

Ventilacija školskih učionica

Arthur E.
Wheeler,
dipl. inž.,
»Wheeler
Engineering
Company«,
Baltimor,
SAD

Minimalni broj izmena svežeg vazduha po osobi, koji se određivao za školske učionice tokom prethodnih sto godina, smanjio se sa 51 m³/h na 17 m³/h sredinom dvadesetih godina ovog veka. Taj broj se dvaput smanjio nekih pedeset godina kasnije, sa nastankom potrebe za štednjom energije. Nedavno se taj broj po osobi popeo na 25,5 m³/h, uvođenjem standarda ANSI/ASHRAE 62-1989: *Ventilacija za prihvatljiv kvalitet vazduha u prostoriji*. Ove varijacije su posledica izmenjenog shvatanja odgovarajuće problematike, prirode zagađivača i njihovog uticaja na osobe koje borave u prostorijama. Zaključci su uvek bili nejasni s obzirom da je teško kvantitativno proceniti koji broj izmena vazduha daje naj-bolje rezultate. Rezultate čini nejasnim stalno prisustvo drugih ekoloških faktora, od kojih neki nisu povezani sa kvalitetom vazduha. Kao i uvek, značaj nekih faktora koji nisu ekološke prirode, naročito ekonomičnost i potrošnja energije, i dalje utiču na izbor broja izmena vazduha.

U članku su prikazani rezultati ispitivanja nekoliko različitih sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju koji se najčešće koriste u školama i uticaj koji broj izmena svežeg vazduha ima na kvalitet vazduha u učionicama.

Ključne reči: broj izmena svežeg vazduha; kvalitet vazduha; relativna vlažnost; efikasnost filtera; rizik od infekcije; učionica

Key words: outdoor air ventilation rate; air quality; relative humidity; filter efficiency; infection risk; classroom

I dalje je neophodno bolje shvatati ulogu koju ima ventilacija. Sadašnji nacrt standarda, koji treba da nasledi Standard 62-1989, predlaže preciznije definisan pristup utvrđivanju broja izmena svežeg vazduha u učionicama i drugih kategorija vezanih za njihovo korišćenje. Više nego što je to bio slučaj sa prethodnim standardima, u ovom nacrtu je težište na povezanosti broja izmena vazduha sa određenim zagađivačima, njihovim izvorima kao i funkcionalnim korišćenjem i kategorijom učionice.

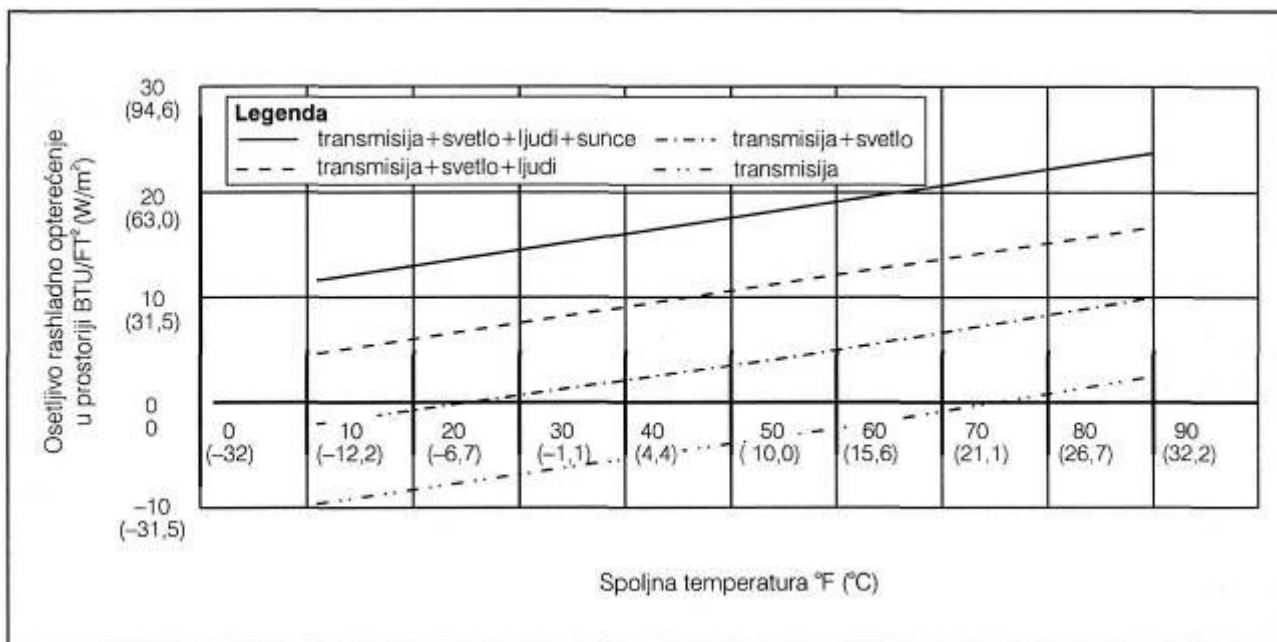
Prioritet u nacrtu imaju čestice koje nose mikrobe i koje predstavljaju značajne zagađivače. Ventilacijom se vrši razređivanje zagađivača i može da se smanji njihova koncentracija do stepena koji obezbeđuje zdravije uslove u prostoriji. Predloženim standardom potvrđuje se da je koncentraciju čestica koje se prenose vazduhom moguće razrediti pomoću spoljnog vazduha (pod pretpostavkom da ne sadrži mikrobe koji potiču od osoba koje borave u prostoriji) i recirkulacije vazduha (iz koga su čestice uklonjene filtriranjem). U predloženoj reviziji standarda 62-1989, zadržana je minimalna količina svežeg vazduha po osobi od 25,5 m³/h ili po-vratnog vazduha iz prostorije, koji se filtrira da bi se dobio ekvivalent razređenosti koji se postiže svežim vazduhom, uz uspešno otklanjanje čestica veličine tri mikrona. Nacrt dalje propisuje minimalnu količinu svežeg vazduha koja je potrebna za razređivanje zagađivača, koji se ne mogu ukloniti filtriranjem i koji potiču od dva glavna izvora: osoba koje borave u prostoriji (i njihove aktivnosti) i ugrađenih materijala u zgradu.

U predlogu nacrtu za običnu učionicu utvrđuje se minimalan broj izmena svežeg vazduha koji je potreban da bi se razredili zagađivači iz tih izvora, a taj broj predstavlja manju vrednost od sadašnjeg standarda. Dva glavna razloga za to su sledeći: (1) predloženi standard uzima u obzir percepciju mirisa od strane korisnika prostorije koji su se na njih prilagodili nasuprot neprilagođenim posetiocima, i (2) smatra se da količina zagađivača po osobi koju emituje zgrada delom zavisi od prisutnosti ljudi u prostoriji (osoba po jedinici površine).

Standard 62-1989 propisuje količinu svežeg vazduha za učionice koja je veća od onih koje propisuju prethodni standardi za ventilaciju. Naročito u područjima sa vlažnom klimom, veća količina svežeg vazduha, zajedno sa ograničenjima koje imaju primenjeni sistemi za klimatizaciju, utiče na veću vlažnost u prostoriji. Ovakve pojave često kao posledicu imaju brzo razmnožavanje gljivica i veliko prisustvo spora i mikrotoksina.

Često se zanemaruju mogućnosti sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju za obezbeđivanje prihvatljivih toplotnih uslova i kvaliteta vazduha.

Neki sistemi isušuju svež vazduh koji se ventilacijom dovodi do prostorije i to je samo indirektna posledica hlađenja vazduha koji se vrši da bi se u prostoriji održala određena temperatura. Kada se u prostoriju dovodi spoljni vazduh koji je neadekvatno osušen, latentno opterećenje i vlažnost prostorije se povećavaju. Veći broj izmena vazduha može problem vlažnosti da učini još većim, dok manji broj neće uticati da ti problemi nestanu.



Slika 1. Rashladno opterećenje prikazano u odnosu na temperaturu spolnog vazduha

Osnove ispitivanja

U ovoj studiji ispituju se i porede funkcionalne mogućnosti nekoliko sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju koji se najčešće koriste u učionicama, a predmet poređenja su njihove mogućnosti da održe relativnu vlažnost u prostoriji i kontrolišu opasnost od prenošenja infekcija koje izazivaju mikrobi. Takođe se određuje način na koji različit broj izmena spolnog vazduha utiče na vlažnost u prostoriji kada je vreme toplo.

U radu se proučava tipična učionica u državnoj školi koja se nalazi u centralnom Merilendu u SAD. Projektni uslovi su navedeni u tabeli 1.

Tabela 1. Projektni uslovi za procenu sistema učionice

Lokacija
Spoljni projektni uslovi u letnjem periodu: 32°C db, ¹⁾ wb ²⁾
Unutrašnji projektni uslovi u letnjem periodu: 24°C db, 50% rh ³⁾
Učionica
Površina poda i krova: 75 m ²
Površina zidova: 25 m ² , površina prozora: 8 m ²
Osvetljenje: 21,6 W/m ²
Broj osoba: 23

¹⁾ db = temperatura suvog termometra. ²⁾ wb = temperatura vlažnog termometra. ³⁾ rh = relativna vlažnost.

Izabrani su spoljni projektni uslovi u periodu od juna do septembra, sa frekvencijom javljanja od 2,5%. Položaj učionice je kombinovan: sever, istok, jug, zapad. Maksimalan broj prisutnih umanjuje se za dva, što otprilike predstavlja broj onih učenika koji su odsutni. Uzeto je u obzir da je period permanentnog boravka u prostoriji duži od tri sata, pa zbog toga nije primenjena odredba o promenljivom boravku u prostorijama (variable occupancy) iz Standarda 62-1989. Analizirani su periodi kada u učionici borave đaci, i kada ih nema, da bi se što potpunije procenile mogućnosti sistema za regulaciju relativne vlažnosti.

Pretpostavlja se da je toplotno opterećenje konstantno i da varira sa promenom spolne temperature vazduha, kao što je prikazano na slici 2, gde je osetljivo rashladno opterećenje

učionice prikazano u odnosu na spolnu temperaturu vazduha. Osetljivo rashladno opterećenje u sobi je faktor koji određuje temperaturu dovodnog vazduha za sisteme grejanja ventilacije i klimatizacije sa konstantnom zapreminom (CV = constant volume), ili protok dovodnog vazduha, pri konstantnoj temperaturi dovodnog vazduha, za sisteme sa promenljivom količinom vazduha (VAV - variable air volume). Promenljiva vrednost, temperatura dovodnog vazduha ili protok vazduha, regulišu se da bi se neutralizovao dobitak ili gubitak toplote.

U radu se objašnjava kako vođena para koju stvaraju osobe koje borave u prostoriji utiče na relativnu vlažnost prostorije; međutim, nije uzet u obzir dobitak vlažnosti usled infiltracije, propuštanja i difuzije. Adekvatnim projektovanjem i konstruisanjem omotača zgrade ovi izvori mogu biti malog značaja, ali to u praksi nije uvek slučaj.

Sistemi koji su bili predmet poređenja su sledeći:

Termoventilacione jedinice (unit ventilators - UV), koje se još uvek najčešće koriste u celoj zemlji.

Jednokanalni sistem sa promenljivom zapreminom vazduha (VAV - single duct) - za hlađenje, sa regulatorima koji omogućuju konstantni dovod svežeg vazduha, u količini koja se zahteva u Standardu 62-1989. Sistemi VAV se najčešće biraju za veće škole i one u kojima se učionice nalaze i u unutrašnjim i perifernim delovima zgrade.

Jednozonske krovne jedinice (single zone rooftop units - SZRT) - sa direktnom ekspanzijom: po jedan za svaku učionicu. Ovaj sistem se često koristi za jednospratne zgrade zbog niskih troškova investicija. Karakteristike u pogledu ventilacije i regulacije vlažnosti slične su kao kod pojedinačnih ventilatora i ventilatora sa toplotnom pumpom.

Sistem za dovod klimatizovanog spolnog vazduha (primary air- PA), zajedno sa uređajem u učionici, kao što su ventilator-konvektor i/ili sl. Pored toga što se primenjuje u novim školama, ovaj sistem za dovod spolnog vazduha se, kao pomoćni i savremeniji koristi pored već postojećih ventilacionih jedinica koji se onda koriste samo za recirkulaciju vazduha.

Dvokanalni sistem sa dva ventilatora (dual fan, dual duct - DFDD) dovodi primarni vazduh za ventilaciju svežim vazduhom i hlađenje preko jednog kanala, a preko drugog kanala sekundarni povratni vazduh, filtriran i po potrebi zagrejan. Vazduh se meša u terminalu za svaku učionicu tako da se

Tabela 2. Karakteristike svakog ispitivanog sistema

Sistem	Protok m ³ /h	Dovodni vazduh			Stepen delovanja filtra	
		Količina	Db, °C	Vlažnost g/kg	Dust Spot, %	
UV	1700	Const.	11,7	7,8	<10**	30
VAV	1700	Var.	12,8	8,0	30	85
PA	2290	Const.	21,1	8,6	<10**	30**
SZRT	1700	Const.	12,2	7,8	<10	30
DFDD	1700	Const.	12,8	8,0	30	85

*Svež vazduh + povratni vazduh. **Povratni vazduh preko ventilatora u prostoriji.

Tabela 3. Psihrometrijska analiza svakog ispitivanog sistema

Sistem	Količina svežeg	Opseg relativne vlažnosti ¹		RH ² pri - 6,7 °C		Ir ³	
	Vazduha po osobi	Puna učionica	Prazna	x = 1,4g/kg	<1 0	30	85
UV	25,5	57%-68%	63%-78%	24%	1,0	0,6	-
	17	56%-66%	60%-70%	36%	1,3	0,6	-
	8,5	54%-63%	58%-65%	<63%	1,6	0,7	-
VAV	25,5	50%-54%	43% ⁴	24%	-	0,8	0,7
COA+	25,5	55%-58%	47%	24%	1,0	0,5	-
Jedna zona	25,5	58%-75%	63%-75% ⁵	24%	1,0	0,7	-
DFDD	25,5	50%-54%	43% ⁶	24%	-	0,6	0,5

¹ u prostoriji, na 32°C db, 52% rh i 24°C, 75% rh spolja;

² u prostoriji, punoj, bez vlaženja;

³ indeks rizika od infekcije, baziran na uklanjanju zaraznih čestica iz povratnog vazduha;

⁴ min. 540 m³/h dovodnog vazduha, obavezno ponovno zagrevanje;

⁵ približno;

⁶ 540 m³/h min. primarnog vazduha.

temperatura dovodnog vazduha menja, a zadržava konstantna količina dovodnog vazduha u prostoriji. Iako je primena ovog sistema ograničena, u novim školama postoji sve veće interesovanje za njega.

Sistemi su procenjeni i upoređeni u odnosu na njihove mogućnosti da održavaju relativnu vlažnost u učionici, da obezbede provetranje pomoću svežeg vazduha i da ograniče koncentraciju infektivnih čestica koje se prenose vazduhom. Relativna vlažnost u prostoriji analizira se u odnosu na tri stanja spoljne sredine:

- 32°C db,	- 24°C db,	-6°C db,
- 24°C wb,	- 20°C wb,	-8°C wb,
- 16g/kg,	- 14 g/kg,	-1,4g/kg,
- 52%rh;	- 75 rh;	-50% rh.

Spoljni uslovi često ne predstavljaju ekstremne vrednosti vlažnosti u toku godišnjih doba koje se javljaju u mnogim delovima Sjedinjenih Država, uključujući i Merilend. Uslovi delimičnog opterećenja, prikazani u letnjem periodu pod (2), javljaju se češće od onih koji su izabrani za projekat, i mogu mnogo bolje da posluže za testiranje regulisanja vlažnosti u sistemu. Tokom letnjeg perioda ispitani su uslovi i kada su prostorije posednute i kada nisu posednute. Da bi se bolje shvatio uticaj različitog broja izmena spoljnog vazduha, upoređene su vrednosti od 8,5, 17,0 i 25,5 m³/h po osobi za sistem pojedinačnog ventilatora. U nekim oblasti-ma prihvaćene su vrednosti manje od 25,5 m³/h po osobi, preporučene u Standardu 62-1989, da bi se poboljšali uslovi relativne vlažnosti vazduha u učionicama. Broj izmena vazduha je konstantan tokom rada sistema, osim kada regulator ekonomičnosti propusti više spoljnog vazduha radi pri-rodnog hlađenja.

U studiji je poseban akcenat stavljen na čestice čija je veličina tri mikrona.

Ovakve čestice su tipične i otprilike su srednje veličine nukleusa kapljica koje sobom nose bakterije i viruse. Ove

isušene kapljice, koje se u vazduhu javljaju od kašljanja i kijanja, mogu da ostanu u suspenziji sa vazduhom zbog svoje male veličine, koja je obično od 1 do 5 mikrona. One mogu da se recirkulišu sistemom za dovod vazduha, osim ako se ne neutrališu filtriranjem ili dezinfekcijom. Da bi se procenilo koliko je filtriranje delotvorno, upoređeno je nekoliko filtera različite efikasnosti. Poređenje se vrši na osnovu indeksa rizika od infekcije (*I_r*) i zasnovano je na Wells-Reley-evoj jednačini. Indeks i jednačina su ranije već opisani u časopisu "ASHRAE Journal" (junski broj 1994). Ova empirijska dobijena jednačina uzima u obzir jačinu pojedinačnog izvora infekcije ili više izvora, broj izmena vazduha i vreme izloženosti infekciji.

Broj izmena vazduha koji razblažuju vazduh je zbir količine svežeg vazduha (sa pretpostavkom da ne sadrži nukleuse kapljica koje šire osobe koje borave u prostoriji) i ekvivalentne količine filtriranog povratnog vazduha, do veličine čestica od 3 mikrona. Snaga izvora koju obuhvata Wells-Releyeva jednačina izabrana je u opsegu od 20 do 40 kvanta po času.

Poređenje rizika se proverava pomoću jednačine ravnoteže mase (mass balance equation) (Standard 62-1989, str. 23) na osnovu brzine reprodukcije od 425 kolonija bakterija (CFU - colony forming units) u minuti po osobi. Upoređeni su samo filteri koji se najčešće koriste. Oni se razvrstavaju po efikasnosti prema metodi ispitivanja ASHRAE Dust Spot Efficiency. S obzirom da se odnose na tipičnu učionicu, karakteristike svakog ispitivanog sistema pobrojane su u tabeli 2.

Termoventilaciona jedinica izabrana za učionicu imala je 1700 m³/h, četvorocelni razmenjivač toplote, dovod hladne vode za hlađenje i tople vode za grejanje, sa proporcionalnom regulacijom protoka vode pomoću termostata koji se nalazi u prostoriji u kombinaciji sa regulatorom. Za grubi filter debljine 25 mm, koji se obično koristi, smatra se da ima efikasnost prema metodi dust spot manju od 10% i neznatan efekat uklanjanja čestica veličine tri mikrona.

Temperatura dovodnog vazduha u sistemu promenljive količine (VAV) za nijansu je veća od one kod termoventilacione jedinice usled veće toplote ventilatora. Filtri sa 30% većom površinom efikasniji su 60% u uklanjanju čestica veličine tri mikrona, a filteri sa 85% većom površinom efikasniji su 98% u uklanjanju čestica veličine tri mikrona.

U sistemima za dovod klimatizovanog svežeg vazduha temperatura vazduha bliska temperaturi vazduha u prostoriji. Nakon odvlaživanja temperatura vazduha se povećava do nivoa koji određuje naknadno zagrevanje ili rekuperacija toplote, da bi se izbeglo pothlađivanje prostorije. Određeni stepen efikasnosti (odnosno prečišćavanja) filtera primenjuje se na vazduh koji cirkuliše kroz ventilator-konvektor u prostoriji, da bi se postigla ekvivalentna vrednost čistoće sa spoljnim vazduhom.

Hladnjak sa direktnim isparavanjem kod jednozonskih krovnih jedinica (SZRT) reguliše se uključivanjem i isključivanjem pomoću termostata u učionici. Prostorija se neprekidno provetrava.

Filtri izabrani za primarni i sekundarni tok vazduha dvokanalnog sistema sa dva ventilatora (DFOT) isti su kao i za sistem sa promenljivom zapreminom vazduha (VAV). Za razliku od sistema sa promenljivom zapreminom vazduha, dovod vazduha u učionicu je konstantan.

Rezultati

Dobijeni toplotni uslovi u prostoriji su za svaki od ovih pet sistema određeni psihometrijskom analizom koja je zasnovana na izabranim parametrima opisanim u tabeli 3. U svim sistemima, vlažnost u prostoriji se u nekoj meri indirektno reguliše kao posledica regulacije temperature u prostoriji. Tokom rada sistema, vlažnost u prostoriji se menja u zavisnosti od veličine osetljivog toplotnog opterećenja. U perifernim posjednutim učionicama vlažnost će varirati prvenstveno u zavisnosti od priliva toplote svuda. Kada prostorije nisu posjednute, a sistem radi pri ugašenom svetlu, osetljivo toplotno opterećenje u sobi je minimalno. Sa nekim sistemima, vlažnost u prostoriji dostiže maksimalnu vrednost kada je učionica prazna. Stepenn vlažnosti iznad 60% izaziva stvaranje budi. Visoka relativna vlažnost unutar prostorije često ukazuje na prisustvo vlage na površini ili dubljem sloju spoljnog omotača prostorije. Ovakva vlaga je uslov za brzo širenje budi. Pod ovakvim okolnostima stepen korisnog dejstva ventilacije i filtriranja u odnosu na smanjenje koncentracije gljivica može da bude vrlo ograničen. Spore i mikrotoksini koje stvara bud mogu biti neprijatnog mirisa i mogu negativno delovati na zdravlje osoba koje borave u prostoriji. Vlažnost u prostoriji tokom zime je posledica kako vlažnosti spoljnog vazduha, tako i vodene pare koju daju korisnici prostorije.

Indeks rizika od infekcije 1,0 je vrednost zasnovana isključivo na efektu razređivanja koje ima 15 (25,5 m³/h) svežeg vazduha. Drugačije vrednosti od 1,0 mogu se porediti sa ovim osnovnim stanjem. Analiza ravnoteže mase dala je veće promene sa indeksom rizika (pri redukciji ventilacije svežim vazduhom od onih koje daje Wells-Rileyeva jednačina. Ovaj drugačiji pristup ukazuje da se rizik termoventilacionih jedinica sa filterima <10% proporcionalno povećava sa smanjenjem svežeg vazduha, ali sa filterima sa 30% efikasnosti, dve metode analize dale su skoro podudarne rezultate.

Razmatranje

Termoventilacione jedinice. S obzirom da se tačka rose dovodnog vazduha reguliše pomoću termostata, smanjenje osetljivog toplotnog opterećenja u prostoriji može da izazove visoki stepen vlažnosti čak i kada latentno opterećenje od korisnika prostorije ne postoji. Iako to nije proučavano,

čeaona i obilazna regulacija (face and by-pass controls) vazduha umesto regulacije protoka vode, možda bi dale donekle niže maksimalne vrednosti. Vlažnost u prostoriji bila bi čak veća u uslovima velike vlažnosti u južnijim krajevima, ali i na drugim mestima tokom letnjih kišnih perioda.

Smanjen broj izmena spoljnog vazduha ne eliminiše ni u potpunosti mogućnost da relativna vlažnost bude veća ka-da je vreme toplo. Takođe je očigledno da i tokom zime ma-la količina spoljnog vazduha može da izazove veliku vlažnost u učionici, što se može videti po kondenzaciji na prozorima.

Smanjen rizik od infekcije, čemu doprinosi korišćenje filtera sa efikasnošću od 30%, može da stavi u drugi plan korist koja se ogleda u manjem nagomilavanju prljavštine na unutrašnjim delovima ventilatora i manjem širenju mikroba sa tog mesta.

Sistem sa promenljivom veličinom vazduha (VAV). Minimalan dovod vazduha u učionici obično će biti veći od minimalnog broja izmena spoljnog vazduha usled ograničenja regulatora protoka ili želje projektanta da održava veći dovod vazduha radi razređivanja i bolje distribucije vazduha u prostoriji. Tokom većine zimskih dana protok vazduha treba da bude minimalan. Moguće je da će biti neophodno predgrevanje i ponovno zagrevanje da bi se izbeglo preterano hlađenje prostorije. Čak i sa filterima sa 85% efikasnosti, indeks rizika od infekcije ostaje relativno visok zbog smanjenog protoka vazduha tokom celog vremenskog perioda ka-da je prostorija posjednuta.

Dovod klimatizovanog spoljnog vazduha zajedno sa sobnom jedinicom koja recirkuliše vazduh. Prostorija se isušuje dovodom vazduha sa niskom tačkom rose i sobnom jedinicom. Smanjenje pri I_r je isključivo rezultat poboljšanja filtriranja vazduha koji se recirkuliše preko sobnog ventilator-konvektora.

Jednozonske krovne jedinice. Uslovi visoke vlažnosti nastaju usled dovoda vlažnog spoljnog vazduha preko krovne jedinice sa hladnjakom koji je isključen preko sobnog termostata. Deo vlage, koja se kondenzovala na hladnjaku tokom ciklusa hlađenja, ponovo isparava povećavajući sadržaj vodene pare u dovodnom vazduhu. Usled toga što je periodičnost ciklusa hlađenja promenljiva, gornja granica opsega vlažnosti je skoro ista.

Dvokanalni sistem sa dva ventilatora. Analiza pokazuje jednako ili bolje funkcionisanje od ostalih sistema u pogledu regulisanja vlažnosti i najmanjeg indeksa rizika od infekcije (primenom filtera sa 85% efikasnosti). Analiza ravnoteže mase pokazala je čak veći efekat u smanjenju koncentracije CFU (smanjenje od 65%) nego što je dobijeno jednači-nom Wells-Rileya.

Pojavila se određena zabrinutost da broj izmena vazduha koji preporučuje ASHRAE doprinosi stvaranju problema vezanih za kvalitet vazduha u prostoriji jer povećava vlažnost u njoj. Ova ispitivanja pokazuju da mogućnosti sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju imaju veći uticaj na vlažost u prostoriji nego broj izmena spoljnog vazduha.

Zaključak

Vrlo često se ne uzima u obzir uticaj koji izbor sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju ima na toplotne uslove i kvalitet vazduha u prostoriji. O izboru sistema najčešće odlučuje inženjer projektant u saradnji sa arhitektom i osobljem škole koji najčešće uzimaju u obzir investicione troškove i prethodno iskustvo vezano za sistem grejanja, ventilacije i klimatizacije. U ovom trenutku, veći akcenat se stavlja na zadovoljenje osoba koje borave u učionicama. Mogućnosti sistema koji se primenjuju da bi ostvarili ovaj cilj zaslužuju veliku pažnju.

Inženjer projektant je taj koji je odgovoran za pažljiv izbor sistema. U ovom članku se ne daje prednost jednom sistemu u odnosu na druge, već je reč o kriterijumima za kompletnu procenu sistema i mogućnosti da projektanti utiču na ostale

prilikom izbora onog sistema za grejanje, ventilaciju i klimatizaciju koji će doprineti boljim i primerenijim uslovima za učenje i praćenje nastave u školama.

kg**h**

Arthur E. Wheeler

CLASSROOM VENTILATION

Summary

Commonly applied minimum outdoor air ventilation rates for school classrooms have evolved during the past hundred years from 51 m³/h (15 L/s) per person down to 17 m³/h (5 L/s) per person in the mid-1920s. The rate dropped to half that some fifty years later with the onset of the energy crunch. Most recently it rose to 25,5 m³/h (7,5 L/s) per person with ANSI/ASHRAE Standard 62-1989: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. These shifts are the results of changes in the understanding of appropriate objectives and the nature of pollutants and their effects upon occupants. Conclusions have always been tentative due to difficulties in evaluating quantitatively the effectiveness of ventilation rates. The invariable presence of other environmental factors, some unrelated to air quality, confounds results. As always, non-environmental considerations, especially economics and energy use, continue to influence ventilation rate choices.

The paper presents the investigation results of some different HVAC systems which are mostly applied in schools and influence of that outdoor air ventilation rate on air quality in classrooms.