ENERGETICKÁ AGENTURA ZLÍNSKÉHO KRAJE, o.p.s.

MIKROKLIMA VE ŠKOLNÍCH BUDOVÁCH
ENERGETICKÁ NÁROČNOST, KOMFORT, LEGISLATIVA

Úvod:

Vnitřní mikroklima je jedním z hlavních činitelů, které ovlivňují kvalitu prostoru. Abychom se v dané budově cítili příjemně, musí být dosaženo optimálních podmínek vnitřního mikroklimatu. Tím se rozumí dostatečný přísun čerstvého vzduchu, nízké koncentrace škodlivin, teplota prostoru, rozložení teplot v prostoru, eliminace průvanu a vhodný způsob distribuce tepla.
Stejně tak jako jsou rozdílné klimatické podmínky v zimním a letním období, jsou na tyto prostory kladeny různé, často protichůdné, požadavky směřující k vytvoření příjemného klimatu s ohledem na nízké náklady a nízkou energetickou náročnost.

Kvalita vzduchu:

Kvalita vzduchu je ovlivňována množstvím škodlivin ve vzduchu. Ty můžeme dělit na škodliviny přicházející z exteriéru a na ty vzniklé v interiéru. Dále je můžeme dělit na ty, které vznikají v závislosti na provozu objektu a na ty, které vznikají nezávisle na provozu. Kromě extrémních případů objektů umístěných u exponovaných dopravních komunikací nebo u jiných zdrojů škodlivin jsou pro kvalitu vnitřního vzduchu zásadní především zdroje škodlivin nacházející se v interiéru.

Mezi ty, které vznikají nezávisle na provozu objektu, se řadí látky uvolňující se ze zabudovaných stavebních materiálů a použitého mobiliáře. Nejnebezpečnějšími škodlivinami jsou těkavé uhlovodíky – VOC (např. formaldehyd), těžké kovy a jiné rakovinotvorné nebo mutagenní látky. Zvýšená koncentrace VOC ve vnitřním ovzduší je zodpovědná za různé zdravotní obtíže a choroby. K symptomům patří dráždění očí, nosu, kašel, suché sliznice, suchá pokožka, slzení očí, neurotoxické symptomy jako únava, bolest hlavy, snížení koncentrace, nesoustředěnost nebo nechutenství.

Škodliviny zapříčiněné provozem v budově jsou produkovány přítomnými osobami, využívanou technikou (počítače, kopírky, tiskárny…), použitím úklidových prostředků a ostatními činnostmi (např. vaření, ohřev jídel, výuka v odborných laboratořích). Nejzásadnější je z tohoto pohledu produkce CO_2 dýchání. Ač je CO_2 nejedovatý plyn, tak jeho účinky na kvalitu mikroklimatu v prostoru jsou fatální. Proto také novela vyhlášky č.268/2009 Sb., o technických požadavcích na výstavby stanovuje pro pobytové místnosti maximální hodnotu koncentrace CO_2 na 1000 ppm. Ve vnějším prostředí se koncentrace CO_2 pohybuje do 500 ppm. Už koncentrace nad 1000 ppm mohou způsobovat nesoustředěnost, únavu a s tím spojené nižší výkony žáků. Přestože zdraví ohrožující jsou koncentrace nad 5000 ppm, tak pro dobrý pracovní výkon se mají udržovat koncentrace CO2 nižší než 1500 ppm. Že jsou však tyto hodnoty výrazně překračovány, dokazuje měření kvality vzduchu zpracované Energy consulting service. O výsledcích průzkumu pojednává Studie Koncentrace CO_2 ve školách. Ve většině sledovaných učeben byla během výukové hodiny překročena limitní hodnota koncentrace CO_2, a to jak v objektech s novými těsnými okny, tak i v objektech se starými netěsnými okny. Extrémem byla koncentrace 6700 ppm!

Jedinou možností, jak zlepšit nebo udržet požadovanou kvalitu vzduchu, je větrání. Zda je možné jej dosáhnout přirozeným větráním okny nebo zda je nutná instalace řízeného větrání a jaké budou dopady jednotlivých typů větrání, je otázka pro odborníky.

EAZK disponuje jak zařízením pro sledování koncentrace CO_2, tak i zkušenostmi v této oblasti a nabízí Vám možnost konzultace a podporu při řešení způsobu větrání nejen ve Vaší škole či sportovní hale, ale i v jakékoliv jiné veřejné budově.

Teplota prostoru:

Další důležitou složkou ovlivňující mikroklima prostoru je vnitřní teplota a vlhkost vzduchu, rozložení teploty ve vnitřním prostoru, vnější teplota a teplota obklopujících konstrukcí. Zatímco v zimě je teplota v interiéru znatelně vyšší než v exteriéru, tak v letním období se mnohdy snažíme docílit nižší teploty v interiéru než v exteriéru. Stejně tak jako jsou stanoveny normativní požadavky na kvalitu vzduchu, jsou stanoveny i požadavky na vnitřní teploty.

Vnitřní teplota je ve školních prostorech je stanovena hygienickými předpisy – vyhláškou č.343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, která je novelizací vyhlášky č.410/2005 Sb.. Součástí vyhlášky je tabulka teplot. Teplota vnitřního

vzduchu v učebnách je stanovena na 22±2°C. Minimální teplota v učebnách je stanovena na 20°C. Dále je stanoveno, že rozdíl mezi teplotou v úrovni kotníku a hlavy nesmí být větší než 3°C. To může být problematicky splnitelné především u starších budov se špatně izolujícími okny, stěnami, podlahami a stropy.

Velké rozdíly teplot jsou mimo jiné příčinou proudění vzduchu v objektu. Rychlost proudění stanovuje výše uvedená vyhláška na 0,1-0,2 m/s.

Odchylka směrem dolů je tolerována touto vyhláškou mnohem méně než odchylka teploty nahoru. Pokud 3 následující dny po sobě klesne v učebnách teplota pod 18°C nebo v jednom dni pod 16°C, musí být provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozoven pro výchovu a vzdělávání zastaven. Požadavky na pokles výsledné teploty v místnosti na konci otopné přestávky stanovuje ČSN 730540-2. Splnění tohoto požadavku u nových nebo nově zaizolovaných objektů je většinou bezproblémové.

Za povšimnutí také stojí především nejvyšší dovolená teplota v učebnách 28°C – skutečná změřená. Přestože se jedná o vysokou hodnotu, je problém ji v mnoha místnostech dodržet a to především v letních měsících. U budov se špatnou regulací otopné soustavy se tento problém vyskytuje i v přechodném období. Abychom předcházeli vysokým teplotám ve vnitřních prostorech, definuje ČSN 730540-2:2011základní požadavky na tepelnou stabilitu místností v letním období. Pro nevýrobní prostory, mezi něž patří i učebny, platí nejvyšší denní teplota v místnosti 27°C vypočtená postupem stanoveným normou. Výpočet se provádí bez vnitřních zisků (žáci, počítače atd.), a proto i správně provedený výpočet nemusí být stoprocentní zárukou nepřekročení nejvyšší dovolené teploty v učebnách. Díky započitatelnosti vnitřních zisků tepla a přesně definovatelného větrání je pro ověření také velmi vhodný výpočetní nástroj PHPP, který stanoví počet překročení teploty 25°C v místnosti během letního období.

Vyhláška č.343/2009 Sb. dále říká, že při extrémních venkovních teplotách, kdy maximální venkovní teplota vzduchu je vyšší než 30 °C nebo kdy je výsledná teplota kulového teploměru tg_{max} vyšší než 31 °C (vnitřní teplota), musí být přerušeno vyučování a zajištěno jiné náhradní opatření pro děti a žáky s možností pobytu mimo budovu včetně zajištění pitného režimu. Je zřejmé, že tvůrci vyhlášky vůbec nepočítali s tím, že lze navrhnout takovou budovu, ve které bude příjemně i při teplotě 30°C.

Pro tepelnou pohodu je také zásadní teplota obvodových konstrukcí – stěn, oken, podlah, stropů, ale i rohů, koutů nebo napojení oken. Čím je totiž větší rozdíl mezi povrchovou teplotou konstrukcí a teplotou vzduchu v interiéru, tím je také vyšší pocit diskomfortu. Nízká teplota obvodových konstrukcí vytváří pocit chladu a nutí nás tak vytápět prostor na vyšší vnitřní teplotu, což vede k vyšší spotřebě energií. Velký rozdíl mezi teplotami v interiéru také vede ke vzniku průvanu. To vše je charakteristické pro staré nezaizolované objekty. Při poklesu teploty povrchu pod teplotu rosného bodu dochází ke kondenzaci vodních par, což může mít za následek plísně nebo hnilobu dřevěných konstrukcí. Mezi nejvíce ohrožená místa patří rohy, kouty, napojení oken na stěnu a jiné tepelné mosty. Tento problém se bohužel týká i nových nebo rekonstruovaných objektů. Pro vyvarování se těchto rizik vyžaduje norma ČSN 730540-2:2011 výpočet teplotního faktoru a nejnižší povrchové teploty. U rohů, koutů a ostění oken je však často nutný detailní výpočet tepelných mostů.

Především u mateřských škol je zásadní pokles dotykové teploty podlah. ČSN 730540-2 stanovuje požadované hodnoty poklesu dotykové teploty. Tato hodnota ovlivňuje, nakolik vnímáme podlahu jako studenou. Prověřují se podlahy na terénu a nad vnějším nebo nevytápěným prostorem (sklepy). U starších objektů ani dodatečně zateplených objektů není pokles dotykové teploty díky neexistenci jakékoliv izolační vrstvy v podlaze vždy splnitelný. Splnění tohoto požadavku není nutné, pokud je podlaha pokryta textilní podlahovou krytinou (koberec) nebo pokud je trvale teplejší než 26°C.

Jedinou možností, jak zlepšit nebo udržet požadované teploty v prostory a s nimi spojených veličin je dobrý návrh budovy, dobré provedení stavby a objektu přizpůsobený, dobře regulovatelný systém vytápění a větrání. Zda daný návrh budovy a jejího technického zařízení dovolí docílit splnění všech požadovaných hodnot při zachování příznivých nákladů na provoz a realizaci, je otázkou pro odborníky.

EAZK disponuje odbornými znalostmi a zkušenostmi v této oblasti a nabízí Vám možnosti konzultace a podporu při snaze splnit všechny podmínky požadované legislativou, ať už u stavby stávající nebo navrhované.

Větrání během otopného období:

Účelem větrání v otopném období je dodávka čerstvého vzduchu. V žádném případě není jeho úkolem chlazení vnitřních prostor! Pokud se během otopného období využívá větrání k ochlazování vnitřních prostor, tak to svědčí o nevhodné nebo neexistující regulaci otopného systému. Ta může být zapříčiněna nejen nesprávným nebo chybějícím systémem regulace, ale také chybami obsluhy otopného systému.

Než se pustíme do řešení větracího systému, je třeba mít opravdu funkční otopnou soustavu včetně odpovídajícího systému regulace, který dokáže reagovat na teplotní zisky, ať už ty vnitřní z provozu nebo solární prostupující okny!

Větrání může být řešeno jako přirozené okny a průvzdušností konstrukcí nebo jako nucené mechanické. Každý z těchto typů větrání má své výhody a nevýhody. Zásadní výhodou přirozeného větrání jsou nulové investiční náklady. Jinak ovšem převažují nevýhody. Těmi hlavními jsou špatná možnost regulace (žádná, mikroventilace, otevřená okna), tepelné ztráty, hluková zátěž z exteriéru, přisávání škodlivin z exteriéru. Průvzdušnost konstrukcí je nevýhodná z důvodu stálého přívodu vzduchu do objektu a tím jeho prochlazování a pronikáním vlhkosti do konstrukcí, což může způsobit jejich poruchy nebo přímo jejich destrukci (dřevěné prvky, izolační vlny). Špatná regulace je příčinou obtížné splnitelnosti požadavků na výměnu vzduchu. Dle vyhlášky 343/2009 Sb. jsou stanoveny minimální objemy větracího vzduchu a dle vyhlášky 268/2009 Sb. maximální hodnoty koncentrace CO_2, které lze splnit jen za předpokladu pravidelného otevírání oken. To však v zimním období vede ke snížení povrchové teploty v okolí oken, ke snížení teploty vzduchu a také k průvanu, což je v rozporu s požadavky jak vyhlášky 343/2009 Sb., tak i tepelně technické normy. Ač se dotčené orgány hygieny a ochrany zdraví brání instalaci nuceného větrání, tak je jediným možným způsobem, který může zajistit jimi vyžadované přísné požadavky. Tato nechuť pracovníků hygienických stanic je způsobena nerozlišováním řízeného větrání a klimatizace, která plyne z nedostatečné osvěty mezi nimi! Přirozené větrání už dnes nelze použít na sociálním zařízením. Tam je v současnosti vyžadováno nucené větrání, které je nejčastěji realizováno místními odtahovými ventilátory.

Aby byl provoz řízeného větrání provozovaného v celé budově efektivní, je vhodné splnit několik podmínek. Nejdůležitější podmínkou je neprůvzdušnost stavby – tu si lze ověřit blowerdoor testem. Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu n50,N stanovují těsnost obálky pro instalaci řízeného větrání. Z hodnot je zřejmé, že tento systém je především vhodný pro objekty po rekonstrukci obálky (zateplení, výměna oken). U objektů, které teprve je plánována rekonstrukce obálky budovy, je vždy žádoucí do rekonstrukce zahrnout i instalaci řízeného větrání. U stávajících, dosud nerekonstruovaných objektů, je i přes výrazné zlepšení kvality vzduchu instalace řízeného větrání diskutabilní, protože díky vysoké průvzdušnosti stavby nebude řízeného větrání s rekuperací (zpětným získáváním tepla) účinné. Čím je nižší tepelná ztráta prostupem konstrukcí, tím větší je podíl ztráty větráním na celkové tepelné ztrátě a tím významnější je možnost snížení spotřeby energie instalováním řízeného větrání s rekuperací. Zároveň s tím platí, že čím nižší je neprůvzdušnost objektu, tím menší šance je dosáhnout normativních požadavků na kvalitu vzduchu a vnitřních teplot pomocí přirozeného větrání. U objektů v pasivním standardu je dokonce řízené větrání s rekuperací nezbytné z důvodu energetické úspory. Pro zvýšení energetických úspor je možné využít zemník výměník sloužící k předehřevu přiváděného vzduchu. Při instalaci převažují výhody, mezi které patří vynikající kvalita vzduchu, energetické úspory, dobrá regulovatelnost větrání a eliminace škodlivin z exteriéru. Z těchto důvodů je například v Dánsku instalace řízeného větrání ve školách povinná. Obdobná situace je v některých částech Německa i Rakouska.

Instalací řízeného větrání s rekuperací nemusí dojít k tak výrazné úspoře energií, jak by se dalo předpokládat z výpočtů. Důvodem je nedodržování normových hodnot na větrání a kvalitu vzduchu při použití přirozeného větrání!

Větrání během letního období:

Účelem větrání v otopném období je dodávka čerstvého vzduchu a chlazení vnitřních prostor.

V letním období se předpokládá, že objekt bude větrán přirozeně. Požadavky na objem větracího vzduchu sloužícího k ochlazení budovy jsou obvykle vyšší než požadavky na objem větracího vzduchu sloužícího k udržení kvalitní ovzduší uvnitř objektu. Neočekává se, že bude k větrání používáno řízeného větrání, protože by to vedlo ke zvýšení energetické náročnosti. O strojním chlazení (klimatizace) se má uvažovat jen v místnostech s vysokou tepelnou zátěží (učebny výpočetní techniky, posluchárny atd.) a to jen při

dlouhodobých vedrech a teplých nocích a za podmínky, že nedostačuje chlazení přiváděného vzduchu přes zemní výměník nebo noční chlazení betonového jádra

Způsob řešení větrání v letním období by měl být řešen už v návrhu a musí být úzce propojen se způsobem řešení zastínění.

Nejčastější způsobem přirozeného větrání je větrání okny. Větrání pomocí různých větracích šachet nebo průduchů není v současnosti časté. Větrací průduchy lze nalézt u školních budov z konce 19. a počátku 20. století. Otvor do místností byl kryt žaluzií. V současné době jsou převážně nefunkční.

Pro účinnost přirozeného větrání jsou důležité rozmístění, tvar a způsob otevírání křídel oken a dveří. Platí, že nejúčinnější je větrání příčné nebo větrání s využitím komínového efektu, kdy díky rozdílným teplotám na různých stranách budovy docílíme proudění vzduchu. Komínový efekt se v malém měřítku projevuje také při jednostranném větrání prostor, pokud je větrací otvor dostatečně vysoký nebo pokud jsou v místnosti větrací otvory v různých výškách. Většina z nás ví, že balkónovými dveřmi vyvětráme rychleji než běžným oknem. Rovněž ve středomoří je většina oken úzkých a vysokých, často bez parapetu nebo jen s nízkým parapetem. Proto je velice důležité vnímat tyto fyzikální zákonitosti při návrhu okenních otvorů. Při uvažování příčného větrání ve školních budovách musíme myslet na akustický komfort, protože hrozí vzájemné rušení se jednotlivých tříd. Ne vždy také lze počítat s plným využitím příčného větrání, protože vzniklý průvan může mít za následek odlétávaní papírů, což je v učebnách a kabinetech neakceptovatelné.

Z hlediska uživatelského můžeme rozdělit větrání na denní a noční. Noční větrání je charakteristické nižším rozdílem teplot a bezvětřím. Velmi výhodné je pro noční ochlazování budov, především těch se stavebními konstrukcemi s vysokou měrnou tepelnou kapacitou (schopností akumulace). Typicky – beton, železobeton (stropy, stěny), masivní stěny z cihel plných pálených, kamenné stěny. Tyto konstrukce vyžadují delší čas ke svému ochlazení, ale naopak přes den dokáží účinně akumulovat tepelné zisky z vnitřního prostředí a ze slunečního záření. Prostory s lehkými konstrukcemi (sádrokartonové stěny, lehčené zdivo, trámové dřevěné konstrukce) se ochladí větráním rychleji, avšak nedokáží akumulovat takové množství vnitřních zisků přes den. Nevýhodou je nutnost zajištění větrání okny tak, aby nedošlo ke vniknutí do objektu. Z tohoto důvodu bude u většiny budov zásadní větrání přes den – v době provozu. Jak již bylo řečeno, je třeba promyslet okenní otvory tak, aby byly pro větrání co nejúčinnější. Dále se také vyplatí maximalizovat účinky větrání otevíráním všech oken a dveří před začátkem vyučování.

Správný návrh systému přirozeného větrání je vhodné ověřit simulací v programu PHPP, který umožňuje detailní nastavení jednotlivých oken a způsobu větrání.

Stínění:

Účelem stínění je jednak zajištění vizuálního komfortu uživatelů a v letním období především snížení solárních zisků ze slunečního záření.

Téměř každé okno je částečně stíněno. Snahou je dosáhnout v zimním období minimálního zastínění a tím maximalizaci solárních zisků a v létě naopak dosáhnout zastínění co největšího. Rozdíl mezi letním a zimním období je ve sklonu slunečních paprsků. V zimě je na obloze slunce níž než v létě a zároveň energie dopadajících slunečních paprsků je malá.

Okno může být stíněno okolním terénem, okolní zástavbou, vegetací (stromy), ostěním a nadpražím okna a stínícím zařízením. Stínění okolním terénem, zástavbou a trvale zelenou vegetací má větší vliv v zimním období než v letním. V zimním období tyto překážky stíní nízké slunce výrazně více než v létě. Zatímco v zimě přes protější dům dopadnou paprsky stěží do 1. patra, tak v létě vysoké slunce svítí až do přízemí. Toto stínění je z hlediska energetického spíše negativní, protože nám snižuje solární zisky v otopném období a v letním období jeho účinek klesá. Stínění nadpražím, balkonem, střechou, markýzou či jinou převislou konstrukcí velice výhodné z energetického hlediska. Zabrání přístupu vysokého letního slunce do místností a naopak dovolí vstupu nízkého zimního slunce do místnosti. Účinek bočního ostění se projevuje jak v zimě, tak i v létě. U oken orientovaných na jih se neprojevuje hloubka ostění tak zásadně, jako u oken na ostatních světových stranách. V zimním období, kdy je dráha slunce kratší totiž může široké ostění u úzkých oken na východní nebo západní straně způsobit, že do nich vůbec nebude svítit slunce. Proto preferujeme mělké uložení oken ve fasádě. Protože u mnoha budov je nemožné docílit vyváženého poměru zastínění v zimě a v létě výše uvedenými prostředky, používáme dle potřeby stínící zařízení – žaluzie, okenice, rolety, markýzy atd.

Při návrhu stínícího zařízení musíme vycházet z pravidla, že vnější stínící zařízení jsou účinnější než vnitřní. Pro navržení hospodárného a zároveň účinného systému stínění je vhodné disponovat rozpracovaným výpočtem tepelné stability (dle ČSN 730540-2:2011) nebo výpočtem četnosti nadměrných teplot dle PHPP. Protože má každá budova jinou akumulaci, jiné okolí, jinak osazená okna ve fasádě a různé druhy zasklení, nelze paušálně říct, jaký typ stínění je správný. Z výpočtů však vyplývají různé přínosy stínících zařízení při různých typech skel. Zatímco staré dvojskla propouštěla 75% tepelné energie ze slunečního záření dovnitř, současná dvojskla propouští 62-67% a trojskla obvykle kolem 50%. Zatímco při osazení žaluzií dovnitř starých dvojitých oken byl vliv stínění na tepelnou pohody výrazný, tak při osazení vnitřních žaluzií na vnitřní plochu oken je malý a v případě trojskel téměř nulový! Zatímco u dvojskel s vnitřními žaluziemi se pohybuje propustnost solárních zisků kolem 50%, tak u vnějších žaluzií je to jen okolo 14% a to při stejném vizuálním komfortu! Hlavní nevýhodou vnějšího stínění je jeho vyšší cena a jeho obtížnější dodatečné zabudování. Proto je nutné tyto problémy řešit už během projektu

Samostatnou kapitolou jsou podkrovní prostory se střešními okny. Ty se vyznačují lehkými konstrukcemi s malou akumulací a zcela nestíněnými okny. Kromě toho na okna na šikmé střeše dopadají v letním období sluneční paprsky kolmo a tak je udržení příjemné teploty vnitřního prostoru bez vnějšího stínění ve většině případů nesplnitelné.

Správný návrh:

Každý projekt rekonstrukce i novostavby by měl být zpracován podle platné legislativy. Bohužel dnes je situace taková, že nedochází ke kontrole splnění všech požadavků a to jak ze strany úřadů, tak i investorů. Tato nechuť pramení jak z neznalosti, tak i neochoty reagovat na nové podmínky a požadavky. Proto investor často obdrží projekt, který by správně neměl být ani realizován! Stavba, která je navržena na hranici nebo za hranicí současných limitů, bude pravděpodobně vyžadovat dodatečné investice mnohem dříve než stavba, která bez je bez problémů splňuje. Příkladem těchto problémů je nedostatek míst v mateřských školách, který je mimo jiné způsoben nedodržováním norem a vyhlášek platných v minulých desetiletích a udělováním výjimek na jejich kapacitu. Při úvahami nad volbou hranice kritérií s výhledem do budoucna je vhodné se inspirovat dnes používanými kritérii v oblastech, které jsou evropskou špičkou. V oblasti stavebnictví a energetických úspor je tedy tím zdrojem jednoznačně Německo, Rakousko, Švýcarsko a částečně i skandinávské země, pokud přihlédneme ke klimatickým odlišnostem.

EAZK nabízí nejen možnost konzultace a kontroly rozpracovaných projektů, ale také stanovení dlouhodobé koncepce jak rekonstruovat a stavět veřejné budovy. Disponuje jak zkušenostmi a znalostmi v oblasti energeticky efektivního stavění, architektury a stavebnictví, tak i zkušenostmi v související legislativě. Ty čerpá jak ze zkušeností pracovníků nabytých při projektování a realizaci staveb, tak z mezinárodních projektů zaměřených energetickou efektivitu (např. projekt CEC5 - Demonstrace energetické efektivity ve veřejných budovách). Díky mezinárodní spolupráci je u zdroje informací o limitech a kritérií, které budou platit v budoucnosti.