

تعیین نرخ تهویه بر اساس استاندارد 62 ASHRAE برای دستیابی کیفیت قابل قبول هوای داخل

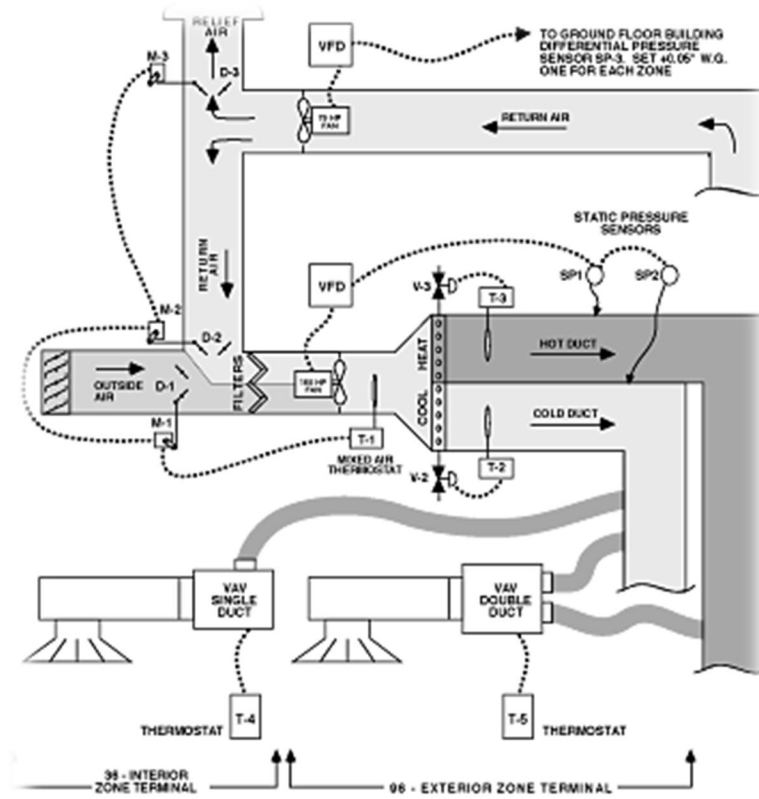


Fig. 1

ORIGINAL CONTROLS, EAST ZONE AHU (WEST ZONE SIMILAR)

استاندارد ANSI/ASHRAE Standard 62 در سال ۱۹۷۱ و ۱۹۸۱ منتشر و در ۱۹۸۹ بازنگری کلی گردید. بازنگری کلی، آنرا برای مرجع شدن در کدهای ساختمان آسان کرد.

استاندارد 2004-62.1 برای همه فضاهای داخل یا بسته که ممکن است افراد اشغال کنند بکار می رود با این شرط که الزامات اضافی ممکن است برای آزمایشگاه، صنعت و دیگر فضاها نیاز باشد. همانطور که قبلا اشاره شد، تهویه مسکونی بطور ویژه در Standard 62.2-2004 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential پوشش داده شده است. باید توجه داشته باشید که بسیاری از مراجع ذیصلاح محلی نیازهای بیشتر و الزامات ویژه‌ای برای تهویه محلهای مسکونی نسبت به استاندارد ASHRAE قائل هستند. برای فعالیتهای صنعتی باید به تهویه صنعتی منتشر شده توسط ACGIH مراجعه نمود. اولین بخش استاندارد 2004-62.2 بیان می کند که :

هدف از این استاندارد مشخص کردن حداقل نرخهای تهویه و کیفیت هوای داخل بصورتی که برای افراد ساکن در آنجا قابل قبول خواهد بود و حداقل پتانسیل اثرات مضر سلامتی مورد انتظار را داشته باشد.

توجه داشته باشید که این یک استاندارد حداقل است و هدف آن فراهم کردن کیفیت قابل قبول هوای داخل است که بصورت زیر تعریف می شود :

هوایی که در آن همانطور که توسط افراد ذیصلاح آگاه تعیین می شود آلاینده های شناخته شده در غلظتهای زیان آور وجود ندارد و اینکه در اکثریت قابل توجه افراد (۸۰درصد یا بیشتر) مواجهه نارضایتی را به همراه ندارد. این استاندارد، دو نوع از الزامات را برای حفظ کیفیت هوای داخل تعریف می کند: الزاماتی برای محدود کردن آلاینده ها و الزاماتی برای فراهم کردن تهویه جهت ترقیق و حذف آلاینده ها. الزامات محدود کردن آلاینده ها نیز خود، شامل الزامات متعدد طراحی سیستم و ساختمان برای به حداقل رساندن مشکلات رطوبت است که نوعا منجر به مشکلات کپک می شود، شامل :

الزامات برای فیلترکنندگی

جداسازی فاصله بین ورودیهای هوای بیرونی و خروجی های هوای آلوده

قواعد و قوانین بازچرخانی هوا بین ناحیه هایی که سطوح مختلفی از آلاینده ها را دارند.

الزامات نگهداری و بهره برداری

الزامات طراحی و نگهداری مستندات

استاندارد 2004-62.1 الزام می کند که :

هوا از فضاهایی که در آن سیگار کشیده می شود نباید به فضاهایی که سیگار کشیده نمی شود، باز چرخانی شود یا انتقال یابد. علاوه براین فضاهای دارای دود سیگار، باید نسبت به فضاهایی که در آن سیگار کشیده نمی

شود، بیشتر تهویه شده و یا پاکسازی هوای در آنها صورت گیرد. با این وجود استاندارد فوق توصیه خاصی برای فضاهای کشیدن سیگار ندارد.

دو رویکرد برای تامین تهویه، ساکنین به منظور هوای استنشاقی و ترقیق آلاینده های غیر قابل اجتناب وجود دارد:

روش^۱ کیفیت هوای داخل، کیفیت هوا قابل قبول، در داخل بوسیله کنترل آلاینده های معین و قابل تعیین تا حدود قابل قبول حاصل می شود. موارد استعمال روش کیفیت هوای داخل، استفاده از فیلترهای ذره ای و گازی برای کمک به دست یابی و نگهداری کیفیت هوای قابل قبول را مجاز می داند. پیچیدگی روش فراتر از این مبحث بوده و در اینجا بحث نخواهد شد.

روش نرخ تهویه، کیفیت هوای قابل قبول با تامین هوای تهویه با کیفیت و کمیت معین حاصل می شود. روش نرخ تهویه مبتنی بر فراهم کردن مناسب هوای تامینی قابل قبول بیرون برای ترقیق و حذف آلاینده ها در فضا برای فراهم کردن کیفیت هوای داخل قابل قبول می باشد. در هوای بیرونی قابل قبول باید سطح آلاینده ها در محدوده استاندارد های ملی باشد.

هوای بیرونی پایه مورد نیاز برای تهویه مبتنی بر نرخ دبی به ازای هر فرد^۲ بعلاوه نرخ دبی بر هر فوت مربع^۳ می باشد. این نیاز پایه سپس برای تصویب اثر بخشی تهویه و اثر بخشی سیستم در هر فضا تعدیل می شود. با تهیه یک گلچینی از داده های تهویه پایه از جدول ۶-۱ استاندارد ۶۲-۱-2004 که در جدول زیر نشان داده شده است بطور خلاصه از این بحث می گذریم.

¹ Procedure

² Cfm/person,

³ cfm/ft²

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft ²	L/s·m ²		Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
						#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person	L/s·person	
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories									
Bedroom/living Room	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Barracks sleeping areas	5	2.5	0.06	0.3		20	8	4.0	1
Lobbies/prefunction	7.5	3.8	0.06	0.3		30	10	4.8	1
Multi-purpose assembly	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1
Office Buildings									
Office space	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1

GENERAL NOTES FOR TABLE 6-1

- 1 Related Requirements:** The rates in this table are based on all other applicable requirements of this standard being met.
- 2 Smoking:** This table applies to no-smoking areas. Rates for smoking-permitted spaces must be determined using other methods. See Section 6.2.9 for ventilation requirements in smoking areas.
- 3 Air Density:** Volumetric airflow rates are based on an air density of 0.075 lb_{da}/ft³ (1.2 kg_{da}/m³), which corresponds to dry air at a barometric pressure of 1 atm (101.3 kPa) and an air temperature of 70°F (21°C). Rates may be adjusted for actual density but such adjustment is not required for compliance with this standard.
- 4 Default Occupant Density:** The default occupant density shall be used when actual occupant density is not known.
- 5 Default Combined Outdoor Air Rate (per person):** This rate is based on the default occupant density.
- 6 Unlisted Occupancies:** If the occupancy category for a proposed space or zone is not listed, the requirements for the listed occupancy category that is most similar in terms of occupant density, activities and building construction shall be used.
- 7 Residential facilities, Healthcare facilities and Vehicles:** Rates shall be determined in accordance with Appendix E.

به اولین گروه از ساکنین، اتاق خواب هتل، نگاه کنید، در اینجا الزام به ازای هر شخص ۵ cfm و ۰.۰۶ cfm/ft² باشد. تراکم تعداد ساکنین پیش فرض ۱۰ نفر در ۱۰۰۰ ft² می باشد، نرخ هوای ترکیبی بیرون در ۱۰۰۰ ft² برابر است با:

تعیین نرخ تهویه بر اساس استاندارد ۶۲ ASHRAE برای دستیابی کیفیت قابل قبول هوای داخل

$10 \text{ people} \cdot 5 \text{ cfm/person} + 1000 \text{ ft}^2 \cdot 0.06 \text{ cfm/ft}^2 = 50 \text{ cfm} + 60 \text{ cfm} = 110 \text{ cfm}$
 بنابراین نرخ هوای ترکیبی شده بیرونی، شرایط پیش فرض برابر 110 cfm برای ۱۰ نفر اشغال کننده فضای 1000 ft^2 می باشد. وقتی که به جمعیت پیش فرض ۱۰ نفر تقسیم می شود ما به الزام مبنا بر هر فرد یعنی (۱۱) cfm به ازای هر نفر) می رسیم.

اکنون به آخرین گروه هتل، محل نشست چند منظوره^۴ نگاه کنید. میزان دبی به ازای هر فرد 5 cfm و میزان دبی به ازای فوت مربع 0.06 cfm (همان مقادیر بالا) است آنچه متفاوت است، تراکم تعداد افراد اشغال کننده پیش فرض ۱۲۰ نفر به ازای ۱۰۰۰ فوت مربع است. با تراکم افراد اشغال کننده بالاتر، تهویه برای فضا خیلی کمتر چشمگیر (محسوس) است و بنابراین دبی هوای ترکیب شده بیرونی به ازای هر نفر با نصف کردن به $5/5 \text{ cfm}$ می رسد، که در جدول به ۶ گرد شده است.

بنابراین این نرخ های (مقادیر) هوای بیرونی پیش فرض باید با در نظر گرفتن سهم هوای تهویه ای که بطور واقعی از طریق منطقه تنفسی بازچرخانی می شود، تنظیم شود. اگر ما فرض کنیم که فقط ۹۰ درصد از هوای بیرون به منطقه تنفسی وارد می شود و ۱۰ درصد بقیه در بالای منطقه تنفسی بازچرخانی و خارج می شود، بنابراین فقط ۹۰ درصد از هوای بیرون به طور موثر استفاده می گردد. بنابراین سهم هوایی که بطور واقعی به منطقه تنفسی بازچرخانی می شود، **اثربخشی توزیع هوای ناحیه ای**، نامیده می شود. در این مثال اثربخشی توزیع هوای ناحیه ای ۰/۹ خواهد بود. ناحیه تنفسی، بین ۳ و ۷۲ اینچ از کف و ۲۴ اینچ از دیوارها یا تجهیزات هواساز تعریف می شود.

اجازه دهید فضایی که هوای تهویه ای آن از دریچه سقفی تامین می شود را در نظر بگیریم. استاندارد ۲۰۰۴-۶۲،۱ اثربخشی توزیع هوای ناحیه ای برای هوای سرد فراوری شده در سطح سقف را ۱ توصیه می کند، برای بدست آوردن نرخ تهویه تصحیح شده، ما نرخ مبنا را به اثربخشی توزیع هوای ناحیه ای تقسیم می کنیم. در این مورد نرخ هوای خروجی پیش فرض که به اثربخشی توزیع هوای ناحیه ای تقسیم می شود برابر ۱ است، که به این معنی است که نرخ پیش فرض تغییر نمی کند.

اکنون اجازه دهید فرض کنیم که همان سیستم برای گرم کردن در زمستان استفاده می شود. در این مثال، حداکثر دمای طراحی تامینی ۹۵ درجه فارنهایت است و دمای فضای طراحی ۷۲ درجه فارنهایت است. دمای هوای تامینی:

$$95^{\circ}\text{F} - 72^{\circ}\text{F} = 23^{\circ}\text{F}$$

۲۳ درجه فارنهایت بالاتر از دمای فضا است. بر اساس استاندارد ۲۰۰۴-۶۲.۱ برای گرم کردن هوای بیشتر از ۱۵ درجه فارنهایت، بالاتر از دمای تامین شده فضا در سطح سقف و بازگشت سقفی، اثر بخشی توزیع هوای

⁴ Multi-purpose assembly

تعیین نرخ تهویه بر اساس استاندارد ۶۲ ASHRAE برای دستیابی کیفیت قابل قبول هوای داخل

ناحیه ای ۰/۸ است. در این مثال، با نرخ پیش فرض تقسیم شده بر ۰/۸، تهویه مورد نیاز تصحیح شده برابر است با

$$1/0.8 = 1.25$$

این به این معنی است که هوای بیرونی مورد نیاز، در مقایسه با موقعیت فقط سرمایش، به اندازه ۲۵ درصد افزایش می یابد. اگر این سیستم در کل سال در حال کار باشد، در نتیجه برای نیاز بالاتر در زمستان، تهویه باید طراحی شود.

تا اینجا از نرخ های جدول 2-6 برای بدست آوردن نرخهای تهویه مبنا استفاده کردیم و سپس آنها برای تشخیص اثربخشی توزیع هوای ناحیه ای در فضا، تصحیح شدند. حالا باید به اثر بخشی سیستم توجه کنیم. اگر سیستم فقط به یک ناحیه ارسال می شود و یا ۱۰۰ درصد هوای بیرون را به چندین ناحیه ارسال می کند، نرخ محاسبه شده استفاده می شود. به هر حال اگر سیستمی چندین ناحیه را با مخلوطی از هوای بیرون و هوای برگشتی بازچرخانی شده هوا دهی می کند، ممکن است مجبور باشیم یک تنظیمی روی سیستم داشته باشیم که با توجه به سهم های متفاوت هوای بیرون هر ناحیه، ورودی به نواحی مختلف تامین شود.

برای مثال در یک ساختمان اداری ممکن است برای اتاقهای اداری به ۱۵ درصد هوای بیرون و برای اتاق کنفرانس به ۲۵ درصد هوای بیرون نیاز داشته باشد. اگر سیستم فقط ۱۵ درصد را فراهم کند، در نتیجه اتاق کنفرانس تهویه نشده خواهد ماند. هرچند مقدار ۲۵ درصدی اتاق کنفرانس، تهویه خیلی بیشتری از تهویه مورد نیاز برای سایر اتاق های اداری فراهم خواهد کرد. استاندارد 2004 - 62.1 شامل محاسبه ساده ای برای بدست آوردن نرخ، بین ۱۵٪ و ۲۵٪ است که هوای بیرون کافی را برای همه ناحیه ها فراهم می کند.

تنظیمات بیشتر می تواند با توجه به تعداد افراد ساکت متغیر و برای تعلیق های^۵ (اختلالات) کوتاه در عملکرد سیستم در نظر گرفته شود. فقط یک مثال از این نوع تنظیم می تواند در کلیساهای با سقف بلند باشد. اگر دوره های کار سیستم در دوره های محدود بوده (در طی نیم ساعت و یک ساعت) و حجم ناحیه ای به ازای هر نفر بزرگ باشد، بنابراین نرخ تهویه هوای بیرون می تواند بر اساس متوسط جمعیت در یک دوره محاسبه شده، باشد. این کار ممکن است، اساسا جریان هوای بیرون مورد نیاز را کاهش دهد.

در خصوص این استاندارد مهم است که بدانید که ویرایشهای قبلی استاندارد بطور کلی تهویه مورد نیاز مبنی بر cfm به فرد محاسبه می شد و سائز نواحی در نظر گرفته نمی شد. مقررات ساده تر، یک روش ساده ای از تعدیل نرخهای تهویه برای مطابقت نیازهای واقعی فرد اشغال کننده در فضاهای اشغال شده از روی تراکم را تسهیل می کند. بخش زیر اینکه چگونه دی اکسید کربن می تواند برای تعیین نیازهای تهویه ای در این موقعیتها استفاده شود را تشریح می کند.

⁵ interruptions

استفاده از دی اکسید کربن برای نرخ کنترل تهویه

همه ویرایشهای این استاندارد اجازه کاهش تهویه را برای زمانی که مشخص می شود، تراکم جمعیت کمتر است، می دهد. برای مثال تهویه برای محلهای نمایش تئاتر و فیلم باید برای پرشدن کامل تمام سالن در نظر گرفته شود، اگرچه سالن تئاتر ممکن است اغلب کمتر از نصف پر شده باشد. در مواقع عدم پر شدن کامل، اگر بتوانیم نرخ تهویه را برای تطابق با جمعیت واقعی کاهش دهیم باید انرژی صرفه جویی خواهد شد. در ویرایش های استاندارد ۶۲ که در 2004 معرفی شد، نرخهای تهویه مبتنی بر cfm/person است. در نتیجه تهویه می تواند بر اساس تعداد جمعیت حاضر تعدیل شود.

بطور معمول برای اهداف اندازه گیری، جمعیت هوایی را تنفس می کند که حاوی اکسیژن است و در بازدم هوایی را خارج می کند که دارای مقدار کمتری اکسیژن بوده و مقداری دی اکسید کربن را به همراه دارد. مقدار دی اکسید کربنی که خارج می شود متناسب با فعالیت فرد است، در صورتی که فعالیت فرد افزایش یابد CO_2 بیشتری خارج می شود. این CO_2 خارج شده می تواند برای ارزیابی تعداد افراد حاضر در آن مکان اندازه گیری و بکار گرفته شود.

در سالن تئاتر و فیلم، افراد (با فرض بالغ بودن) همگی نشسته اند و نرخ متابولیسم حدود $1,2 \text{ met}$ دارند. در $1,2 \text{ met}$ ، میانگین CO_2 خارج شده بوسیله بالغین $0,011 \text{ cfm}$ می باشد. همانطور که در شکل نشان داده شده است، همین طور که افراد CO_2 را از ریه هایشان خارج می کنند، هوای تهویه ای در حال آورده شدن از هوای بیرون دارای سطوح پایین CO_2 است. این فرایند می تواند در رابطه زیر بیان شود:

$$VC_{\text{space}} = N + VC_{\text{outside}}$$

در اینجا

V : حجم هوای بیرون، cfm ، ورودی به فضا،

N : حجم CO_2 تولید شده توسط یک فرد، cfm ،

C_{outside} : غلظت حجمی حجمی CO_2 در هوای تازه ورودی از بیرون ft^3/ft^3

C_{outside} : غلظت حجمی حجمی CO_2 در هوای خروجی ft^3/ft^3

برای سالن تئاتر و سینما مثال (شبهه اتاق جلسات هتل⁶) نرخ تهویه مورد نیاز برابر 15 cfm به ازای هر فرد است. با قرار دادن مقادیر برای N و V بصورت زیر محاسبه می شود:

$$VC_{\text{space}} = N + VC_{\text{outside}}$$

$$15 \text{ cfm} \times C_{\text{space}} = 0.011 \text{ cfm} + 15 \text{ cfm} \times C_{\text{outside}}$$

$$15 \text{ cfm} \times C_{\text{space}} - 15 \text{ cfm} \times C_{\text{outside}} = 0.011 \text{ cfm}$$

⁶ hotel assembly-room

تعیین نرخ تهویه بر اساس استاندارد ۶۲ ASHRAE برای دستیابی کیفیت قابل قبول هوای داخل

$$(15 \text{ cfm} \times C_{\text{space}} - 15 \text{ cfm} \times C_{\text{outside}})/15 \text{ cfm} = 0.011 \text{ cfm}/15 \text{ cfm}$$

$$C_{\text{outside}} - C_{\text{space}} = 0.011/15 \text{ (ft}^3/\text{ft}^3)$$

$$C_{\text{outside}} - C_{\text{space}} = 0.000733 \text{ (ft}^3/\text{ft}^3)$$

این در حدود ۷۰۰ قسمت در میلیون دی اکسید کربن در هوای بازدم خروجی می باشد. توجه داشته باشید که این محاسبه

بر مبنای تهویه صورت گرفته توسط یک فرد و دی اکسید کربن تولید شده توسط یک نفر می باشد. از آن جایی که هرچیزی تناسبی است، صرف نظر از اینکه چه تعداد افراد در فضا حضور دارند، نتیجه مشابه است. غلظت دی اکسید کربن بیرون بطور معمول در رنج بین ۳۵۰ تا ۴۰۰ ppm می باشد. بنابراین سطح دی اکسید کربن ورودی توسط دی اکسید کربن تولیدی توسط شاغلین افزایش می یابد:

$$350 + 700 = 1050 \text{ ppm}$$

در شهرهای آلوده، غلظت دی اکسید کربن کربن ممکن است خیلی بیشتر باشد، تا مقدار ۶۵۰ ppm ذکر شده است. در این مورد غلظت داخل برای همان میزان تهویه به صورت زیر خواهد شد:

$$650 + 700 = 1350 \text{ ppm}$$

در این سالن تئاتر، ما می توانیم از یک حسگر CO₂ برای اندازه گیری سطح CO₂ و ارتباط آن با یک کنترلر برای باز کردن دمپره های هوای بیرون، برای حفظ سطح CO₂ کمتر از ۱۰۰۰ ppm استفاده کنیم. از این طریق، هوای بیرون تامینی، نیازهای افراد حاضر برآورده می کند. اگر غلظت دی اکسید کربن بیرون بالای ۳۰۰ ppm باشد، بنابراین کنترلر ما در ۱۰۰۰ ppm تنظیم خواهد شد، که باعث تهویه بیش از حد در مقایسه با تهویه کمتر از میزان لازم خواهد شد. در این فرایند دی اکسید کربن به عنوان نشانگر جایگزین^۷ برای تعداد افراد حاضر استفاده خواهد شد.

استفاده از روش کنترل توسط CO₂ واقعا در فضای با تراکم جمعیت بال توسط یک سیستم اختصاصی به خوبی کار می کند، ولی این کنترل گر، در ساختمانهای با جمعیت خیلی متغیر و پایین، کارکرد ضعیفی دارد. در محاسبات شرایط (جهان) ایده آل فرض می شود و همانطور که می دانیم این یک فرض اشتباه است (بعبارتی بعضی فرضیات در این روش کنترل در نظر گرفته می شوند که در دنیای واقعی وجود ندارد). مهمترین فرضیات عبارتند از:

مخلوط شدن ایده آل (کامل): مخلوط شدن معمولا کاملا خوب است اما مقداری از هوای تهویه ممکن است به فضایی که ساکنین اشغال می کنند، نرسد.

⁷ surrogate indicator

تعیین نرخ تهویه بر اساس استاندارد ۶۲ ASHRAE برای دستیابی کیفیت قابل قبول هوای داخل

شرایط پایدار: برای اینکه واقعا پایداری برای غلظتهای CO₂ اتفاق بیافتد، از ۱۵ دقیقه تا چندین ساعت، زمان لازم است. طول مدت زمان بستگی به حجم فضا به ازای هر فرد دارد. در فضاهای پرجمعیت، شرایط پایدار می تواند سریعاً قابل حصول باشد، ولی در فضاهای با تراکم جمعیتی پایین، ممکن است ساعتها طول بکشد.

توزیع یکنواخت افراد در فضا: اگر افراد در کنار هم تجمع داشته باشند، باعث می شود سطح دی اکسید کربن در اطراف شان بالاتر برود و در قسمتهای با تراکم کمتر جمعیتی، پایین تر شود.

این کاربرد ساده دی اکسید کربن بعلت نیاز تهویه ای فضا cfm/ft^2 ، نمی تواند بعنوان یک جایگزین تحت الزامات استاندارد 2004 - 62.1 استفاده شود. روشهای پیچیده دیگری نیز برای استفاده تحت الزامات 2004 62.1 موجود است که خارج از دامنه بحث در اینجا هستند.