TRENDY TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ REZIDENČNÍCH BUDOV PRO KVALITNÍ VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ VE SVĚTLE EVROPSKÉ SMĚRNICE 2018/844/EU

ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Ing. **Miloš Lain**, Ph.D.
ČVUT v Praze,
Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
UCEEB RP2, Energetické systémy budov

UCEEB

Směrnice 2018/844 - Motivace

- Unie se zavázala, že vytvoří **udržitelný, konkurenceschopný, bezpečný a dekarbonizovaný energetický systém.**
- do roku 2030 snižování emisí skleníkových plynů alespoň o 40 %
- téměř 50 % konečné spotřeby energie v Unii je využíváno na vytápění a chlazení a z toho 80 % v budovách
- (Skutečný cíl dekarbonizace 2050)

Směrnice 2018/844 - IAQ

- budovy s **nižší energetickou náročností** zajišťují **vyšší míru komfortu a pohodlí** pro uživatele a zlepšují zdraví.
- Tepelné mosty, nedostatečná izolace a neplánované proudění vzduchu mohou vést k povrchovým teplotám pod **rosným bodem** vzduchu a k vlhkosti.
- Je proto nutné zajistit **úplnou a homogenní izolaci** budovy včetně balkonů, oken, střech, stěn, dveří a podlah a věnovat zvláštní pozornost tomu, aby teplota na žádném povrchu uvnitř budovy neklesla pod teplotu rosného bodu.
- ,

Směrnice 2018/844 - Renovace

- dosažení cílů Unie v oblasti energetiky a klimatu souvisí s úsilím Unie v oblasti **renovace fondu budov** s tím, že se priorita přikládá energetické účinnosti při uplatňování zásady „energetická účinnost v první řadě“ a se zřetelem k zavádění obnovitelných zdrojů energie.
- Členské státy by měly podporovat modernizaci v oblasti energetické náročnosti stávajících budov, jež přispívá k dosažení zdravého vnitřního prostředí a jež zahrnuje odstraňování azbestu a dalších škodlivých látek

Směrnice 2018/844 - Renovace

- Pro účely optimalizace využívání energie technickými systémy budovy **stanoví** členské státy systémové požadavky na **celkovou energetickou náročnost,** řádnou instalaci a odpovídající dimenzování, úpravu a kontrolu s ohledem na technické systémy, které jsou instalovány ve **stávajících budovách**.
- mohou uplatnit na nové budovy.
- Stanoví se systémové požadavky na **nové technické systémy budovy, jejich výměnu a modernizac**i a použijí se, pokud je to technicky, ekonomicky a funkčně proveditelné.

Směrnice 2018/844 – Regulace

- Členské státy vyžadují, aby byly **nové budovy** v technicky a ekonomicky proveditelných případech vybaveny **samoregulačními zařízeními, jež individuálně regulují teplotu v každé místnosti** nebo v odůvodněných případech v samostatné vytápěné zóně ucelené části budovy.

- Ve stávajících budovách se instalace takových samoregulačních zařízení vyžaduje v technicky a ekonomicky proveditelných případech při výměně zdrojů tepla.

Směrnice 2018/844 - SRI

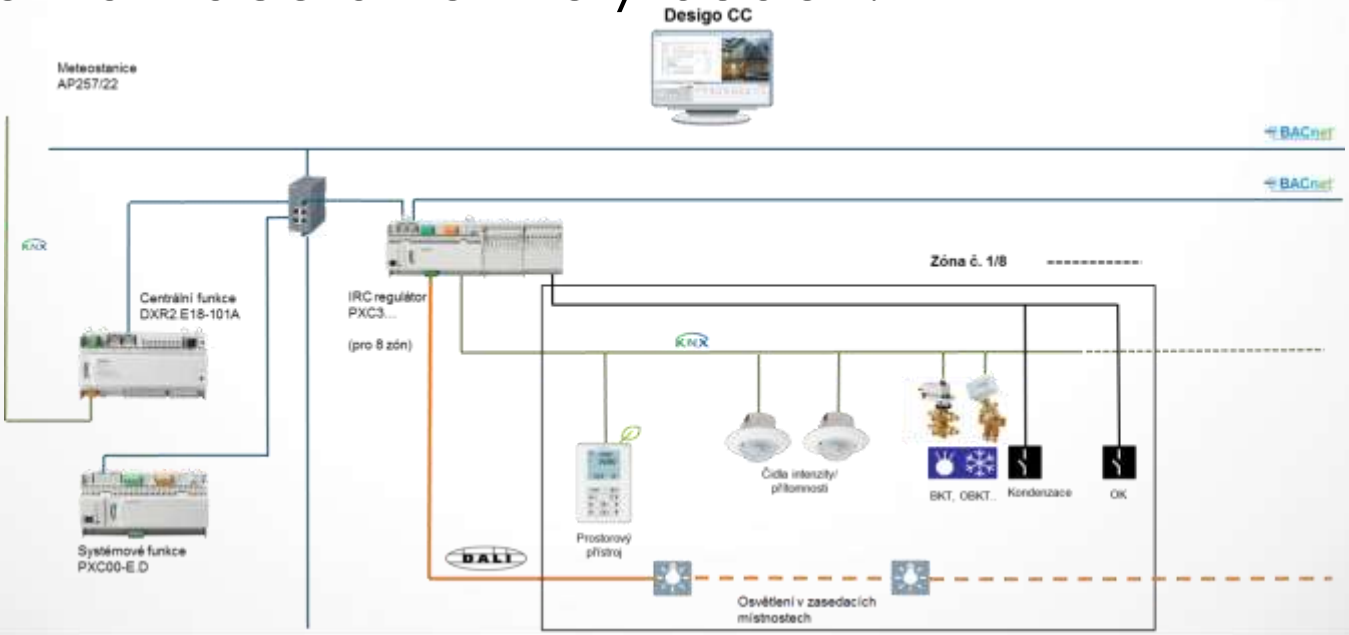
- Komise **přijme do 31. prosince 2019** akt v přenesené pravomoci v souladu s článkem 23, kterým se doplňuje tato směrnice stanovením nepovinného společného systému Unie pro **hodnocení připravenosti budov pro chytrá řešení**. Hodnocení vychází z posouzení **schopností budovy** nebo její ucelené části **přizpůsobit svůj provoz potřebám uživatelů a sítě a zlepšovat svoji energetickou účinnost a snižovat celkovou náročnost**.
- Unie stanoví definici ukazatele připravenosti pro chytrá řešení a stanoví metodiku jeho výpočtu.

Směrnice 2018/844 - Inspekce

- **Inspekce** (kotlů a klimatizace)
- Technické systémy budov, na něž se výslovně vztahuje dohodnuté kritérium energetické náročnosti nebo smluvní ujednání o dohodnuté míře zvýšení energetické účinnosti, jako jsou smlouvy o energetických službách, nebo které provozuje provozovatel služby či sítě, a které jsou tudíž předmětem systémových opatření pro sledování výkonu, jsou **osvobozeny** od požadavků.

Směrnice 2018/844 - Měření

- Členské státy stanoví požadavky s cílem zajistit, aby jiné než obytné budovy s **klimatizačním systémem** či s kombinovanými systémy pro klimatizaci a větrání o jmenovitém **výkonu vyšším než 290 kW** byly v technicky a ekonomicky proveditelných případech do roku 2025 vybaveny systémy automatizace a kontroly budov.



Směrnice 2018/844 - Měření

- Systémy automatizace a kontroly budov jsou schopné:
- a) **nepřetržitě monitorovat, registrovat, analyzovat spotřebu energie a umožňovat její regulaci**;
- b) referenčně **srovnávat energetickou účinnost** budovy, zjišťovat ztráty účinnosti technických systémů budovy a informovat osobu odpovědnou za zařízení nebo technickou správu budovy o možnostech zlepšení energetické účinnosti
- c) umožňovat **komunikaci s** připojenými technickými **systémy budovy** a jinými spotřebiči v budově, jakož i interoperabilitu s technickými systémy budovy, které zahrnují různé typy chráněných technologií a zařízení od různých výrobců.

Směrnice 2018/844 - Shrnutí

- Stávající budovy – **rekonstrukce**
- **Chytré budovy**, Měření a regulace, Automatizace, Integrace, **Monitorování**, Ukazatel připravenosti na chytrá řešení (smart readiness indicator SRI)
- **Eletromobilita** a dobíjecí stanice
- Inspekce kotlů, Inspekce klimatizací, více než 70 kW

- Důraz na skutečné chování:

  budovy, systému, uživatelů

Vnitřní prostředí – větrání

Vyhláška **20/2012** kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

Pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu **25 m^3/h** na osobu, nebo minimální intenzita větrání **0,5 1/h**. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží **oxid uhličitý** CO^2, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu **1 500 ppm**.

Vnitřní prostředí – větrání pracovní

Zákon **361/2007** Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
teploty, vlhkosti, rychlosti proudění, koncentrace, dávky čerstvého vzduchu

Nahradil 178-2001, 523-2002, 441-2004

Změna **nařízení vlády 37/2012**

Třídy práce

I - práce v sedě s minimální aktivitou

IIa – práce převážně vsedě s lehkou aktivitou

IIb- řízení vozidel, práce vstoje…..

až

V. velmi těžká práce, nošení těžkých břemen..)

Vnitřní prostředí – větrání pracovní

Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být

a) **25** m^3/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa napracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,

b) **50** m^3/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,

c) **70** m^3/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IIb, IIIa nebo IIIb

d) **90** m^3/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IVa, IVb nebo V

Minimální množství venkovního vzduchu podle odstavce 2 **musí být zvýšeno** při další zátěži větraného prostoru pracoviště, například teplem nebo pachy. V takovém případě se zvyšuje množství přiváděného venkovního vzduchu **o 10 m^3/h** podle počtu přítomných zaměstnanců.“.

Vnitřní prostředí –pracovní

Třída práce	M [W.m^{-2}] (brutto)	t_{omin} nebo $t_{g\ min}$	t_{omax} nebo $t_{g\ max}$	v_a [m.s^{-1}]
		[°C]	[°C]	
I	≤ 80	20	27	0,01 až 0,2
IIa	81 až 105	18	26	
IIb[3)]	106 až 130	14	32	0,05 až 0,3

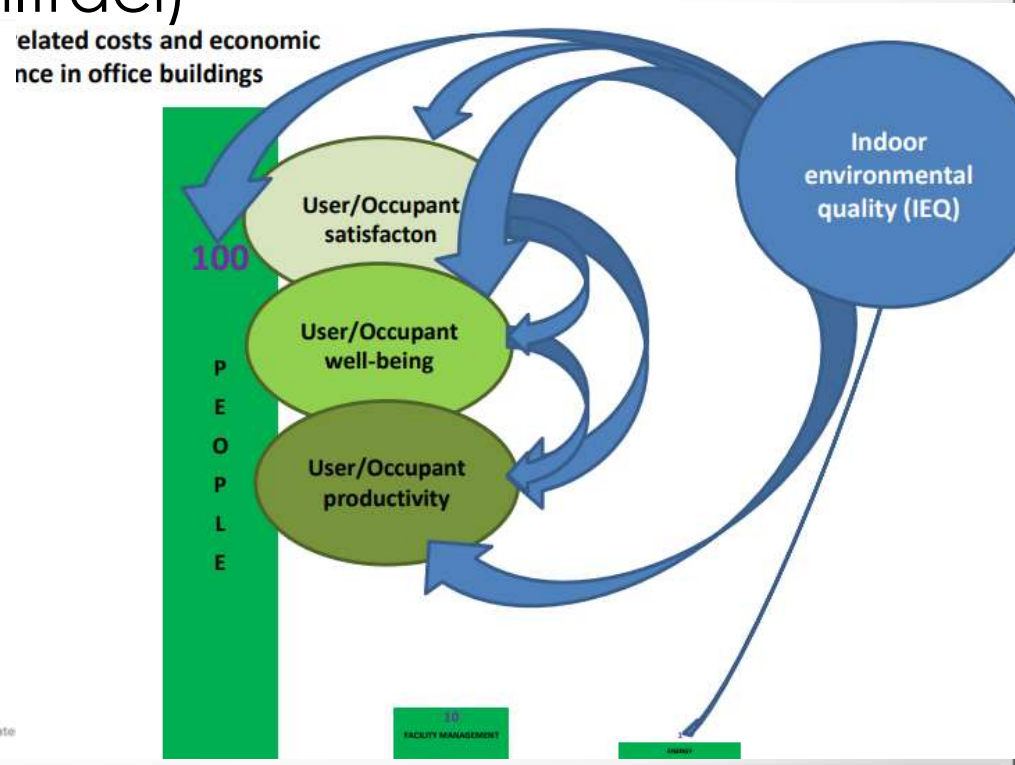
Třída práce	M [W.m-2]	Kategorie	Klimatizované pracoviště					v_a [m.s^{-1}]	Rh [%]
			nastavení vytápění			nastavení chlazení			
			tepelný odpor oděvu 1,0 clo			tepelný odpor oděvu 0,5 clo			
			t_{omin} (t_{gmin}) [°C]			t_{omin} (t_{gmin}) [°C]			
I	≤ 80	A	22	±1,0		24,5	±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70
		B		±1,5			+1,5 -1,0		
		C		+2,5 -2,0			+2,5 -2,0		
IIa	81-105	A	20	±1,0		23	±1,0		
		B		±1,5			+1,5 1,0		

Kvalita vnitřního prostředí (IAQ)

- Kvalita vnitřního prostředí především z pohledu zdraví a pohody osob
- Práce s znečišťujícími látkami ve vnitřním prostředí
- Vliv znečišťujících látek na lidské zdraví může být okamžitý nebo dlouhodobý
- Okamžitá reakce je většinou podráždění očí, hrdla nosu
- Dlouhodobá expozice může vést k nemocem dýchacích cest, srdce , rakovině a podobně.
- Reakce je v řade případů individuální a záleží na citlivosti osoby
- Vlhkost

Kvalita vnitřního prostředí (IAQ)

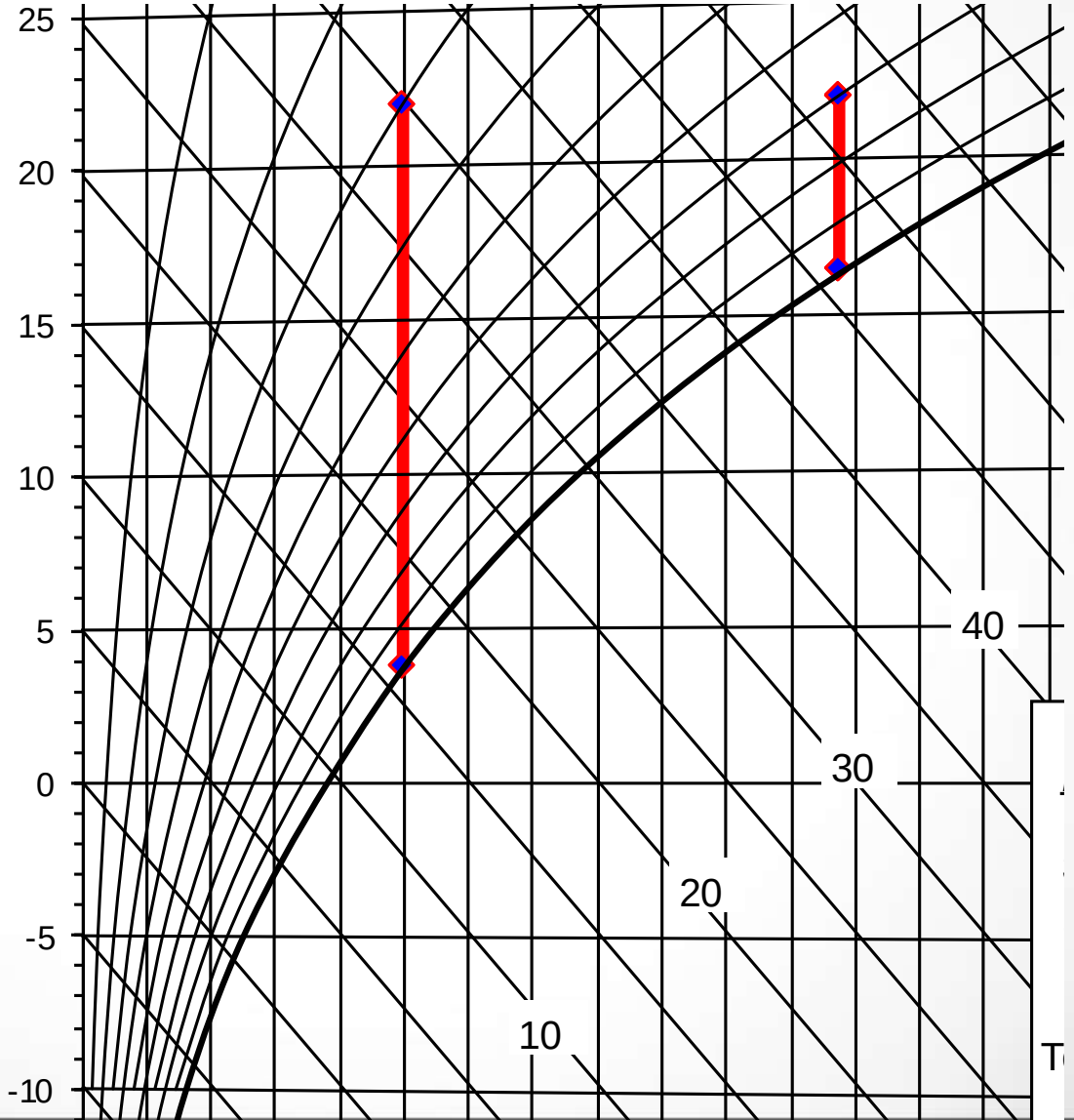
- Zdroje znečištění stavba, nábytek , vybavení, lidé (vnější prostředí)
- Vlhkost specifické
  - Způsob odstranění snížení produkce a především větráním (s filtrací)



Rosný bod

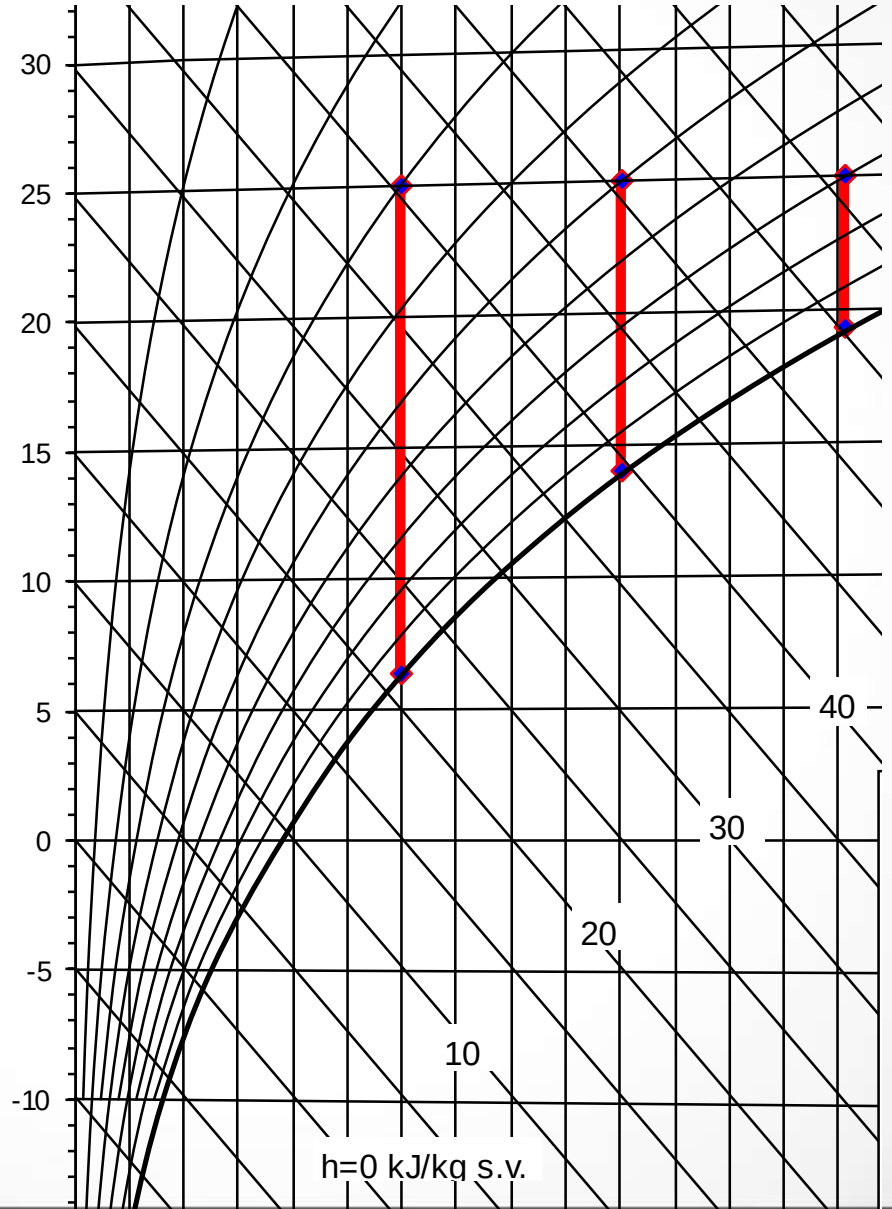
- 22 °C 30 %
  3,8 °C

- 22 °C 70 %
  16,5 °C



Rosný bod

- 25 °C 30 %
  6,1 °C
- 25 °C 50 %
  14 °C
- 25 °C 70 %
  19,3 °C



Větrání - Proč

- čerstvý vzduch (osoby, zápach, CO2)
- snížení koncentrace škodlivin
- odvod vlhkosti
- odvod tepelné zátěže

zákony, předpisy

kvalita prostředí - spotřeba energie

Větrání - Kolik

- hygienické předpisy (zákon 361/2007) a doporučení

(25-90 m^3/h os, 30-50 m^3/h WC, 40-150 kuchyně koupelny)

doporučené intenzity větrání (0,1-0,5 /h)

$$I = \frac{\dot{V}}{\mathrm{V}}$$

- bilance škodlivin, vlhkosti, tepla

$$V = \frac{M_{Š}}{(c_i - c_p)} = \frac{M_{Š}}{(PEL - C_P)} \quad V = \frac{M_W}{(x_i - x_p)} \quad V = \frac{Q}{(t_i - t_p)}$$

Větrání - Energie

- V době tepelné úpravy vnitřního prostředí (vytápění, chlazení)

- 50 m^3/h - zimní extrém 600 W, průměrná teplota 280 W

- spotřeba ventilátorů

Větrání – Rodinný dům

9 místností
4 pokoje
132 m^2
0,5 /h
200 m^3/h

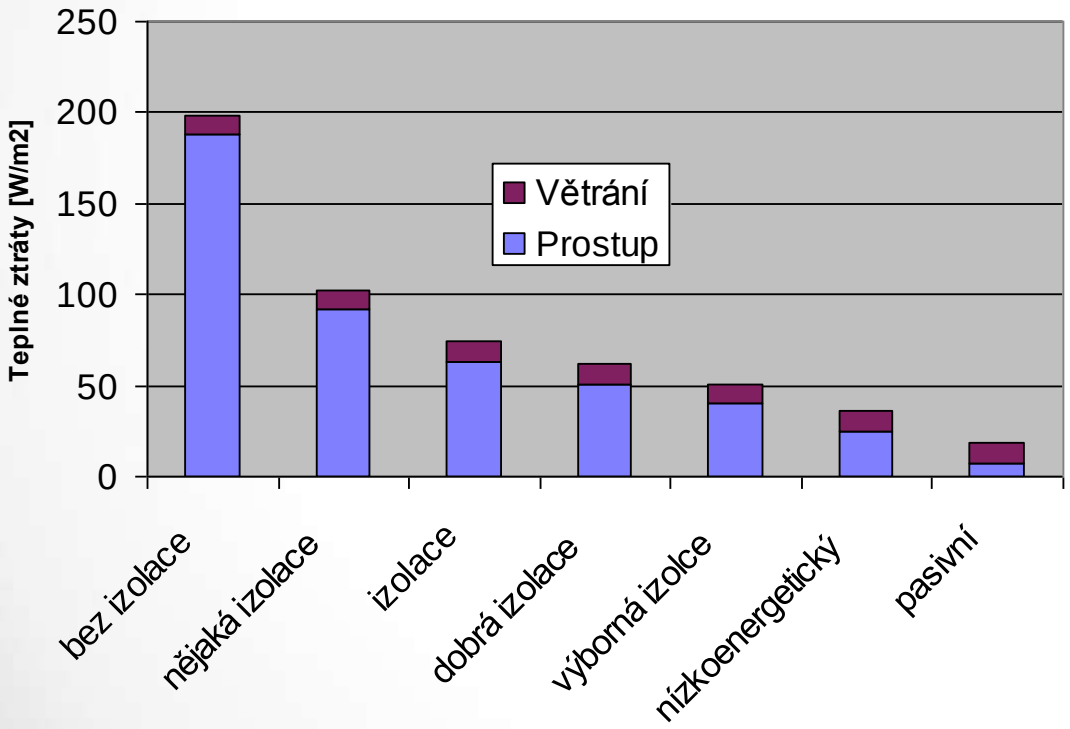
Požadavky pro nízkoenergetické a pasivní rodinné domy
podle TNI 73 0329

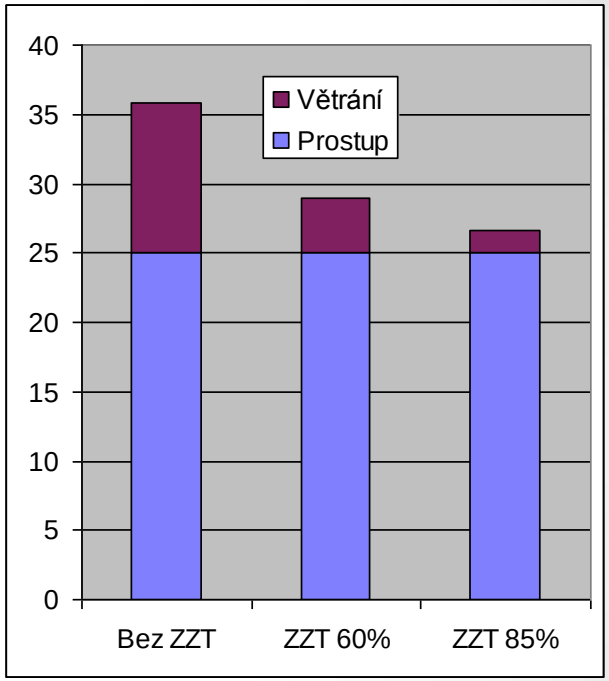
Účinnost ZZT 75%

Potřeba tepla na vytápění
Pasivní < 20 kWh/m^2
Nízkoenerg. < 50 kWh/m2

		bez izolace	nějaká izolace	dobrá izolace	výborná izolce	nízko energetický	pasivní
Prostup	kW	24.7	12.1	6.7	5.3	3.3	1.0
Větrání	kW	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Celkem	kW	27	14	9	8	6	3
		9%	**16%**	**26%**	**31%**	**42%**	**70%**
Prostup	W/m^2	188	92	51	40	25	8
Větrání	W/m^2	18	18	18	18	18	18
Celkem	W/m^2	205	109	69	58	43	26
	kWh/m^2					63	35
ZZT 60%	kW	-1.42					
Celkem	kW	26	13	8	6	4	2
snížení		**95%**	**90%**	**84%**	**82%**	**75%**	**58%**
Celkem	W/m^2	195	99	58	47	32	15
	kWh/m^2					47 < 50	19 < 20

Větrání – Rodinný dům





Nízkoenergetický

Moderní rodinný či bytový dům

- Dobře zateplený
- Kvalitní a těsná okna
- Nucené větrání se ZZT

Malá potřeba tepla na vytápění

- Vhodné nízkoteplotní systémy (sálavé vytápění)
- Vysoce účinný zdroj tepla (tepelné čerpadlo, kondenzační kotel)
- Chytrá regulace

- Letní provoz větrání přehřívání

Chlazení rodinných domů a bytů

- Pasivní chlazení

  Vnější stínění, tepelná hmota, noční větrání (přirozené) rozumná izolace

- Strojní chlazení
  TČ zdroj tepla chladu
- Vhodná distribuce
  FanCoil
  Chladicí strop
  Vzduchové systémy

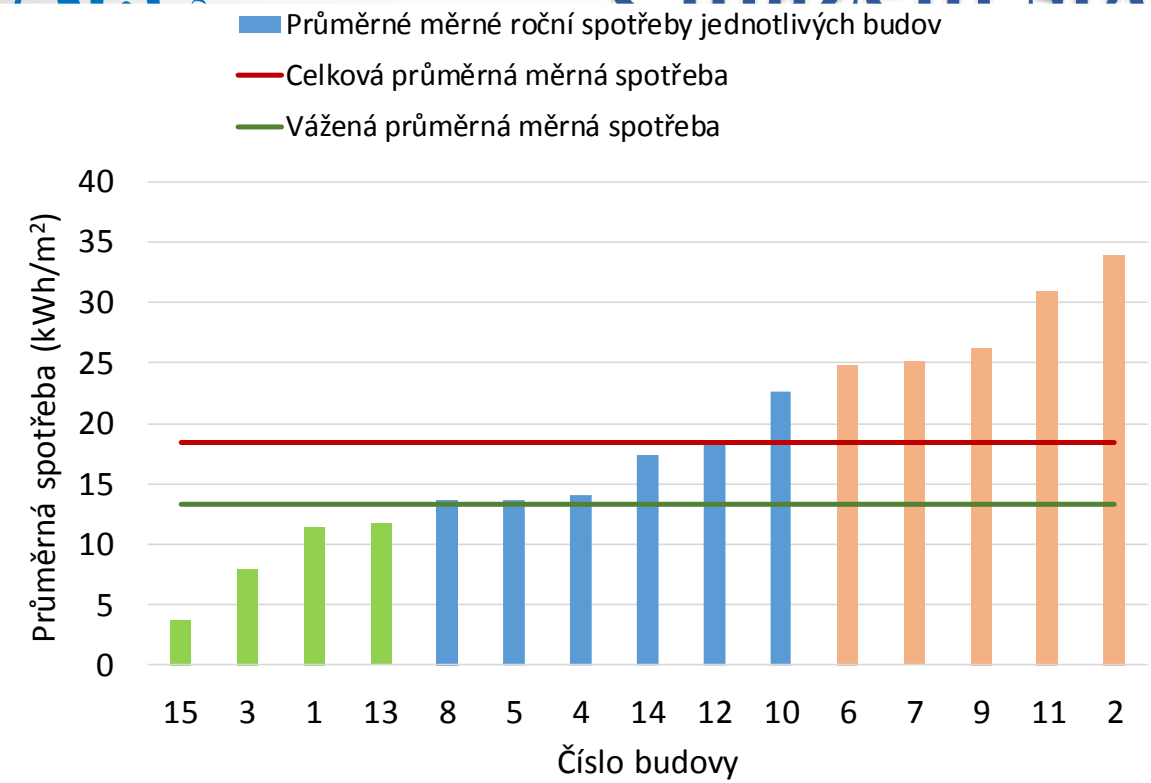
(podlahové chlazení)

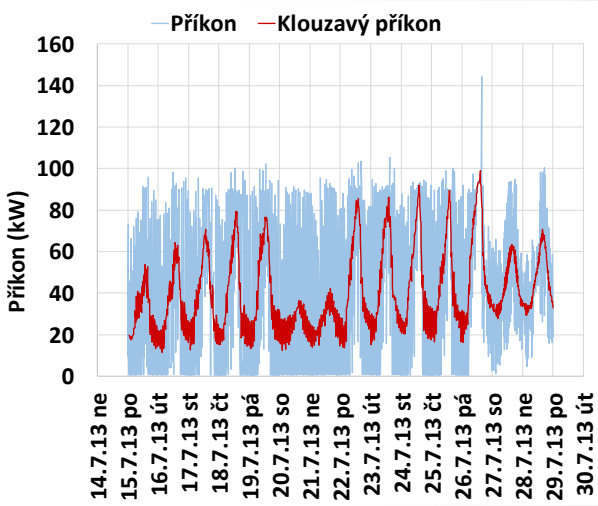
- Spotřeby nebytových budov 3 až 35 (60)kWh/m^2 rok

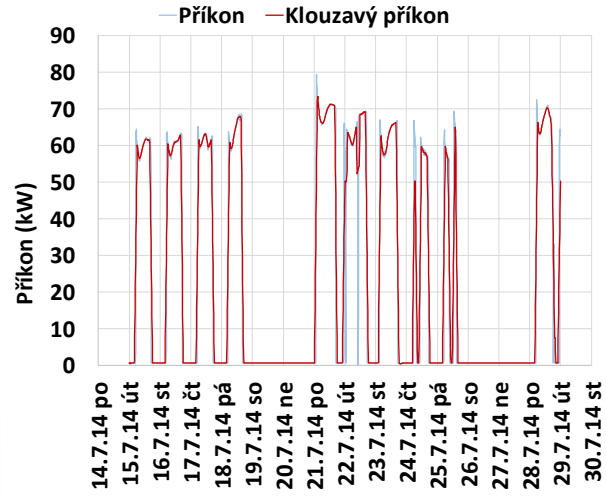
Chlazení spotřeby

Číslo budovy	Typ budovy	Spotřeba 2012 [kWh/m²]	Spotřeba 2013 [kWh/m²]	Spotřeba 2014 [kWh/m²]	Spotřeba 2015 [kWh/m²]	Spotřeba 2016 [kWh/m²]	Průměrná spotřeba [kWh/m²]
1	Admin.	11,5					11,5
2	Admin.	37,4	35,1	28,9	34,6	33,7	33,9
3	Obchod. dům	11,0	6,7	7,9	8,1	6,2	8,0
4	Admin.	16,6	13,7	12,2	13,7	13,8	14,0
5	Admin.		15,4	16,2	13,6	9,6	13,7
6	Admin.	25,9	23,3	24,2	27,1	24,0	24,9
7	Admin.	32,5	22,0	28,0	16,9	26,2	25,1
8	Admin.	14,2	15,0	11,9	14,8	12,4	13,7
9	Admin.	33,1	24,4	27,1	25,1	21,4	26,2
10	Hotel		22,6	16,3	28,3	23,2	22,6
11	Admin.	32,7	35,2	30,1	25,7	30,8	30,9
12	Admin.		16,6	19,3	19,7		18,5
13	Admin.	12,3	10,4	11,4	12,2	8,5	11,8
14	Admin.	14,7	11,1	22,4	21,0	18,1	17,5
15	Veřejná	4,5	2,3	1,9	6,5	6,6	3,7
Průměrná spotřeba [kWh/m²]							
		22,4	17,1	17,5	18,1	16,7	18,4

Chlazení spotřeby

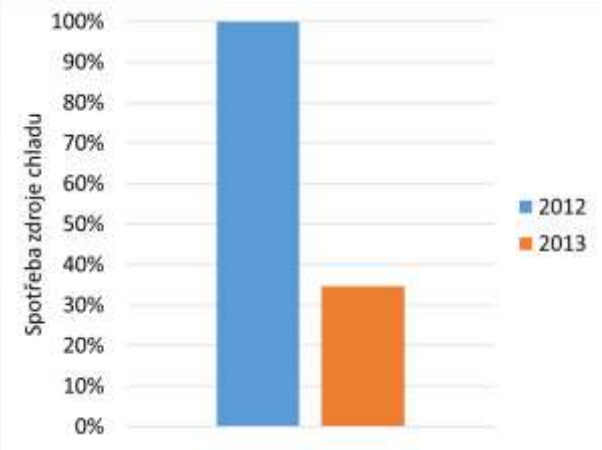


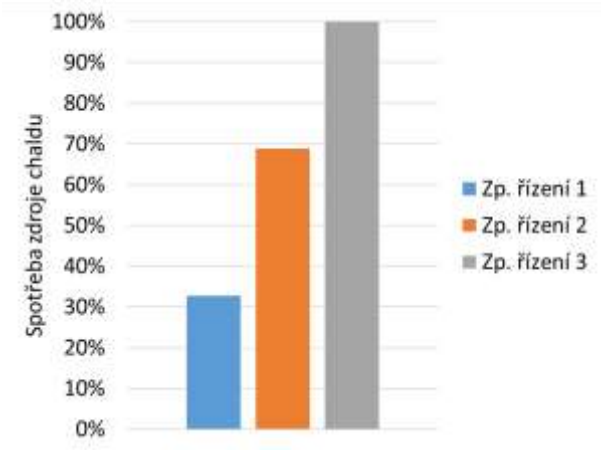




Chlazení spotřeby

- Vliv Regulace a provozování



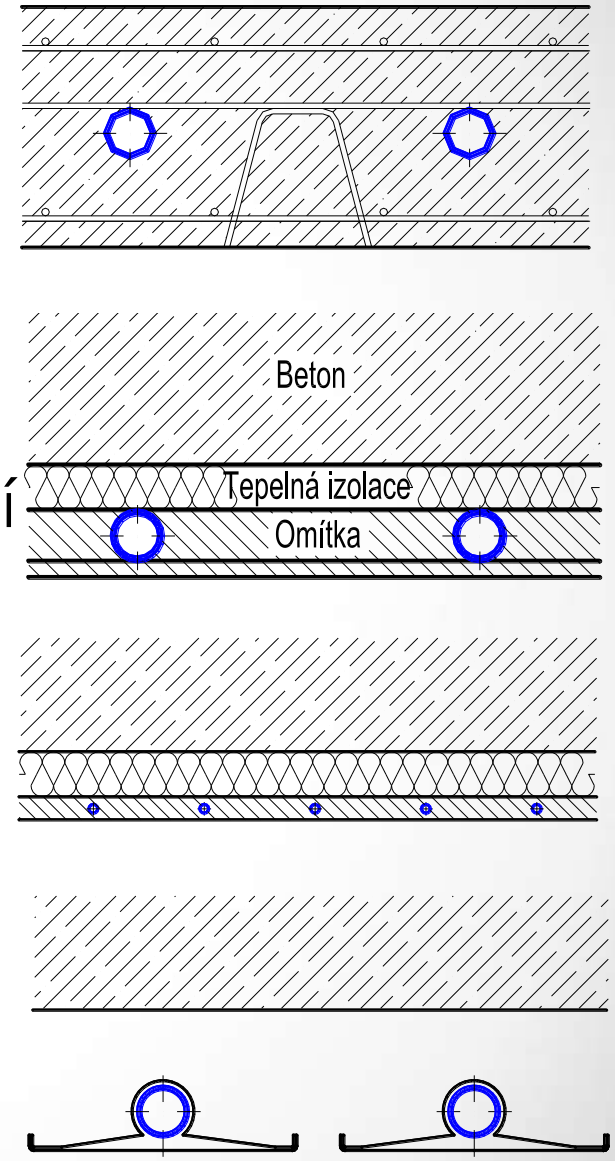


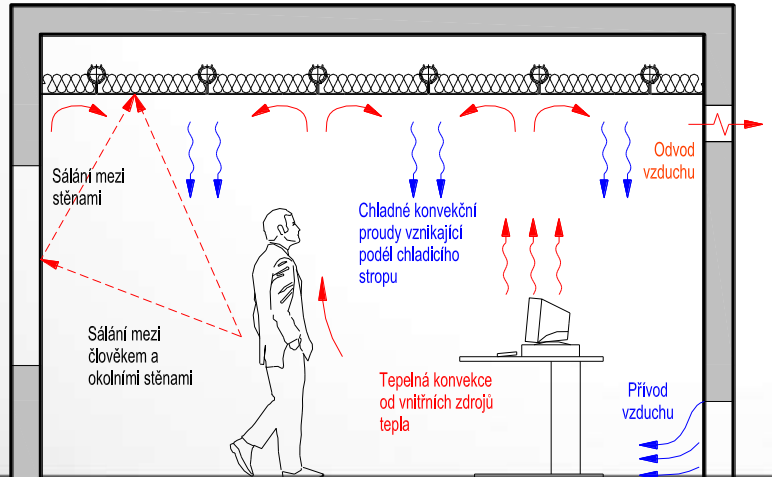
Chladicí stropy

Chladicí stropy kombinované s přívodem větracího vzduchu,

vícezónový systém.

Základní součástí systému je samostatné zařízení pro chlazení místností (zón) sáláním *vodou chlazeného stropu*. Těžký strop s akumulací - lehký strop.





Rekuperace - ZZT

- Rekuperační
- Deskové (křížové, protiproudé)
- Trubkové

- Regenerační
- Rotační (s přenosem vlhkosti bez přenosu vlhkosti)
- Přepínací

- S pomocnou kapalinou
- Kapalinové okruhy (běžné víceřadé)
- Teplé trubice
- Tepelná čerpadla

ZZT -Teplotní faktor

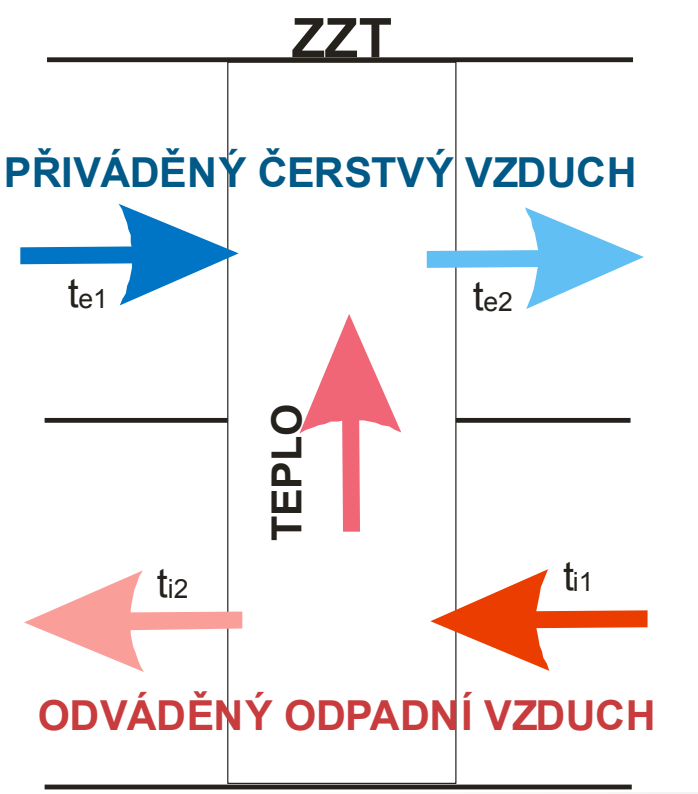
Teplotní faktor (účinnost) libovolného výměníku ZZT je dána vztahem

$$\Phi = \frac{t_{E2} - t_{E1}}{t_{I1} - t_{E1}}$$

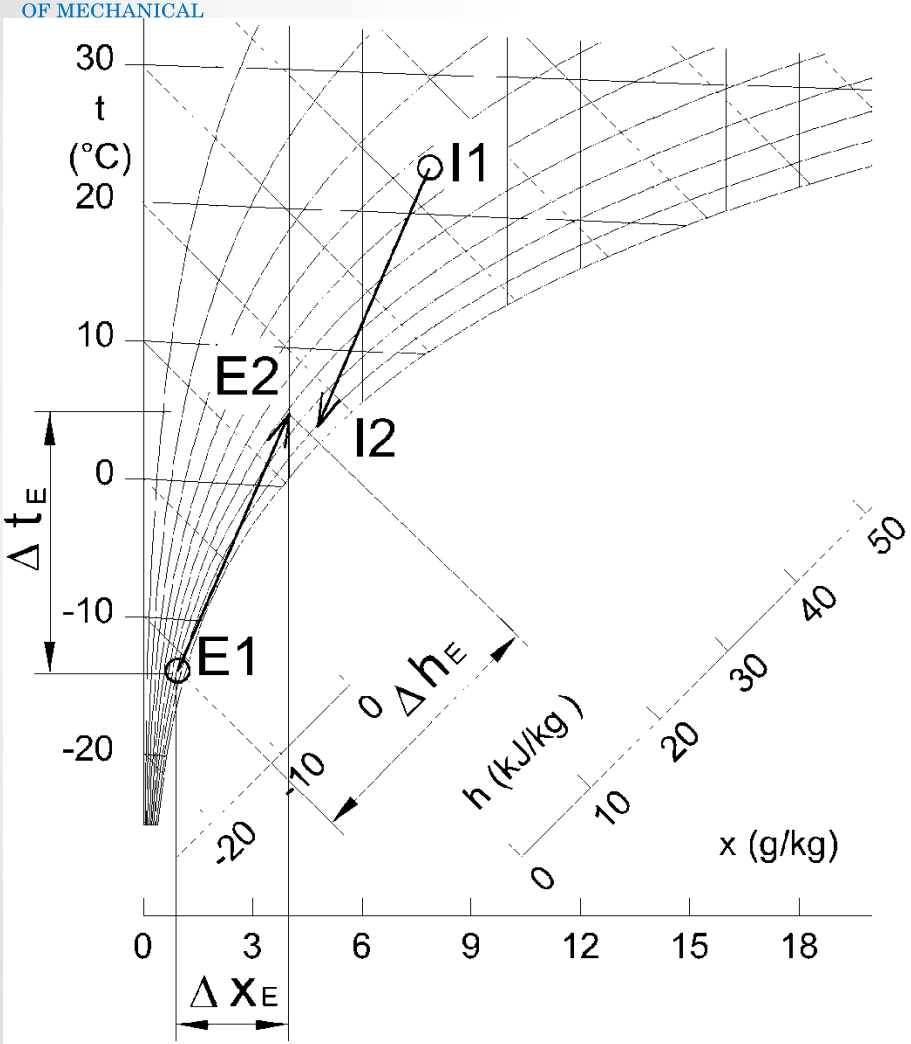
$$t_{E2} = t_{E1} + \Phi \cdot (t_{I1} - t_{E1})$$

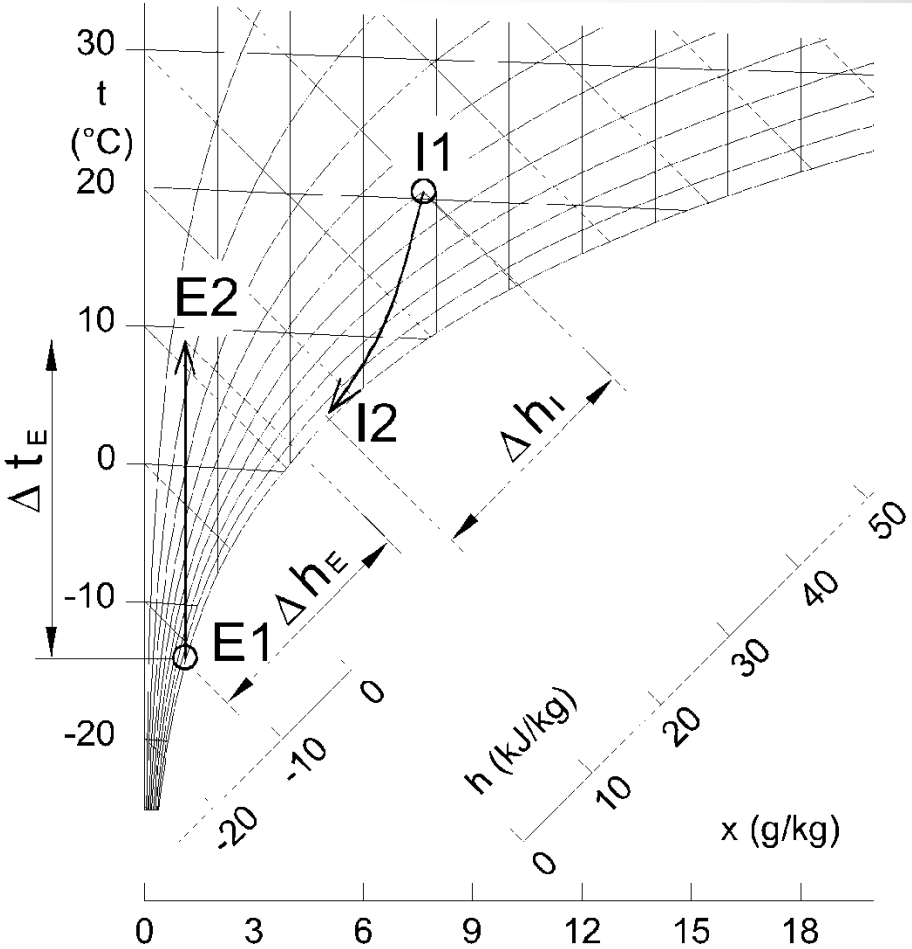
a vlhkostní faktor

$$\Psi = \frac{x_{E2} - x_{E1}}{x_{I1} - x_{E1}}$$



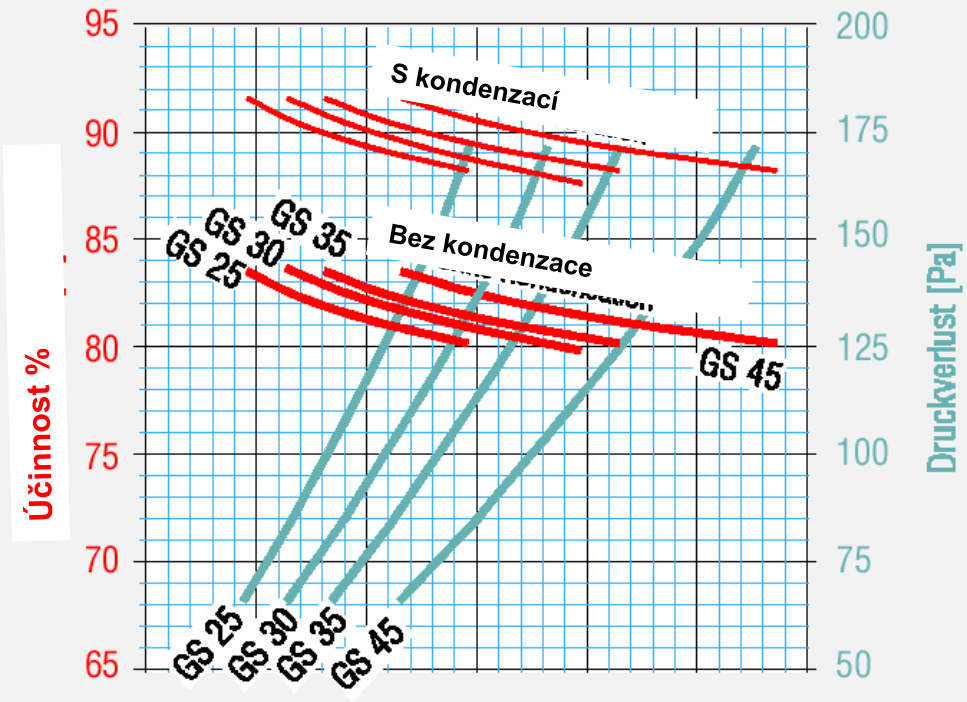
ZZT Teplotní faktor





ZZT Kondenzace

- Zvyšuje účinnost
- Riziko námrazy



Větrání rodinných a bytových domů

- Přirozené (okny netěsnosti, štěrbiny, provětrávání)
- Nucené jen odtah (jen přívod)
- Nucené se ZZT (centrální decentrální)

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Děkuji za pozornost

milos.lain@fs.cvut.cz