فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز
سال پنجم، شماره ۳ (پیاپی: ۱۶)، شهریور ۱۳۹۸
ISSN: 2476-5368

ارتقا آسایش حرارتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی به کمک سیستم‌های تهویه طبیعی در کتابخانه‌ها

فاطمه پناهی[1]*، مسعود ملک‌زاده[2]، علی شرقی[3]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۶
کد مقاله: ۷۴۹۹۴

چکـیده

با توجه به ساعات کار و ابعاد کتابخانه‌ها که هر روز از آغازین لحظات صبح تا اواخر شب‌ها باز و مشغول ارائه خدمات به مخاطبین خویش هستند می‌توان گفت که این بناها در زمره ابنیه با مصرف انرژی بالا در امر ایجاد تهویه مطبوع و آسایش حرارتی قرار می‌گیرند که باعث می‌گردد هزینه بهره‌برداری از آن‌ها خیلی زیاد باشد. براین اساس، منظور از پژوهش حاضر پیش از آنکه در پی دستیابی به فرمولی برای خلق پروژه‌ای موفق در زمینه معماری باشد، سعی در جلب‌توجه ویژه صاحب‌نظران اهل‌فن و سیاست‌گذاران به مقوله بهینه‌سازی مصرف انرژی و معماری پایدار و به‌طور خاص، بررسی رابطه بین عملکرد فضاهای مختلف کتابخانه با سیستم‌های تهویه طبیعی است. هدف این تحقیق در درجه اول دل‌پذیرتر کردن فضای کتابخانه برای دانشجویان و کاربران به جهت طولانی بودن ساعت اقامت در این بنا و در درجه دوم ارائه راهکارهایی برای ارتقاء آسایش حرارتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی مرتبط با طراحی کتابخانه در راستای چگونگی استفاده از انرژی‌های پاک در امر تهویه می‌باشد. نتایج این پژوهش حاکی بر آن است که سیستم و اصول تهویه طبیعی منافاتی با عملکرد فضاهای مختلف کتابخانه ندارد و می‌توان با در نظر گرفتن و اعمال ضوابط در طراحی همساز با اقلیم، از تهویه طبیعی و مزیت‌های آن به‌عنوان ارائه راهکارهایی برای ارتقاء شرایط آسایش حرارتی کاربران و بهینه‌سازی معماری کتابخانه‌ها در اقلیم گرم و خشک بهره برد. گرداوری اطلاعات در این تحقیق با استفاده از جدیدترین پژوهش‌ها و مقالات در منابع کتابخانه‌ای، استفاده از سایت‌های معتبر، اطلاعات محلی، مطالعه میدانی و تهیه پرسشنامه در زمینه موردنظر می‌باشد.

واژگـان کلـیدی: کتابخانه، تهویه طبیعی، ارتقاء آسایش حرارتی، کاهش مصرف انرژی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری دانشگاه غیرانتفاعی شهاب دانش واحد قم (نویسنده مسئول)
(fatemeee.panahi70@gmail.com)
۲- دانشیار گروه مهندسی معماری دانشگاه غیرانتفاعی شهاب دانش واحد قم
۳- دانشیارگروه مهندسی معماری دانشگاه غیرانتفاعی شهاب دانش واحد قم

۱- مقدمه

کتابخانه نهادی است که در عین حفظ میراث دیروز نقشی فعال در شکل دادن به امروز و تغییر جامعه به‌سوی فردای متعالی دارد و چه‌بسا کلیه اجزای آن نیز با معماری پایدار سازگار گردیده‌اند. وجود کتابخانه‌هایی که جایگاه فرهنگی و اجتماعی خود را حفظ کرده‌اند، در کنار تکنولوژی جدید منطقی به نظر می‌رسد. تکنولوژی‌های جدید که می‌توانند عمل تهویه را منفک از سوخت‌های فسیلی و تجدید ناپذیر انجام دهند. با گسترش شهرنشینی و افزایش روزافزون جمعیت، جایگاه محیطزیست و صرفه‌جویی در منابع پایان‌پذیر فسیلی، نیاز به بهره‌مندی از انرژی‌های تجدید پذیر و پاک مانند انرژی خورشیدی و استفاده حداکثری از تهویه طبیعی به‌منظور ارتقاء آسایش حرارتی، روزبه‌روز بیشتر احساس می‌شود. (کرمی راد و همکاران،۱۳۹۵) پس می‌توان با استفاده از تکنولوژی‌های روز این‌گونه سیستم‌های تهویه طبیعی را در کتابخانه‌ها راه‌اندازی کرد تا کارایی تهویه و آسایش حرارتی انسان را در این فضاها ارتقاء یابد. همچنین در عصر حاضر استفاده از عناصر تهویه سنتی به‌صورت گذشته امکان‌پذیر نیست اما با بررسی عملکرد آن‌ها می‌توان به اصول و المان‌هایی دست‌یافت که به نظر می‌رسد با کمک تکنولوژی‌های جدید اهداف معماری پایدار را برآورده می‌سازد. امروزه سیستم‌های مکانیکی تهویه منجر به افزایش روزافزون مصرف انرژی می‌شود که آلودگی محیطزیست را به دنبال دارد. این‌گونه به نظر می‌رسد که سامانه‌های تهویه طبیعی در طی سالیان توانسته‌اند به اصولی دست یابند که با اصول معماری پایدار در مقوله انرژی در تطابق است.

۲- بیان مسئله و ضرورت تحقیق

با رعایت الگوها و تکنیک های کاهش مصرف انرژی در بناهای عمومی شهری نظیر کتابخانه‌ها ضمن کاهش هزینه ها و رسیدن به اهداف زیست محیطی، می‌توان در راستای آگاه سازی جامعه نسبت به اهمیت مسئله کاهش مصرف سوختهای فسیلی و استفاده از انرژی‌های پاک قدم برداشت تا ضمن حفظ سرمایه های ملی، از آلودگی های زیست محیطی نیز تا حد امکان جلوگیری نمود.

برای حرکت به سمت این هدف، این پژوهش در پی دستیابی به پاسخ سؤالاتی از این قبیل است:

۱- چگونه استفاده از سیستم‌های تهویه طبیعی باعث ارتقاء آسایش حرارتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در یک کتابخانه می‌شود؟

۲- طراحی اقلیمی تا چه حد به سازوکار تهویه طبیعی کمک میکند؟

۳- سازو کار سیستم‌های تهویه طبیعی در فضاهای مختلف کتابخانه چگونه است؟

۴- آیا به کارگیری سیستم‌های تهویه طبیعی منافاتی با عملکرد فضاهای مختلف کتابخانه دارد؟

۵- تاثیر تهویه طبیعی بر طراحی اجزای مختلف کتابخانه به چه صورت میباشد؟

هدف کلی این مقاله، ارائه راهکارهایی برای ارتقاء آسایش حرارتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی متناسب با طراحی کتابخانه در راستای چگونگی استفاده از انرژی‌های پاک در امر تهویه و هدف ویژه آن شناخت و گسترش انواع سیستم‌های تهویه طبیعی و بکاربردن آن‌ها متناسب با عملکرد فضاهای مختلف کتابخانه میباشد.

۳-رابطه بین معماری کتابخانه و نیازهای طبیعی انسان

در نظریه مازلو نیاز های اساسی انسان در یک هرم جای داده شده و در سطوح پایین تر هرم ابتدایی ترین و پایه ترین نیازها و در بالاترین سطح هرم، نیازهای پیچیده تر قرار دارد. رابطه بین نیاز های طبیعی انسان و کتابخانه را می‌توان در هرم مازلو جستجو کرد. کتابخانه به‌عنوان یک مرکز یادگیری بر آن است تا از طریق ارضاء نیازهای شخصیتی و شناختی به رشد و پرورش انسانها کمک کند. کیبل و کندی در کتاب "معماری کتابخانه‌ها طراحی ساختمان کتابخانه عمومی پایدار" بیان میکند که بنای یک کتابخانه باید به گونه‌ای طراحی شود که کتابخانه را در رسیدن به این هدف یاری کند. به سخن دیگر، آن جا که نیازهای زیستی مد نظر است معمار با توجه به شرایط اقلیمی موجود و استفاده بهینه از عوامل طبیعی می‌بایست محیطی راحت را برای کاربران کتابخانه تهیه کند.

در مرتبه بعدی سلسله نیازهای مازلو نیازهای ایمنی قرار دارد بنابراین معماری کتابخانه باید کاربران را در برابر هر گونه تنش-های روحی و روانی از قبیل ترس، وحشت، استرس و ناگواریهای طبیعی از قبیل سیل، طوفان، زلزله و آتش سوزی ایمن سازد. بر این اساس معماری به دو شیوه یکی از طریق انتخاب محیط مناسب و امن و دیگر از طریق توجه به سازه و استحکام بنا می‌تواند به نیازهای امنیتی کاربران پاسخگو باشد.

نیاز تعلق‌پذیری یعنی میل به برقراری ارتباط اجتماعی و نزدیکی با سایر کاربران در کتابخانه وشرکت در فعالیت‌های گروهی برای رفع نیازهای فکری و علمی، یعنی ایجاد محیط‌هایی مناسب و دوستانه برای تماس و تعامل بیشتر کاربران با یکدیگر به گونه-ای که کاربر به راحتی بتواند دقایقی را با سایر همنوعان در کتابخانه بگذراند و ارتباطی دوستانه برقرار کند.

مرحله بعدی نیازها، نیاز به احترام است (نیاز به عزت نفس، منزلت داشتن، اعتماد به نفس، استقلال و...). این نیاز از جمله نیازهایی است که هر کاربر کتابخانه خواهان آن است بنابراین معماری کتابخانه باید به گونه‌ای باشد که کاربران از رفت و آمد در آن احساس شخصیت و قدر و منزلت کنند.

از جمله نیازهای دیگر نیاز به خود شکوفایی، نیاز به شناختن و نیاز به فهمیدن است که در سلسله مراتب بالاتر نسبت به دیگر نیازها قرار دارد. نیاز به خود شکوفایی یا خودسازی را می‌توان حالتی گفت که افراد سعی دارند آن چه را که در درون خود دارند آشکار سازند (کیبل وکندی، ۱۳۹۲)؛ بنابراین انتظار می‌رود فضا و محیط کتابخانه نه تنها احساس لذت و آرامش را در فرد ایجاد کند بلکه می‌بایست ازطریق پیشرفت هویت به وسیله معماری و ایجاد مکان‌های آرامش بخش فضای مطلوبی را برای تامل و تفکر کردن و یادگیری بهتر کاربر مهیا سازد تا حس خلاقیت و ابتکار فرد حین مطالعه برانگیخته شود و استعدادهای درونی‌اش در محیط کتابخانه به مرحله ظهور برسد.

بنابراین هرگاه کتابخانه همه نیازهای انسانی را در طرح خود مورد توجه قرار دهد آن گاه می‌توان انتظار داشت که محیطی مناسب با توجه به نیازهای کاربران تهیه شده است؛ یعنی برای اینکه معمار بتواند نیاز خودشکوفایی و شناختن را در کتابخانه برآورده کند باید ابتدا به نیازهای پایین تر مانند نیاز های زیستی، ایمنی و ... توجه کند. کتابخانه‌ها باید پاسخگوی نیازهای زیستی، ایمنی و... کاربران باشدبه همین منظور معمار باید شرایط اقلیمی موجود را کاملاً بشناسد و با به کارگیری آن در جهت رفع نیازهای کاربران گام بردارد. کیبل و کندی (۱۳۹۲) رابطه بین نیازهای انسان و چگونگی پاسخگویی معماری به این نیازها را با نمودار زیر نشان دادند:

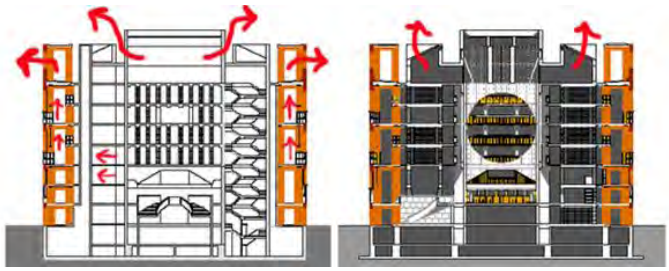
شکل ۱- رابطه بین نیازهای انسان و چگونگی پاسخگویی معماری به این نیازها (کیبل وکندی، ۱۳۹۲)

بنابر آنچه گفته شد برای اینکه معماری کتابخانه هماهنگ با نیازهای انسانی و در جهت ارضا این نیازها باشد مستلزم شناخت ویژگی‌های محیطی و شرایط اقلیمی موجود است تا معماران و سازندگان کتابخانه‌ها با توجه به شرایط محیطی محل و مخصوصاً بر اساس مشکلات جوی موجود محیط راحت و آرامی برای استفاده کنندگان ایجاد کنند.

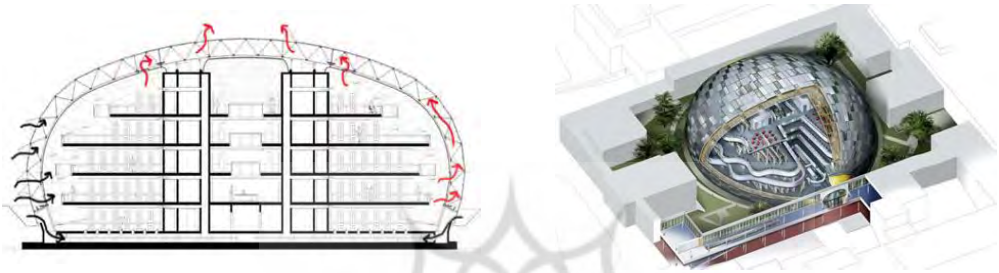
۴- راهکارهای معماری پایدار در طراحی کتابخانه‌ها

طراحی کتابخانه یکی از موضوعات مهم در حوزه معماری و طراحی است. کتابخانه از دیرباز به‌عنوان نهادی پرورشی و گاه مذهبی و دینی در خدمت جوامع بشری بوده و سبب رشد و توسعه فرهنگ ها و ارزش ها گردیده است و جزء لاینفک جوامع بشری محسوب می شود پس بنابراین طراحی کتابخانه‌های پایدار به کمک تکنولوژی‌های جدید باعث تاثیر گذاری بر نهادهای دیگر می‌شود و در نتیجه به گسترش مقوله پایداری انرژی در سطح شهر وطراحی شهری کمک میکند.(کیانی زاده،۱۳۹۵) یکی از راهکارهای معماری پایدار در طراحی کتابخانه استفاده از سیستم‌های تهویه طبیعی در جهت ارتقاء آسایش حرارتی کاربران و بهینه‌سازی مصرف انرژی میباشد. از جمله کتابخانه‌هایی که با رویکرد پایداری انرژی ساخته شده اند می‌توان به کتابخانه دانشگاه ادبیات نورمن فاستر و کتابخانه آکادمی فیلیپ اکستر لویی کان اشاره کرد که با استفاده از نمای دو پوسته، آتریوم و بازشوهای سقفی، تهویه طبیعی را انجام میدهند و به دنبال آن سبب بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌شود.(شکل شماره۲و۳) از نمونه های داخلی کتابخانه می‌توان به کتابخانه ملی و کتابخانه مرکزی شهرداری اصفهان نیز اشاره کرد که در طراحی آن از سیستم‌های تهویه

طبیعی بخصوصی استفاده نشده اما وجود عناصری مانند حیاط های مرکزی، پنجره های سراسری زیرسقفی و دریچه های ممتد سقفی در طراحی آن عمل تهویه طبیعی را سهولت می بخشند. حتی می‌توان از عناصرو اصول تهویه طبیعی که در مساکن یا محیط های دیگر استفاده می‌شود در طرحی مانند کتابخانه استفاده کرد. در این مقاله صرفه‌جویی انرژی بوسیله تهویه طبیعی با استفاده از انرژی تجدیدپذیر باد یکی از راهکارهای معماری پایدار میباشد که در مکانی همچون کتابخانه بررسی می‌شود تا هدف کتابخانه سبز برآورده شده و پایداری در این‌گونه مکان ها اعمال شود.



شکل ۲- دانشگاه آکادمی فیلیپ اکستر، مقطع ساختمان و چگونگی خروج هوا از دودکش ها و فضای باز مرکزی (خانی زاد،۱۳۹۲)



شکل ۳- دانشگاه ادبیات نورمن فاستر، نحوه سیرکولاسیون هوا، ورود هوای تمیز و خروج هوای آلوده (خانی زاد،۱۳۹۲)

۵-تهویه طبیعی، سیستمی بهینه

"تهویه طبیعی یکی از موثرترین روش های تامین آسایش غیر فعال محسوب می شود". همچنین تهویه طبیعی یا میزان تعویض هوای داخل ساختمان از جمله عوامل اولیه تعیین کننده سلامت و آسایش انسان است. (کسمایی،۱۳۸۹) بنابراین اساس تهویه، جابجایی هواست که با افزایش قدرت تبخیر باعث ایجاد سرما می شود. تهویه طبیعی بوسیله باد و یا با استفاده از اثر دودکشی تامین می‌شود. تهویه با تخلیه هوای گرم داخل و تعویض آن با هوای خنک‌تر خارج و نیز هدایت جریان هوا به سمت ساکنان، سبب ایجاد سرمایش می‌شود؛ که در ادامه به‌طور مفصل درباره اهداف، انواع و روش های ایجاد تهویه طبیعی پرداخته شده است.

۶- عوامل موثر بر تهویه طبیعی

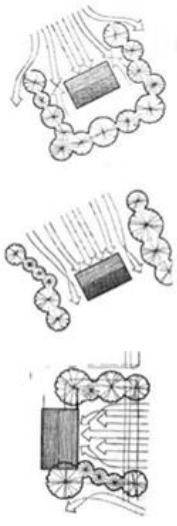
همانطور که در مباحث بالا بطور مفصل به آن اشاره شد علل اصلی بوجود آمدن تهویه طبیعی سه عامل زیر می‌باشد:

۱- دمای بالا در داخل اما کاهش دما در خارج (اختلاف دما)

۲- حرکت رو به بالای هوای گرم تر درون بنا (اختلاف چگالی و اثر دودکشی)

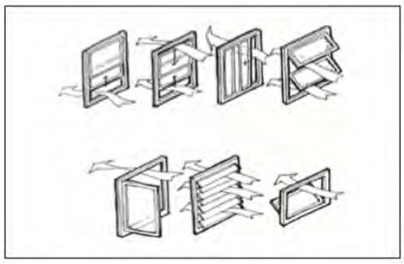
۳- جایگزین شدن هوای سرد درون ساختمان از سوراخ ریز و منافذ همکف به علت فشار منفی در ارتفاعات پایینی ساختمان (حرکت و جابه جایی هوا)

علاوه بر عوامل بالا، عوامل دیگری نیز در تعیین حد مطلوب میزان تهویه هوا موثرند این عوامل عبارتند از: تعداد افراد حاضر در محیط، نوع فعالیتی که در محیط صورت میگیرد، نوع مصالح بکار رفته در جداره های داخلی و خارجی بنا، کاربرد یا عدم کاربرد عایق حرارتی، تعداد و مساحت بازشوها، استفاده یا عدم استفاده از سایبان، استفاده از بادشکن های طبیعی و مصنوعی، جهتگیری ساختمان و ارتفاع سقف اتاق ها (احمدی چگنی و ربیعی، ۱۳۹۴)(شکل ۴)

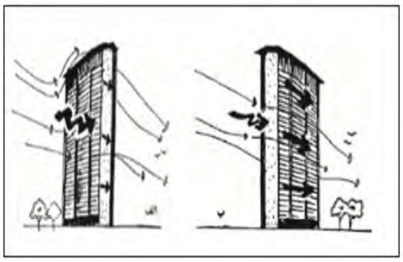


شکل ٤- تاثیر کاشت درختان ومحوطه سازی بر جریان هوا در اطراف ساختمان (احمدی چگنی و ربیعی،۱۳۹٤)

همچنین فتوحی در مقاله" ارائه راهبردهای تهویه طبیعی در طراحی ساختمان غیرفعال اقلیم گرم و خشک"به‌طور مفصل درباره تاثیر بازشوها و عوامل پیرامونی سایت (عوامل پیرامونی) صحبت کرده و اعتقاد دارد در طراحی بازشوها به‌عنوان محل ورود هوا می‌توان از وجود کرکره و سایبان های منفذ دار استفاده کرد. (فتوحی،۱۳۹۲) در واقع این عامل موجب میگردد تا هوا در ساختمان بهتر جریان پیدا کند.(شکل شماره۵) همچنین بادشکن های طبیعی مانند درختان و پوشش گیاهی که نقش مهمی را در تهویه طبیعی دارا می‌باشد و برای مناطق گرم و خشک تاکید شده تا با استفاده از گیاهان و درختان به‌عنوان بادشکن های طبیعی، باد مطلوب برای ایجاد تهویه به داخل هدایت شود.



شکل ۵- تاثیراندازه، شکل و جهت بازشوها بر میزان باد ورودی به ساختمان (فتوحی،۱۳۹۲)



شکل ٦-الف: جهتگیری نامناسب در برابر باد
ب: جهتگیری مناسب در برابر باد (تقوایی و افشاری،۱۳۸۹)

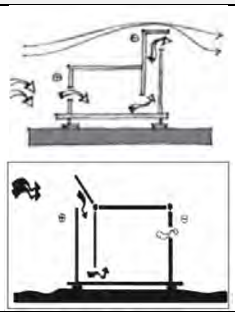
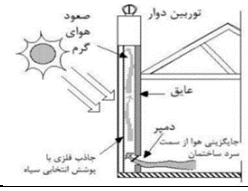
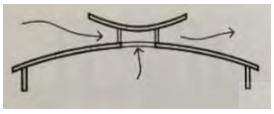
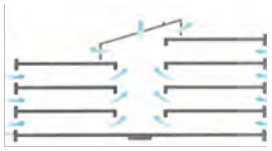
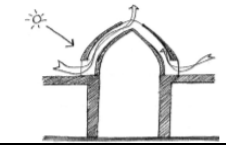
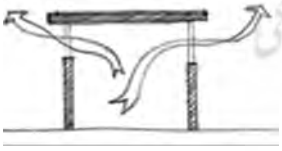
۷-نقش تهویه طبیعی در ارتقا آسایش حرارتی و رضایتمندی کاربران کتابخانه:

بررسی‌های متون نیزبه خوبی نشان می‌دهد که بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر طبیعی همچون نور، باد و... آسایش، آرامش و شادی را با کمترین هزینه‌ها برای کاربران کتابخانه فراهم می‌آورد. استفاده از بادگیر در معماری سنتی نمونه‌ی خوبی از بکارگیری انرژی رایگان در معماری است که درعین زیبایی بخشیدن به بنا، نقش مؤثری درچگونگی تهویه فضای درونی بناها و خنک کردن سرداب‌ها و آب انبارها دارد. به سخن دیگر معماری گذشته هرگز نمی‌کوشد با ساختن پنجره‌های بزرگ شیشه‌ای حرارت و سرو صدای بیرون را به ساختمان کتابخانه وارد سازد تا ناچار شود برای سرد کردن ساختمان از انرژی فراوان خارجی استفاده کند و بر سر و صدای موجود نیز بیافزاید.(محمودی و نیوی، ۱۳۹۰) بنابراین سازگاری ساختمان با شرایط اقلیمی بهترین روش برای کاهش هزینه‌های ساختمان و مقابله با عوامل نامساعد جوی است.همانطور که در فصل های پیشین ذکرشد در مناطقی که ساختمان مطابق اصول طراحی اقلیمی بنا شده اند، ضرورت استفاده از دستگاههای گرمایشی و سرمایشی مکانیکی را به حداقل رسانده است یعنی به جای اینکه به سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی فشار زیادی تحمیل شود خود ساختمان بدون سروصدا و بدون نیاز به سایر دستگاهها شرایط آسایش را برای کاربران فراهم می‌کند و صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را به دنبال دارد.کیانی زاده در مقاله راهکارهای معماری پایدار در طراحی کتابخانه‌ها درباره آسایش حرارتی در کتابخانه‌اینگونه بیان کرده که اگر انسان ها در فضای خیلی سرد ویا خیلی گرم باشند، بدلیل عدم آسایش حرارتی، بازده بالایی ندارند. همچنین هوای تازه که توسط عناصر تهویه طبیعی وارد می‌شود، برای فضایی نظیر کتابخانه ضروری است. همچنین طبق پژوهشی که که با همکاری دانشجویان مقطع ارشد دانشگاه شهاب دانش انجام شد، تهویه طبیعی دربین ۱۹ عامل پرسش شده در رابطه با رضایتمندی کاربران کتابخانه در رتبه چهارم قرارگرفت. این آمار نشان دهنده نقش و اهمیت تهویه طبیعی و چگونگی جریان یافتن هوای تازه و طبیعی در فضای کتابخانه است.

۸-عناصر شاخص تهویه طبیعی در معماری کتابخانه‌ها:

کتابخانه‌هایی که به‌طور طبیعی تهویه میشوند از عناصر مشخصی برای ایجاد تهویه طبیعی با استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر موجود استفاده می کنند. در جدول زیر (جدول شماره۱)عناصر مختلف به همراه ویژگی آن‌ها (نحوه عملکرد و ساختار) آورده شده است.

جدول شماره۱- ویژگی های عناصر شاخص تهویه طبیعی در کتابخانه‌ها

عناصر طبیعی	کاربرد	ساختار	تصویر
برج‌های بادی (بادخان و بادخور)	هم به‌صورت بادخور و هم به‌صورت خروجی هوا (بادخان) عمل می‌کند. (تهویه عبوری و تهویه دودکشی) عملکرد بادخور و بادخان همانند دم و بازدم است.	مجموعه ای از بادخان ها با ابعاد ۳*۳ مترمربع و ارتفاعی در حدود۷متر بادرا از هرجهتی میگیرد. می‌تواند به‌صورت دودکش نیز عمل کند	
دودکش خورشیدی	خروج هوای تهویه از ساختمان به کمک رانش حرارتی (تهویه دودکشی) (خارج شدن هوای گرم از بالا و جایگزین شدن هوای سرد از پایین)	معمولا استوانه ای شکل پیش بینی بازشودر مسیر باد و طراحی یک سرپوش باز برای تضمین فشار منفی به کمک اثر مکشی	
عناصر ونتوری	افزایش شتاب جریان باد غالب بیشترازهوای خروجی به‌منظورافزایش فشار زیرین (خروج و تعویض هوا، تهویه مکشی)	معمولا به‌صورت مانعی به شکل آیرودینامیکی هستند که بالای خروجی روی بام تعبیه شده اند و معمولا مسیرهای خروجی مرکزی هستند.	
آتریوم	تامین نور ودید مناسب برای فضاهای محصور ساختمان می‌تواند به‌عنوان واحد تامین هوای تهویه، واحد تخلیه یا هردوی آن‌ها به‌طور همزمان استفاده شود. تهویه بوسیله رانش حرارتی و باد	فضایی با سقف های شفاف است در مرکز ساختمانهایی با پلان عمیق این عنصر ممکن است در بخشی از نمای ساختمان نیز قرارگیرد. اختلاف فشارباد اطراف ساختمان ودر دوسوی مخالف آتریوم میتواند در تعیین موقعیت پنجره ها تاثیر بسزایی داشته باشد؛ اما این امر نیازمند سیستم کنترل مناسبی است که با سرعت و جهت باد سازگار شود.	
نماهای مضاعف	دارای نوعی پوشش شیشه ای ثانویه میباشد که می‌تواند در هنگام روز نور را به فضاهای داخلی ساختمان هدایت نماید و بازده انرژی را بهبود بخشد.(تهویه عبوری)	فضای خالی میان دو پوسته نما، فضای چندانی را اشغال نمیکند و میتواند برای عملکردهای مختلفی به کار رود: ۱.فضای خالی محصور ۲.فضای خالی باز ۳.فضای خالی به‌عنوان مسیر ورودی ۴.فضای خالی به‌عنوان مسیر خروجی هوا	
بازشوهای تهویه در نما	تامین تهویه ورودی ویاخروجی ومتمایز از پنجره ها اصولا در ارتفاع بالا قرار گرفته میشوند که علاوه بر تامین نور طبیعی، جابه جایی هوا را بهبود بخشند. هوای گرم رو به بالا حرکت میکند پنجره سقفی قادر است به‌عنوان مجرا هوای گرم را خارج کند.	برای تامین میزان تغییر هوای مطلوب با افت فشار کم، ورودی های تهویه در نما میبایست دارای اندازه های مشخصی باشند. (تهویه بصورت عبوری و دودکشی)	

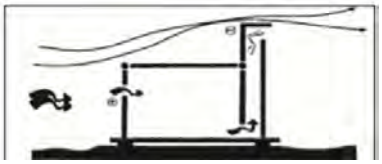
۹-روش‌های ایجاد تهویه طبیعی در کتابخانه

"تهویه طبیعی قابلیت به کارگیری در ساختمان‌های بزرگ و پیچیده را دارا می‌باشد و در همه اقلیم‌ها بنا به دلیل قابل استفاده است."(سعیدی و معرفت،۱۳۹۴) تهویه طبیعی پاکی و سرعت هوا در داخل ساختمان را به‌طور مستقیم و تاثیر دما، رطوبت و سطوح داخلی را به‌صورت غیر مستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد پس بنابراین این نوع تهویه به سلامت، ایجاد آسایش و خنک‌سازی مصالح کمک می‌کند.

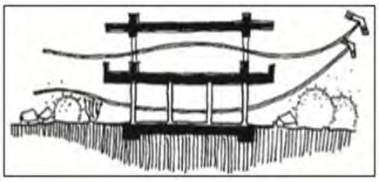
۹-۱- تهویه به کمک نیروی محرکه حرکتی

استفاده از جریان باد برای تهویه ی هوای داخل ساختمان به دو صورت امکان‌پذیر است. روش اول استفاده از روزنه های هم سطح (تهویه عرضی یا کوران) است که در یک تراز ارتفاعی قرار میگیرند.(تصویرشماره۷) روش دوم استفاده از تهویه غیر هم سطح

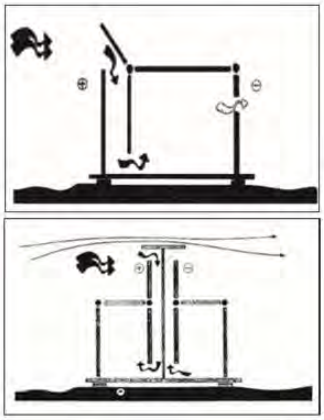
(بادخور یا بادگیر) است که در آن برای ورود و خروج باد از دو تراز ارتفاعی مختلف استفاده می‌شود.(کلایون، ۱۳۹۳)(شکل شماره۸) اگر روزنه ها در یک سطح قرار داشته باشند ، بهترین تهویه زمانی امکان‌پذیر است که بازشوها روی دو جبهه مقابل هم قرار بگیرند. کمترین میزان تهویه متعلق به ساختمانی با دو بازشو روی یک جبهه است، البته به شرط آن که با ایجاد اختلاف ارتفاع یا تیغه های عمودی بین دو بازشو، اختلاف فشار ایجاد شود. وقتی روزنه ها در دو سطح متفاوت قرار میگیرند، باد از روزنه ی مرتفع تر، به داخل ساختمان هدایت و از از روزنه دیگر از ساختمان خارج می شود. (شکل شماره۹)



شکل ۷- کوران کامل با استفاده ازپنجره هایی که روی دو دیوار مقابل هم قرار گرفته اند.(کلایون،۱۳۹۳)



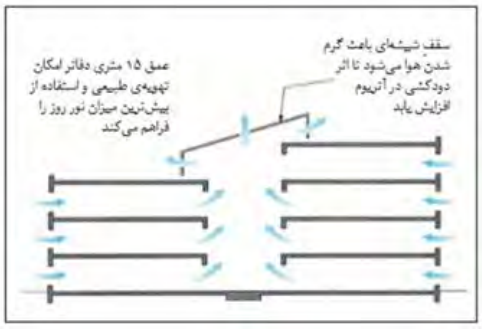
شکل ۸- برقراری جریان محدود هوا با استفاده دو پنجره روی یک دیوار (طاهباز و جلیلیان،۱۳۹۰)



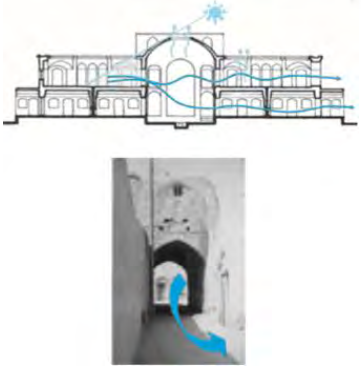
شکل ۹-ورود هوا از بالای ساختمان و از طریق یک کانال عمودی و خروج آن از کانالی دیگر (شاهی،۱۳۹٤)

۹-۲- تهویه به کمک نیروی محرکه حرارتی

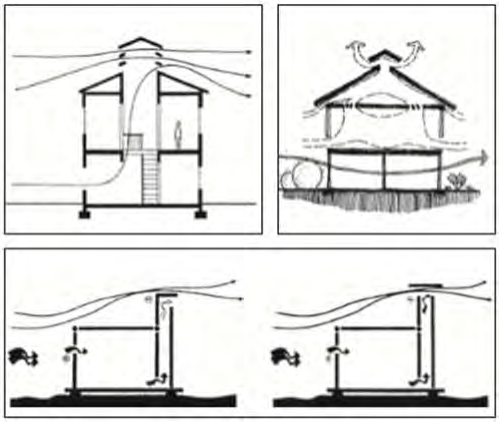
تهویه با استفاده از جریان همرفتی یا جابه جایی هوا، به مفهوم برقراری جریان هوا از محیطی پرفشار به محیطی کم فشار است. در این حالت باید بازشوها در دو منطقه با دما و فشار متفاوت قرار داشته باشند. البته این جریان به اندازه ی نیروی باد قوی نیست (در حد نسیم است).(شکل شماره۱۰) اختلاف دمای میان داخل و خارج ساختمان، دو منطقه ی سرباز و سرپوشیده و نواحی مختلف یک ساختمان، باعث به جریان افتادن هوا می شود. (شکل شماره۱۱) وجود بازشو در قسمت فوقانی یک فضا، موجب خروج هوای گرم انباشته شده در زیر سقف و جایگزین شدن هوای سطوح ایجاد شده در قسمتِ پایین تر در این قسمت می شود. خلاء نسبی پایینی فضا، موجب مکش هوای خارج از طریق بازشوهای تحتانی می شود. (طاهباز و جلیلیان،۱۳۹۰)اختلاف ارتفاع زیاد بین دو بازشو، اختلاف فشاری میان دو سطح ایجاد می کند که باعث به جریان افتادن هوا از منطقه ی پرفشار به منطقه ی کم فشار می شود. به این ویژگی، خاصیت دودکشی میگویند. اجزایی مانند هواکش و بادخان برای استفاده از خاصیت دودکشی، یعنی تخلیه ی هوای داخلی و جایگزین کردن هوای خارج به جای آن، طراحی شده اند. (شکل شماره۱۲) پس همانطور که در بالا ذکر شد ، به‌طور خلاصه تهویه طبیعی در کتابخانه‌ها به دو صورت افقی (عبوری) و عمودی (دودکشی و مکشی) صورت گیرد. تهویه عمودی تابع اثر دودکش است که در آن هوای بیرون از سطوح زیرین وارد ساختمان شده و به دلیل اختلاف دما و چگالی به سمت بالا صعودکرده و از عناصر فوقانی پیش بینی شده خارج می‌شود؛ اما در روش افقی هوا از معبری وارد شده و به دلیل اختلاف فشار مثبت و منفی در دوسمت از سوی دیگر خارج می شود. (شکل شماره۱۳)



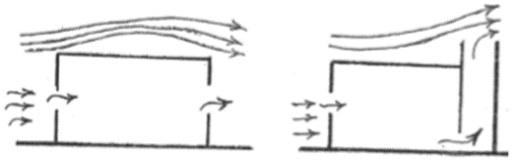
شکل ۱۰- تاثیر اختلاف دما و ارتفاع محل استقرار پنجره‌ها بر تهویه ساختمان (فخاری و حیدری،۱۳۹۲)



شکل ۱۱- نقش مجاورت دو فضای سرد و گرم (آفتابگیر و سایه دار) در ایجاد نسیم (کلایون،۱۳۹۳)



شکل ۱۲-روش‌های مختلف ساخت هواکش و بادخان

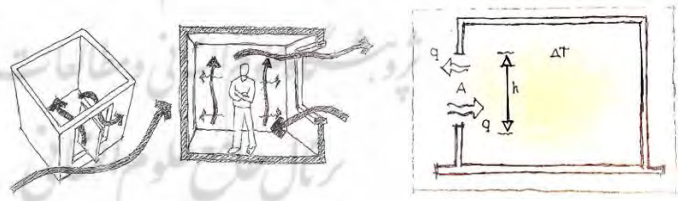


شکل ۱۳-تهویه افقی عبوری و عمودی (دودکشی و مکشی)

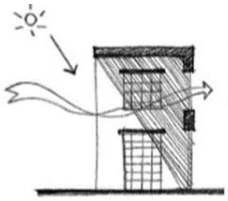
۱۰- عملکرد تهویه طبیعی در فضاهای مختلف کتابخانه

۱۰-۱- فضاهای مطالعه

این بخش باید از تهویه مناسبی برخوردار باشد. براساس مطالعات و بررسی های انجام شده دراین پروژه در خصوص تهویه طبیعی در کتابخانه‌ها، نوع بازشوها و قرارگیری پنجره ها درفضاها مهم میباشد. به‌طور مثال تعبیه بازشو در قسمت فوقانی این فضا، موجب خروج هوای گرم انباشته شده در زیر سقف و جایگزین شدن هوا در قسمت پایین تر می شود. خلاء نسبی پایینی فضا، موجب مکش هوای خارج از طریق بازشو های تحتانی می شود.(شکل شماره۱۴) لازم است درسالن های مطالعه، فضاهای نیمه باز (تراس) به‌منظوربهره گیری هم زمان از سایه و باد طراحی شود که بخش عمده ای از خصوصیات این فضاها تابع ویژگی های باد منطقه است.(شکل شماره۱۵) علاوه بر این، وجود مناطق سایه دار و آفتاب گیر در مجاورت یکدیگر به ایجاد نسیم و جریان یافتن هوای تازه در فضاهای داخلی کمک می کند. اختلاف دمای میان داخل و خارج ساختمان، دو منطقه سرباز و سرپوشیده و نواحی مختلف یک ساختمان، باعث به جریان افتادن هوا می‌شود.



شکل ۱۴- برقراری جریان محدود هوا با استفاده از دو پنجره روی یک دیوار



شکل ۱۵- تقویت جریان هوا جهت عملکرد بهترتهویه عبوری، ایجاد جریان طبیعی باد بوسیله سایه اندازی و اختلاف دما

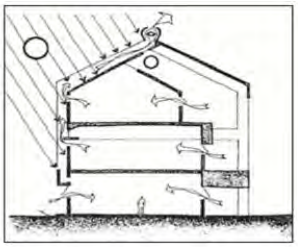
۱۰-۲- مخازن و بخش های نگهداری کتب:

تهویه در این فضاها باید مطلوب بوده تا عمر مفید کتاب های نگهداری شده افزایش یابد. در این قسمت ها به علت وجود کتب فراوان و حساسیت نگهداری آن‌ها بهتر است از تهویه مطبوع استفاده کرد. . ذرات جامد گرد و خاک مایعات و گاز های معلق در هوا که عمدتاً اسیدی هستند اثر بسیار مخربی بر مواد کتابخانه‌ای دارند. در هر منطقه تغییرات زیاد حرارت و رطوبت فساد مواد کتابخوانی را تسریع می‌کند بنابراین لازم است که هوایی کتابخانه از نظر جریان هوا، ناخالصی‌ها، حرارت و رطوبت کاملا کنترل شود و این تنها با نصب دستگاه تهویه مطبوع امکان‌پذیر است. البته نحوه طراحی و جانمایی درست بازشوهای این فضاها و همچنین دریچه های تخلیه هوا میتواند میزان استفاده از تهویه مکانیکی را ب حداقل رساند و خروج هوای آلوده را تسریع داد. بعلت

افزایش تهویه به کمک جریان حرارتی و اختلاف دما بهتر است ارتفاع سقف دراین مکان ها زیاد باشد تا عملکرد بازشوها و دریچه‌های ورود و خروج هوا بیشتر شود.

۱۰-۳- فضاهای تجمعی

در فضاهای جمعی کتابخانه مانند لابی، کافه، سالن انتظار آمفی تاتر، نمایشگاه و فروشگاه کتاب و... به علت جای گرفتن افراد زیادی در آن‌ها، این فضاها از لحاظ تهویه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تهویه این فضاها به علت منعطف و باز بودن می‌توان بوسیله سیستم ها و عناصر تهویه طبیعی انجام شود. به‌طور مثال همجواری این فضاها با آتریوم مرکزی یا دودکش خورشیدی باعث ایجاد تهویه مکشی و جریان یافتن هوای تازه در این فضا می‌شود.(شکل شماره۱۶و۱۷) دراین اقلیم (گرم و خشک)، ساختمان ها طوری طراحی میشوند که برای تهویه ی ساختمان از بادخان، بادخور و سطوح پوشیده از آب و گیاه، به‌طور هم زمان استفاده می شود.



شکل ١٦- طراحی دودکش خورشیدی، برای تقویت خاصیت دودکشی

شکل ۱۷- تاثیر اختلاف دما و ارتفاع محل استقرار پنجره ها بر تهویه ساختمان

۱۰-۴-کلاس‌ها وکارگاه‌های آموزشی

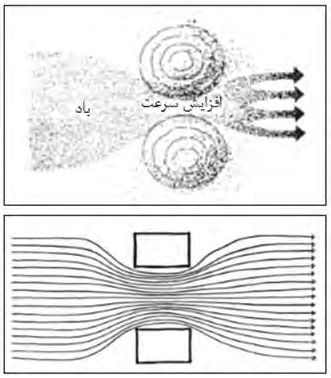
مسئله تهویه دراین بخش از کتابخانه‌ها بسیار مهم است زیرا استفاده از هوای تازه بسیار بیشتر از تامین نیاز به اکسیژن است و فرایند سالم سازی هوا باعث از بین رفتن باکتری ها وگردوغبار فضای داخلی میشودکه این مورد به سلامت استفاده کنندگان فضا کمک کرده وباعث بالارفتن بهره وری آنان می‌شود. در ارتباط با چگونگی جریان هوا به بهترین نحو ممکن در این فضا می‌توان از جداره های بیرونی ساختمان برای بهبود این اثر بهره برد. این دیواره ها با افزایش اختلاف فشار در اطراف ساختمان ها تأثیر گذارند. البته باید درجایگذاری آن‌ها توجه داشت تا بتوان دو ناحیه با فشار مثبت و منفی جهت تهویه ایجاد کرد.(شکل شماره۱۸)

شکل ۱۸- تاثیر دیواره‌های بازشوها و نحوه قرار گیری آن‌ها نسبت به یکدیگر در حرکت جریان

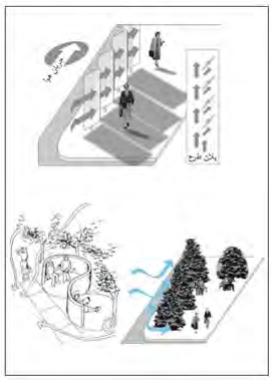
۱۱- تاثیر تهویه طبیعی بر معماری کتابخانه در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی

۱۱-۱- سایت و بستر

در طراحی سایت به اقلیم، نوع بافت پوشش گیاهی باید توجه داشت که همه این موارد برکیفیت تهویه طبیعی درکتابخانه تاثیر می‌گذارد. توجه به اقلیم منطقه یکی ازفاکتورهایی است که باید در طراحی کتابخانه مورد توجه قرار گرفته شود؛ زیرا طراحی همسو با اقلیم باعث استفاده حداکثری از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشید و باد می‌شود. این دو عامل از عامل های تاثیر گذار در معماری کتابخانه‌ها هستند. زیر باعث استفاده از نور و تهویه طبیعی در این فضاها میشوند. در طراحی محوطه بیرونی کتابخانه‌ها برای بهبود عملکرد تهویه طبیعی، می‌توان از دالان‌های مکنده هوا و همچنین فضای سبز جانبی به‌عنوان تسریع کننده سرعت باد و همچین در مواردی بادشکن های مصنوعی و یا طبیعی در مقابل بادهای نامطلوب بهره برد.(شکل شماره ۱۹و۲۰)همچنین استفاده از آب نماها در محیط پیرامونی بنا میتواند موجب کاهش دما در جریانات هوایی اطراف ساختمان شود که همین امر موجبات دستیابی به دمای آسایش را برای کاربران کتابخانه فراهم می‌کند.



شکل ۱۹- افزایش سرعت باد در مجاری باریک



شکل ۲۰- مناسب سازی فضاهای باز به کمک بادشکن

۱۱-۲- سقف

شاید در اکثر بناها از قابلیت ها و توانمندی های طراحی سقف ها و بازشوهای سقفی چشم پوشی شده باشد اما طراحی سقف میتواند تاثیر بسزایی در بهبود عملکرد تهویه طبیعی کتابخانه داشته باشد. برای مثال استفاده از بادخور و بادخان، عناصر ونتوری، بازشوهای سقفی و سقف های دو پوسته کمک مناسبی به رویکرد طرح خواهند کرد. همچنین ارتفاع سقف در کتابخانه‌ها بهتر است کمی از حدمعمول زیاد تر باشد تا حرکت هوای گرم به سمت بالا و جایگزین شدن هوای خنک سهولت پیدا کند.

۱۱-۳- نما

نما یکی از ارکان اصلی در نمود زیبایی بنا میباشد چه بسا همین امر بتواند تاثیری شایان در بهبود رضایتمندی کاربران ازکتابخانه داشته باشد. ازسویی دیگر نما میتواند باعث تاثیرات مثبت در عملکرد تهویه طبیعی ساختمان شود مانند استفاده از مصالح مناسب، رنگ های مناسب و فرم های ایده آل؛ مانند استفاده از نماهای دو پوسته، داکت خورشیدی، رنگ های روشن و تیره، سایه‌اندازی بواسطه تراس هاو مصالح با ظرفیت حرارتی بالا که می‌شود از اتلاف انرژی و نواسانات دمایی در درون فضای کتابخانه جلوگیری کرد.

۱۱-۴- جهت‌گیری

با توجه به شرایط اقلیمی جهت گیری بنا باید مشخص گردد. از تاثیراتی که تهویه طبیعی در جهتگیری ساختمان دارد اولا استفاده از باد مطلوب برای بادخان ها، دوما بهره گیری از نور جنوب برای بهبود عملکرد دودکش های خورشیدی میباشد. همین امرموجب نورگیری بهتر که یکی از عوامل اصلی طراحی کتابخانه و قرارگیری جداره های بیشتری از بنا در جهت مسیرهای بادخور خواهد شد.

۱۱-۵- فرم و شکل

فرم بنای کتابخانه یکی از عوامل بسیار مهم در طراحی می‌باشد زیرا میتواند هم به زیبایی بنا بیفزاید و هم خواسته های عملکردی را ارتقاء بخشد. استفاده از فرم های شکسته، دالان های باد، تغییرات ارتفاعی بنا و استفاده از فضاهای پر و خالی می‌توانند باعث ایجاد تهویه طبیعی و کوران باد در فضاهای داخلی کتابخانه شوند.(شکل شماره۲۱)

شکل ۲۱- استفاده از فضای خالی در فرم کلی ساختمان به‌منظور تسریع جریان هوا

۱۱-۶- بازشوها

راندمان تهویه به اندازه پنجره ها متناسب نیست. با هماهنگ ساختن محل، شکل و نحوه باز شدن پنجره ها، می توان اندازه آن‌ها را بقدری کوچک انتخاب نمود که حرارت کسب شده از طریق آن‌ها را به حداقل رسانده و درعین حال امکان تهویه به‌طور مفید را بوجود آورد. بازشوها می‌توانند تاثیر بسزایی در ظاهر بنا و بهبود عوامل عملکرد ساختمان داشته باشند. به خصوص به واسطه بازشوهای متنوع می‌توان از تهویه طبیعی نهایت استفاده را داشت. در قسمت جنوبی به دلیل شدت تابش خورشید باید از بازشوهای کمتر و کوچکتر و همچنین از سطح نورگیر کمتر مانند دیواره ها استفاده کرد؛ و همچنین استفاده از بازشوهای کرکره ای به‌صورتی که اگر بازشو مماس با جهت باد بود بتوان به واسطه این فاکتور باد را به درون فضاهای کتابخانه انتقال داد. تعبیه برخی از بازشوها در سطوح بالاتر میتواند باعث بهبود گردش هوا و خروج سریعتر هوای گرم از فضا شود. قرار گیری بازشوها در ارتفاعات مختلف در فضاهای داخلی به نحوی که موجب بهبود کوران هوا در فضا شود، می‌تواند از عوامل مهم در طراحی با رویکرد مد نظر باشد.

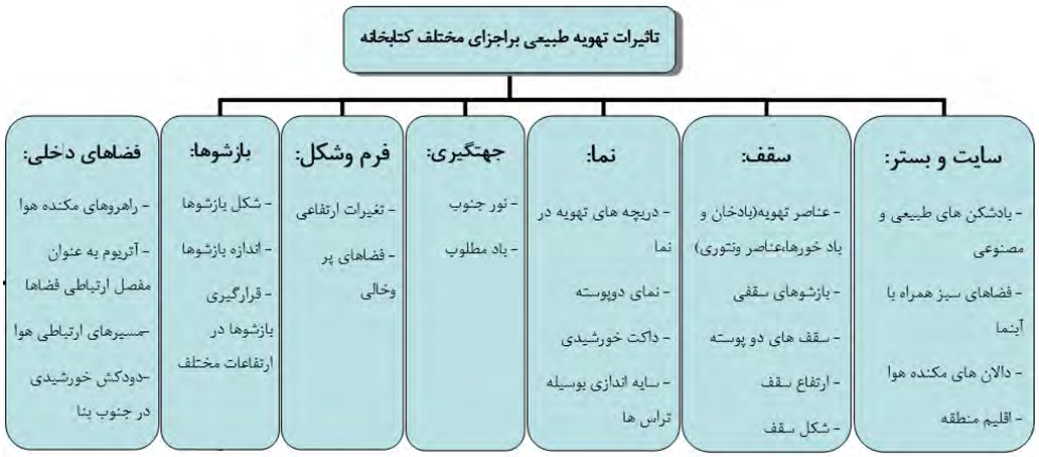
۱۱-۷- فضاهای داخلی و ارتباطات فضایی:

در مقوله طراحی هر بنایی ارتباطات فضایی یکی از عوامل بسیار مهم و تاثیر گذار در میزان موفقیت طرح میباشد. همین امر خواهان دقت و توجه معمار در نحوه برقراری ارتباطات فضایی میباشد زیرا اگر ارتباطات به‌صورت اصولی و پایه ای صحیح برقرار نشده باشد موجب کم لطفی و کم توجهی کاربران به برخی از فضاها خواهد شد. از تاثیراتی که تهویه طبیعی بر این قسمت میگذارد، قراردادن آتریوم در مرکز و مفصل ارتباطی بنا است که موجب بهبود سرویس دهی فضاها و بهبود کوران هوا در فضاهای داخلی شد. همچنین ارتباط داشتن آتریوم با فضاهای تجمعی، استفاده از راهروهای مکنده هوا، تعبیه دودکش خورشیدی در جداره جنوبی و انتهای راهروها در کتابخانه‌ها موجب ایجاد مسیر های ارتباطی هوا و دفع هوای آلوده می‌شود. در ادامه به چگونگی عملکرد این سیستم‌های تهویه طبیعی در حوزه های مختلف کتابخانه پرداخته می‌شود.

نتیجه گیری

در این تحقیق دریافتیم هرگاه معماری کتابخانه بر اساس اصول و ضوابط منطقی و همسو با خواسته‌های فطری و طبیعی انسان‌ها وهماهنگ با طبیعت و اقلیم منطقه باشد علاوه بر اینکه محیطی زیبا و آرامش بخشی را برای کاربران فراهم می‌سازد، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های کتابخانه به دلیل بهره‌گیری از عوامل طبیعی موجود (انرژی باد، آب، خورشید) به دنبال خواهد داشت. پژوهش حاضر صرفه‌جویی انرژی بوسیله تهویه طبیعی با استفاده از انرژی تجدیدپذیر باد می‌باشد. به همین منظوراین مسئله در مکانی همچون کتابخانه‌ها بررسی شد تا هدف کتابخانه سبز برآورده شده و پایداری در این‌گونه مکان ها اعمال شود. همچنین ضرورت پرداختن به این موضوع در طراحی کتابخانه، حاصل پژوهش میدانی بود که توسط دانشجویان انجام گرفت و در آن کاربران کتابخانه تمایل زیادی به جریان یافتن هوای تازه در فضاهای کتابخانه داشته و یکی از فاکتورهای مهم رضایتمندی در این‌گونه مکان ها به شمار میرفت زیرا استفاده از هوای تازه بسیار بیشتر از تامین نیاز به اکسیژن است و فرایند سالم سازی هوا باعث از بین رفتن باکتری ها وگردوغبار فضای داخلی میشودکه این مورد به سلامت استفاده کنندگان فضا کمک کرده وباعث بالارفتن بهره وری آنان می‌شود. از بررسی نمونه موردی کتابخانه‌هایی که با تهویه طبیعی کار میکردند و همچنین تحلیل فاکتور تهویه طبیعی در فضاهای مختلف کتابخانه نتیجه گرفته میشودکه سیستم و اصول تهویه طبیعی منافاتی با عملکرد کتابخانه ندارد و حتی در برخی فضاها که ارتباط مستقیم زیادی با افراد دارند تهویه طبیعی ضروری هم می‌شود. فقط در فضاهایی که کتب نگهداری میشوند مانند مخازن و مرجع استفاده از سیستم ها و عناصر تهویه طبیعی توصیه نمیشود زیرا ذرات جامد گرد و خاک مایعات و گاز های معلق در هوا که عمدتاً اسیدی هستند اثر بسیار مخربی بر مواد کتابخانه‌ای دارند. در هر منطقه تغییرات زیاد حرارت و رطوبت فساد مواد کتابخوانی را تسریع می‌کند ولی می‌توان تخلیه هوای آلوده و مصرفی این فضاها را با استفاده از عناصر تهویه طبیعی انجام داد.

و درآخر نیز می‌توان با در نظر گرفتن و اعمال ضوابط در طراحی همساز با اقلیم از قبیل، جهت گیری مناسب ساختمان در جهت باد مطلوب منطقه، استفاده صحیح و جایگذاری بازشوها در جبهه مناسب، استفاده از عوامل پیرامونی در سایت جهت ارتقاء کیفیت تهویه مانند فضای سبز و آبنماها، انتخاب مصالح سازگار با محیط وطراحی مناسب نما می‌توان از تهویه طبیعی و مزیت‌های آن به‌عنوان ارائه راهکارهایی برای تأمین شرایط آسایش انسان و بهینه‌سازی مصرف انرژی در کتابخانه‌ها بهره برد. در نمودار زیر این موارد به‌صورت خلاصه بیان شده است:



نمودار ۱- تاثیرات تهویه طبیعی بر اجزای کتابخانه

منابع

۱- احمدی چگنی، ه؛ و ربیعی، م. (۱۳۹۴)، تهویه طبیعی در ساختمان، پایان نامه کارشناسی ارشد جلد اول، ۱/۱۳۸۵/بخش اول و دوم و سوم

۲- تقوایی، ع؛ و افشاری، ه. (۱۳۸۹)، بهره وری از سیستم‌های تهویه سنتی در معماری مدرن، با رویکردی به صرفه‌جویی در مصرف انرژی بر اساس اصول معماری پایدار، فصلنامه معاونت مهندسی ناجا، ۹۹/۷/۱۳۸۹تا۱۰۸

۳- خانی زاد، ش. (۱۳۹۲)، طراحی کتابخانه در ایران و جهان، هنر معماری قرن، تهران.

۴- سعیدی، م؛ و معرفت، م. (۱۳۹۴)، بهینه‌سازی تهویه فضای درونی ساختمان به‌صورت طبیعی و بدون مصرف انرژی، کنفرانس بین المللی فناوری و مدیریت انرژی دومین کنفرانس انجمن علمی انرژی ایران،۱۳۹۴

۵- شاهدی، ب. وشبانی، خ. (۱۳۹۵)، خانه های بومی کاشان، الگویی برای ارائه راهکار اقلیمی برای معماری معاصر در اقلیم گرم و خشک (مطالعه موردی: سرداب و بادگیر)، اولین همایش بین المللی و چهارمین همایش ملی عمران شهری، ۱۳۹۵

۶- شاهی، ح. (۱۳۹۴)، بادخان و بادخور الگویی پایدار در معماری ایران، همایش ملی عمران و توسعه پایدار،۱۳۹۴

۷- طاهباز، م ؛ و جلیلیان، ش. (۱۳۹۰)، نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی ساختمان (انرژی باد در معماری)، مرکز آموزش علمی-کاربردی گروه بین المللی ره شهر، ۶/۱۲۹/۱۳۹۰تا۲۱

۸- فتوحی، ف.(۱۳۹۲)، ارائه راهبردهای تهویه طبیعی در طراحی ساختمان های غیرفعال اقلیم گرم و خشک، همایش معماری و شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار،۱۳۹۲

۹- فخاری، م؛ و حیدری، ش.(۱۳۹۲)، بهینه‌سازی دودکش خورشیدی و بررسی اثر آن بر تهویه ساختمان ، نشریه هنرهای زیبا،۸۳/۲/۱۳۹۲تا۸۸

۱۰- قلعه نویی، م.(۱۳۹۳)، بهره گیری از عناصر شاخص تهویه طبیعی در ابنیه مسکونی پایدار مدرن، کنفرانس ملی بهینه‌سازی مصرف انرژی در علوم مهندسی،۲/۱۳۹۳تا۱۱

۱۱- کرمی راد، س ؛ و آبادی، م ؛ و حبیبی ، ا ؛ و وکیلی نژاد، م.(۱۳۹۵)، مطالعه نمونه های عملی از تکنیک های غیرفعال تهویه طبیعی جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان های مسکونی، سومین کنفرانس بین المللی نوآوری های اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی،۱۳۹۵

۱۲- کلایون، ت.(۱۳۹۳)، تهویه طبیعی در ساختمان ها، ترجمه لیلیان، م ، طحان، تهران.

۱۳- کیانی زاده، ر.(۱۳۹۵)، راهکارهای معماری پایدار در طراحی کتابخانه‌ها، همایش معماری پایدار و توسعه شهری،۱۳۹۵

۱۴- کیبل، ج .و کندی، ج.(۱۳۹۲)، معماری کتابخانه‌ها طراحی ساختمان کتابخانه عمومی پایدار، ترجمه هاشمی، ا، یزدا ، تهران.

۱۵- مرادی، س. (۱۳۹۲)، تنظیم شرایط محیطی، انتشارات آرمان شهر، تهران.

۱۶- محمودی، م ؛ و نیوی، س.(۱۳۹۰)، روند توسعه فناوری اقلیمی با رویکرد توسعه پایدار، نشریه نقش جهان،۳۵/۱۳۹۰تا۴۵

۱۷- وکیلی نژاد، ر؛ و مفیدی شمیرانی، م؛ و مهدیزاده سراج، ف. (۱۳۹۲)، اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران، نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری وشهرسازی ایران، ۱۴۵/۵/۱۳۹۲تا ۱۵۷

۱۸- هالگرکخ، ن. (۱۳۸۵)، تهویه طبیعی راهنمای طراحی اقلیمی مناطق گرم، ترجمه احمدی نژاد، م، خاک، تهران