



Výzkumné trendy v energetické náročnosti budov

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Katedra TZB, Fakulta stavební, ČVUT v Praze



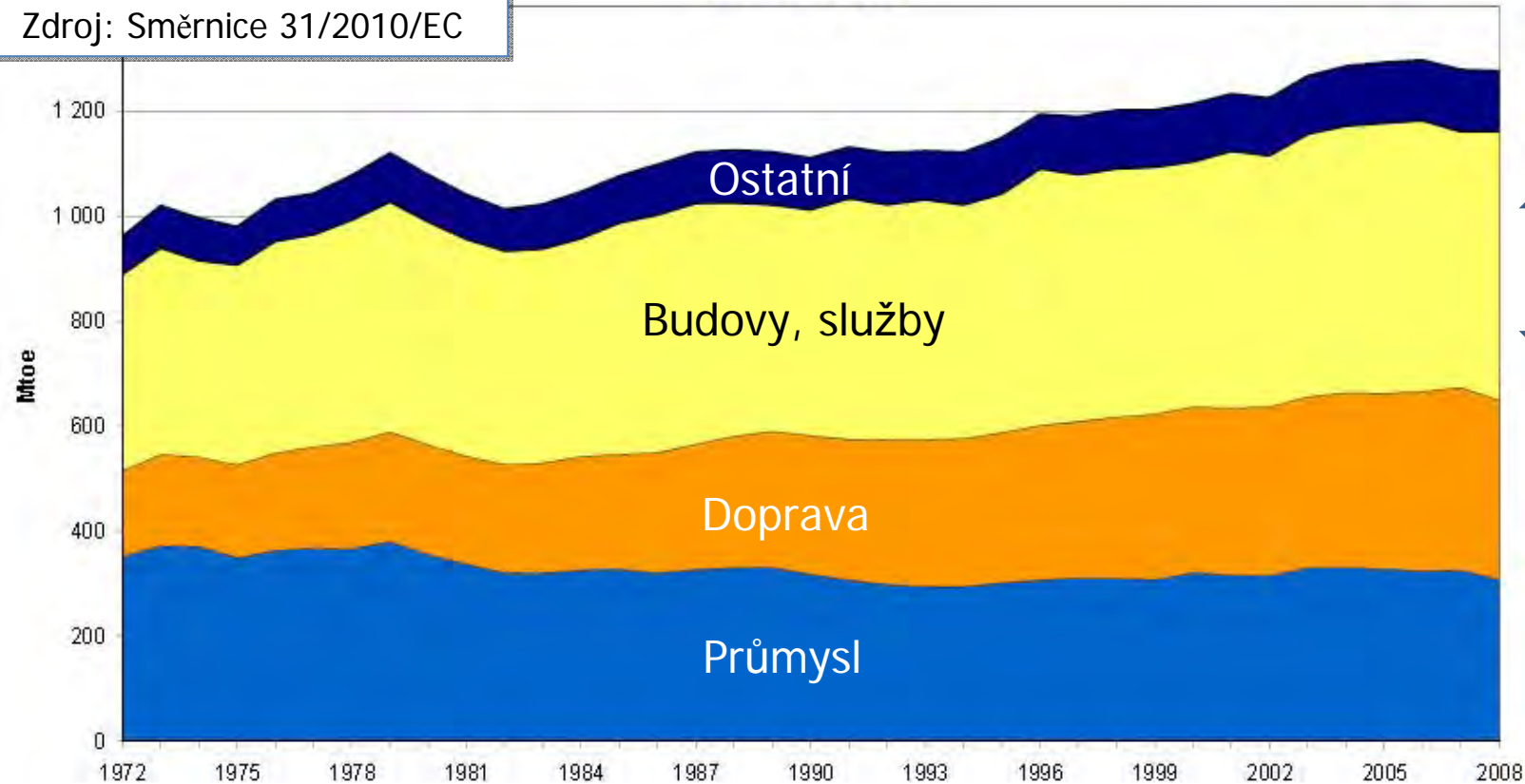
Kde jsme...

„Podíl budov na celkové spotřebě energie v Unii činí 40 %.“

Zdroj: Směrnice 31/2010/EC

Final consumption by sector

IEA Europe



© DECO/IEA

zdroj: www.iea.org



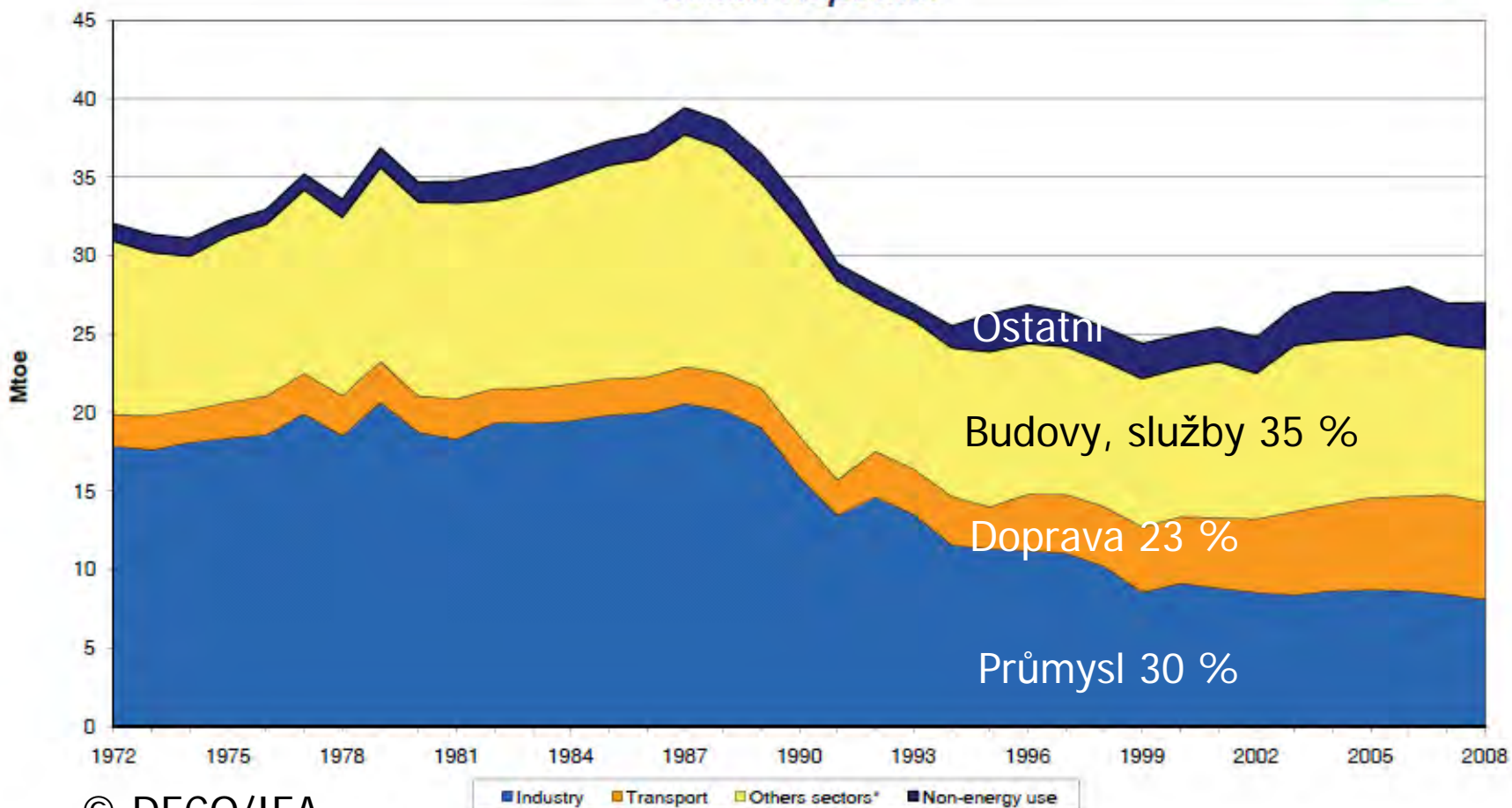
IEA Energy Statistics

Kde jsme...

Statistics on the Web: <http://www.iea.org/statist/index.htm>

Final consumption by sector

Czech Republic



© DECO/IEA

* Includes residential, commercial and public services, agriculture/forestry, fishing and non-specified.

zdroj: www.iea.org

© OECD/IEA 2010
TEE 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.
(C) Kabele 2013





Energeticky nezávislé budovy

- Ostrovní provoz
 - Bez napojení na vnější energetické sítě, minimalizace potřeby energie
 - Obnovitelné zdroje
 - Fotovoltaika
 - Fototermika
 - Větrná elektrárna
 - Kotel na biomasu
 - Kogenerace...
 - Tradiční zdroje
 - Elektrocentrála
 - Kotel ...





Energeticky úsporné budovy





Energeticky úsporné budovy





Zákony, vyhlášky, směrnice

Směrnice 2002/91/EC o energetické náročnosti budov
(EPBD)

Směrnice 2010/31/EC (10.5.2010)



Zákon 406/2006 Sb., o hospodaření energií

Zákon č. 318/2012 Sb.

(částka 117 z 3.10.2012, platný od 1.1.2013)



Prováděcí vyhlášky xxx/2012(2013) Sb.

!!!! Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti (25.10.2012) !!!!



Prováděcí vyhlášky k Zákonu 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění č. 318/2012 Sb.

- **Vyhláška o energetické náročnosti budov 78/2013 Sb. (1.4.2013)**
 - **Vyhláška o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie 194/2013 Sb.(1.8.2013)**
 - **Vyhláška o kontrole klimatizačních systémů 193/2013 Sb.(1.8.2013)**
 - **Vyhláška o energetickém auditu a posudku 480/2012 Sb. (1.1.2013)**
 - **Vyhláška o energetických specialistech č.118/2013 Sb. (1.6.2013)**
 - **Vyhláška o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie 441/2012 Sb. (1.1.2013)**
- **TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – typické hodnoty pro výpočet (1.4.2013)**



Energetická náročnost budov



„energetickou náročností budovy se rozumí **vypočtené množství energie** nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na

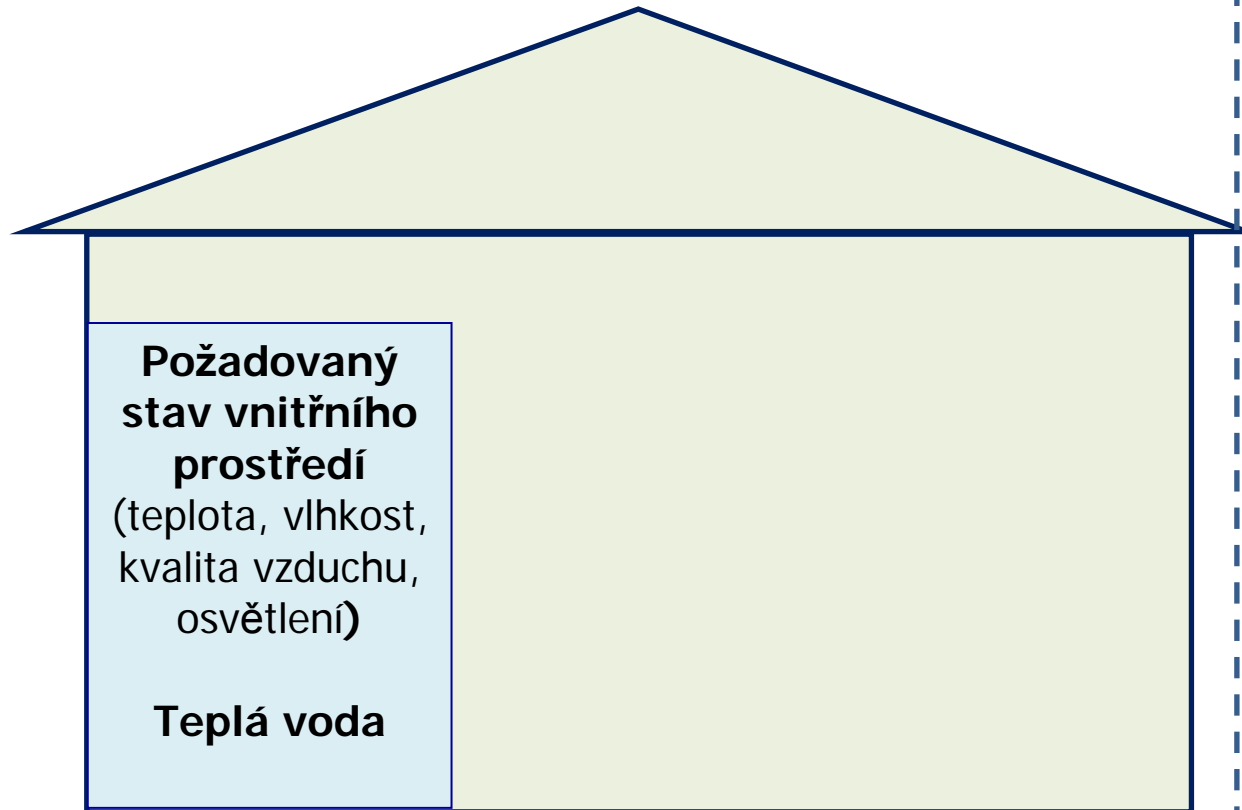
- **vytápění,**
- **chlazení,**
- **větrání,**
- **úpravu vlhkosti vzduchu,**
- **přípravu teplé vody a**
- **osvětlení“**

Zdroj: Zákon 318/2012 Sb.



Energetická náročnost budov

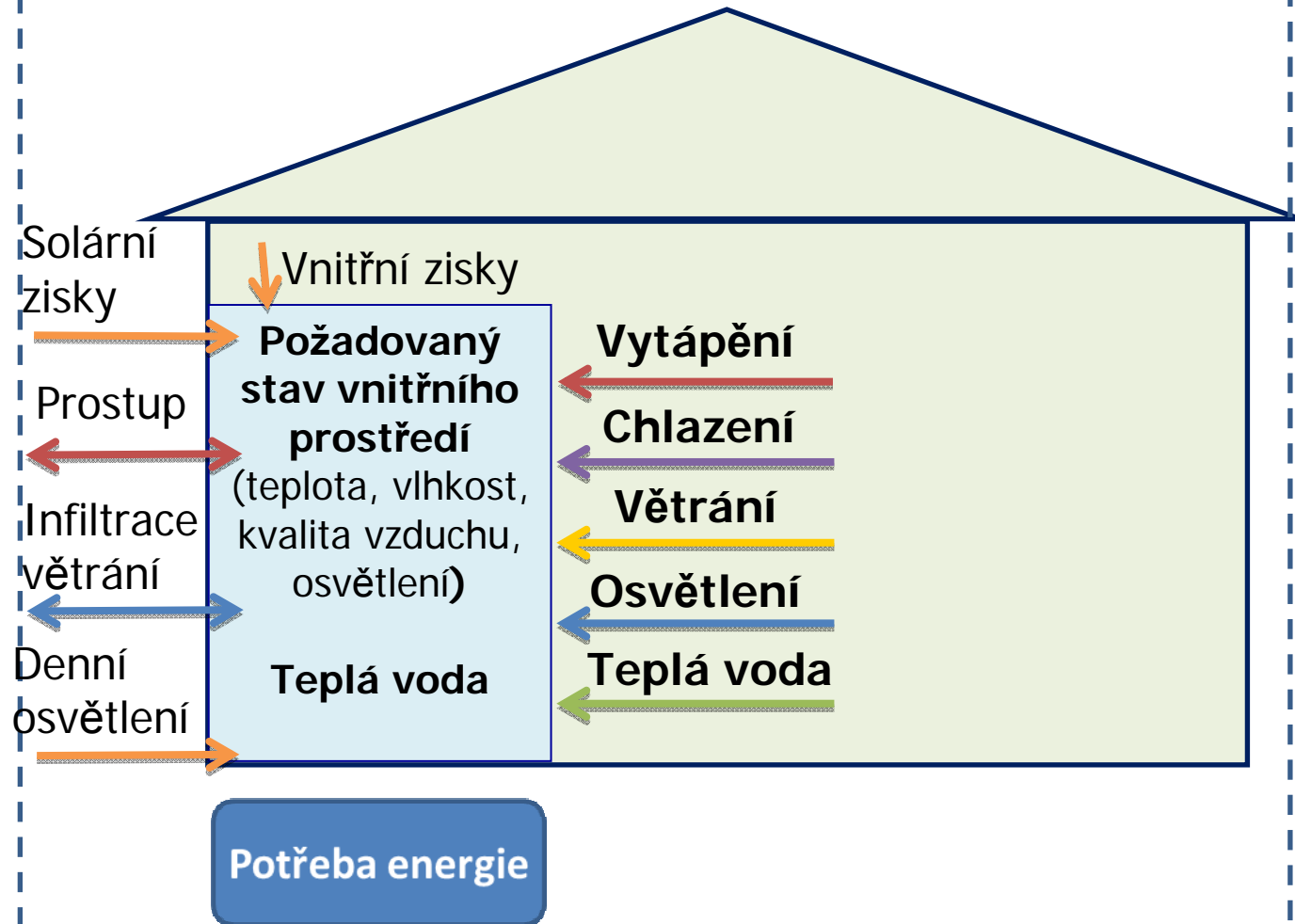
Systémová hranice





Energetická náročnost budov

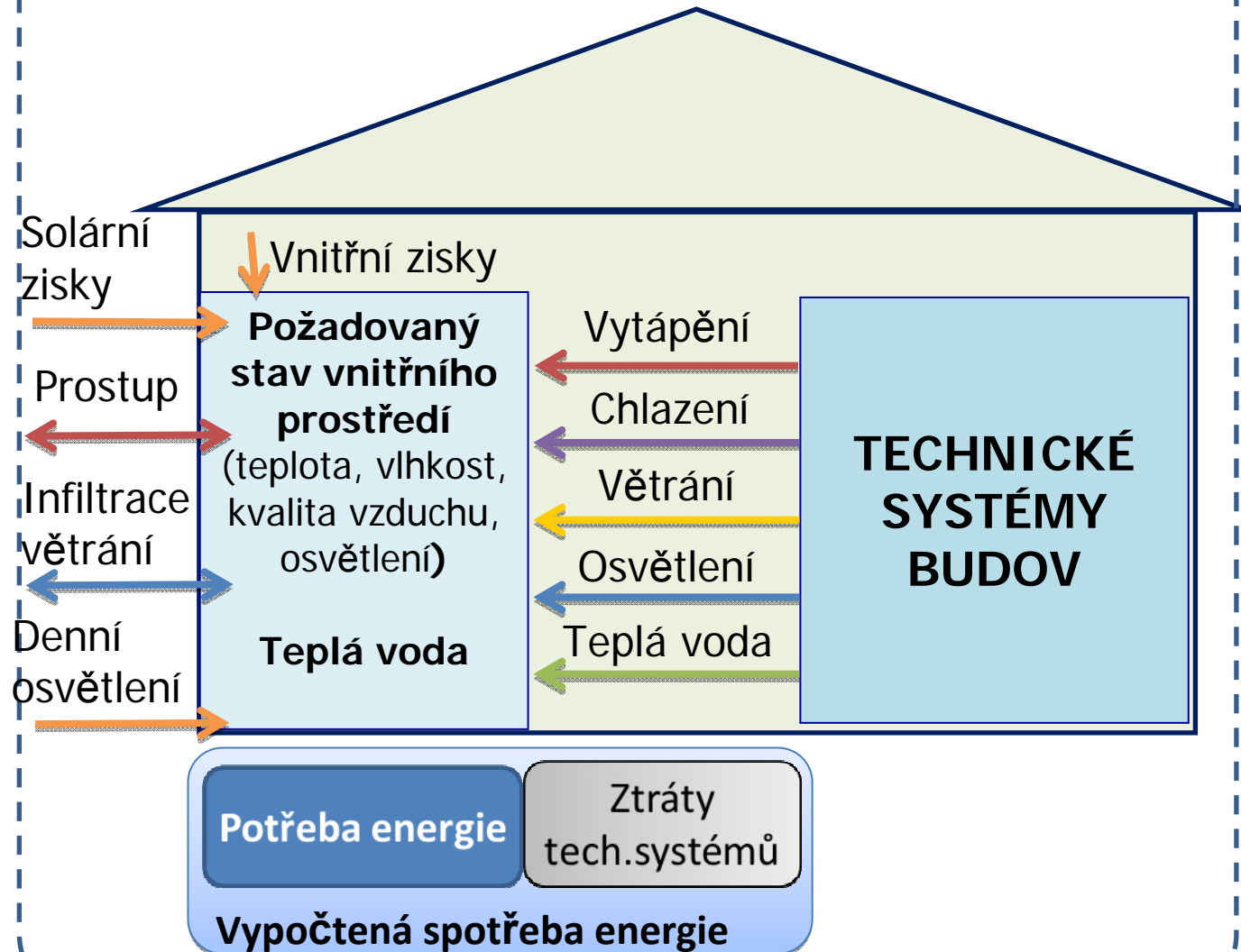
Systémová hranice





Energetická náročnost budov

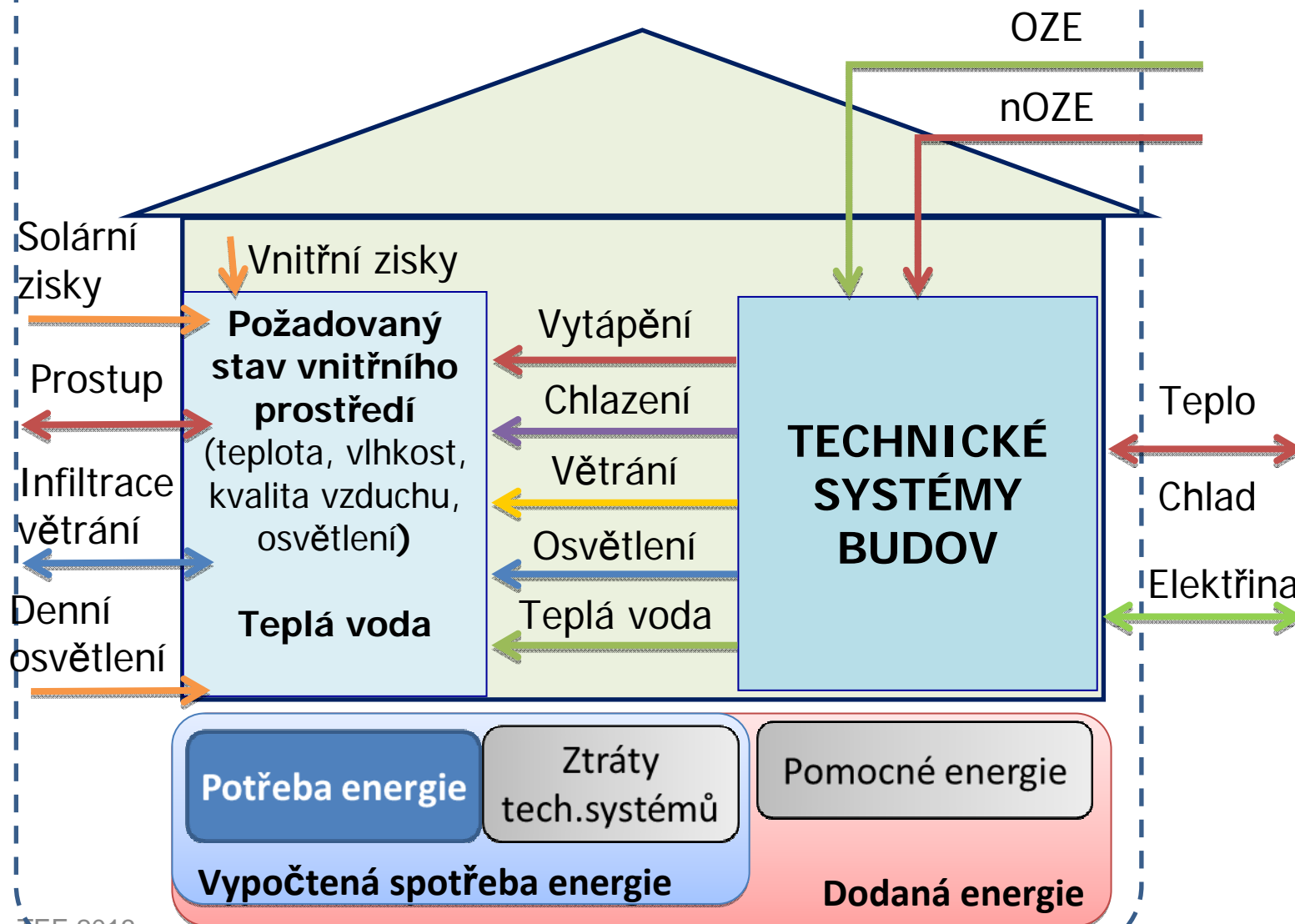
Systémová hranice





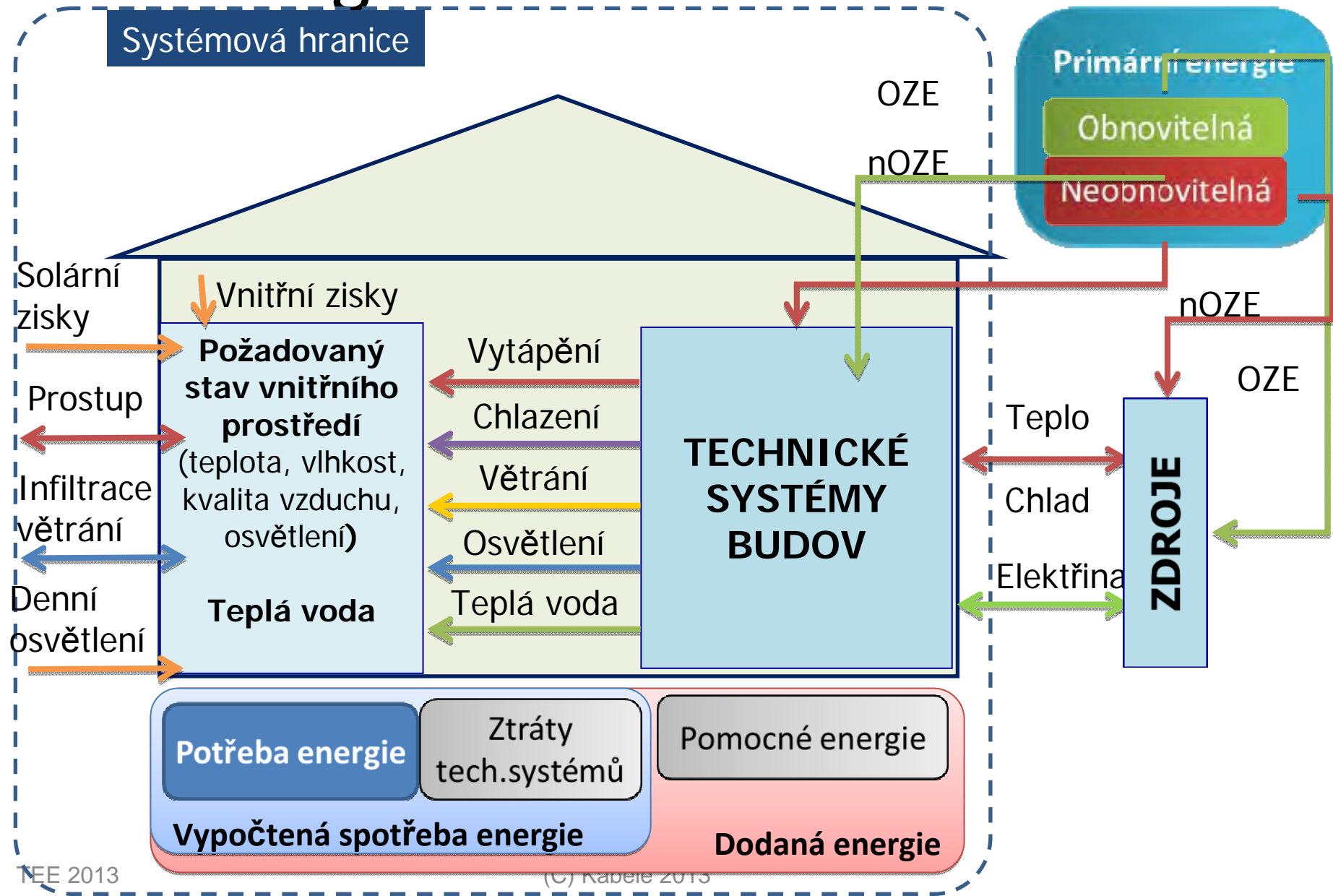
Energetická náročnost budov

Systémová hranice





Energetická náročnost budov

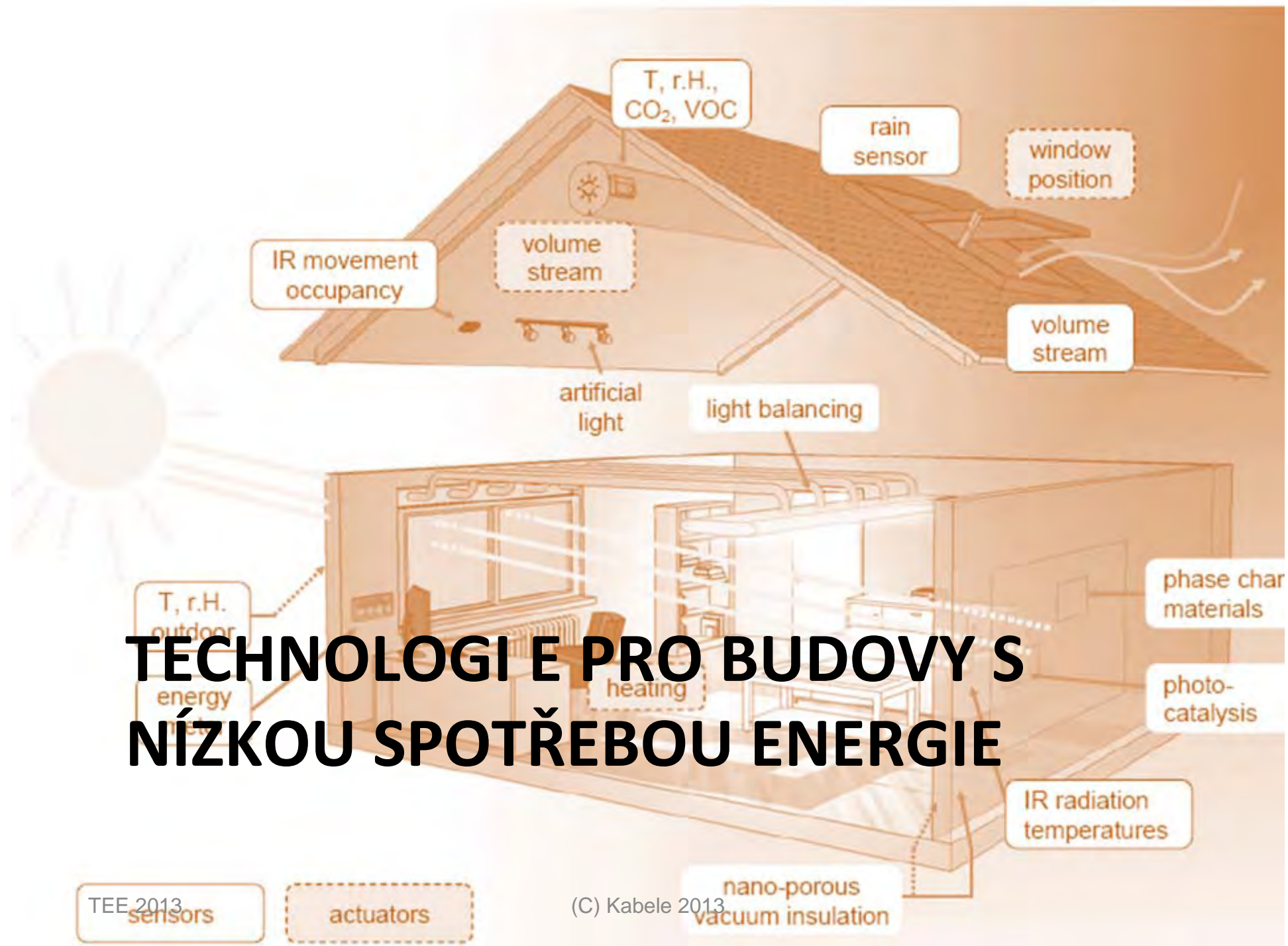




Primární energie

„...energie, která neprošla žádným procesem přeměny, celková primární energie je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie..“

Energonositel	Faktor primární energie (-)	Faktor neobnovitelné primární energie(-)
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LPG	1,2	1,2
Lehký topný olej	1,2	1,2
Elektřina	3,2	3,0
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)	1,0	0,0
Elektřina - dodávka mimo budovu	-3,2	-3,0
Teplo - dodávka mimo budovu	-1,1	-1,0
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem OZE	1,1	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 50% a nejvýše 80% podílem OZE	1,1	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s 50% a nižším podílem OZE	1,1	1,0
Ostatní neuvedené energonositele	1,2	1,2



TECHNOLOGIE PRO BUDOVY S NÍZKOU SPOTŘEBOU ENERGIE

TEE 2013
sensors

actuators

(C) Kabele 2013
nano-porous vacuum insulation



Urbanistické měřítko

Územní plánování

Doprava

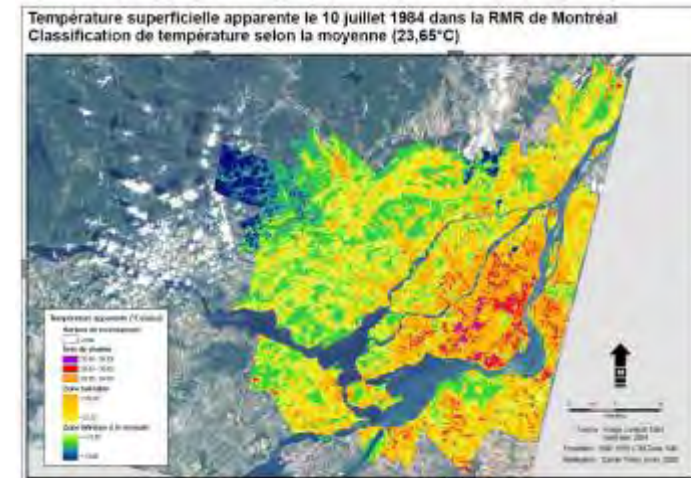
Tepelné ostrovy

Energetická koncepce

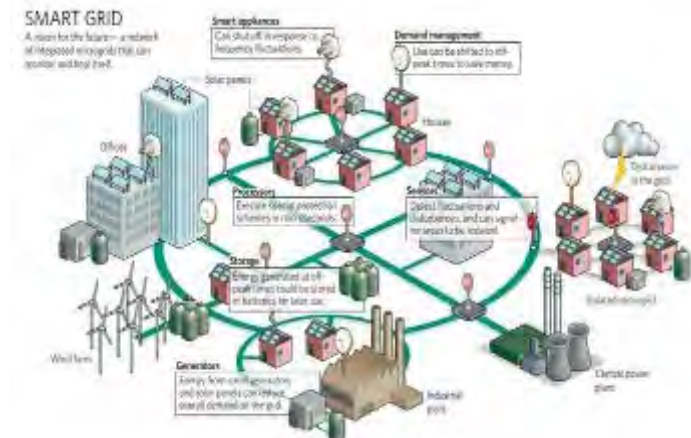
Místní nebo centrální zdroje ?

CZT / CZCH

Smart grids



Zdroj: *Urban Neighbourhood 2012*



Zdroj: *Consumer Energy Report 2012*



Obálka budovy

Fasáda

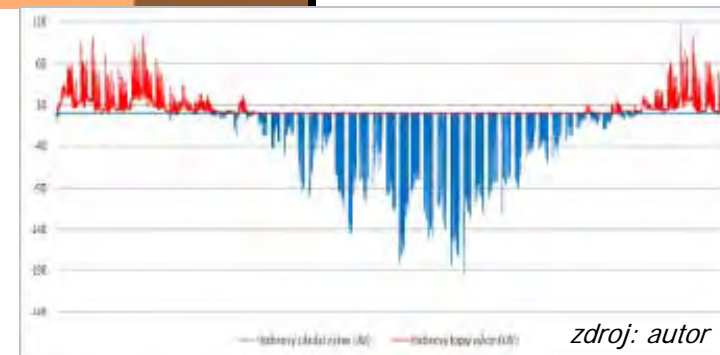
- Tepelná izolace - limit?
- Pokročilé materiály
 - Vakuové izolace
 - PCM materiály
- Aktivní fasády
 - Dvojité fasády
 - Chytré „stínění“
 - Integrované PV ,PT systémy



zdroj: <http://stardust.jpl.nasa.gov/photo/aerogel.html>



zdroj: autor



Snížení potřeby tepla a chladu



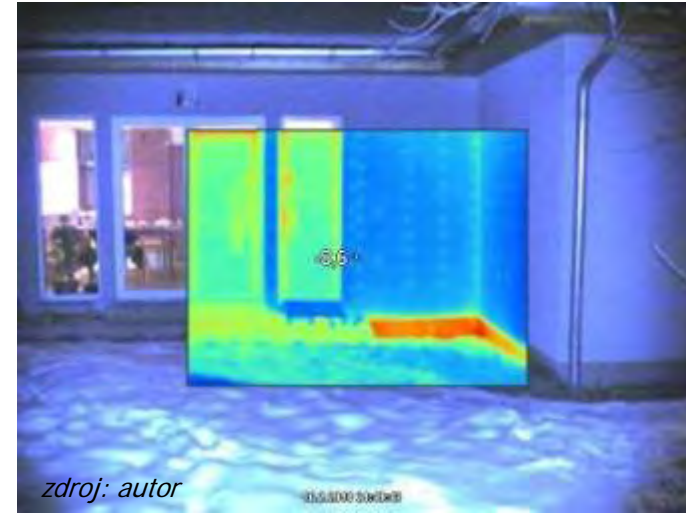
Obálka budovy

Okna

- Zasklení
- Tepelné mosty

Aktivní zasklení –
electrochromatická?

Minimalizace tepelné ztráty a zátěže
Zajištění denního osvětlení





Elektrická energie

Elektřina

- **Fotovoltaika**
- Kogenerace
 - Mikrokogenerace
 - Stirlingův motor
 - Palivové články



TEE 2013



(C) Kabele 2013



Elektrická energie

Elektřina

- Fotovoltaika
- Kogenerace

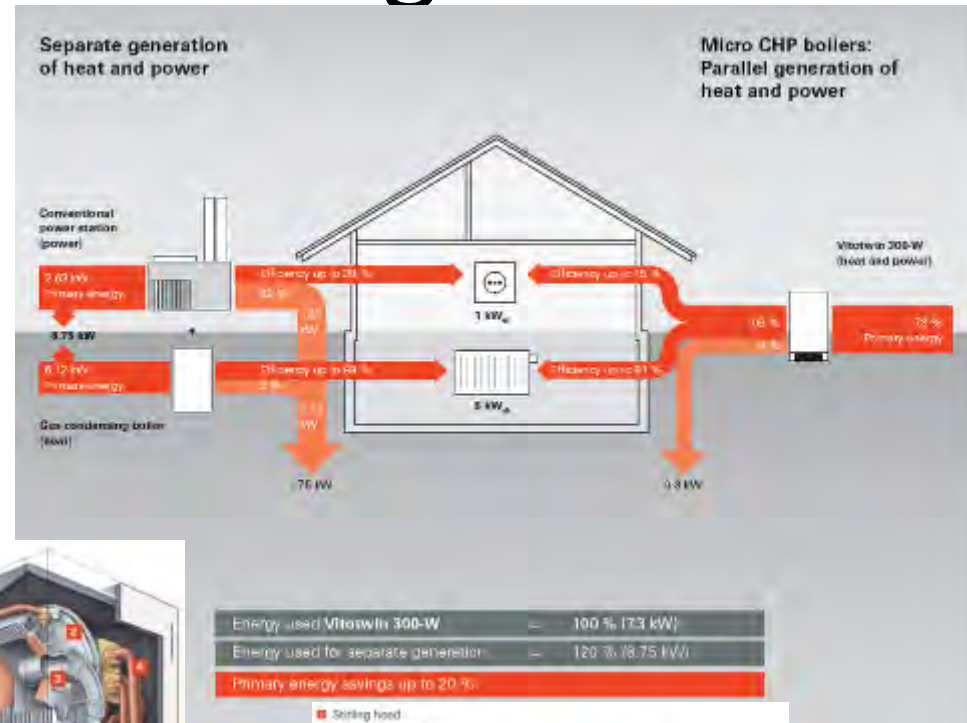
Mikrokogenerace

- Stirlingův motor
- Palivové články



Micro CHP boiler Vitotwin 300-W

TEE 2013



<http://www.viessmann.com>

(C) Kabele 2013

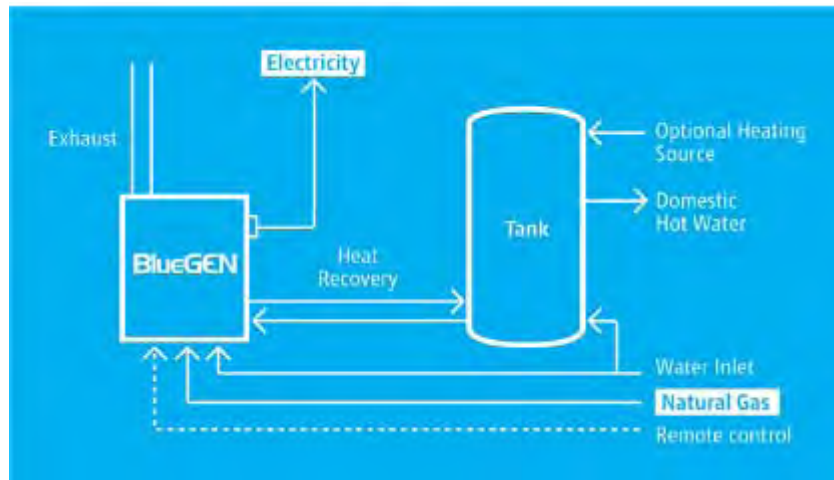




Elektrická energie

Elektřina

- Fotovoltaika
- Kogenerace
 - Mikrokogenerace
 - Stirlingův motor
 - Palivové články



<http://www.ceramicfuelcells.de>

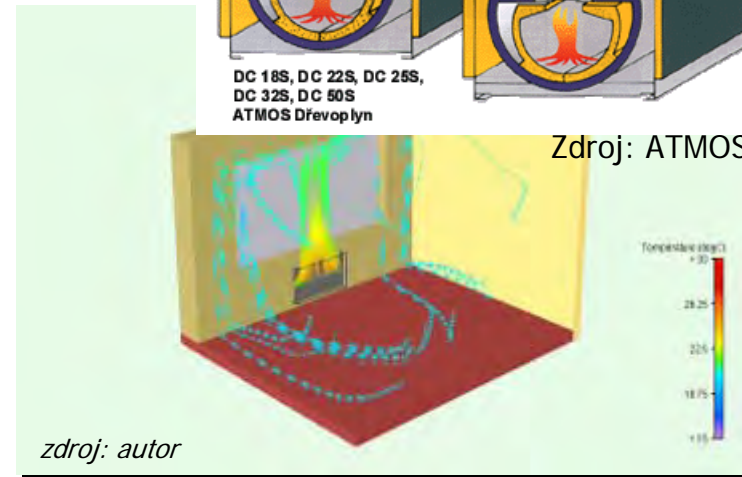
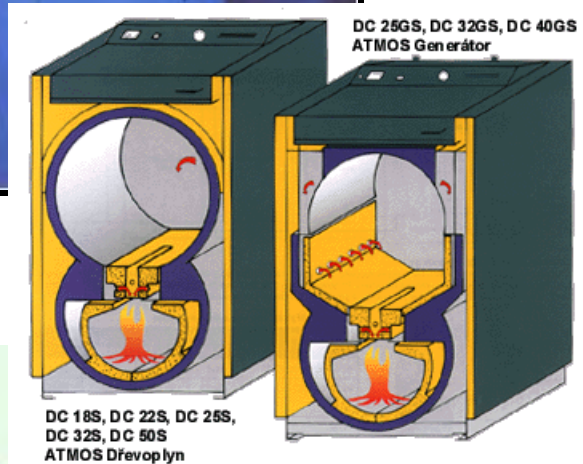


Vytápění budov

Vytápění

- Obnovitelné zdroje
- Akumulace tepla
- Účinné zdroje
- Účinná distribuce tepla (čerpadla)
- Emise tepla
- Měření a regulace

Účinné zdroje a regulace výkonu
Obnovitelné zdroje

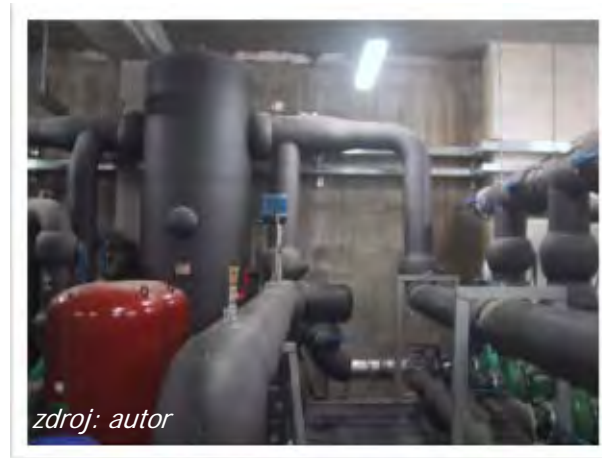




Chlazení

- Snižování tepelné zátěže
- Účinné zdroje chladu
- Akumulace chladu
- Účinná distribuce chladu
- „Vysokoteplotní“ chlazení
- Regulace a strategie (noční větrání)

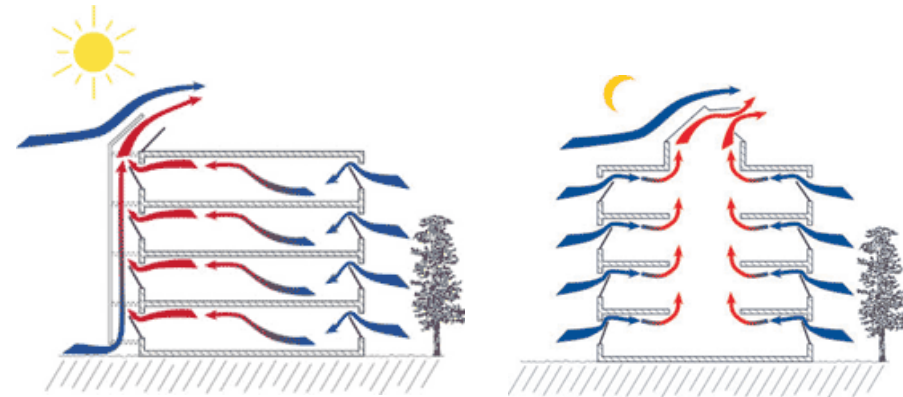
Pasivní systémy
Účinné zdroje a regulace výkonu
Obnovitelné zdroje chladu





Větrání

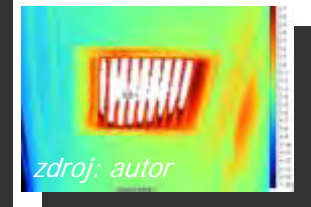
- Optimalizace množství větracího vzduchu
- CO₂, VOC, IAQ senzory
- Nízkotlaké distribuční sítě
- Přirozené větrání
- Strategie regulace



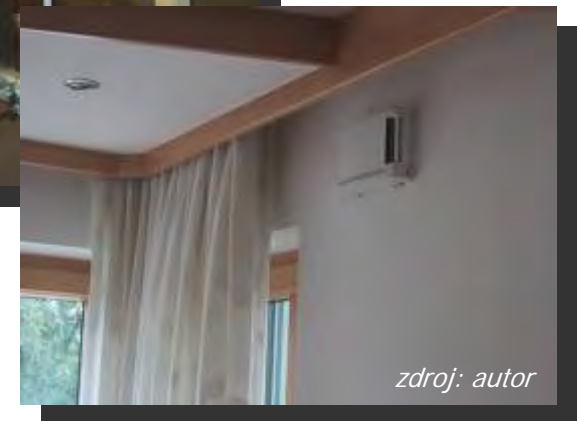
zdroj: <http://passivesolar.weebly.com>



zdroj: autor



zdroj: autor



zdroj: autor

Přirozené systémy větrání
Řízené nucené větrání



Světlo

Denní a smíšené osvětlení

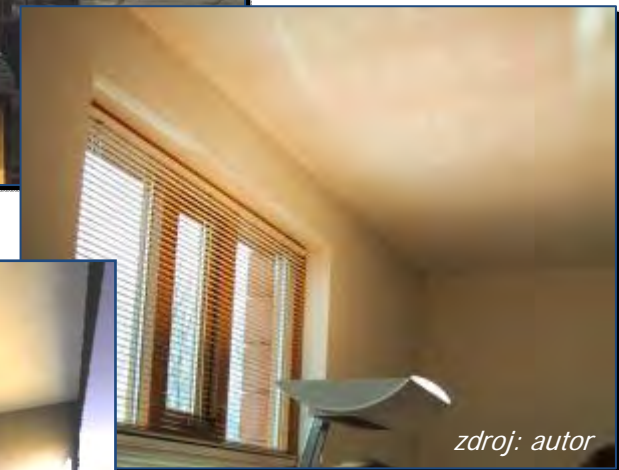
Světlovody

Účinné zdroje - LED?

Regulace



zdroj: autor



zdroj: autor

Denní osvětlení
Umělé - nové zdroje



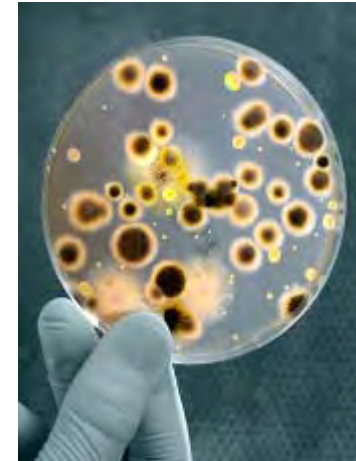
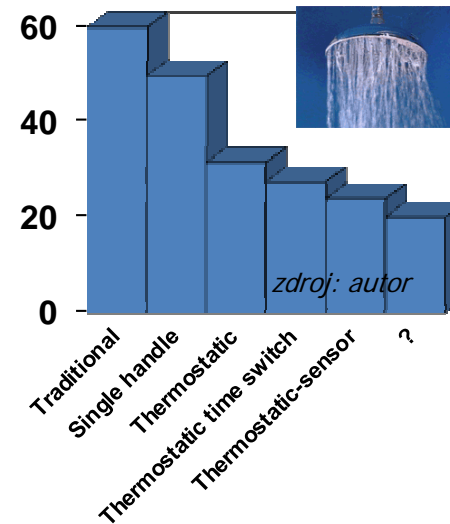
zdroj: autor



Teplá voda

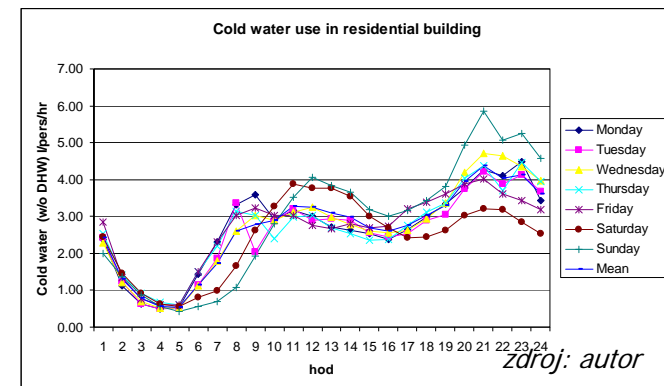
- Spotřeba teplé vody !!
- Účinná příprava TV
- Teplota
- Distribuční síť
 - Cirkulace
 - Ovládání
- Legionella!!!!

Hot water demand
litres/shower



zdroj:
<http://www.waterhygieneireland.ie>

Teplota vody - hygiena
Lidský faktor





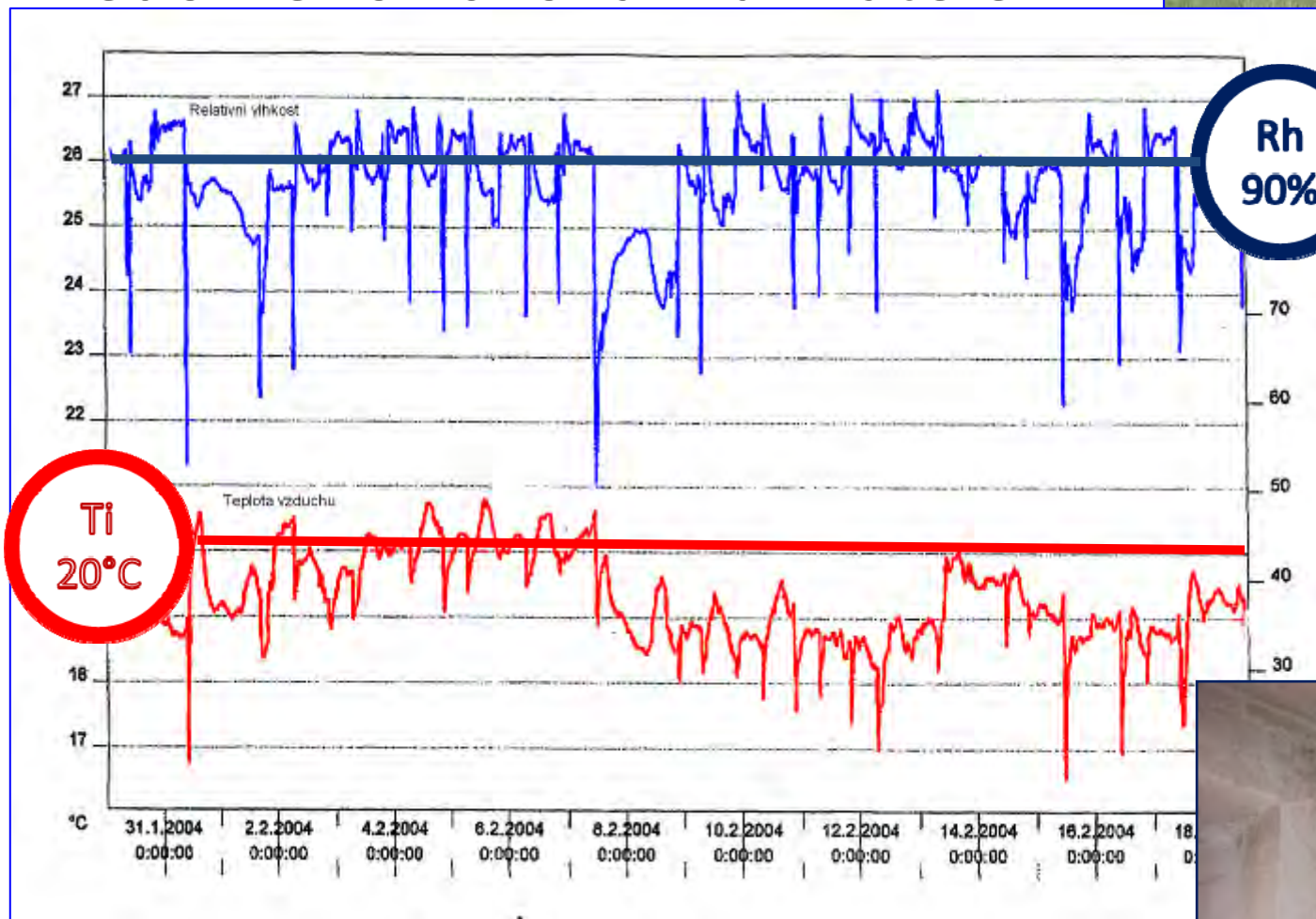
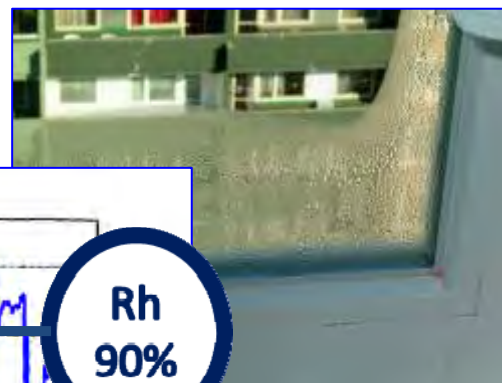
ENERGIE A VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV

TEE 2013

(C) Kabele 2013



Příklad: důsledek „energeticky vědomého“ chování uživatele

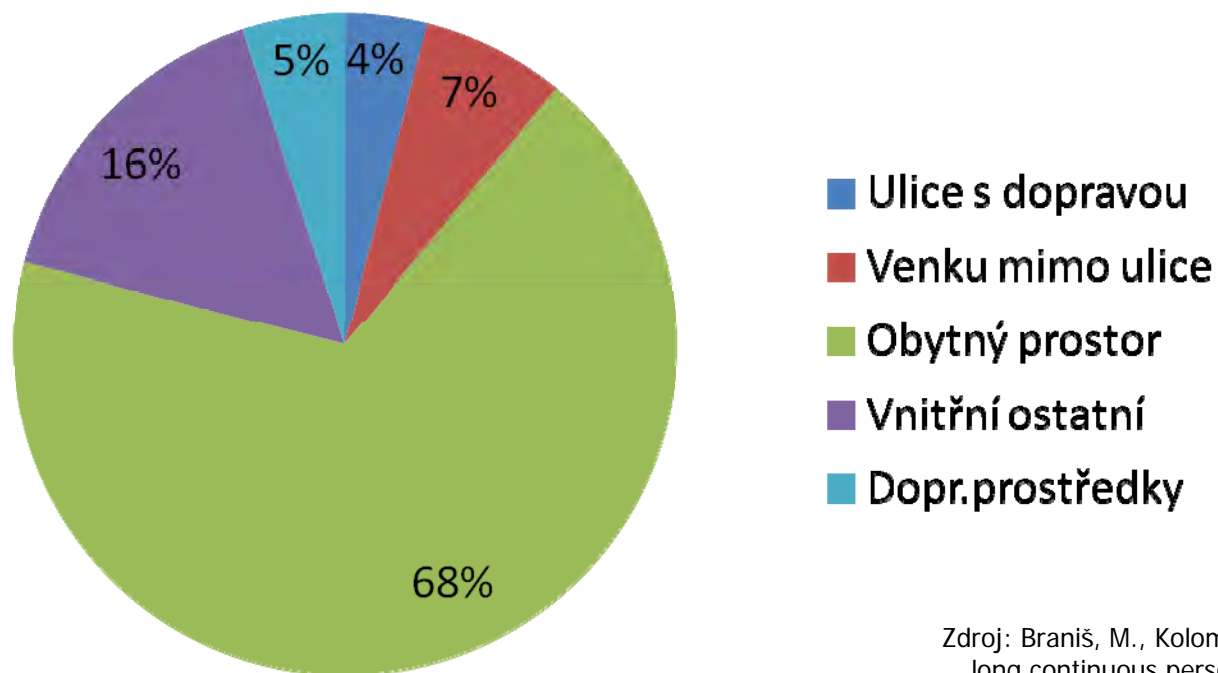


Zdroj : Kabele 2006



Vnitřní prostředí budov

Ve vnitřním prostředí trávíme až 90% svého života... (SZÚ 2012)



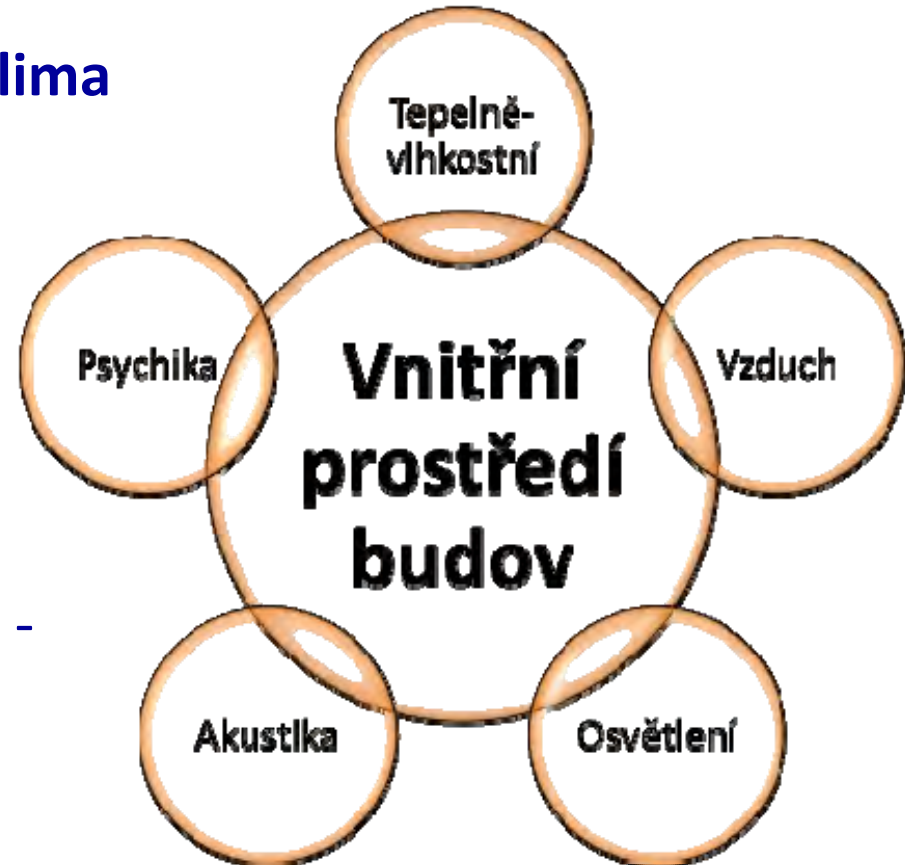
Zdroj: Braniš, M., Kolomazníková, J. (2010) Year-long continuous personal exposure to PM2.5 recorded by a fast responding portable nephelometer. Atmospheric Environment 44(24): 2865-2872



Vnitřní prostředí budov

Složky vnitřního prostředí

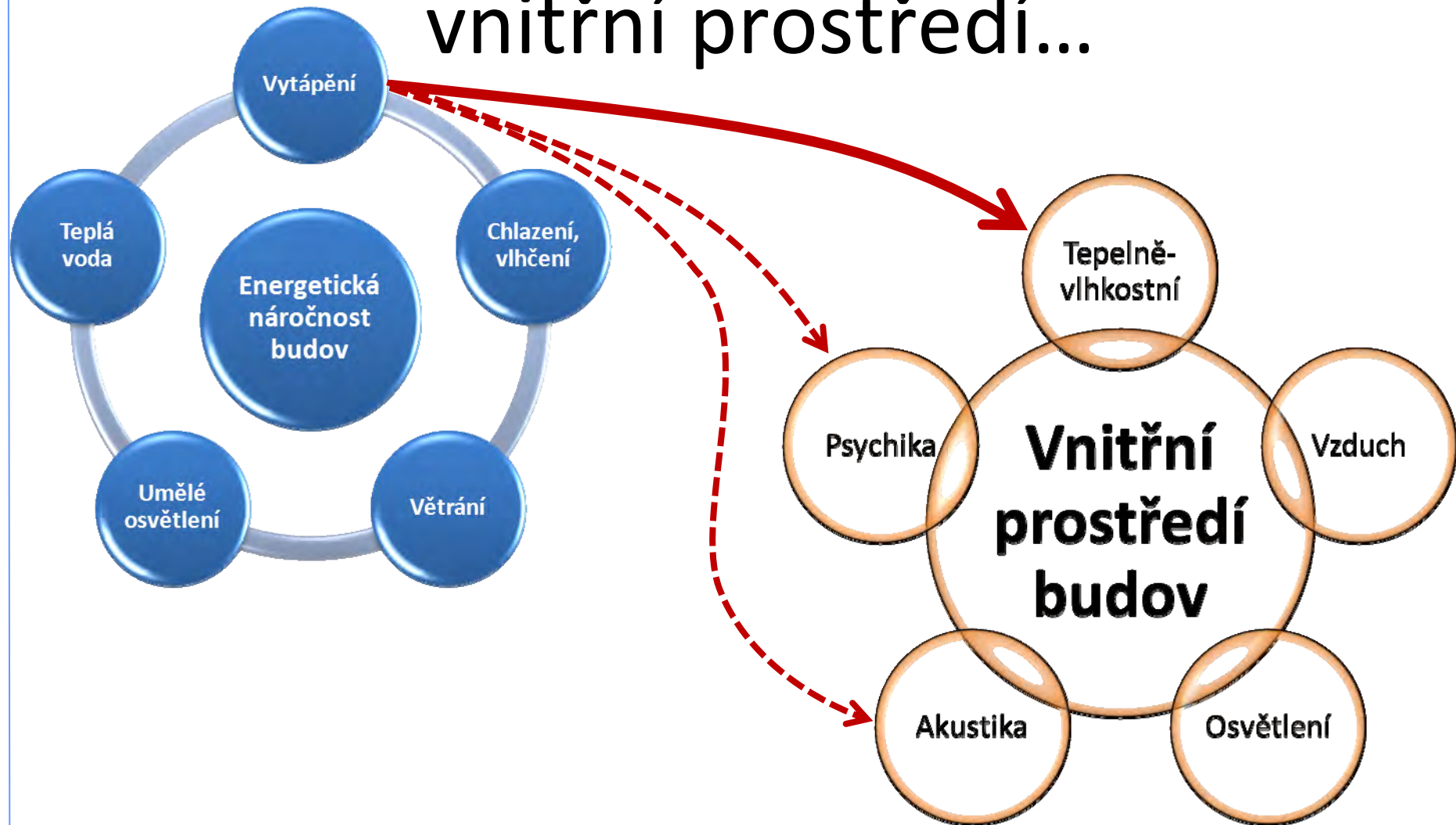
- Tepelně-vlhkostní mikroklima
- Kvalita vzduchu
 - plyny
 - aerosoly
 - mikroorganismy
- Akustika
- Vizuální
- Elektro -statická, -iontová, -magnetická pole
- **Psychický komfort** (barvy, povrchy, architektura...)



Zdroj : Jokl 1986



Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



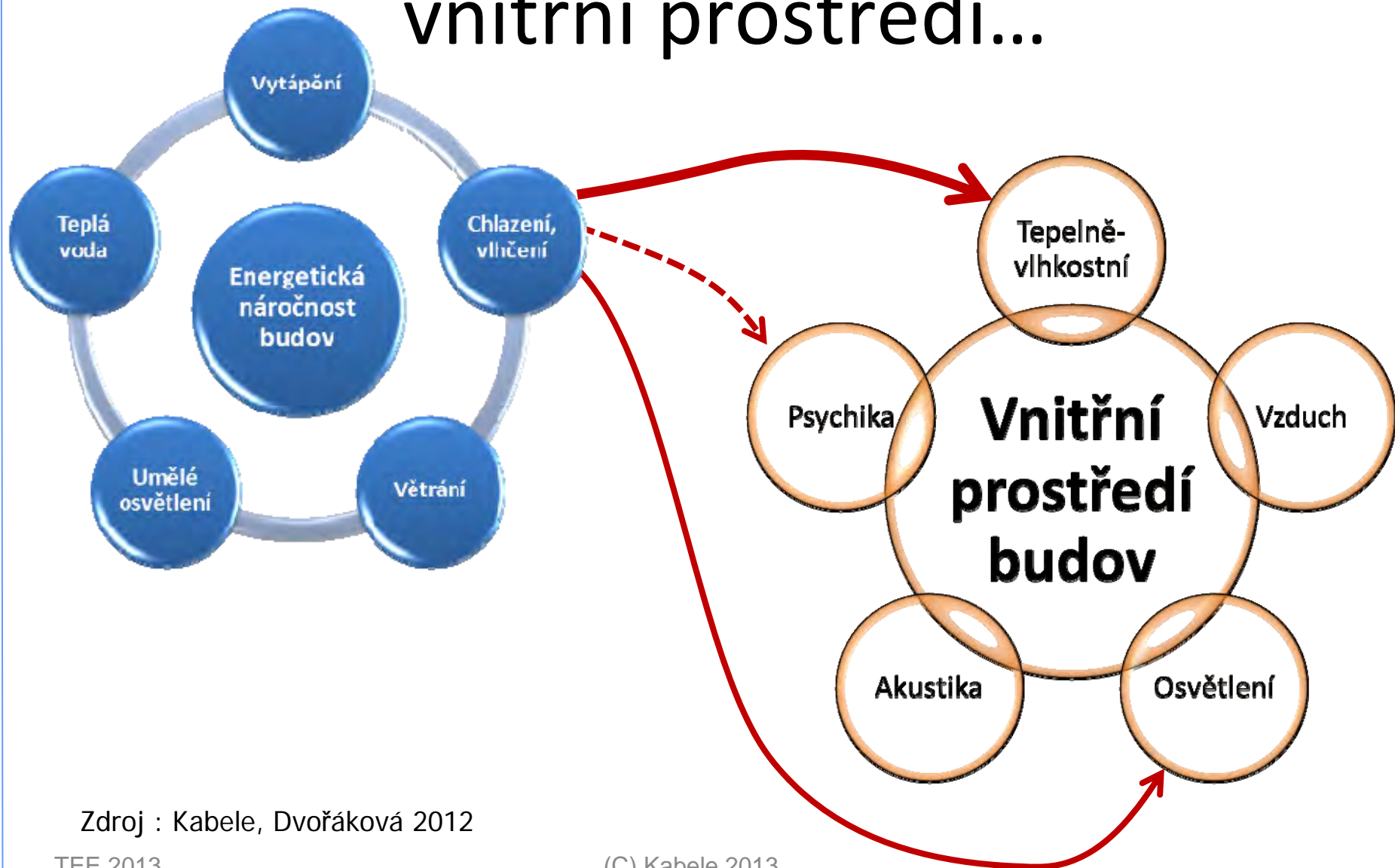
Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012

TEE 2013

(C) Kabele 2013



Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



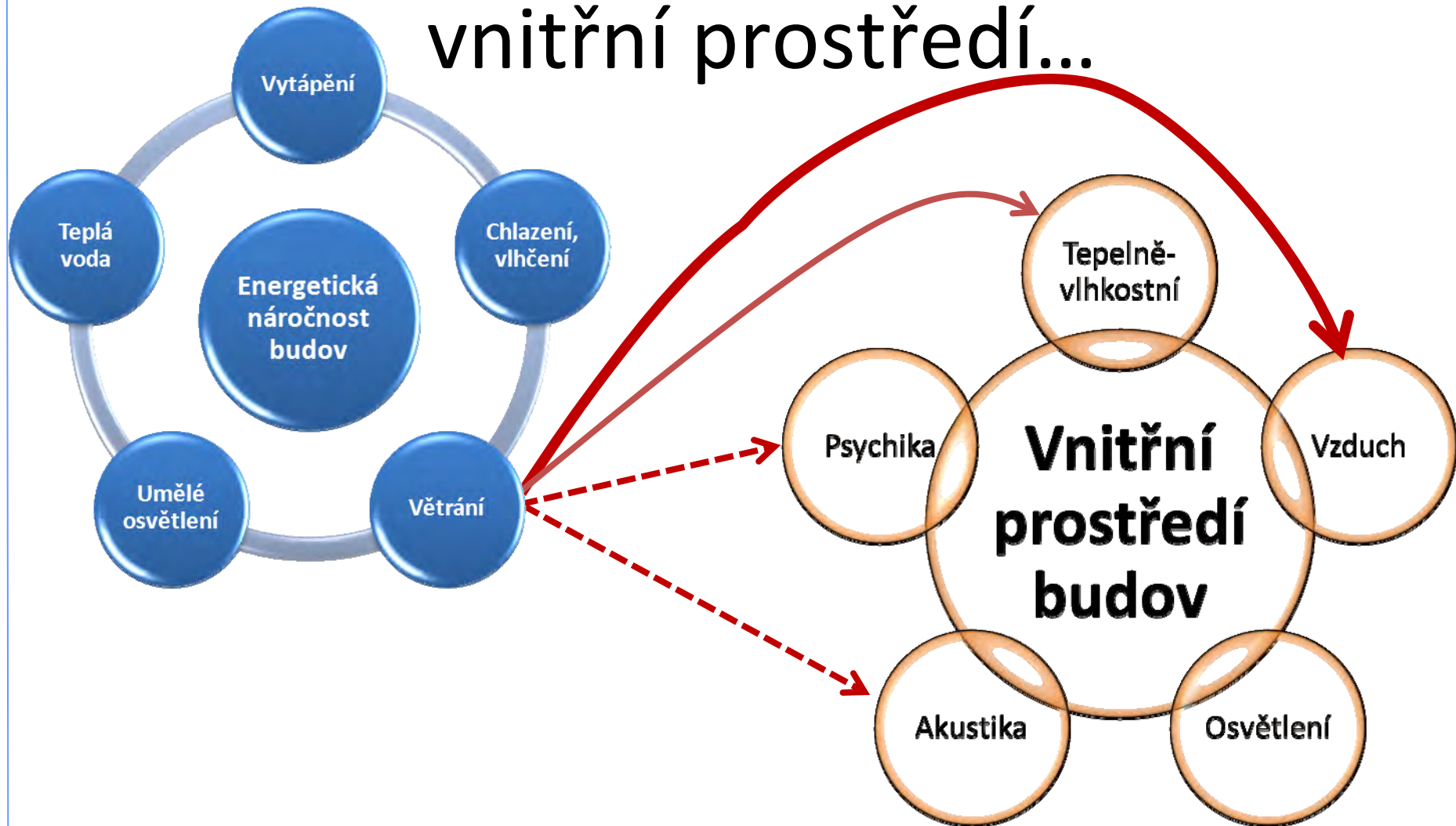
Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012

TEE 2013

(C) Kabele 2013



Snížování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



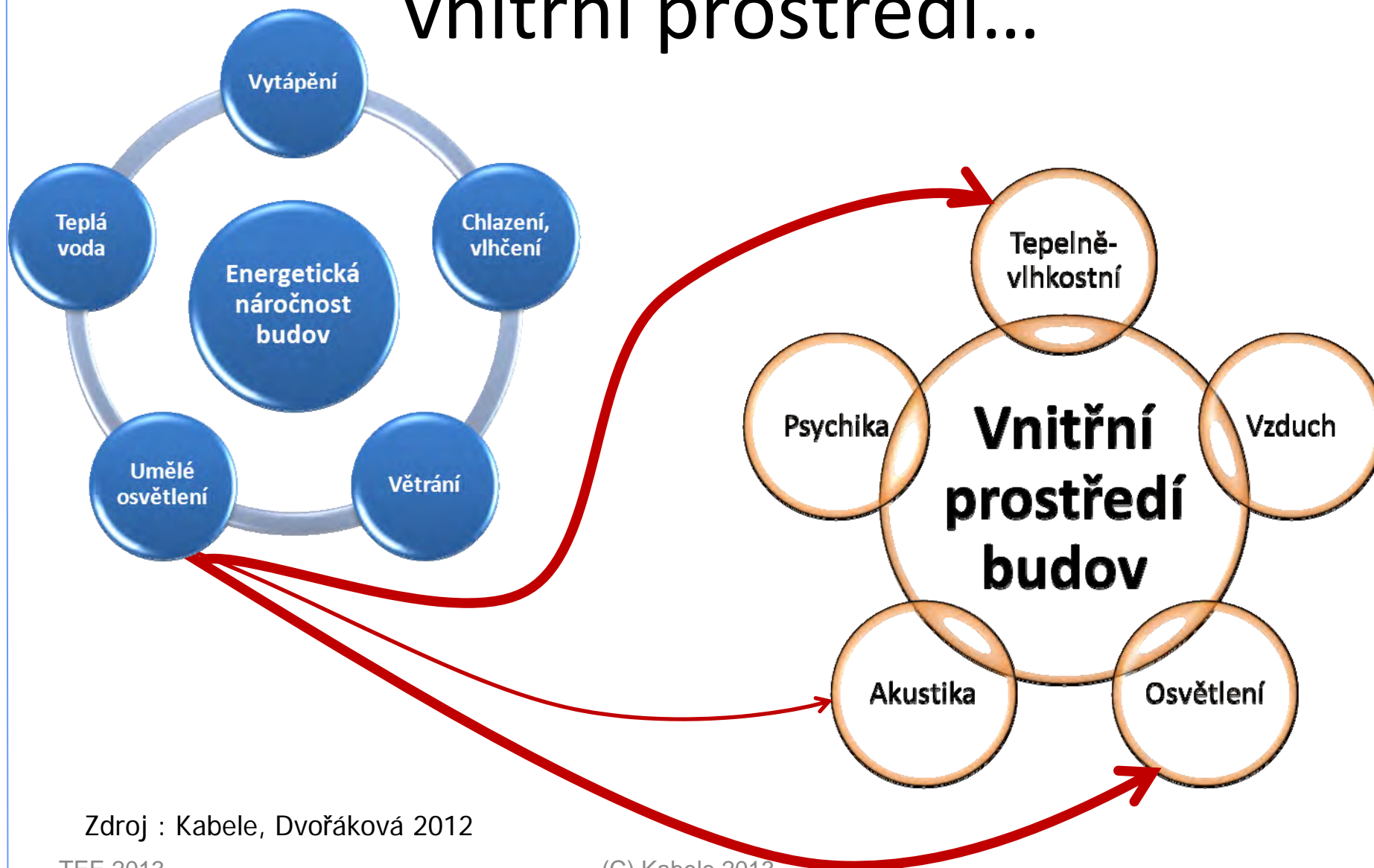
Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012

TEE 2013

(C) Kabele 2013



Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



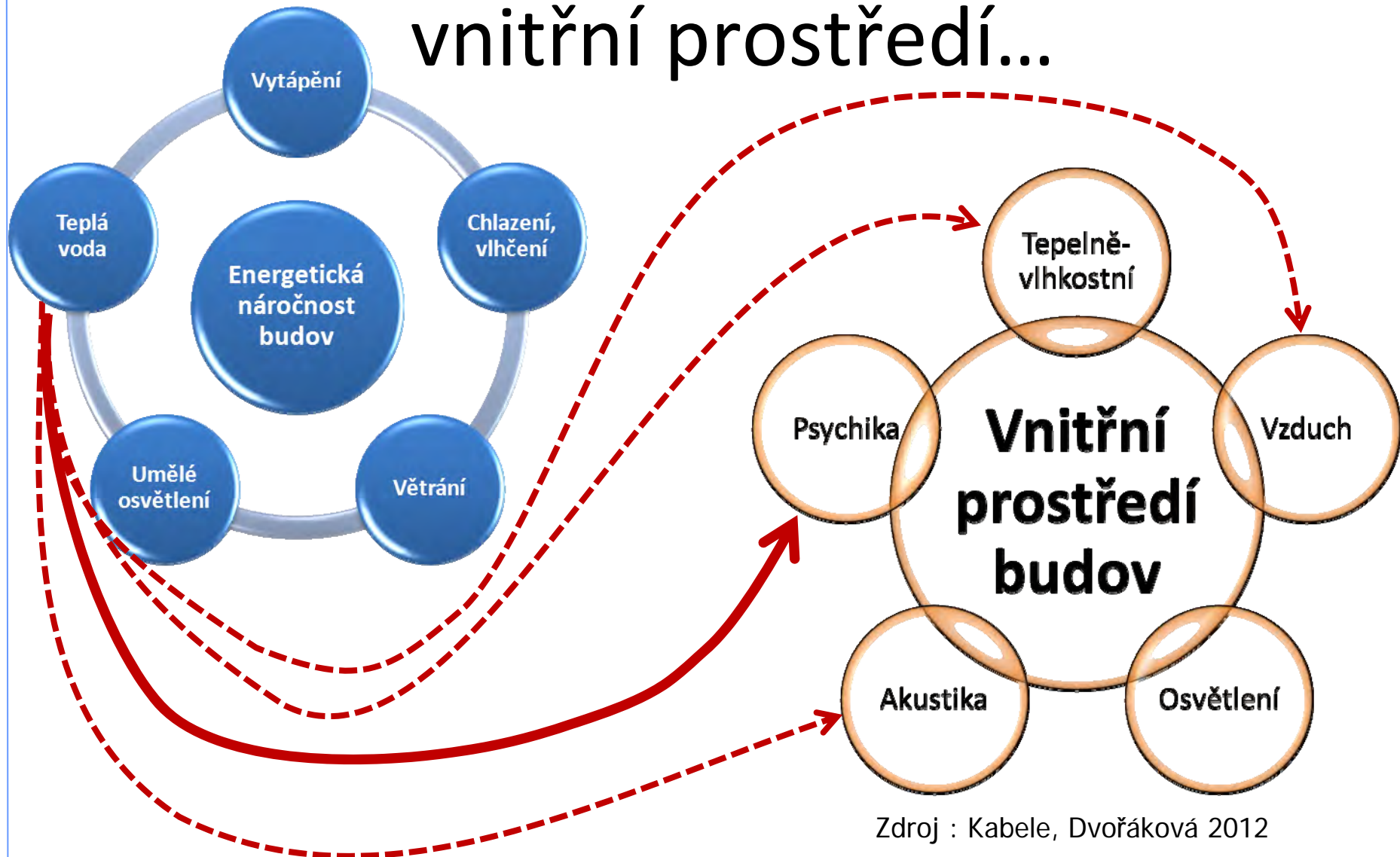
Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012

TEE 2013

(C) Kabele 2013



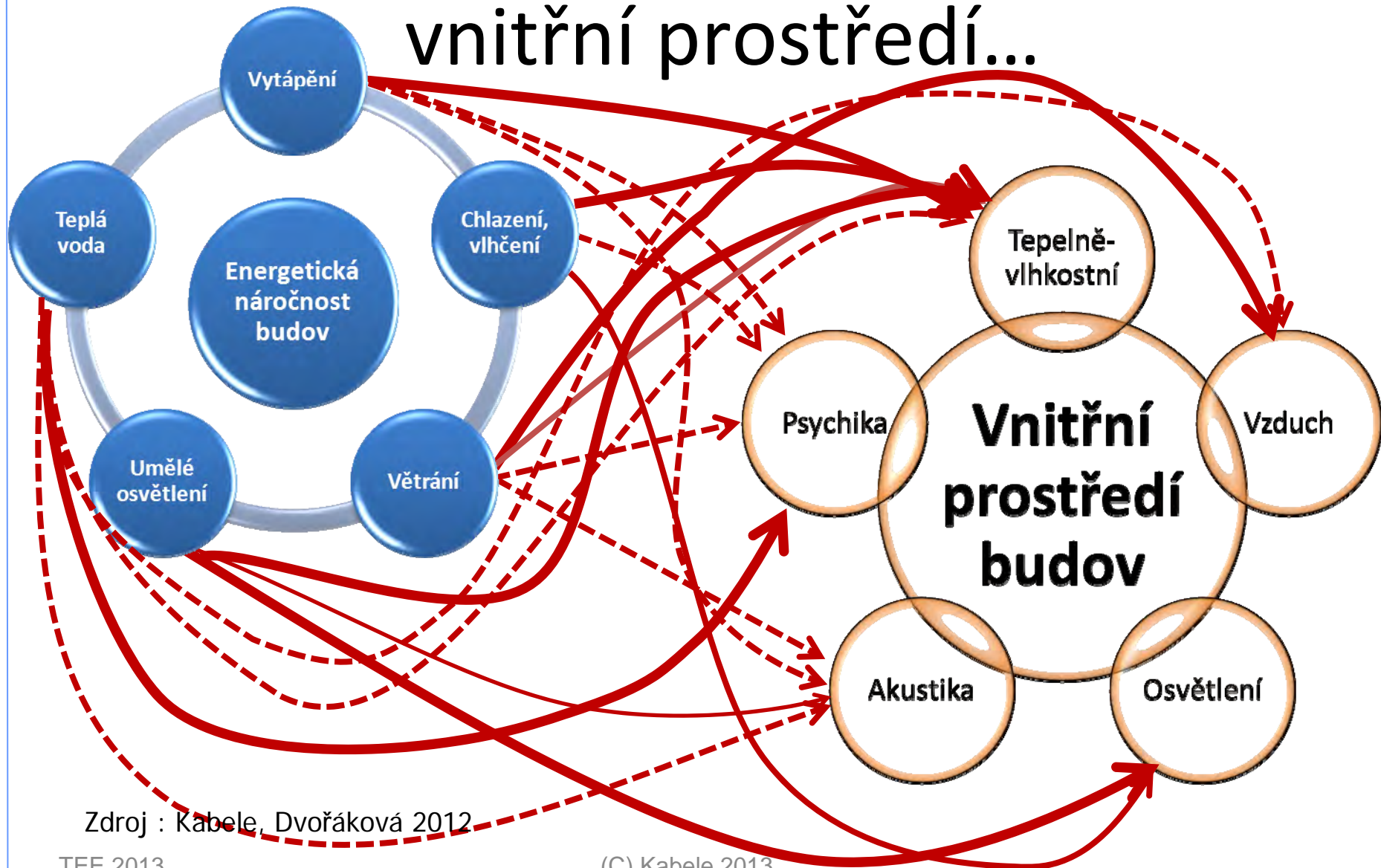
Snížování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012



Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012



**Výzkum energeticky efektivních
budov na ČVUT v Praze**

Společné výzkumné a vývojové centrum fakult stavební, strojní, elektrotechnické a biomedicínské – nový ústav ČVUT, ředitel doc. Lukáš Ferkl, Buštěhrad

HLAVNÍ VÝZKUMNÉ PROGRAMY

- Architektura a interakce budov se životním prostředím (prof. Petr Hájek)
 - Energetické systémy (doc. Tomáš Matuška)
- **Kvalita vnitřního prostředí (prof. Karel Kabele)**
 - Materiály a konstrukce (doc. Petr Kuklík)
- Monitorování, diagnostika a inteligentní řízení (Ing. Jan Včelák)



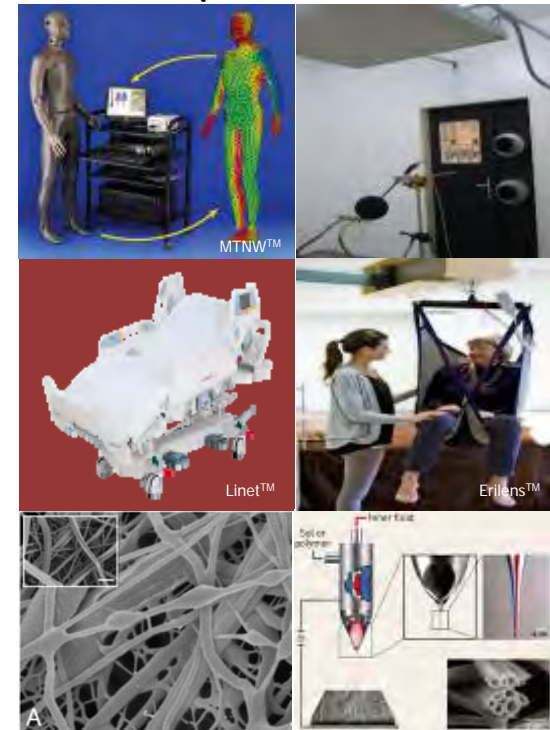
CÍLE

- MOTTO

Energeticky efektivní budova musí zajistit kvalitní vnitřní prostředí svým uživatelům...

- Multidisciplinární pohled na kvalitu vnitřního prostředí (stavebně-technický – bioinženýrský – inženýrský)

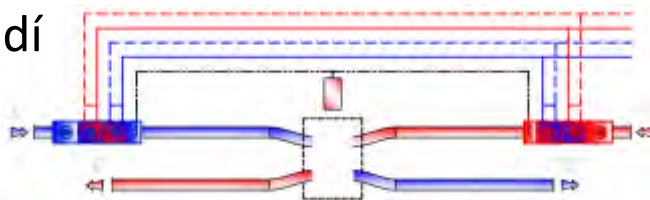
- Optimalizace vnitřního prostředí budov s nízkou a nulovou spotřebou energie s ohledem na zdraví, komfort a pracovní produktivitu
- Vývoj, monitoring a testování pokročilých technických zařízení budov pro zajištění kvality vnitřního prostředí
- Vývoj zdravotnických asistenčních systémů pro monitoring biologických veličin a technických parametrů v inteligentních budovách
- Tvorba inteligentních kompozitních mikro a nanosystémů pro medicínské a technické aplikace





Laboratoře

- Laboratoř vnitřního prostředí



- Laboratoř pokročilých biomateriálů



- Laboratoř osobních zdravotních systémů





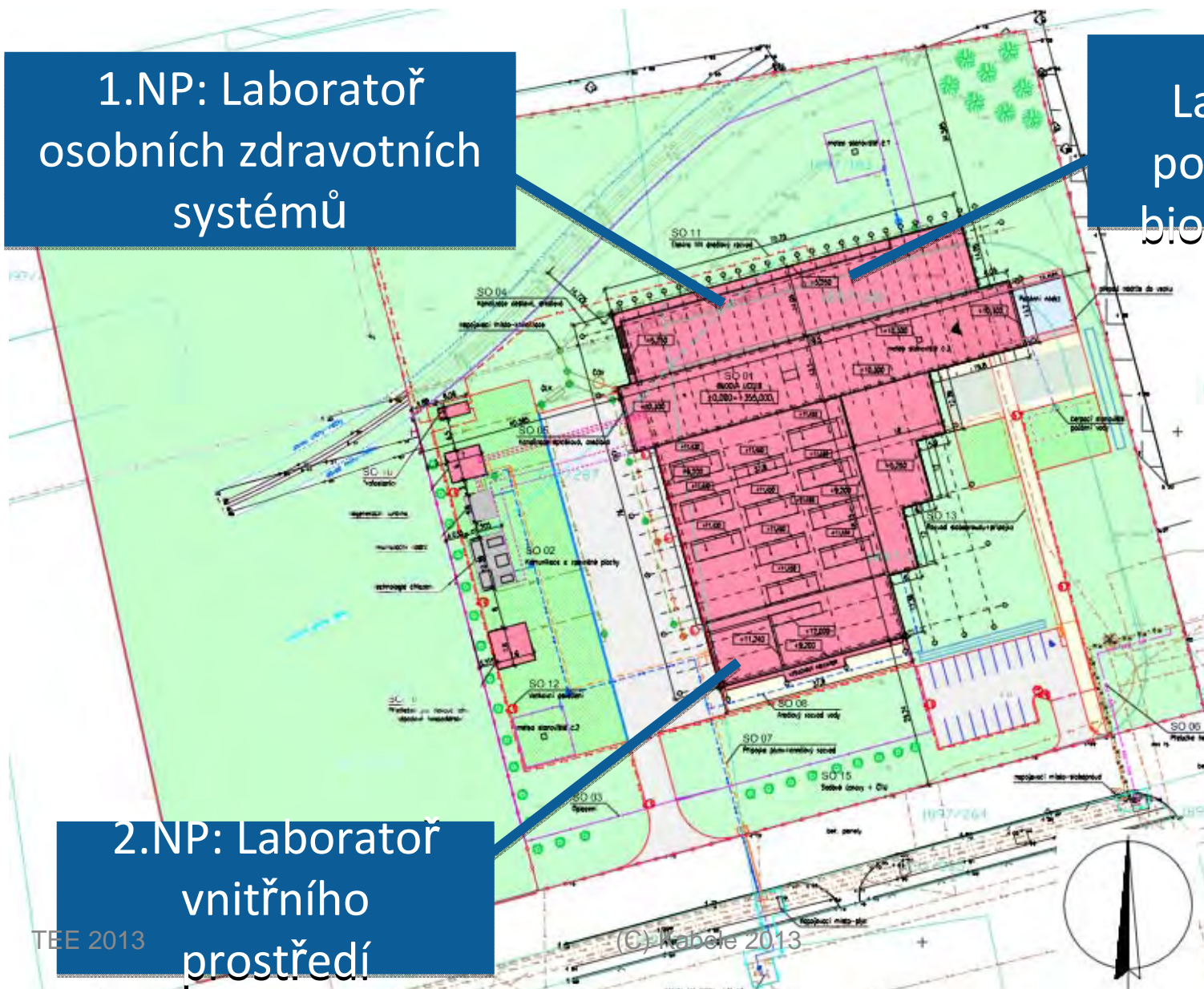
Situace UCEEB



UCEEB

1.NP: Laboratoř
osobních zdravotních
systémů

1.NP:
Laboratoř
pokročilých
biomateriálů



2.NP: Laboratoř
vnitřního
prostředí

TEE 2013

(C) Kabele 2013

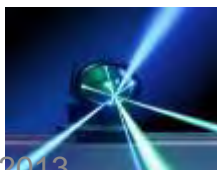
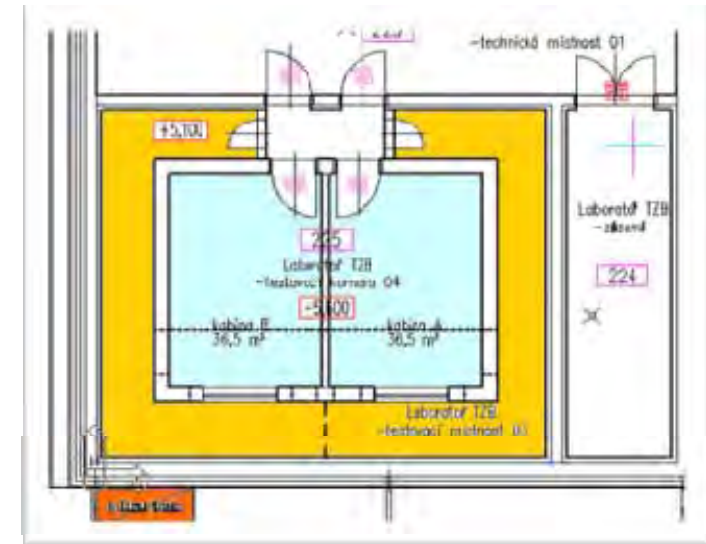


Laboratoř vnitřního prostředí

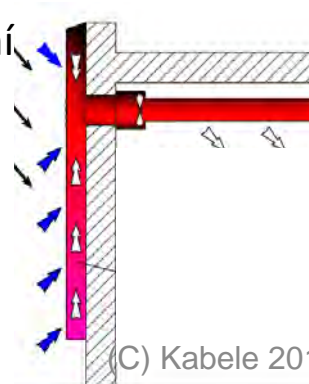


UCEEB

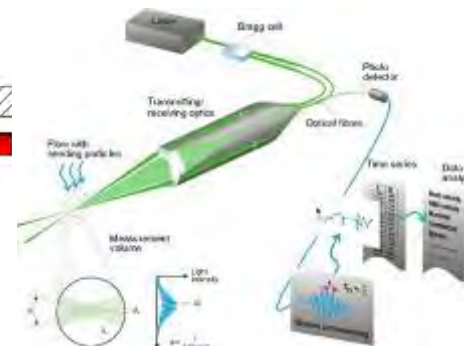
- **Paralelní testovací kabina vnitřního prostředí**
 - Řízená okolní teplota od -18°C do $+40^{\circ}\text{C}$, zdvojená měřicí kabina pro komparativní testy a výzkum systémů pro tvorbu vnitřního prostředí
- **Přístroje pro analýzu vnitřního prostředí**
 - Sada pro monitorování tepelného komfortu, analyzátor kvality vzduchu, detektor VOC plynů, přístroj pro měření koncentrace prachu
- **Integrální laserová anemometrie**
 - Univerzální analýza proudění v tekutinách dávající detailní informace o rychlosti a směru proudu
- **Thermal manikin**
 - Model člověka pro zjišťování lidské odezvy, měření a hodnocení vnitřního prostředí
- **Solární komín**
 - Analýza hybridního větrání podpořeného solární energií



TEE 2013



(C) Kabele 2013





Laboratoře vnitřního prostředí

- Optimalizace kvality vnitřního prostředí vedoucí ke snížení spotřeby energie
- Vývoj a testování technických zařízení vytvářejících vnitřní prostředí (otopné, chladičí plochy)
- Analýza chování lidského organismu při zátěži v různých podmínkách vnitřního prostředí
- Analýza zdravotních rizik ve vnitřním prostředí zatíženém škodlivinami
- Rozvoj aplikací hybridního větrání s využitím solárního komínu
- Vývoj a testování komponentů větracích systémů (výměníky, větrací jednotky)



TEF 2013



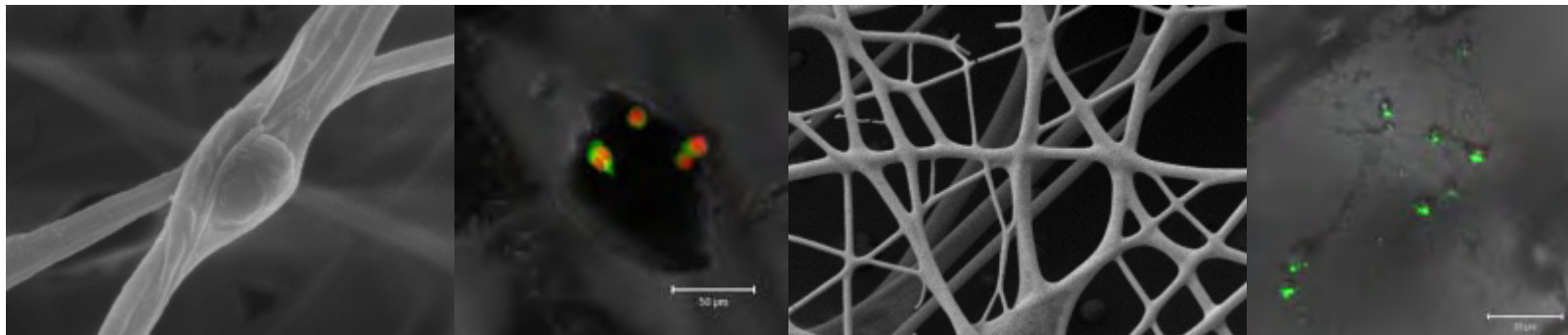
(C) Kabele 2013





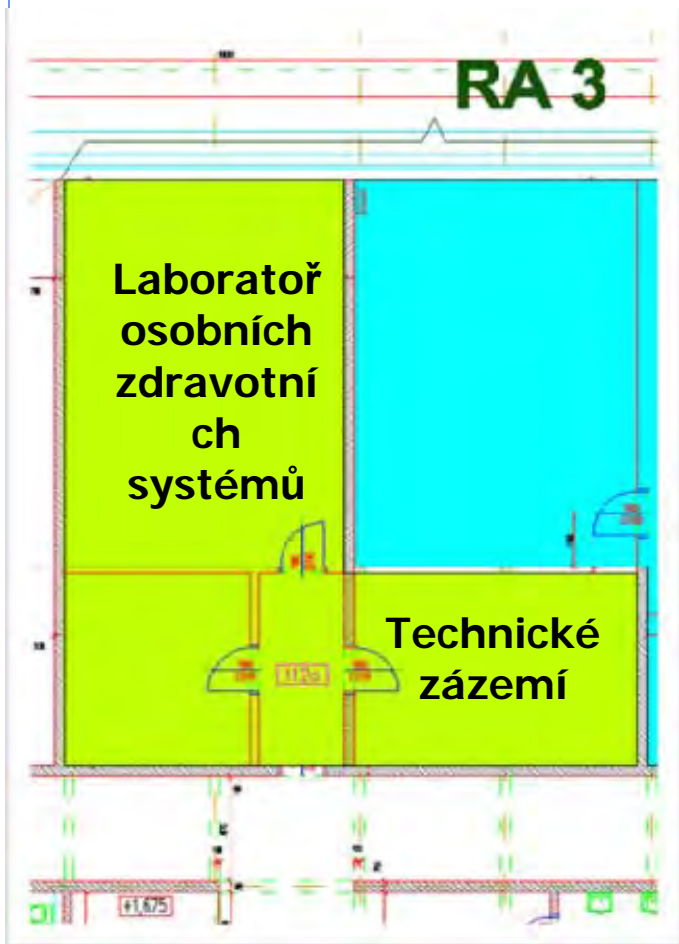
Laboratoř pokročilých biomateriálů

- Vývoj nosičových systémů na bázi nanovláken, polymerních pěn, hydrogelů a jejich kompozitů pro biomedicínské a technické účely
- Vývoj ekologických izolačních systémů na bázi přírodních a recyklovaných materiálů.
- Vývoj a aplikace opticky transparentních nosičů na bázi polymerních nanovláken
- Vývoj a aplikace vodivých polymerů pro technické a biomedicínské účely
- Vývoj inteligentních filtrů na bázi nanovláken (chemicky a elektricky indukovaná selektivita, UV-degradace škodlivin, pachové a biologické stopy)
- Tvorba polymerních mikro- a nanopotahů ultrazvukovou atomizací
- Tvorba a charakterizace inteligentních mikro- a nanosystémů (řízený rozpad, uvolňování látek, pH a termosenzitivita, enzymatická senzitivita, biosenzory)
- Farmaceutické aplikace pro řízené uvolňování vitamínů, léčiv, antibiotik, antimykotik a růstových faktorů.





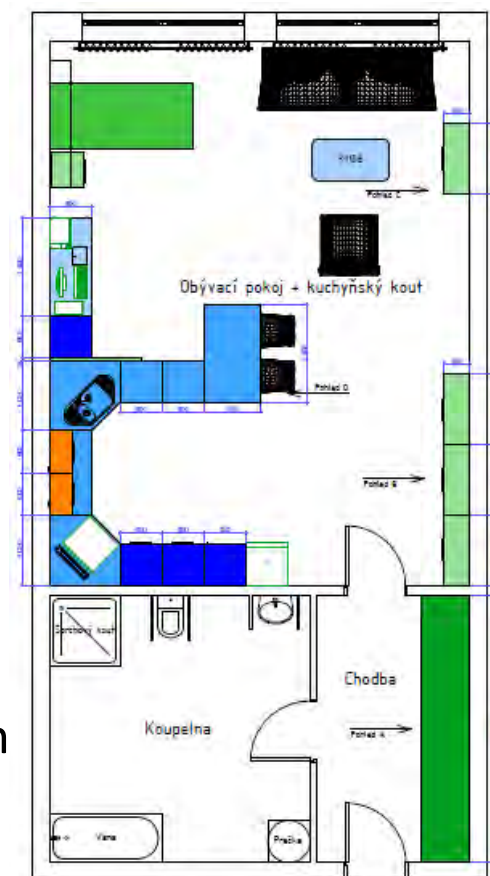
Laboratoř osobních zdravotních systémů



- kompletní vybavení inteligentního bytu s technickým zázemím
- modulární systém komponent
- otevřené komunikační protokoly



- osobní zdravotní systém
- podpora mHealth
- a dalších prvků telemedicíny





TEE 2013

(C) Kabele 2013



Děkuji za pozornost
Karel Kabele