



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY

Školení energetických poradců a manažerů

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Podpora vzdělávání a zvyšování odborných kompetencí energetických poradců a manažerů poskytujících poradenské služby v oblasti energetiky, klimatu a renovací budov.



Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



ŠKOLENÍ ENERGETICKÝCH PORADČŮ A MANAŽERŮ



Podpora vzdělávání a zvyšování odborných kompetencí energetických poradců a manažerů poskytujících poradenské služby v oblasti energetiky, klimatu a renovací budov.

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY

Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



Lektor: Ing. Petr Maule, LL.M., MBA
Školitel: Česká fotovoltaická asociace, Ústav Fotovoltaiky a Elektromobility, z.ú.

JUDr. PhDr. Petr Maule
Ing. Petr Maule, LL.M., MBA
Ing. Milan Hošek

Komplexní analýza parametrů kvality vnitřního prostředí budov



Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Komplexní analýza parametrů kvality vnitřního prostředí budov



Kvalita vnitřního prostředí (IAQ) představuje komplexní soubor fyzikálních, chemických a biologických faktorů, které společně utvářejí mikroklima uvnitř budov a přímo ovlivňují pohodu, zdraví a produktivitu jejich obyvatel. Vzhledem k tomu, že průměrný člověk tráví až **90 % svého času ve vnitřním prostředí**, stává se jeho kvalita jedním z nejdůležitějších aspektů moderního stavebnictví a urbanismu

Od základního komfortu k holistickému zdraví v budovách

Multidimenzionální povaha IAQ (Indoor Air Quality)

Nejedná se pouze o chemické složení vzduchu, ale o integrovaný systém, který zahrnuje také klíčové fyzikální veličiny, jako je teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu, a dále osvětlení a akustickou pohodu.

Syndrom nemocných budov

Poprvé popsán v roce 1984 WHO. Projevuje se nespecifickými zdravotními potížemi, jako jsou bolesti hlavy, únava, podráždění dýchacích cest a očí. V roce 1984 trpělo syndromem 30 % lidí, do roku 2002 tento podíl narostl až na 60 %.

Teplota a termální komfort



Pocit tepelné pohody je složitým jevem, který není dán pouze teplotou vzduchu.

Ve skutečnosti je ovlivněn šesti základními faktory:

teplotou vzduchu

střední radiační teplotou okolních povrchů

rychlostí proudění vzduchu

vlhkostí vzduchu

tepelně izolačními vlastnostmi oděvu
tělesnou aktivitou člověka.

Teplota a termální komfort



- Vyhláška č. 6/2003 Sb. požaduje minimální výslednou **teplotu 19 °C pro učebny a 20 °C pro zařízení sociální a zdravotnické péče**. Pro speciální prostory, jako jsou pokoje pro neonatologické a onkologické pacienty, je vyžadována vyšší minimální teplota 22 °C
- Pro **kancelářské a pobytové prostory** se obecně doporučuje udržovat teplotu vzduchu na úrovni **22 °C s tolerancí ± 2 °C**

Vlhkost vzduchu



- Relativní vlhkost vzduchu je poměrem mezi okamžitým množstvím vodních par v ovzduší a maximálním množstvím, které může vzduch o stejné teplotě pojmout při plném nasycení. Její optimální udržení je kritické jak pro lidské zdraví, tak pro dlouhodobou životnost stavebních materiálů
- **65 % maximální vlhkost** - Nadměrně vysoká vlhkost představuje ideální prostředí pro růst plísní, roztočů a bakterií
- **30 % minimální vlhkost** - Příliš suchý vzduch způsobuje vysychání sliznic dýchacích cest, zvyšuje náchylnost k infekcím

Koncentrace oxidu uhličitého (CO₂)

- Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez zápachu, který je přirozeně produkován dýcháním osob a zvířat. Jeho koncentrace ve vnitřním prostředí je považována za jeden z nejspolehlivějších a nejpoužívanějších indikátorů kvality větrání.



Koncentrace oxidu uhličitého (CO₂)



- **350–400 ppm** - Typická koncentrace ve venkovním prostředí. Těchto hodnot se v interiéru **dosahuje jen stěží**, protože CO₂ je neustále produkován lidskou aktivitou.
- **800–1000 ppm** - Pettenkoferovo kritérium. Doporučená úroveň CO₂ ve vnitřních prostorách. Překročení 1000 ppm může u citlivějších osob vyvolávat **pocit ospalosti**.
- **1200–1500 ppm** - Doporučená maximální úroveň, která je zároveň legislativním limitem pro většinu vnitřních prostor. Mohou se objevovat **symptomy únavy a snížená produktivita**.
- **2000–5000 ppm** - Zvyšuje se riziko **bolestí hlavy, nevolnosti, únavy a problémů se soustředěním**. V mateřských školách může koncentrace vystoupat až na 2500 ppm.

Chemické a biologické ukazatele ve vnitřním prostředí



Polétavý prach (PM₁₀ a PM_{2.5})

- Prachové částice, zejména ty menší, představují významné zdravotní riziko. Vyhláška č. 6/2003 Sb. stanovuje limitní hodinové koncentrace na 150 µg/m³ pro PM₁₀ a 80 µg/m³ pro PM_{2.5}. Monitoring **ve školách** ukázal, že naměřené hodnoty mohou **tyto limity výrazně překračovat**.

Těkavé organické látky (VOCs)

- Mezi hlavní zdroje patří stavební materiály, nábytek, barvy, **lepidla, laky a čisticí prostředky**. Nejčastěji sledované jsou formaldehyd (limit 60 µg/m³), benzen (limit 7 µg/m³) a oxid dusičitý (limit 100 µg/m³).



Právní a normativní rámec kvality vnitřního prostředí

- **Vyhláška č. 268/2009 Sb.**, o technických požadavcích na stavby
- **Vyhláška č. 6/2003 Sb.**, kterou se stanoví hygienické limity pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- **ČSN EN 15251** (nahrazena EN 16798-1)
- **Kategorizace budov** a jejich environmentálních parametrů
- Důraz na **výběr materiálů a design**, který minimalizuje emise polutantů
- Zatímco legislativní limity chrání před akutními zdravotními riziky, pro dosažení skutečně optimálního, zdravého a produktivního prostředí je **nutné usilovat o hodnoty, které jsou obvykle výrazně pod těmito limity.**

Problematika přehřívání budov

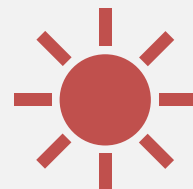
- V současné době je pro moderní budovy stále obtížnější zajistit ochlazení v letních měsících než vytápění v zimě.
- **Paradoxem moderní energeticky úsporné výstavby je, že původní cíl snížení energetických nákladů na vytápění v zimě může vést (často vede) k neúmyslnému vedlejšímu efektu — k přehřívání v létě (zvýšení energetických nákladů v létě)**



Problematika přehřívání budov - Vnější zdroje tepelné zátěže



Vnější zdroje tepelné zátěže významně ovlivňují tepelnou pohodu v interiéru, zejména během letních měsíců.



Nejvýznamnějším faktorem je **sluneční radiace**, která proniká do budovy okny i částečně přes konstrukce obvodových stěn a střech.



U moderních staveb s vysoce izolovaným obvodovým pláštěm dochází sice k minimálním ztrátám tepla v zimě, ale zároveň **se zhoršuje schopnost budovy přirozeně odvádět přebytečné teplo.**

Problematika přehřívání budov - Vnitřní zdroje tepelné zátěže



Vnitřní zdroje **tepelné zátěže** představují teplo, které vzniká přímo uvnitř budovy během jejího běžného provozu

Nezanedbatelným zdrojem je **teplo vyzařované lidmi**, které se v menších místnostech nebo při větším počtu osob může výrazně projevit

Dále sem patří **osvětlení**, především starší nebo neúsporné typy svítidel, která přeměňují část elektrické energie na teplo

Významný podíl na vnitřní tepelné zátěži mají také elektrické spotřebiče a technologie – **počítače, kuchyňské přístroje, televizory, servery či kancelářské vybavení**

Dopady přehřívání na zdraví a produktivitu

Dlouhodobé vystavení vysokým vnitřním teplotám má jednoznačně negativní dopady na lidské zdraví, výkonnost i celkovou pohodu

Přehřívání interiéru narušuje přirozenou termoregulaci organismu a vede k postupnému vyčerpání

Nejčastějšími projevy jsou únava a dehydratace, které snižují koncentraci a pracovní výkonnost

Vysoké teploty negativně ovlivňují i kvalitu spánku, protože tělo se hůře ochlazuje a regeneruje

Dlouhodobé tepelné zatížení navíc může oslabovat imunitní systém a zhoršovat psychickou pohodu

Dopady přehřívání na zdraví a produktivitu



Dlouhodobé tepelné zatížení navíc může oslabovat imunitní systém a zhoršovat psychickou pohodu



Při dlouhodobém pobytu v přetopeném prostředí dochází také ke zhoršení schopnosti těla regulovat teplotu, což může být nebezpečné zejména pro seniory a osoby s chronickými nemocemi



Přehřátá a nedostatečně větraná místnost představuje kombinaci několika nepříznivých faktorů, které významně ovlivňují lidské zdraví i výkon



Vysoká teplota, nízká relativní vlhkost a zvýšená koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) společně vytvářejí prostředí, v němž se člověk rychleji unaví, hůře soustředí atd.

Pasivní strategie pro zajištění IAQ a prevenci přehřívání

Architektonický návrh a stínění

- Správná orientace vůči slunci, optimalizovaná velikost prosklených ploch a použití externího stínění jsou klíčové. Inteligentní, automatizované systémy stínění mohou snížit potřebu klimatizace v Evropě až o 60 %.

Zelené střechy a fasády

- Zatímco klasická hydroizolace se může v létě zahřát až na 80 °C, zelená střecha dosahuje teploty pouze kolem 35 °C. Zelené střechy také zadržují dešťové srážky, filtrují prach a znečišťující látky ze vzduchu.



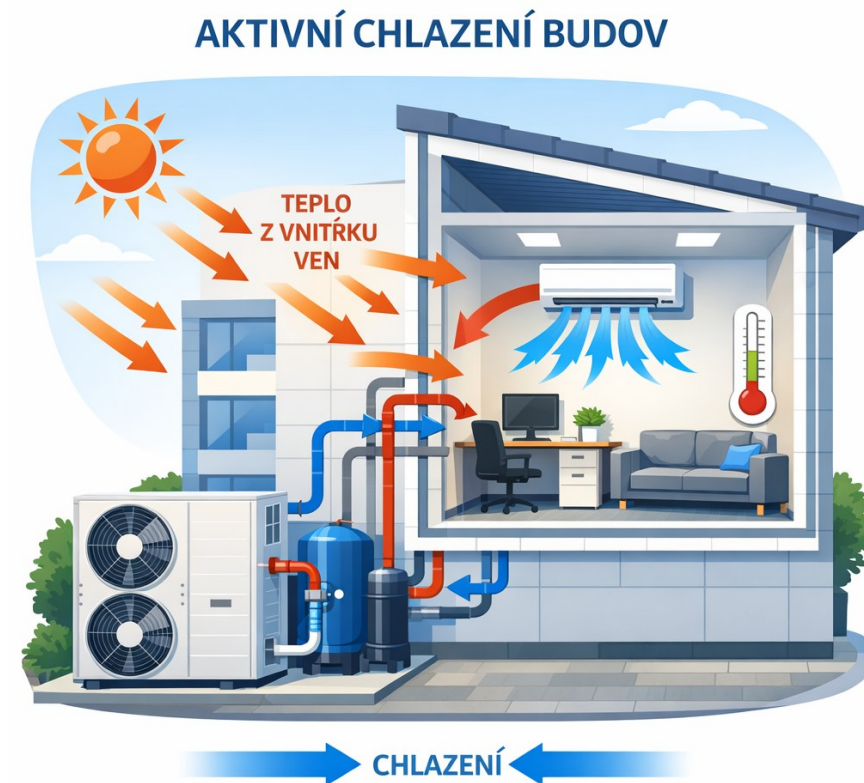
Aktivní a mechanické systémy



- **Řízené větrání s rekuperací tepla**
- Zajišťuje stálý přísuv hygienicky potřebného množství čerstvého vzduchu a zároveň minimalizuje tepelné ztráty. Rekuperační výměník předává teplo z odváděného vzduchu přiváděnému čerstvému vzduchu.
- **Pasivní chlazení (Natural Cooling)**
- Využívá přirozeného toku tepla. V provozu je pouze oběhové čerpadlo, které cirkuluje chladné médium mezi zemí a vnitřním prostorem. Energeticky velmi efektivní řešení.

Aktivní a mechanické systémy

- **Aktivní chlazení (Active Cooling)**
- Funguje na principu reverzního chodu tepelného čerpadla. V provozu je kompresor, který aktivně odebírá teplo z interiéru a předává ho do venkovního prostředí.





Srovnání přirozeného a řízeného větrání

Přirozené větrání

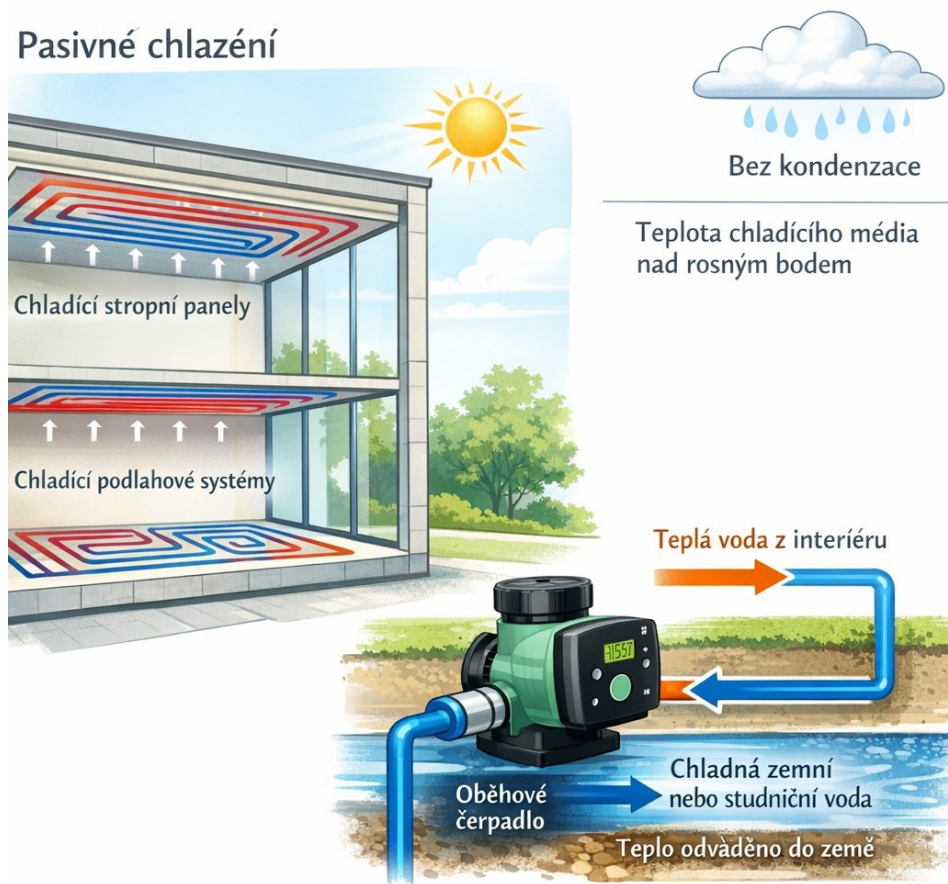
- Přirozené větrání využívá tlakových rozdílů vznikajících působením tíhové síly a větru, které zajišťují výměnu vzduchu mezi interiérem a exteriérem bez potřeby mechanických zařízení
- Hlavní výhodou jsou nízké investiční i provozní náklady
- Nevýhodou je však značná závislost na venkovních klimatických podmínkách
- Přirozené větrání se proto uplatňuje především ve starších, méně těsných budovách

Srovnání přirozeného a řízeného větrání

Řízené větrání

- Využívá strojní zařízení, jako jsou ventilátory nebo rekuperační jednotky, které zajišťují kontrolovanou výměnu vzduchu bez závislosti na venkovních podmínkách
- Umožňuje stálý přísun čerstvého vzduchu, filtraci od prachu a alergenů a díky rekuperaci tepla také výrazné snížení tepelných ztrát
- Nevýhodou řízeného větrání jsou vyšší pořizovací náklady a nutnost pravidelné údržby, zejména čištění a výměny filtrů





Porovnání aktivního a pasivního chlazení budov

Pasivní chlazení je systém s velmi vysokou energetickou účinností, protože jeho provoz vyžaduje pouze oběhové čerpadlo

- Funguje na principu využití chladnějšího média (např. zemní nebo studniční vody), které odebírá teplo z interiéru a odvádí ho mimo budovu
- Jeho chladicí kapacita je omezená
- Výhodou je, že nevzniká kondenzát, protože teplota chladicí kapaliny neklesá pod rosný bod
- Pasivní chlazení je ideálním řešením pro budovy s velkými teplosměnnými plochami, například s podlahovým nebo stropním vytápěním

Porovnání aktivního a pasivního chlazení budov

Aktivní chlazení využívá kompresorové zařízení, a proto má nižší energetickou účinnost než systém pasivní

- Výhodou je vysoká chladicí kapacita, díky níž lze dosáhnout výrazného snížení vnitřních teplot
- Při aktivním chlazení je nutné zajistit odvod kondenzátu, protože teplota chladicí kapaliny často klesá pod rosný bod
- Tento typ chlazení je vhodný pro budovy s vyššími nároky na tepelný komfort, například administrativní, komerční či technologické objekty



Integrovaný přístup a budoucí výzvy



Kvalita vnitřního prostředí je holistický koncept, kde všechny parametry — teplota, vlhkost, CO₂, VOCs, prach a další — jsou vzájemně provázané. Nelze řešit jeden problém bez ohledu na ostatní.



Integrovaný návrh - Kombinace pasivních architektonických strategií s inteligentními aktivními systémy



Rovnováha priorit - Zdraví a pohoda obyvatel jako rovnocenná priorita s energetickou účinností



Údržba technologií - Pravidelná údržba a servis všech systémů



Edukace uživatelů - Správné chování v budově a používání technologií