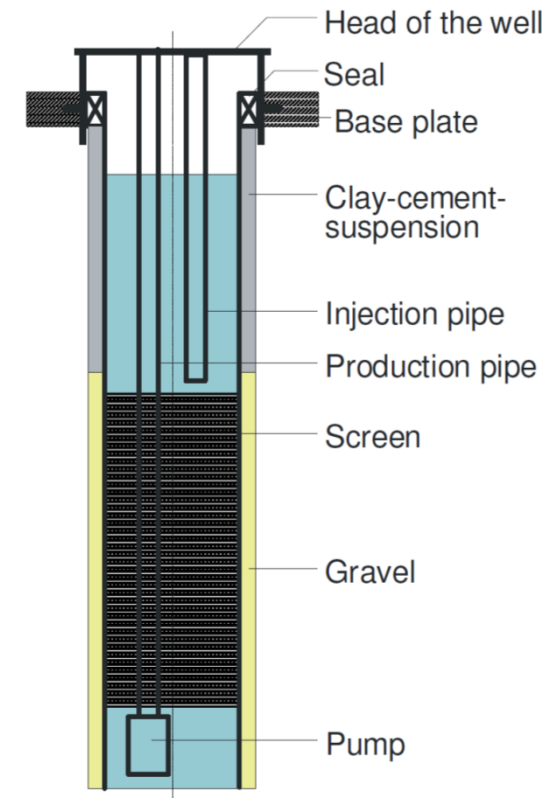


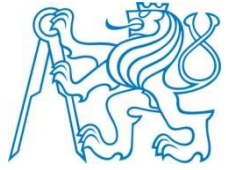


Aquifery (ATES)

■ konstrukce

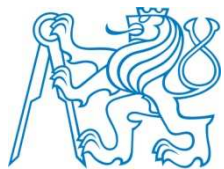
- vyžadují velmi příhodné hydrogeologické a geochemické podmínky
- při nabíjení je studená voda čerpána z „chladné“ studny, ohřívána solární soustavou a teplá voda je poté vsakována do „teplé“ studny
- maximální teploty v aquiferu jsou omezeny na 50 °C



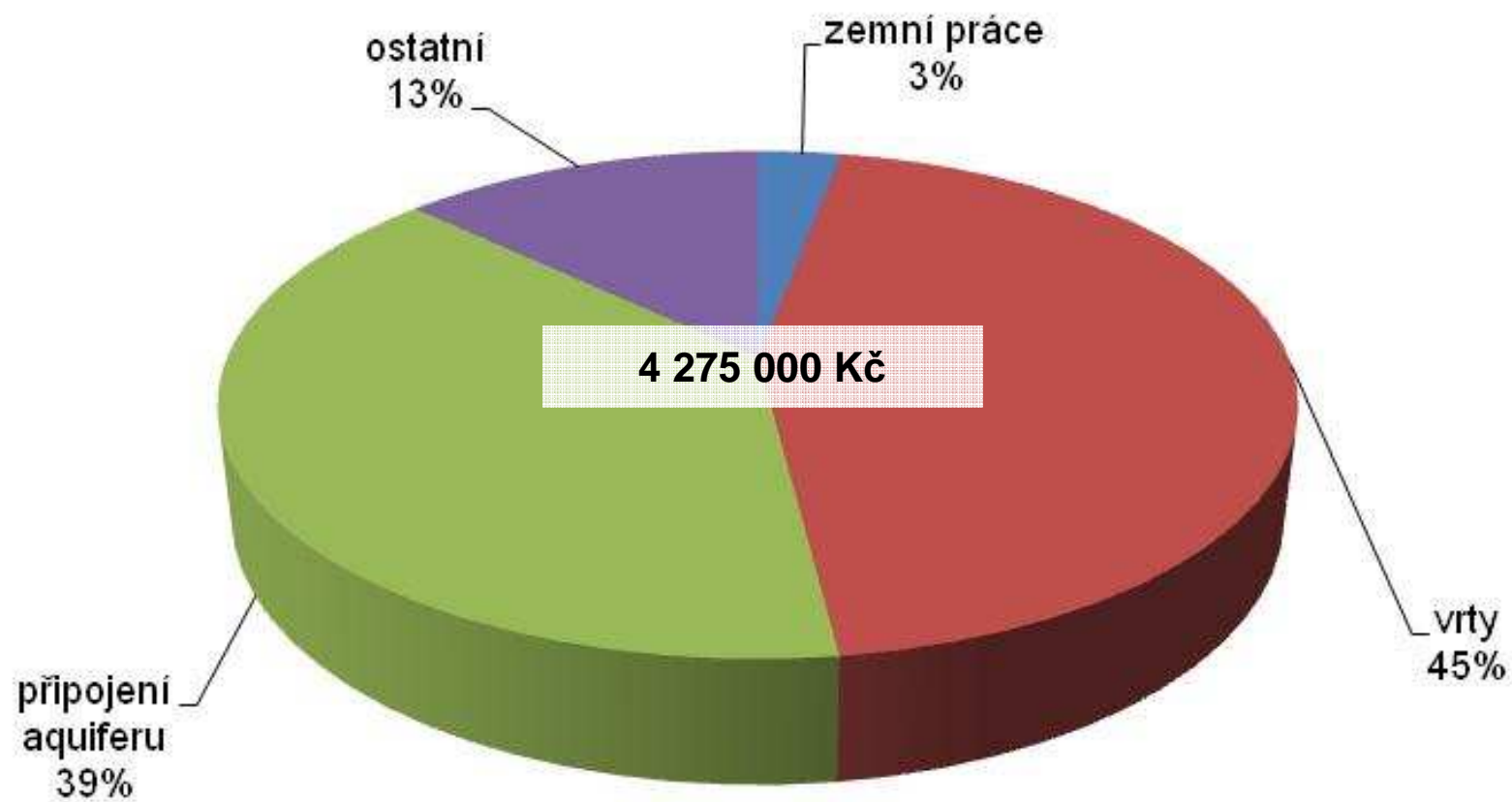


ATES – Rostock, 2000, 20 000 m³



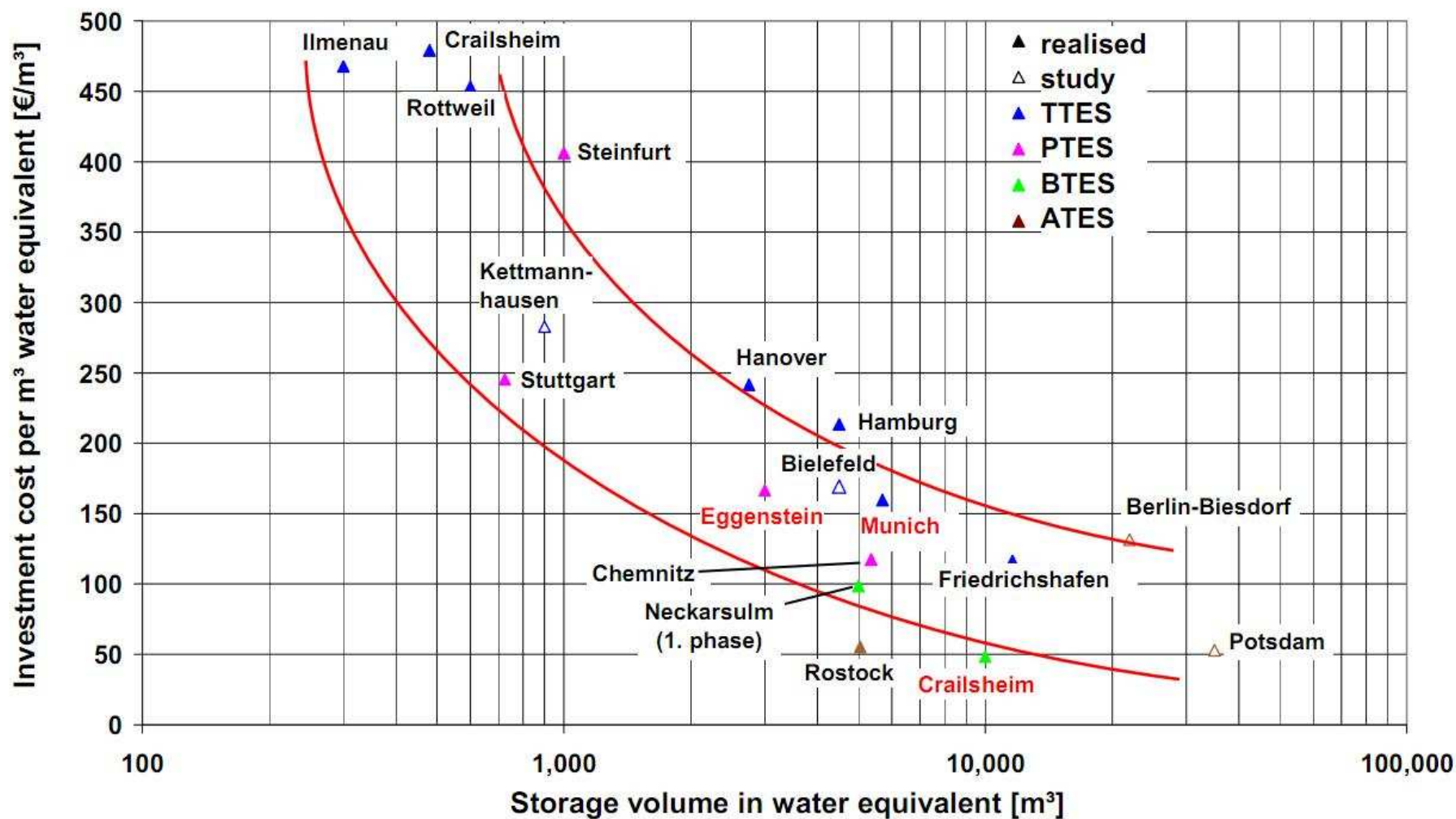


ATES – Rostock, 2000, 20 000 m³



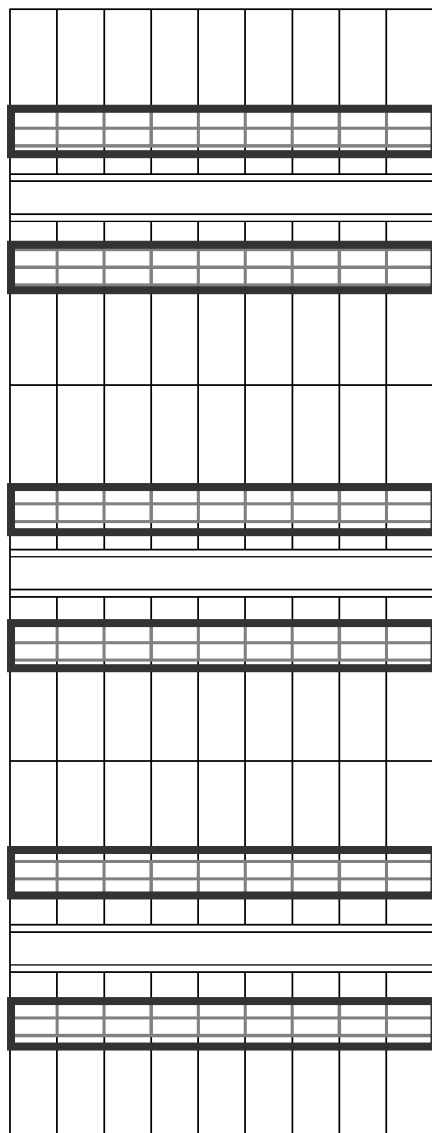


Náklady na zásobník





Případová studie – malé sídliště RD

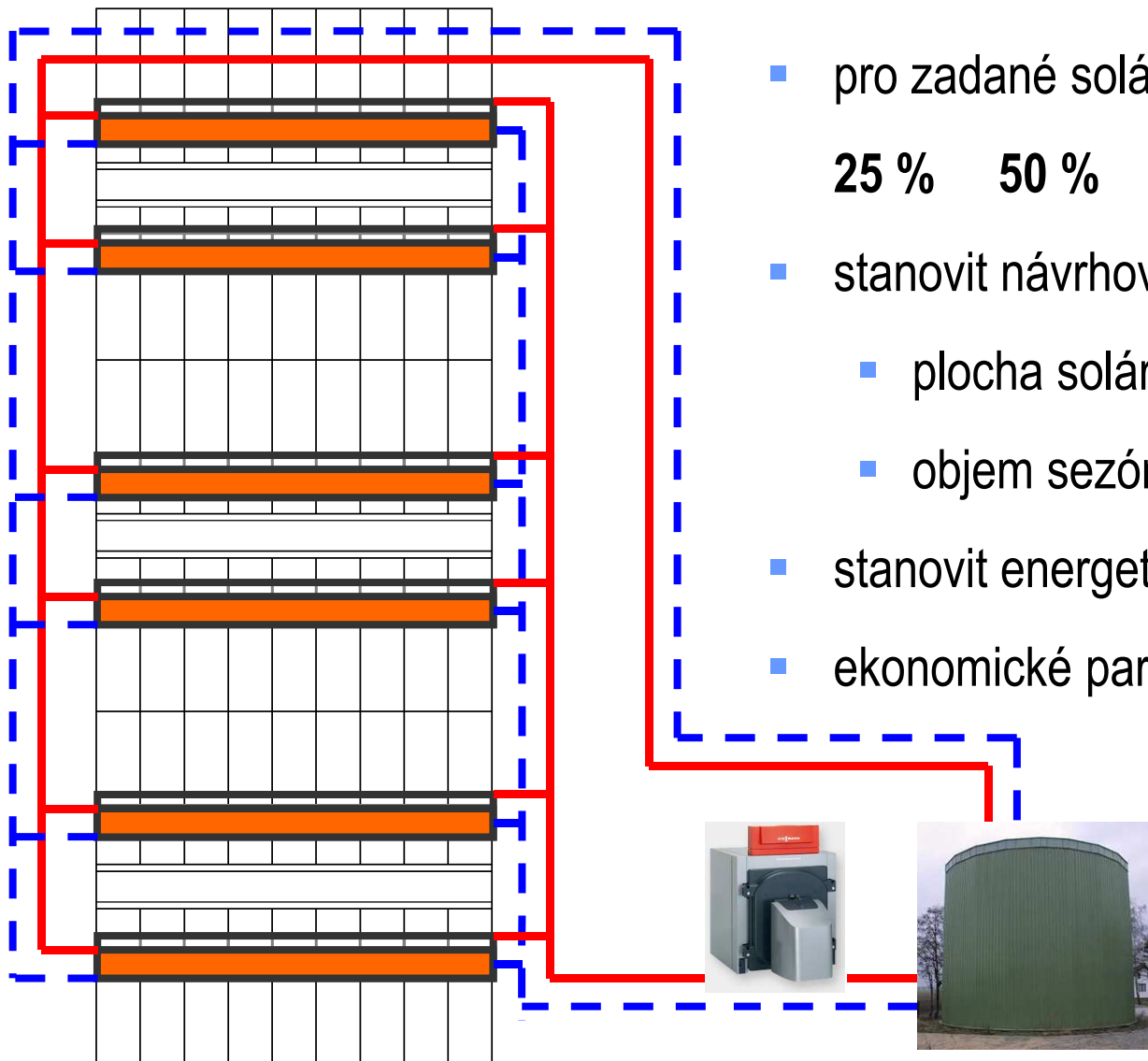


- 6 řad x 9 rodinných domů = **54 domů** á 150 m²
- **běžný standard:** **80 kWh/(m².rok)** **55/45 °C**
 12 MWh/rok (648 MWh/rok)
- **nízkoen. standard** **50 kWh/(m².rok)** **45/37 °C**
 7,5 MWh/rok (405 MWh/rok)
- **pasivní standard:** **20 kWh/(m².rok)** **35/30 °C**
 3 MWh/rok (162 MWh/rok)
- **příprava TV:** **50 l/(os.den)** **55 °C**
 2.4 MWh/rok (129 MWh/rok)

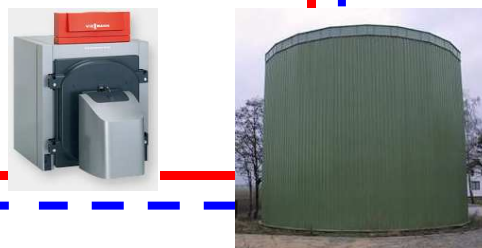
celková plocha jižních střech = 2900 m²

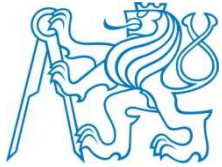


Cíle studie



- pro zadané solární pokrytí
25 % 50 % 75 % 100 %
- stanovit návrhové parametry
 - plocha solárních kolektorů A_k
 - objem sezónního akumulátoru V_s
- stanovit energetické přínosy
- ekonomické parametry





Parametry simulace (TRNSYS)

- **Solární kolektory**
 - ploché kvalitní kolektory, orientace jih, sklon 45°
 - plocha podle požadovaného solárního pokrytí

- **Sezónní akumulátor**
 - nadzemní zásobník tepla
 - tepelná izolace 30 cm / 0,04 W/(m.K)
 - maximální teplota 85 °C
 - objem podle plochy kolektorů, požadovaného solárního pokrytí, maximalizace využití tepelné kapacity zásobníku

- **Rozvody solární soustavy**
 - lepší izolační standard, světlost podle navržené plochy kolektorů

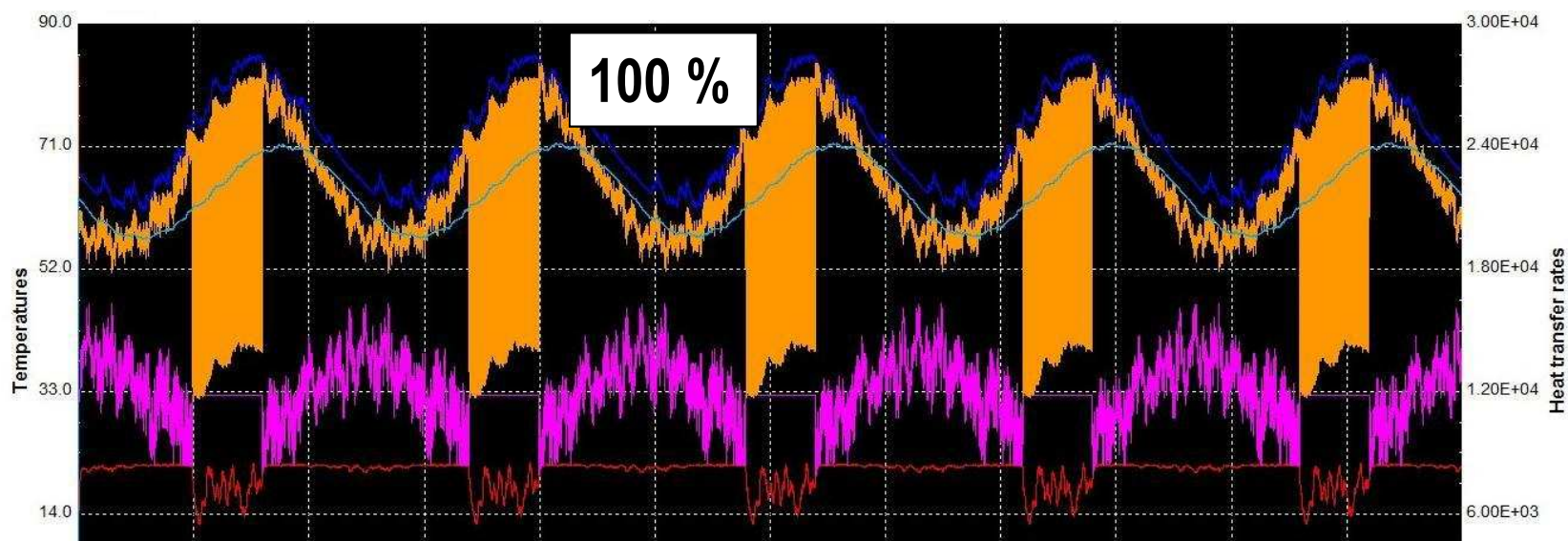
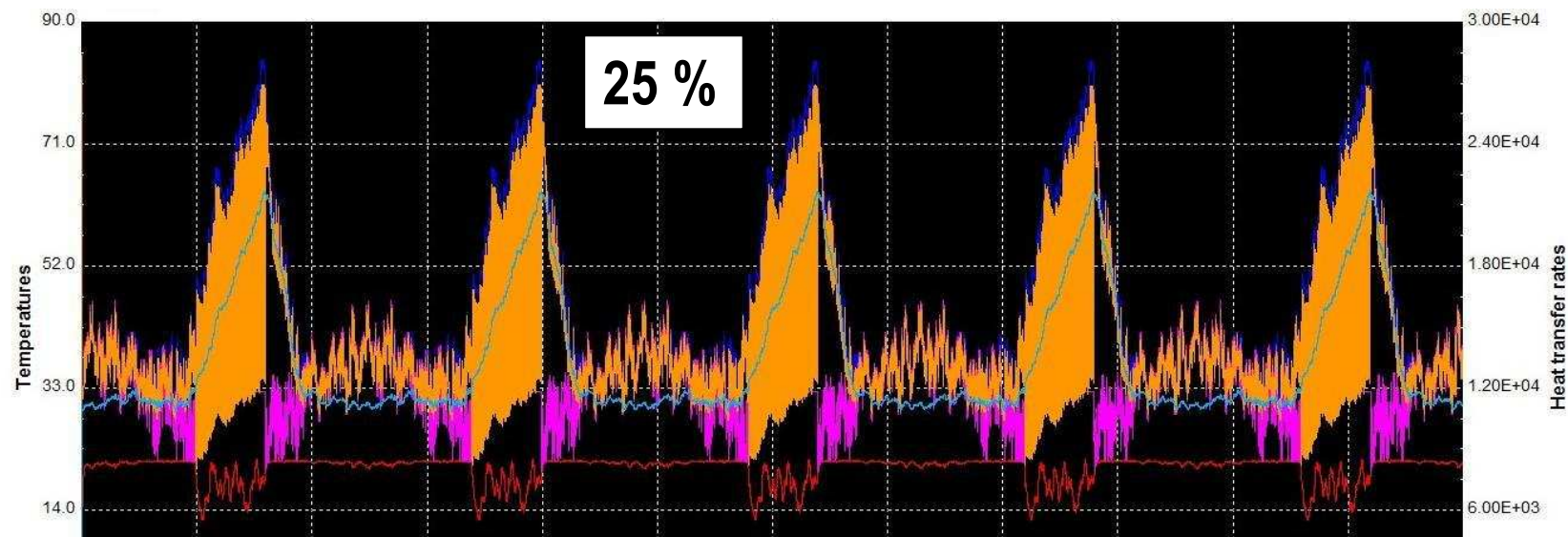


Návrhové parametry – příklad PAS

f	A_k	V
[-]	[m²]	[m³]
25%	310	700
50%	650	2 600
75%	1 050	5 000
100%	3 500	38 000

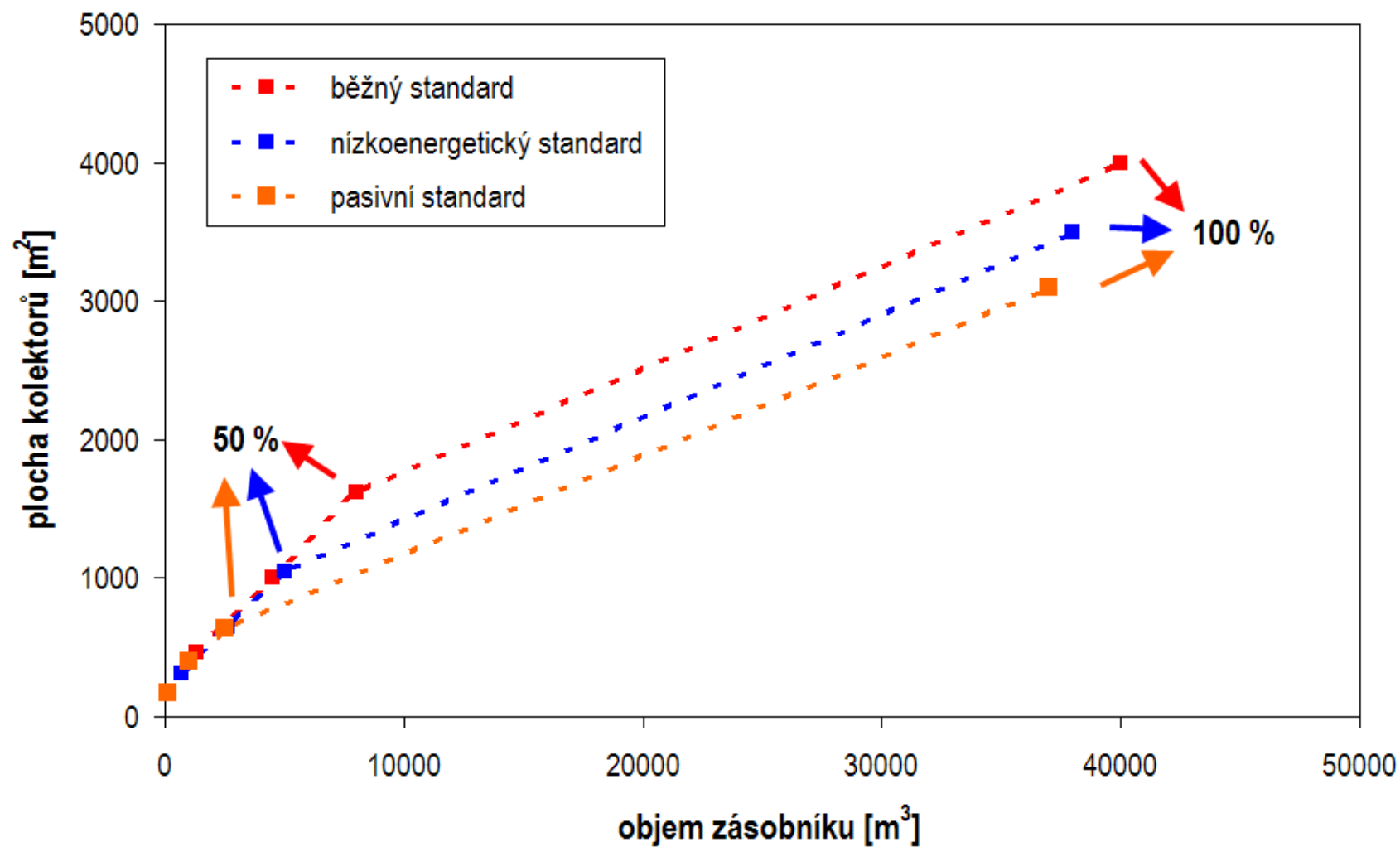


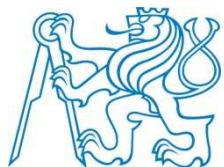
Teplota v zásobníku



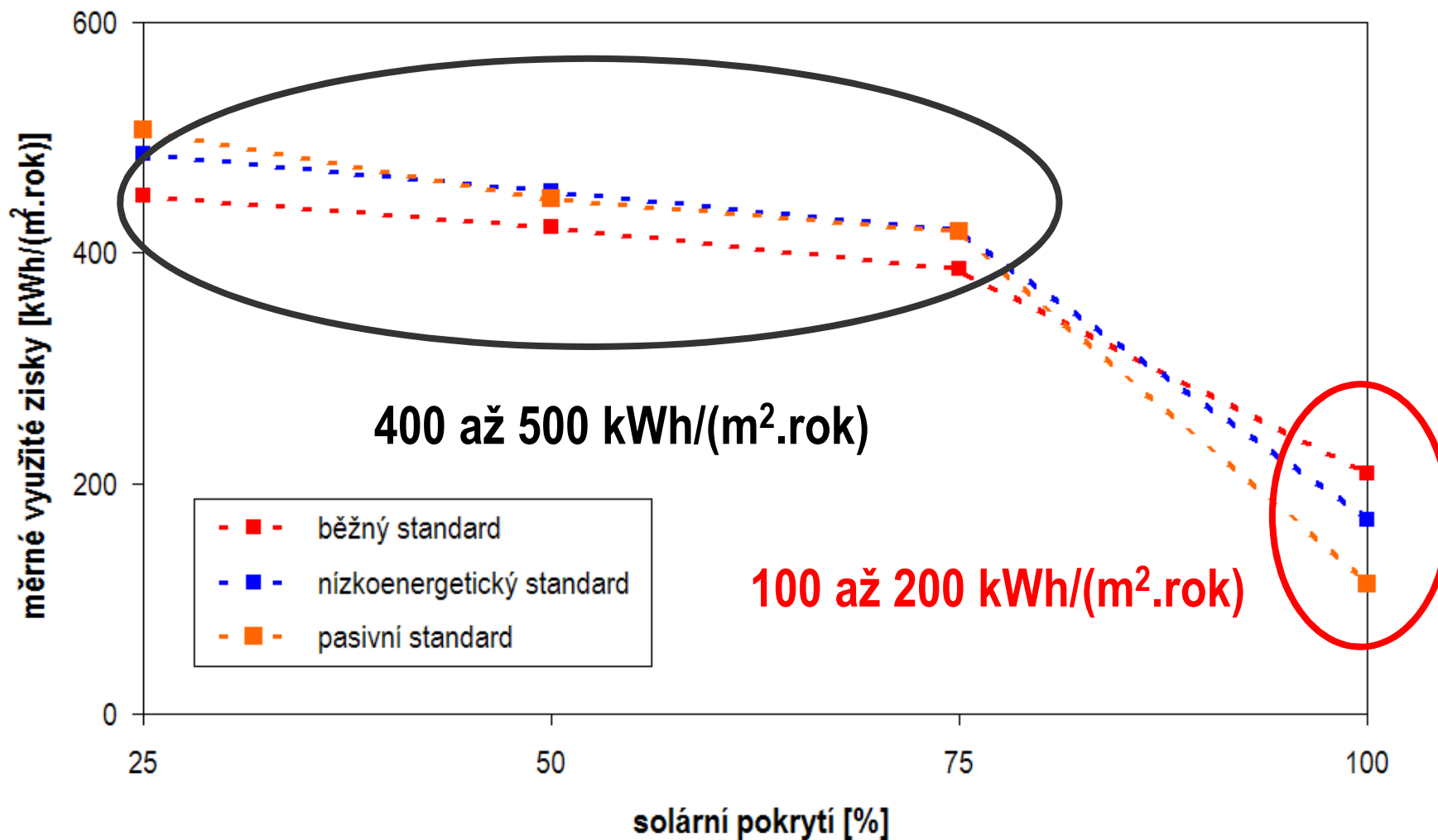


Návrhové parametry



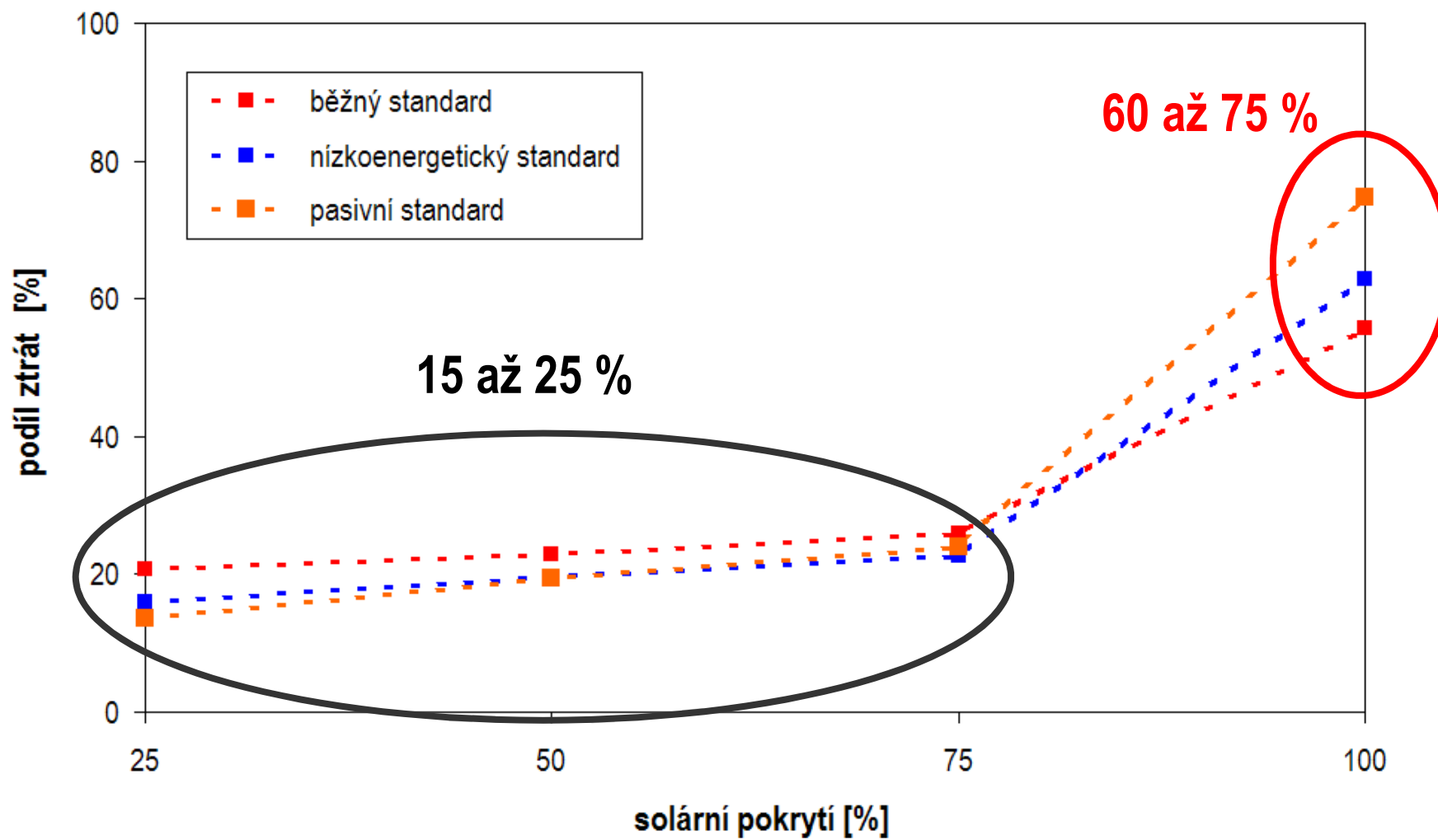


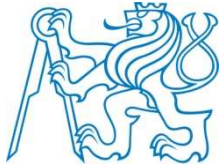
Provozní parametry





Provozní parametry





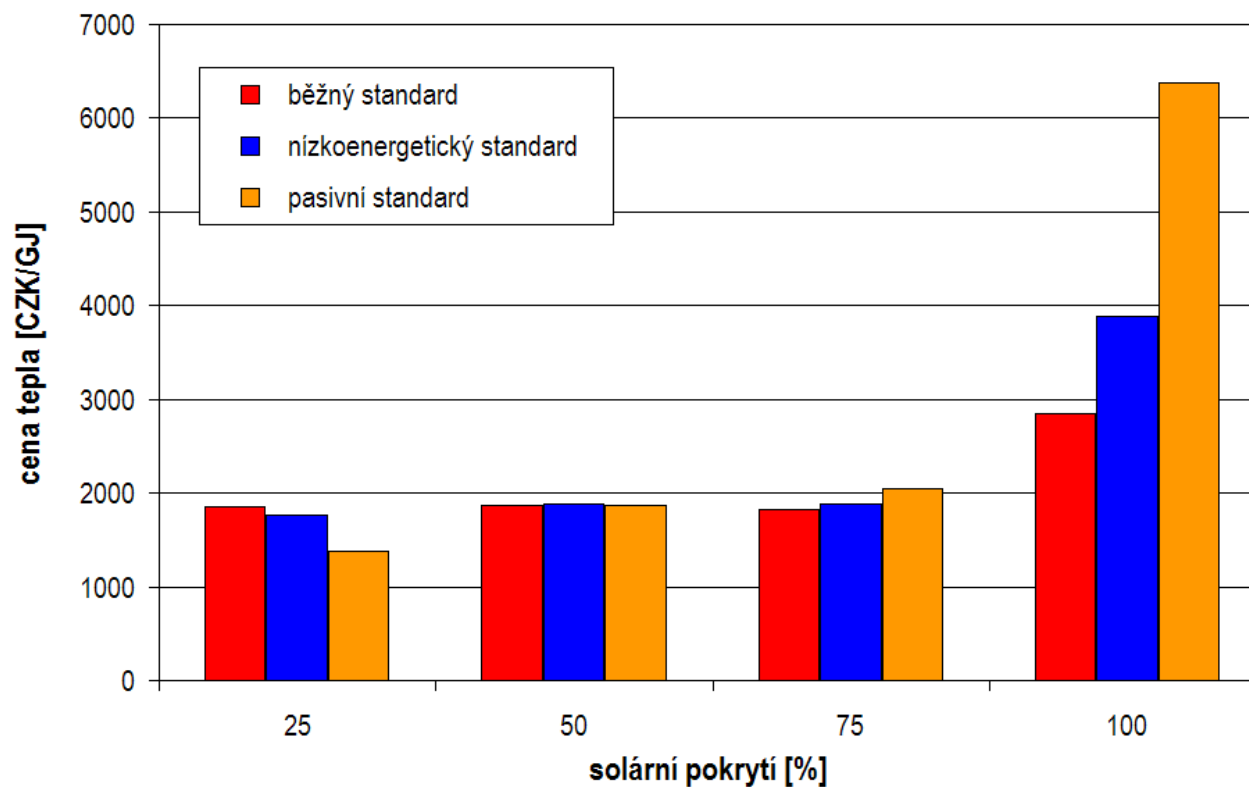
Diskuse

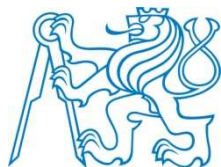
- **snaha o velmi vysoké pokrytí (100 %)**
 - v nejnepříznivějším období (březen) musí být v zásobníku teplota pro bezpečnou přípravu teplé vody (65 °C)
 - nízké využití akumulační schopnosti zásobníku – velký objem
 - celoročně vysoká provozní teplota v zásobníku – velký podíl ztrát
 - nízká účinnost kolektorů a celé soustavy (10 až 20 %)
příliš velké plochy a objemy – investiční náročnost x přínos
plocha kolektorů pro 100% pokrytí > plocha střech domů
- **pasivní domy**
 - horší provozní parametry – větší podíl přípravy „náročné“ teplé vody
 - nižší návrhové parametry (absolutní hodnoty)



Cena tepla

- výrobní cena tepla
 - prostá za dobu 15 let (doba odpisu)
 - cena solárního zisku, bez zahrnutí provozních nákladů, obsluhy, údržby





SCZT v ČR

- **není rozšířené**
 - v provozu jen několik malých soustav
 - soustavy jsou umístěné buď přímo na nebo poblíž výměňkových stanic systémů centrálního zásobování teplem
 - vysoké náklady
 - studie pro MPO pro náhradu paliva ve zdrojích CZT na plyn: ekonomicky problematické

Provozovatel [-]	Rok spuštění [-]	Adresa [-]	Plocha kolektorů [m ²]	Typ kolektoru [-]
TEREA Cheb s.r.o.	1997	B. Němcové 11, Cheb	90	ploché
TEREA Cheb s.r.o.	2002	Palackého 16, Cheb	60	ploché
TEPO s.r.o.	2003	Vodárenská, Kladno	24	vakuové trubkové
TEPO s.r.o.	2004	Kladno, Rozdělov	24	ploché
-	-	Nové Ervěnice	66	ploché
SATE Hulín, s.r.o.	2007	Družba 1198, Hulín	209	ploché



Solární soustavy a tepelná čerpadla pro CZT

příklady



Wasserwerk Andritz v Grazu (AT)

- **parametry**
 - 3 532 m² velkoplošných kolektorů
 - vodní ocelový zásobník 60 m³
 - S.O.L.I.D. jako ESCO (Energy Service COmpany)
 - teplo dodáváno do areálu Wasserwerk Andritz
 - přebytky na základě smluvního vztahu do SCZT (Energie Graz)



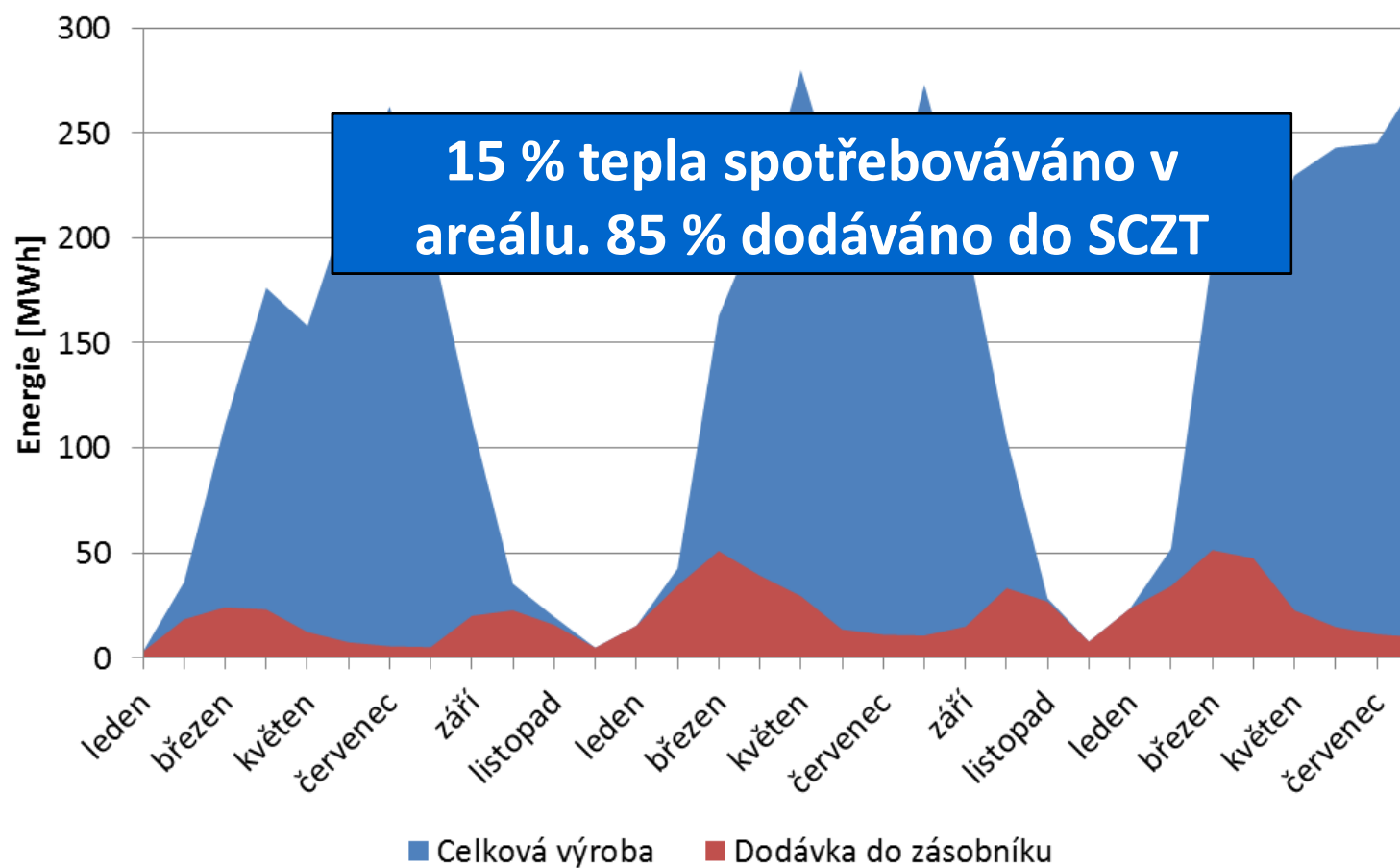
Wasserwerk Andritz v Grazu (AT)





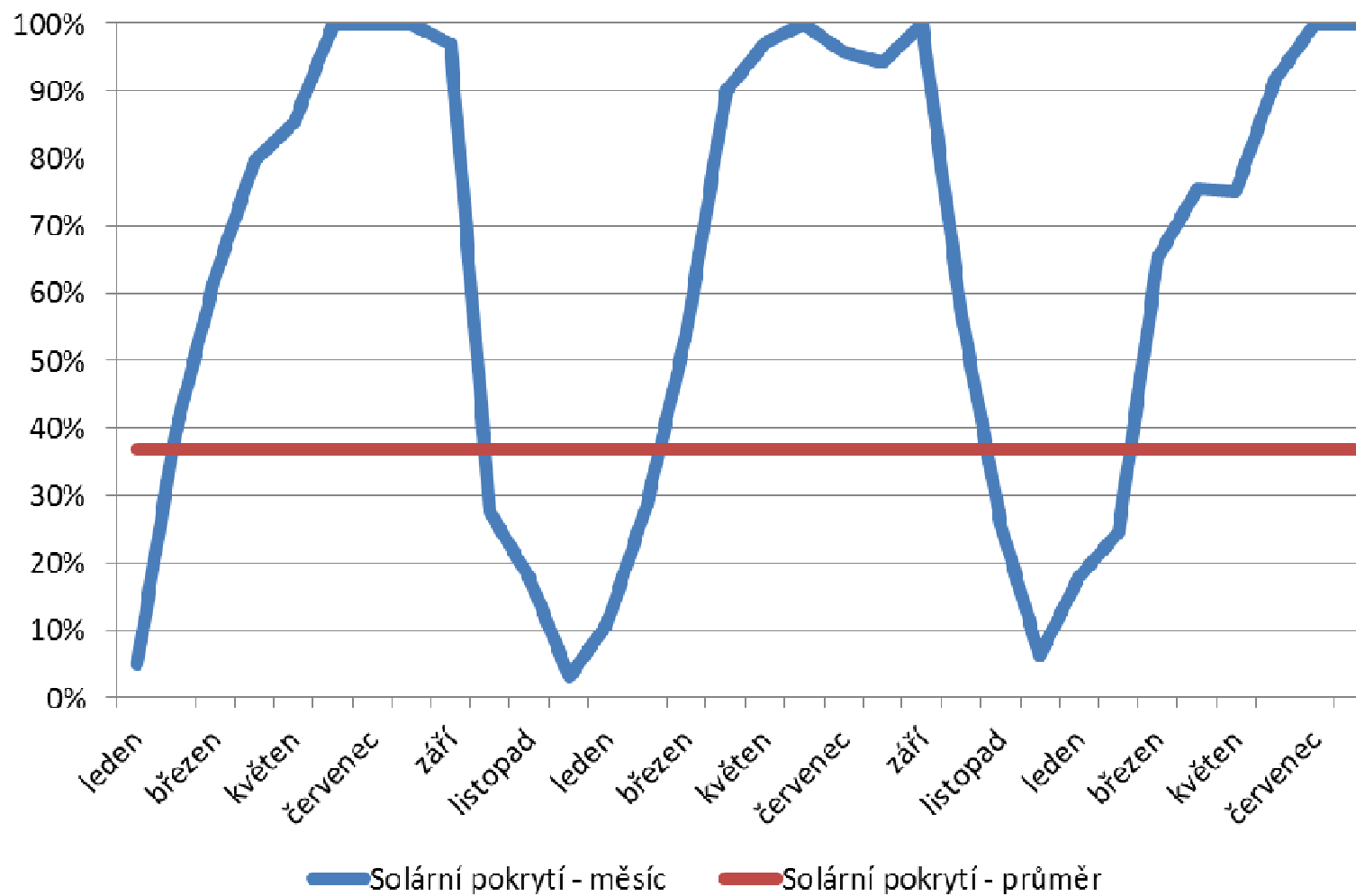
Wasserwerk Andritz v Grazu (AT)

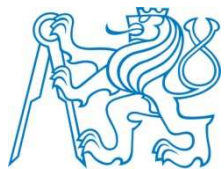
Výroba tepla



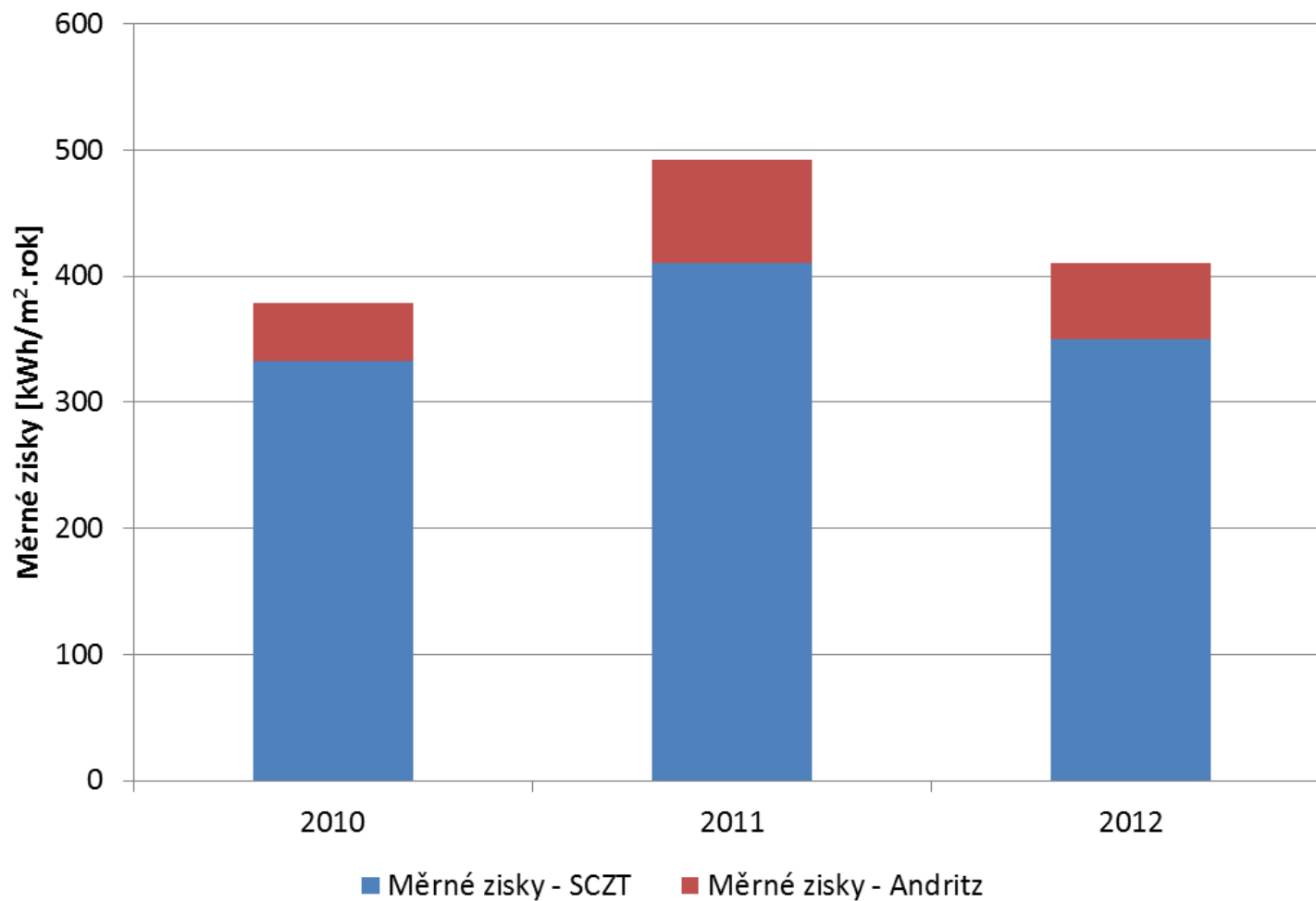


Wasserwerk Andritz v Grazu (AT)





Wasserwerk Andritz v Grazu (AT)

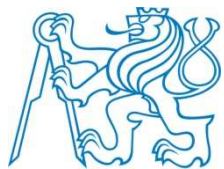




Wasserwerk Andritz v Grazu (AT)

- **ekonomika**

- **15 %** tepla dodáváno do areálu Wasserwerk Andritz za 54,532 EUR/MWh (**379 Kč/GJ**)
- poplatek za odběrné místo 204,6 EUR/měsíc (5 115 Kč)
- **85 %** dodáváno do SCZT
 - **zimní tarif: 31,51 EUR/MWh (219 Kč/GJ)**
 - **letní tarif: 26,74 EUR/MWh (186 Kč/GJ)**
- celková investice 1,57 mil. EUR (35 % dotace)
- návratnost 19 let



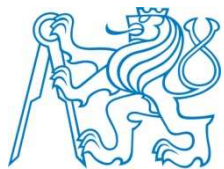
SCZT Braedstrup (DK)



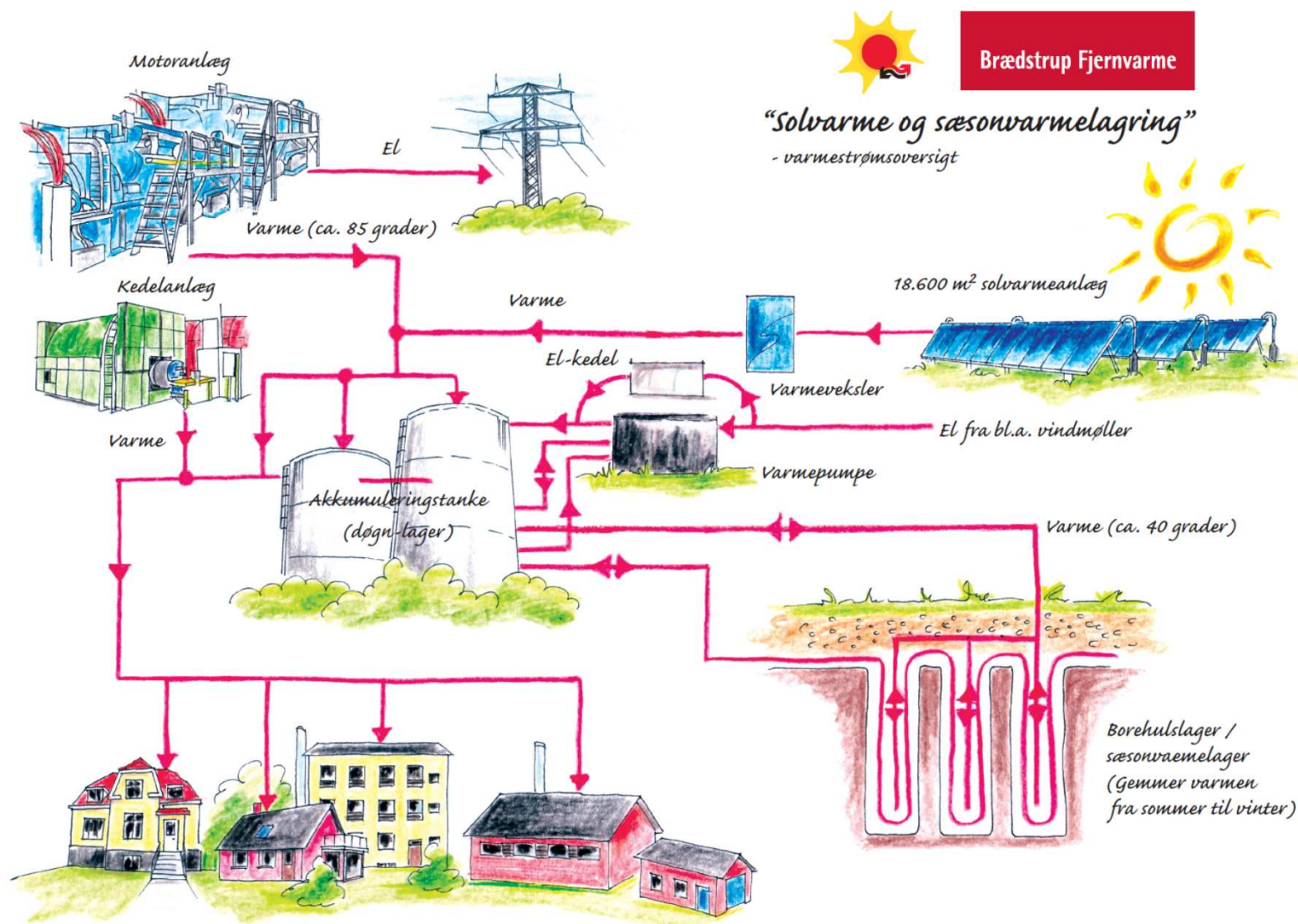


SCZT Braedstrup (DK)

- **parametry**
 - 8 012 m² velkoplošných kolektorů
 - vodní ocelový zásobník 2 000 m³
 - návrhový solární podíl 8 %
 - celková spotřeba v SZT 45 000 MWh
 - kombinace s kogenerací! a s elektrickým (10MW) kotlem! (odběr VE)
 - od roku 2012 – rozšíření systému:
 - kolektorová plocha 10600 m²
 - ocelový vodní zásobník 7500 m³
 - zemní sezónní zásobník tepla 19000 m³
 - čpavkové tepelné čerpadlo pro předávání tepla na 80 °C

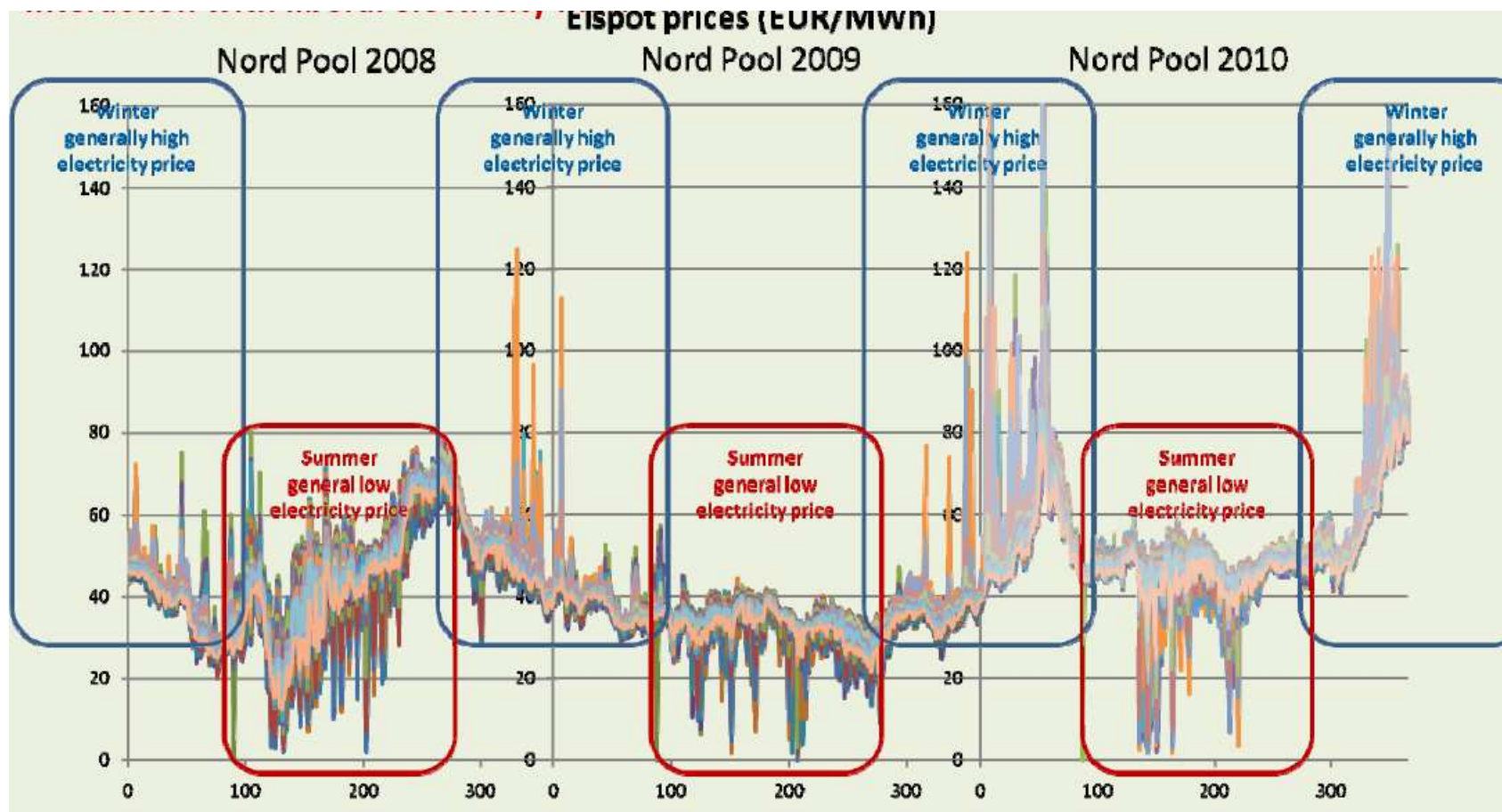


SCZT Braedstrup (DK)





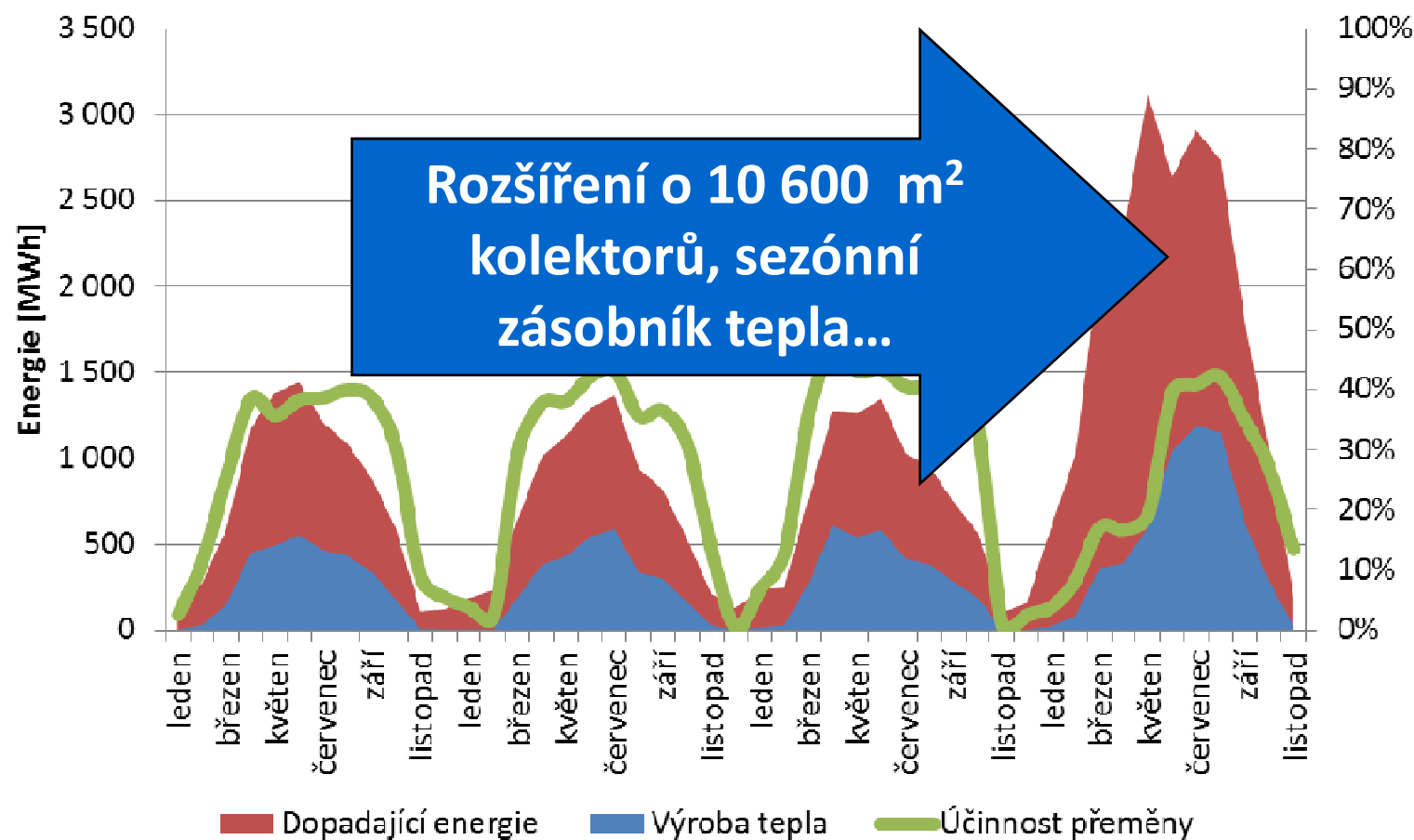
Ceny elektrické energie se mění

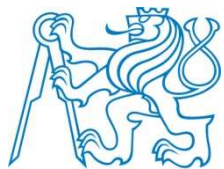




SCZT Braedstrup (DK)

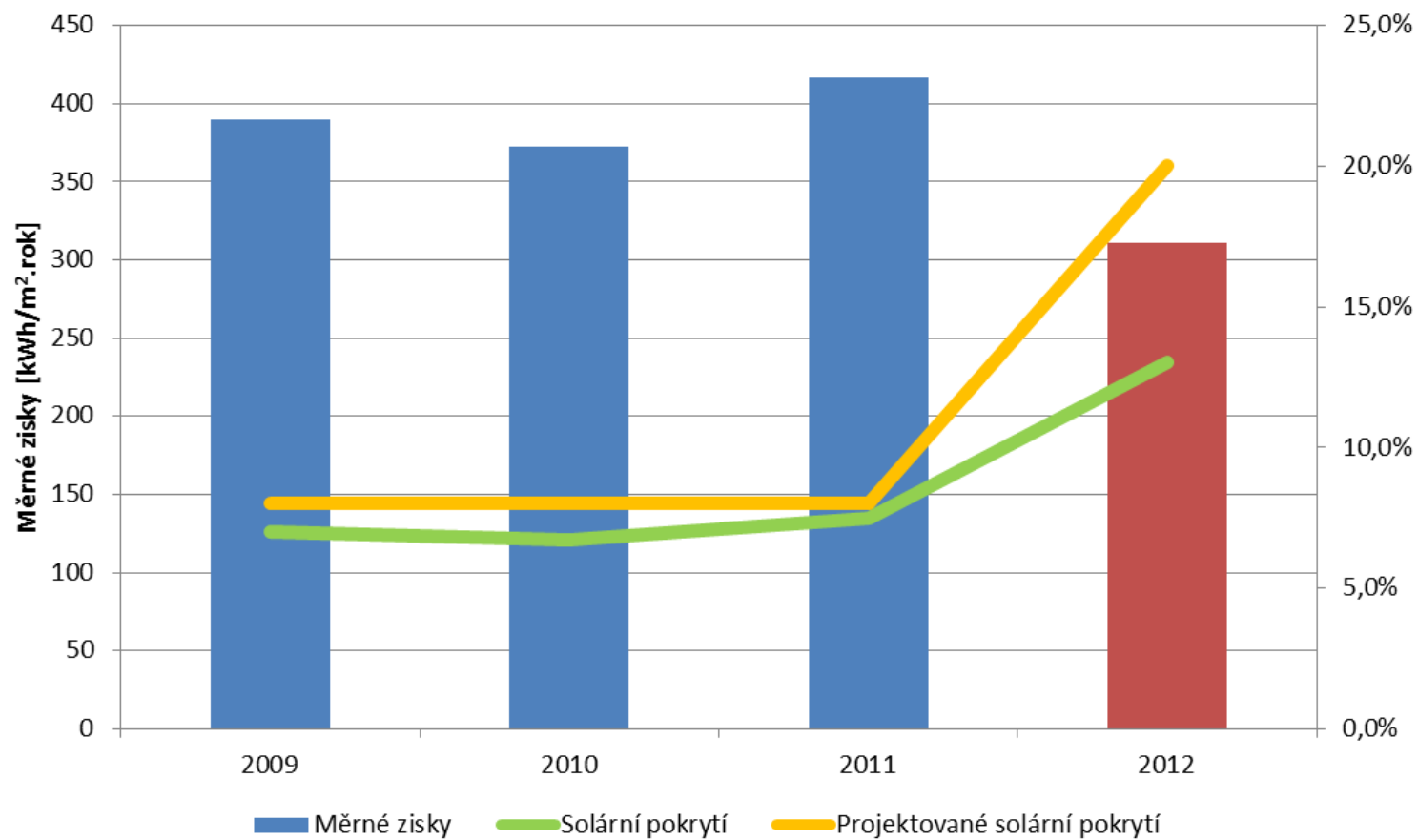
Výroba tepla





SCZT Braedstrup (DK)

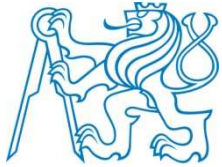
Měrné zisky a solární pokrytí





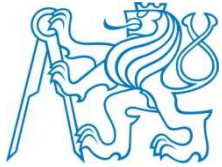
SCZT Braedstrup (DK)

- **ekonomika**
 - provozně **7,5 %** tepla v SCZT dodáváno solární soustavou
 - v nové konfiguraci 20 %, cíl 50 % (50 000 m²)
 - **využití levné elektrické energie v době přebytků z větrných elektráren**
 - **výroba drahé elektřiny kogenerací v době nedostatku**
 - kombinace s bioplynovou stanicí v budoucnu
 - splnění místních požadavků na postupné snižování spotřeby
 - stabilizace části ceny tepla (bez změny variabilních nákladů)
 - výsledná cena tepla pro „průměrného“ odběratele je **662 Kč/GJ**



Využití tepelných čerpadel

- **tepelná čerpadla jako významný prvek budoucí energetiky**
- **Státní energetická koncepce**
 - Podpora přechodu z přímotopů na energeticky významně účinnější tepelná čerpadla – **eliminace vytápění elektřinou**
 - Podíl výroby soustav zásobování teplem z domácích zdrojů minimálně 70 % (jádro, uhlí, OZE, druhotné zdroje a odpady), teplo z KVET a OZE vč. tepelných čerpadel na celkové spotřebě tepla minimálně 60 %.
 - Přechod většiny výtopen na vysoceúčinnou kogenerační výrobu s efektivním využitím tepelných čerpadel a související snížení ztrát v distribuci tepla.



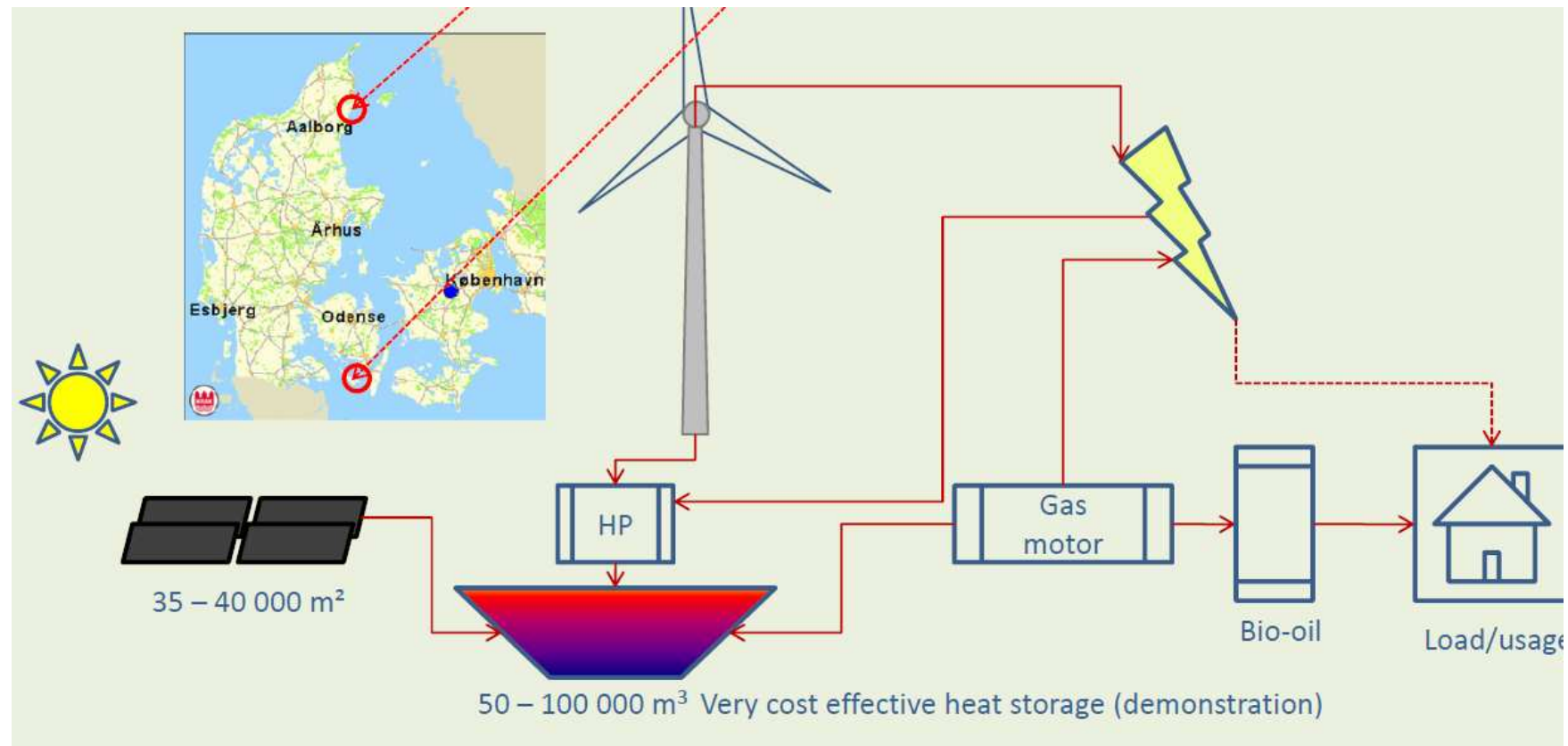
Využití tepelných čerpadel

- **chytré sítě**
 - tepelná čerpadla jako elektrická zařízení využívající sítě
 - inteligentní přeměna elektřiny na teplo podle požadavku sítě s využitím levné akumulace
 - řízení výkonu / příkonu tepelných čerpadel centrálním dispečinkem
 - **řízená a energeticky efektivní spotřeba elektrické energie**



Smart district heating

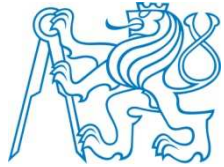
Příklady z praxe: Dronninglund a Marstal



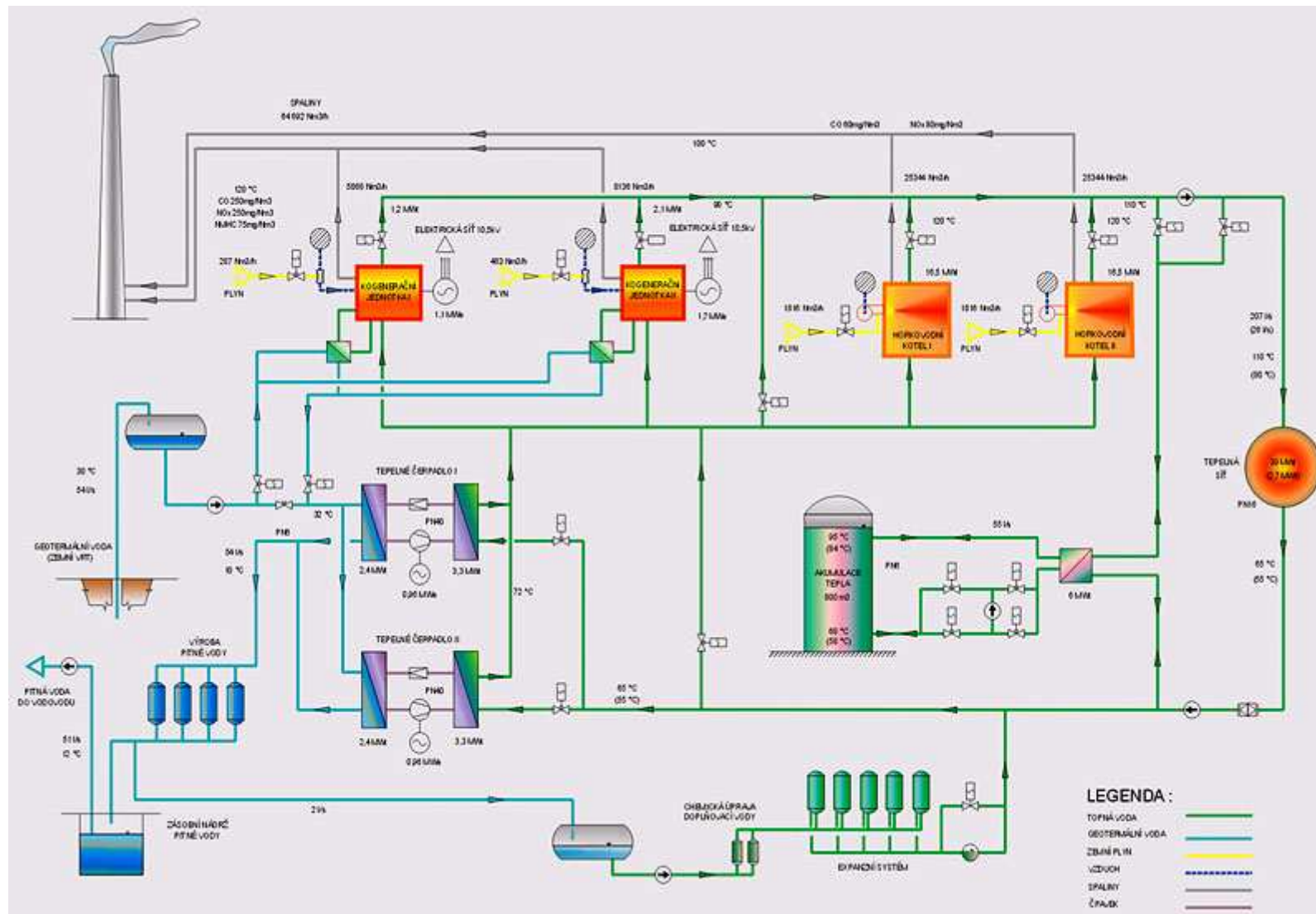


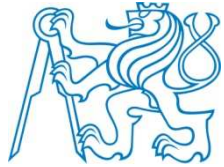
CZT Děčín

- **zdroj pro tepelná čerpadla**
 - geotermální voda 30 / 10 °C
- **odběr**
 - ohřev CZT z 55 na 72 °C
- **zdroj CZT**
 - čpavková tepelná čerpadla 3,28 MW, COP = 3,4
 - kogenerace 2,7 MWe / 3,1 MWt (pohon TČ + čerpadla sítě)
 - plynové kotle
- **vychlazení a úprava geotermální vody**



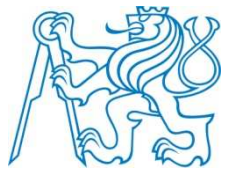
CZT Děčín





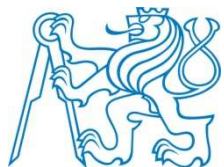
Vartan Ropsten

- **největší instalace tepelných čerpadel pro CZT**
 - využívající mořskou vodu
- **Stockholm**
 - rozkládá se na 14 ostrovech, přístup k mořské vodě
 - 60 % zásobování přes CZT, konkurence lokální spalování topných olejů nebo elektrické vytápění, žádný zemní plyn
 - 765 km tepelných sítí
- **zdroj Vartan Ropsten**
 - základní zatížení 420 MW tepelných čerpadel s dvojstupňovými kompresory, vypařovací teplota -3 °C , kondenzační 82 °C
 - tepelná síť $80/57\text{ °C}$, řízení výkonu 10 až 100%

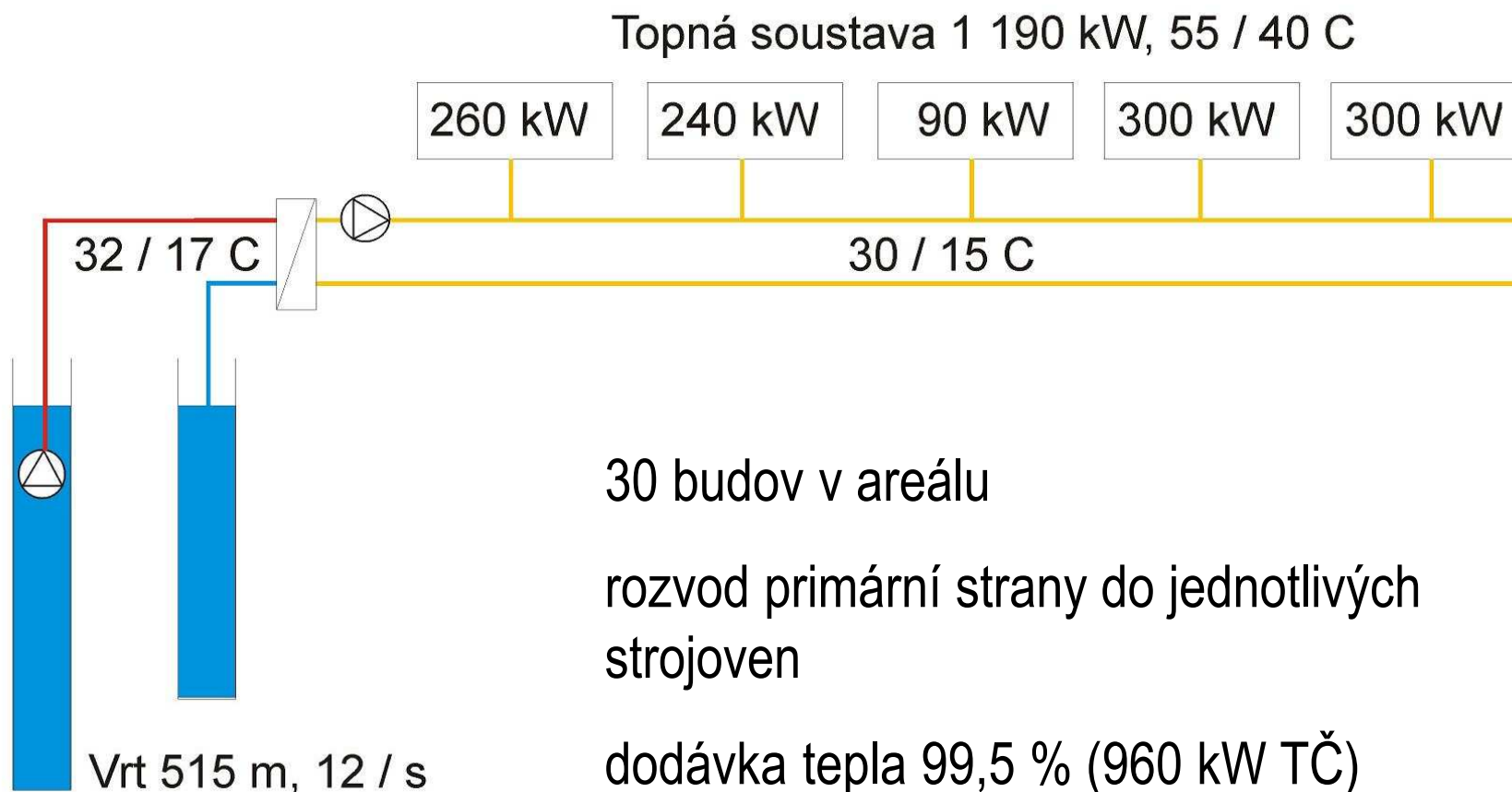


Vartan Ropsten





ZOO Ústí nad Labem

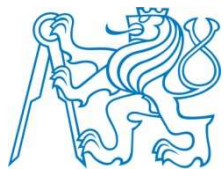


30 budov v areálu

rozvod primární strany do jednotlivých strojoven

dodávka tepla 99,5 % (960 kW TČ)

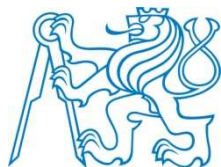
topný faktor > 6



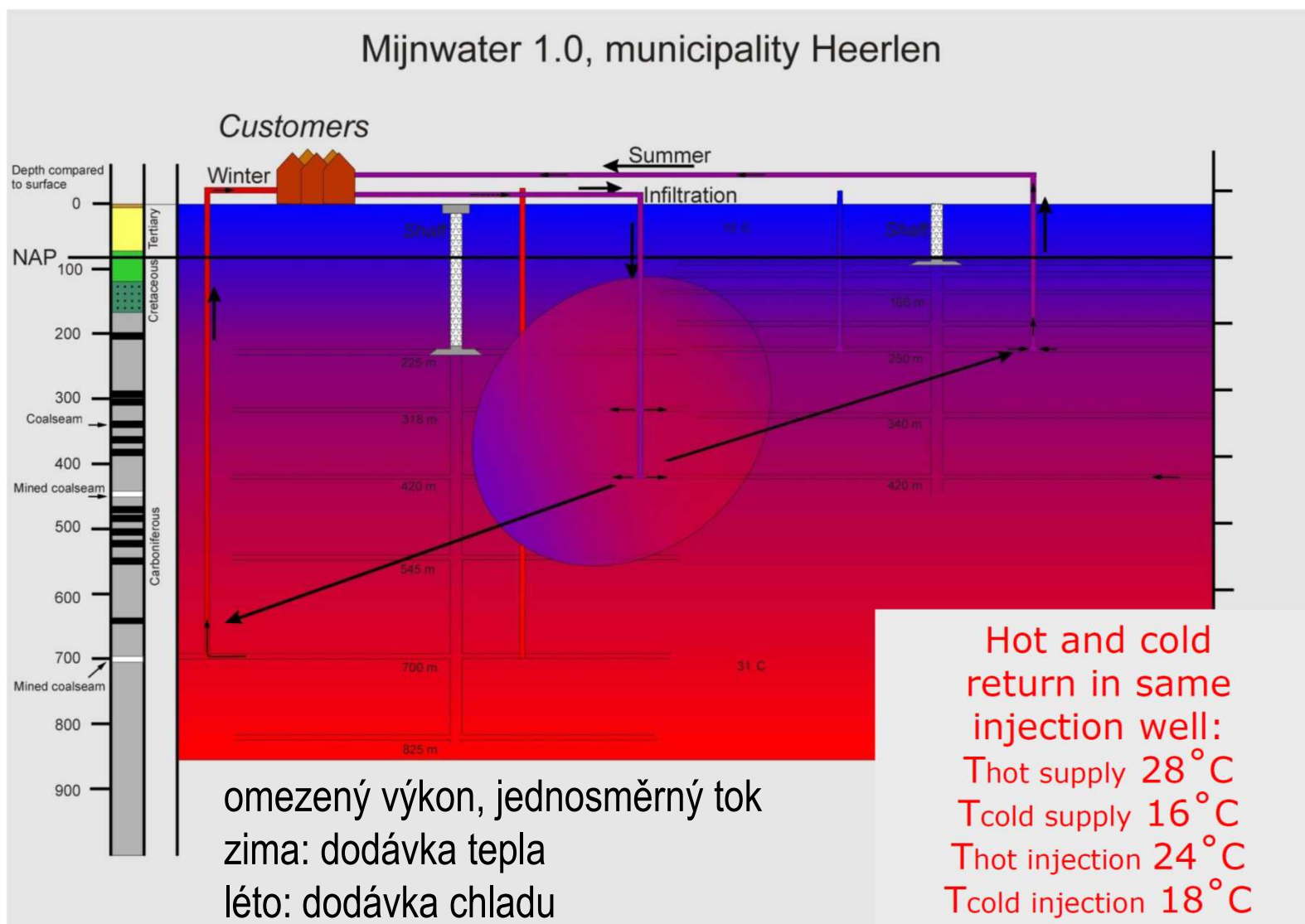
ZOO Ústí nad Labem

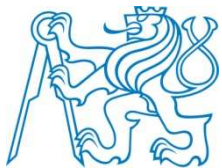


zdroj: IVT

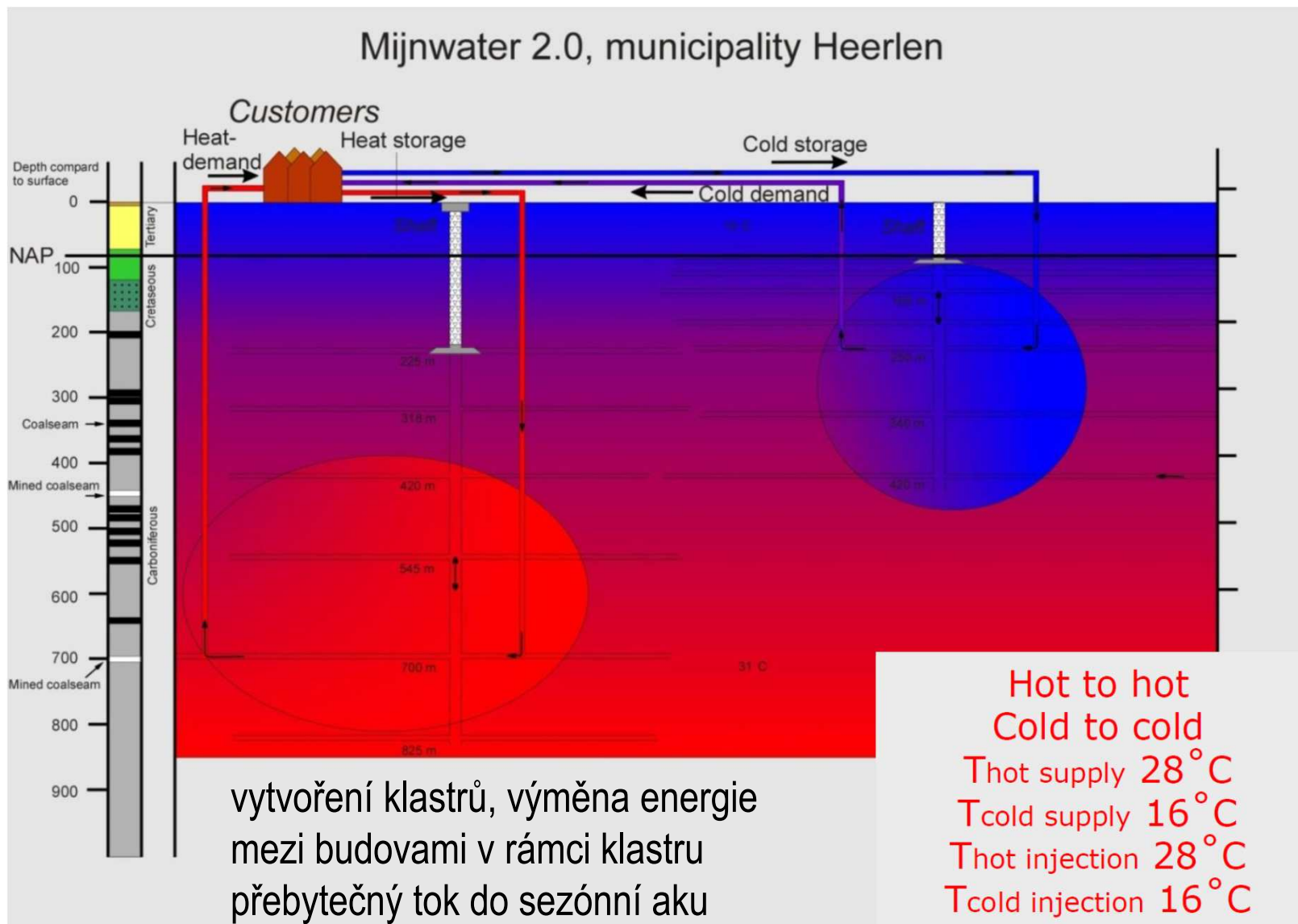


Minewater project



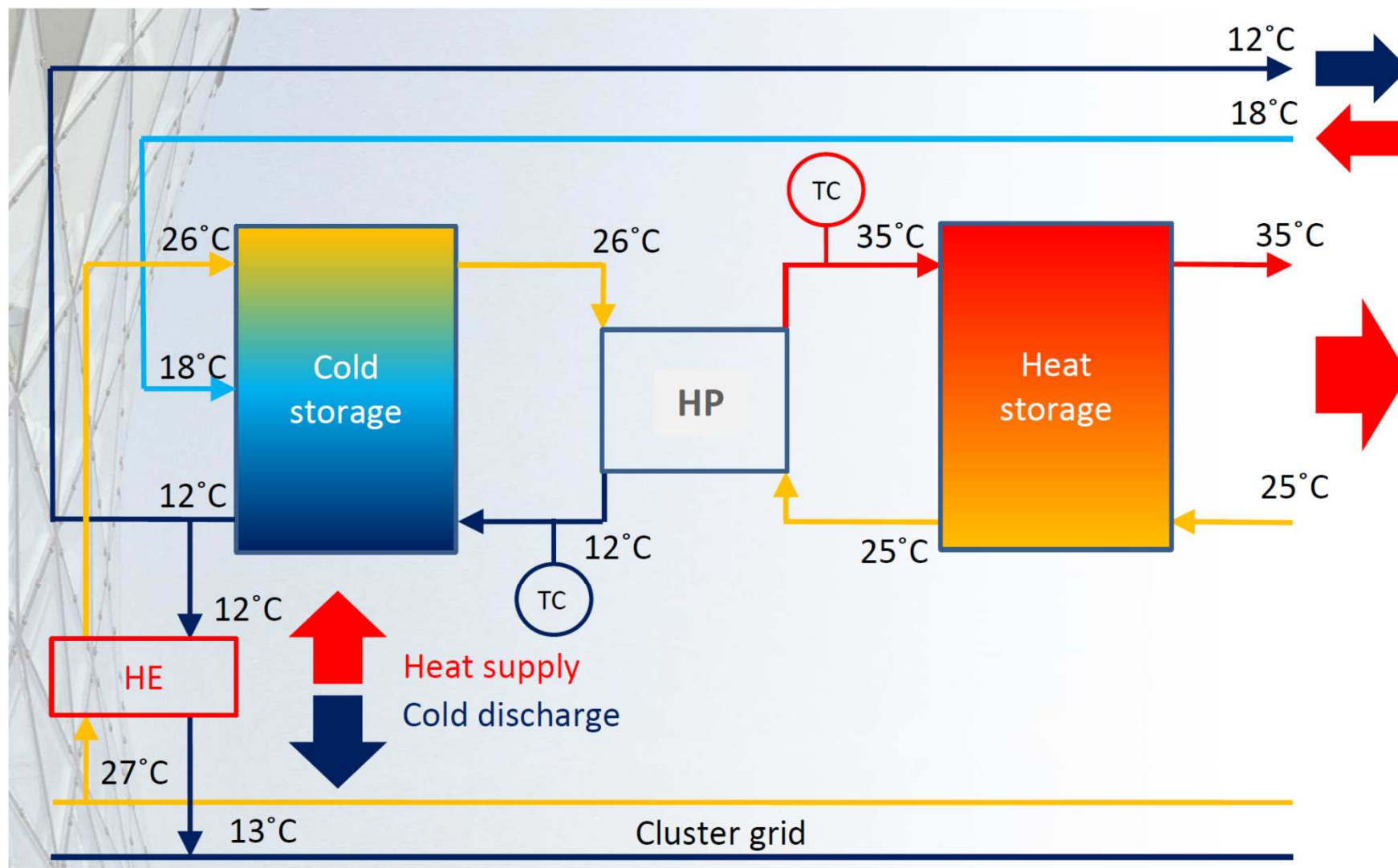


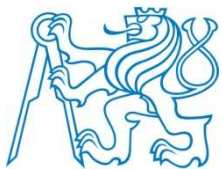
Minewater project



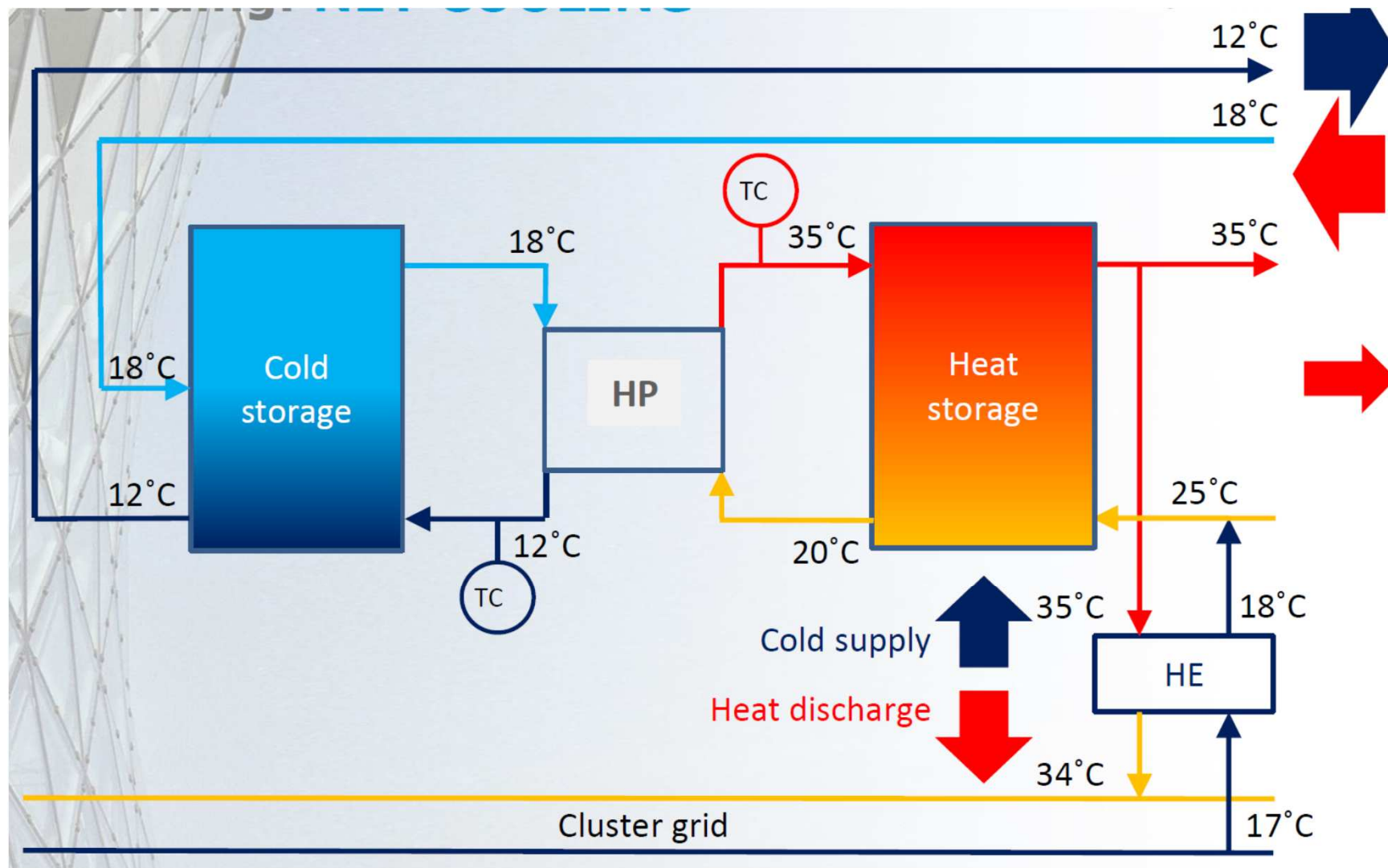


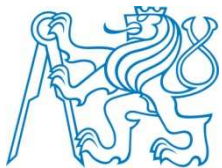
Minewater project – vytápění budovy



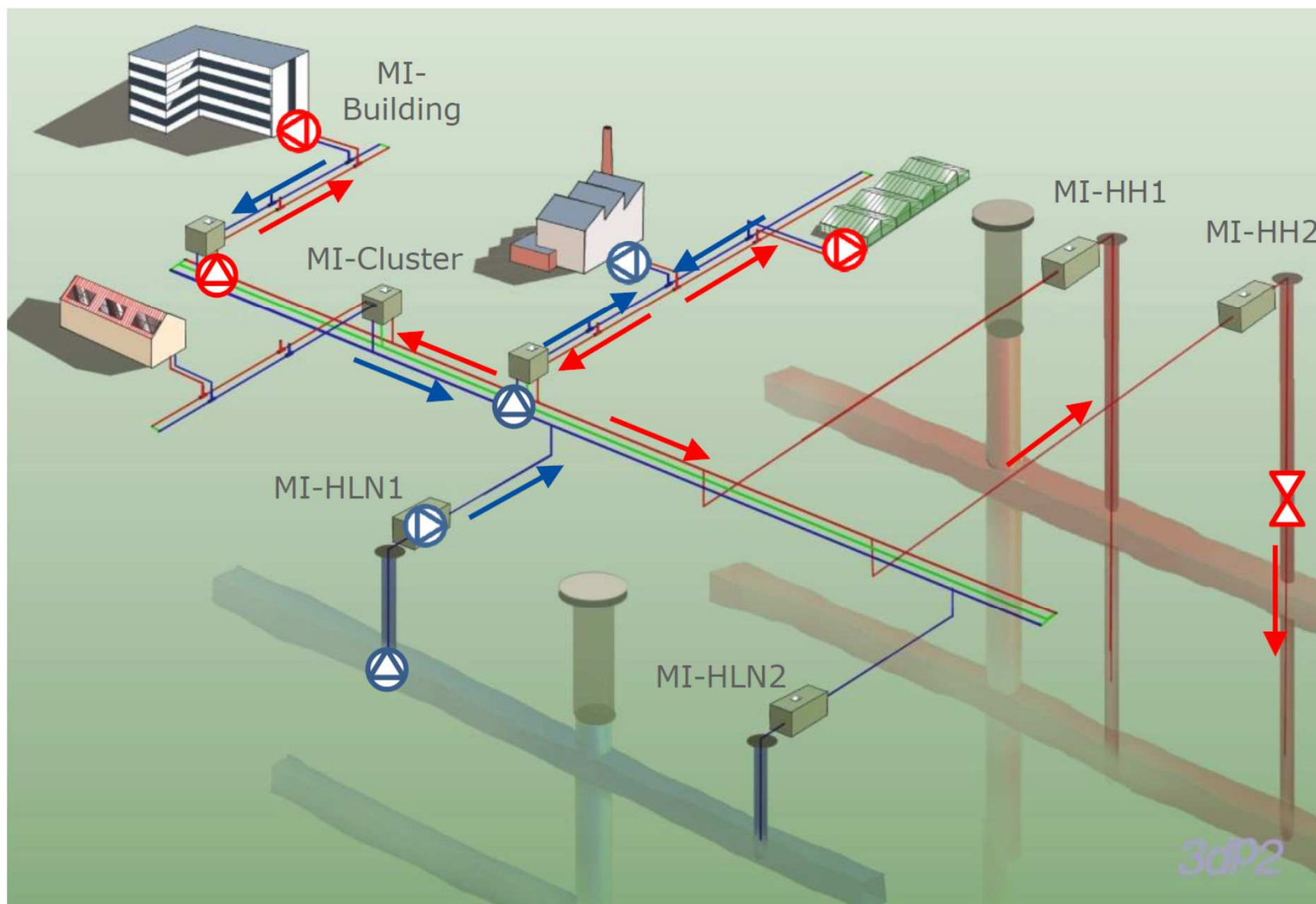


Minewater project – chlazení budovy





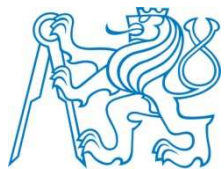
Minewater project – klastry



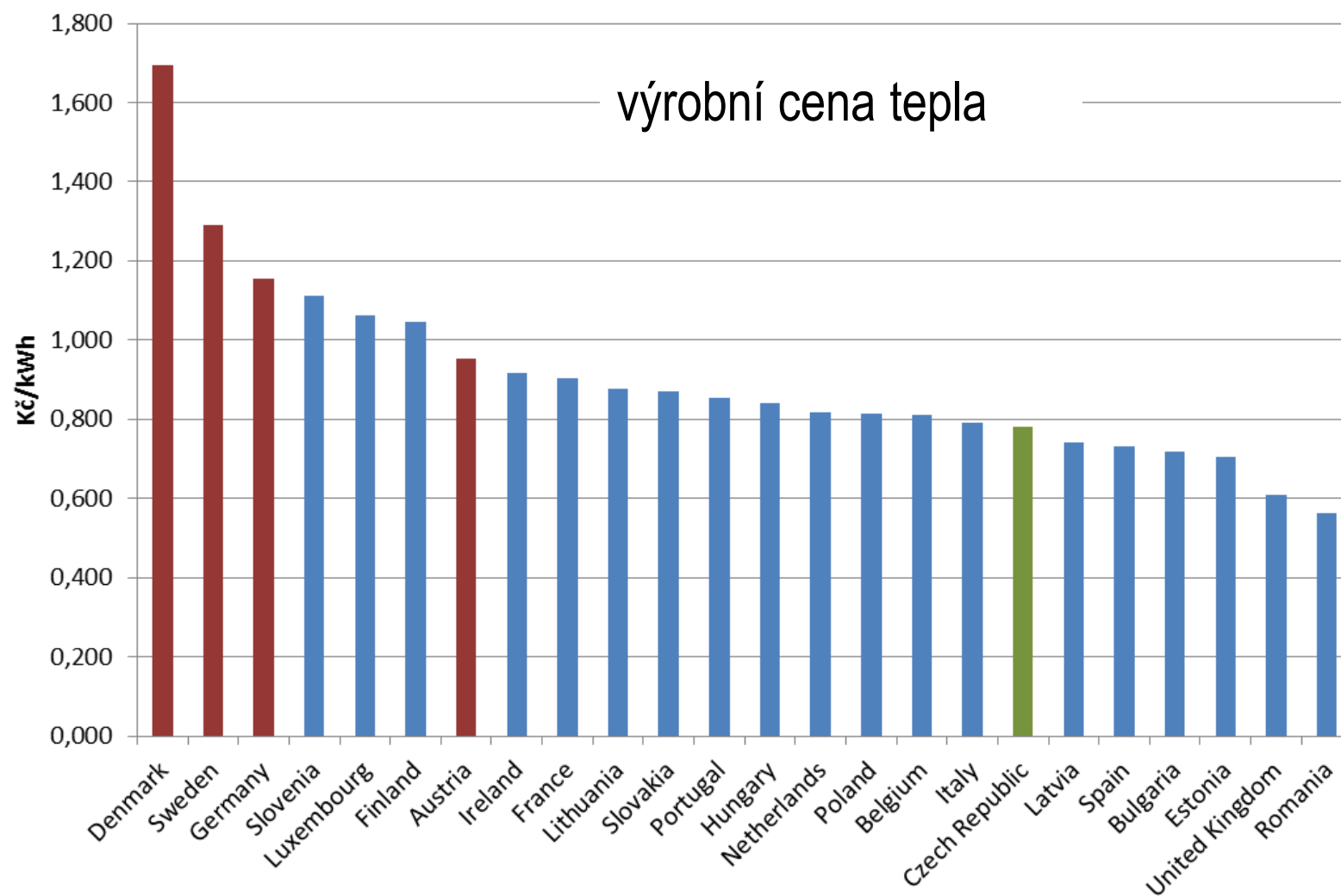


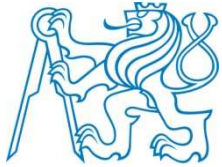
Co ovlivňuje využití OZE obecně?

- **společenské, politické důvody**
 - požadavky na snižování spotřeby energie – při nesplnění sankce (solární soustava – jako nejvýhodnější varianta pro dosažení úspor?)
 - snahy o energetickou soběstačnost
- **technicko-ekonomické důvody**
 - vyšší provázanost systémů
 - **vysoké daňové zatížení tzn. vysoká výsledná cena běžně používaných paliv (případ Dánska)**
 - vyšší, zákazníkem akceptovatelná cena tepla
 - odběratelé tepla bývají podílníky dodavatelské energetické firmy



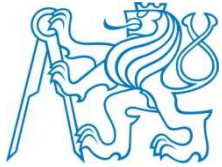
Co ovlivňuje využití OZE obecně?





Je to možné? Jak?

- **interakce s trhem elektřiny**
 - vhodné využívání sezónních či hodinových tarifů
- **výhody kombinace technologií**
 - kombinace obnovitelného zdroje elektřiny a tepelného čerpadla
 - kombinace zdrojů s využitím jedné akumulace tepla
 - zásobování teplem a chladem s využitím tepelných čerpadel
- **levné a účinné solární systémy**
- **správná volba akumulace tepla (jednoduchá/levná)**
- **velké systémy / malé poměrné ztráty**
 - čím větší zařízení, tím menší poměr ztrát k výkonu
 - čím větší zařízení tím větší účinnost



Kombinace zdrojů

- **solární teplo**
 - teplo zdarma
- **kogenerace**
 - výroba cenné elektřiny (výnosy), rychlá regulace produkovaného výkonu (výnosy)
- **tepelné čerpadlo**
 - výroba levného tepla
 - rychlá regulace odebíraného výkonu (výnosy)
 - **snížení velikosti akumulace**
- **akumulace**
 - umožňuje flexibilitu
 - umožňuje kombinace