

مقدمه:

افزایش میل انسان برای رسیدن به شرایط آسایش از دیر باز مورد توجه بوده و در سال های اخیر این میل به اوج خود رسیده است. مهم ترین عامل در تأمین این آسایش، سرمایش مطلوب فضای زندگی انسان است. چرا که تحقیقات محققان نشان می دهد که کارایی انسان در دماهای بالای ۲۴ درجه به صورت قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. این نیاز انسان حتی باعث به وجود آمدن شاخه ای از علم به نام سیستم های تهویه ی مطبوع و حرارت مرکزی شده است. در زمینه ی سرمایش هم دستگاه هایی مانند چیلر، هواساز، فن کویل و ... به سرعت جای خود در سیستم های تهویه باز کرده اند.

در این پروژه سعی شده است که بارهای برودتی یک ساختمان سه طبقه ی مسکونی در جزیره کیش را محاسبه کرده و با توجه به میزان کل تلفات برودتی و دبی هوای حامل بار سرمایی ابتدا محاسبات کانال کشی را انجام داده و سپس بر اساس کاتالوگ هایی که در دسترس هستند به سراغ انتخاب وسایل سرمایشی (که در این جا کولر است) برویم.

در آخر هم محاسبات مربوط به سیستم لوله کشی آب گرم و سرد را انجام می دهیم. لازم به ذکر است که این پروژه با استفاده از منابعی چون کتاب محاسبات تأسیسات ساختمان نوشته ی مهندس طباطبایی و با راهنمایی های آقای دکتر شیخ زاده انجام گرفته است.

هدف از انجام این پروژه محاسبه ی تلفات برودتی و انتخاب تجهیزات لازم برای سرمایش یک ساختمان سه طبقه واقع در جزیره کیش می باشد. مشخصات ساختمان به صورت زیر است:

دیوار های خارجی از بلوک آجری و آجرنما با ملات ماسه و سیمان و اندود گچ و ماسه متراکم با ضریب کلی انتقال حرارت:

$$U = 0.169 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]} \quad w=63$$

دیوار های داخلی ز آجر مجوف 4'' با 5/8'' اندود ماسه و گچ روی هردو طرف دیوار با ضریب کلی انتقال حرارت:

$$U = 0.145 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]} \quad w=18$$

کف و سقف از بتون متراکم با ملات ماسه و سیمان و اندود گچ با پوشش موزاییک

$$w = 99 \text{ جریان حرارت به سمت بالا}$$

$$U=0.09 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$$

$$w = 99 \text{ جریان حرارت به سمت پایین}$$

$$U=0.24 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$$

سقف بام تیرچه بلوک ،ملات ماسه و سیمان و اندود گچ و خاک و ایزوگام

$$U=0.09 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]} \quad w = 46$$

درها

(در اتاق ها: تمام چوبی به ضخامت و ابعاد ۳۵ فوت مربع) $U=0.45 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

(در ورودی راهرو : تمام چوبی به ضخامت و ابعاد ۳۵ فوت مربع) $U=0.3 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

(در حمام و دستشویی : تمام چوبی به ضخامت و ابعاد ۲۱,۵ فوت مربع) $U=0.45 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

(در تراس در فلزی با کتیبه ی شیشه ای و ابعاد ۱۹,۴ فوت مربع) $U=1.15 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

پنجره ها

(پنجره ی شرقی اتاق ها با دو لایه شیشه به ضخامت ۰,۵ به ابعاد ۲۹ فوت مربع) $U=0.65 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

(پنجره های غربی ۱ با دو لایه شیشه به ضخامت ۰,۵ به ابعاد ۷,۸ فوت مربع) $U=0.65 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

(پنجره های غربی ۲ با دو لایه شیشه به ضخامت ۰,۵ به ابعاد ۱۱,۸ فوت مربع) $U=0.65 \text{ [btu/hr.ft}^2\text{.F]}$

$$w = 99$$

کف ساختمان از بتن و ماسه و موزائیک

همان طور که در نقشه ساختمان دیده می شود، این منزل سه طبقه و هر طبقه دارای ۲ اتاق خواب، یک حمام و یک دستشویی و

یک آشپزخانه و یک پذیرایی می باشد و همچنین دارای یک طبقه پارکینگ یک واحد تجاری است.

محاسبات بار سرمایی ساختمان:

الف – تعیین شرایط طرح داخل و خارج ساختمان:

۱. شرایط طرح داخل:

نسبت رطوبت	رطوبت نسبی	دمای مرطوب F	دمای خشک F
------------	------------	--------------	------------

0.11	47.5	66	78
------	------	----	----

۲. شرایط طرح خارج:

عرض جغرافیایی degree	از ارتفاع سطح دریا ft	دمای خشک F	تغییرات روزانه F	دمای مرطوب	رطوبت نسبی %	نسبت رطوبت	نقطه شبنم F	حجم مخصوص Cu ft/pond of dry Air	Hfg Btu/pond
26.5	100	102	15	81.9	44	0.192	76	14.6	45

با توجه به اینکه جداره های جنوبی و شمالی این ساختمان دارای مساحت بیشتری هستند و اینکه اعداد موجود در جدول در ساعت ۲ برای جداره های جنوبی و ساعت ۴ برای جداره های شمالی دارای ماکزیمم مقدار هستند بنابراین تحلیل ها را بر اساس ساعت ۳ انجام می دهیم. در این مناطق گرم ترین ساعات روز در اوایل مرداد ماه می باشد.

با توجه به اینکه تحلیل ها بر اساس ساعت ۳ در روز اول مرداد ماه انجام می گیرد پس ضریب تصحیحی در این مرحله در نظر گرفته نمی شود.

ب) برآورد بار سرمایی ساختمان:

قبل از محاسبات کلی بارهای ساختمان یک نمونه ی کامل از محاسبات یکی از اتاق های ساختمان را به صورت زیر بیان می کنیم.

تحلیل کامل یکی از اتاق ها

تحلیل اتاق خواب (محیط ۵-۱) در طبقه ی اول:

ابتدا به محاسبه ی مساحت جداره ها و پنجره ها می پردازیم.

با توجه به اینکه ارتفاع طبقه ی اول برابر ۲,۸ متر یا ۹.۲ فوت می باشد، مساحت جداره ها به صورت زیر می باشد:

$9.2 \times 2.46 \times 3.281 = 74.25$	ft2
$9.2 \times 3.8 \times 3.281 = 115$	ft2
$9.2 \times 3.8 \times 3.281 = 115$	ft2
$9.2 \times 3.64 \times 3.281 = 110$	ft2
$0.73 \times 1 \times 3.281 \times 3.281 = 7.8$	ft2
$2.9 \times 0.658 \times 3.281 \times 3.281 = 21.4$	ft2
$2.9 \times 1 \times 3.281 \times 3.281 = 31.2$	ft2
$3.64 \times 3.8 \times 2.8 \times 3.281^3 = 1368$	ft3

حال به محاسبه ی بارهای سرمایی Q_1 تا Q_9 برای این اتاق می پردازیم:

۱) محاسبه ی بار سرمایی تابشی از پنجره ها و شیشه های خارجی (Q_1)

حرارت اکتسابی از نور خورشید \times ضریب تصحیح \times ضریب ذخیره \times مساحت پنجره یا شیشه $= Q_1$

قبل از محاسبه ی بار برودتی ابتدا وزن مواد ساختمانی هر اتاق که دارای شیشه است را محاسبه می کنیم.

$$\text{وزن مواد ساختمانی} = \frac{0.5 * (\text{وزن دیواره های داخلی}) + (\text{وزن دیواره های خارجی}) + 0.5 * (\text{وزن کف}) + 0.5 * (\text{وزن سقف})}{\text{مساحت کف}}$$

$$\text{اتاق ۱-۵} = \frac{0.5 * (18) * (225) + (63) * (230 - 7.8) + 0.5 * (99) * (138.9) + 0.5 * (99) * (138.9)}{138.9} = 214.4 \text{ lb}$$

ضریب ذخیره را از جدول 3-6 برای حرارت اکتسابی از شیشه ، با وسایل سایه افکن داخلی، برای کار 24 ساعته ی سیستم و در دمای ثابت برای اتاق مورد نظر به دست می آوریم .

تمامی پنجره ها از داخل دارای کرکره ای به رنگ نیمه روشن می باشند.

$$Q1 = 163.5 \times 0.63 \times (1.17 \times 0.85 \times 1 \times 1.07 \times 0.56) \times 7.8 = 478 \text{ [Btu/hr]}$$

۲) محاسبه ی بار سرمایی هدایتی از پنجره ها و شیشه های خارجی

$$Q2 = A U (t_i - t_o)$$

ضریب گرما و اختلاف دما برای هر دو پنجره ی شرقی و جنوبی یکسان است .

$$Q2 = \text{پنجره های شرقی} = 2 \times 0.65 \times 29 \times 24 = 904.8 \text{ [Btu/hr]}$$

$$Q2 = \text{پنجره غربی اتاق ۱-۵} = 0.65 \times 7.8 \times 24 = 121.68 \text{ [Btu/hr]}$$

$$Q2 = \text{پنجره غربی اتاق ۱-۶} = 0.65 \times 11.8 \times 24 = 184.8 \text{ [Btu/hr]}$$

۳ - محاسبه ی بار سرمایی تشعشعی و هدایتی جداره های خارجی

$$Q3 = A U \Delta T_e$$

قبل از محاسبه ی این بار حرارتی ابتدا به محاسبه ΔT_e هر جداره می پردازیم :

رنگ روشن جداره :

$$\Delta t_e = 0.55 \frac{R_s}{R_m} \Delta t_{em} + (1 - 0.55 \frac{R_s}{R_m}) \Delta t_{es}$$

رنگ نیمه روشن جداره :

$$\Delta t_e = 0.78 \frac{R_s}{R_m} \Delta t_{em} + (1 - 0.78 \frac{R_s}{R_m}) \Delta t_{es}$$

در این جا برای جداره ها رنگ نیمه روشن را در نظر می گیریم.

با توجه به اینکه مقدار تغییرات دمای روزانه 15° و اختلاف دمای خشک داخل و خارج 24° می باشد، با توجه به جدول مقدار تصحیحی $X=9.25$ می گردد .

جداره ی شرقی:

مقادیر R_s و R_m از جدول ۳-۴ انتخاب می شود :

$$R_m = 164 \quad R_s = 163$$

$$\Delta t_e = 0.78 \frac{163}{164} (18 + 9.25) + \left(1 - 0.78 \frac{163}{164}\right) (2 + 9.25) = 23.65 [F]$$

$$Q_3 = 0.169 * 7.88 * 3.281 * 23.65 = 103.34 \left[\frac{Btu}{hr}\right]$$

جداره ی جنوبی:

$$R_m = 69 \quad R_s = 14$$

$$\Delta t_e = 0.78 \frac{14}{69} (10 + 9.25) + \left(1 - 0.78 \frac{14}{69}\right) (2 + 9.25) = 12.52 [F]$$

$$Q_3 = 0.169 * 17.92 * 3.281 * 12.52 = 124.4 \left[\frac{Btu}{hr}\right]$$

۴) محاسبه ی بار سرمایی هدایتی از جداره ها ، پنجره ها و در های داخلی

$$Q_4 = A U (t_i - t_o) = 115 * 0.145 * 0 = 0 \quad \text{دیوار مشترک با اتاق مجاور}$$

$$Q_4 = 120.5 \times 0.32 \times (78-70) = 308.5 \text{ [Btu/hr]} \quad \text{دیوار مشترک با حمام}$$

$$Q_4 = 56.33 \times 0.32 \times 0 = 0 \text{ [Btu/hr]} \quad \text{در اتاق}$$

۵) محاسبه ی بار سرمایی محسوس ناشی از تهویه ی اتاق ها

$$Q_5 = 1.08 \times V \times (t_o - t_i) \times BF$$

مقدار ضریب میان بر برای ساختمان ۰,۱۵ می باشد .

$$V = \frac{vn}{60}$$

که در آن V حجم اتاق است و n از جدول تعداد دفعات تعویض هوا است و از جدول ۱۴-۳ برابر ۲ بدست می آید :

$$V = \frac{1368 \times 2}{60} = 45.6$$

$$Q_5 = 1.08 \times 45.6 \times 24 \times 0.15 = 177.3 \text{ [Btu/hr]}$$

۶) محاسبه ی بار سرمایی محسوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمازای داخل اتاق

تعداد ساکنین اتاق ۱ نفر می باشد.

$$Q_{sp} = q_{sp} * \text{تعداد ساکنین اتاق} = 1 * 215 = 215 \text{ btu/hr}$$

$$0.5 * 3.4 * 1.25 * \text{قدرت الکتریکی ورودی به لامپ} = \text{حرارت اکتسابی از لامپ}$$

قدرت الکتریکی ورودی به لامپ برای منزل مسکونی بر اساس واحد سطح کف $3w/ft^2$ به دست می آید .
چون به طور معمول نیمی از لامپ ها در روز خاموش هستند ضریب مصرفی به اندازه ی ۰,۵ در نظر گرفته شده است.

در این منزل مسکونی از لامپ های معمولی برای روشنایی استفاده شده است برای اتاق مورد نظر ۲ لامپ در نظر می گیریم.

$$= 2 * 138.9 * 3 * 1.25 * 3.4 * 0.5 = 1771 \text{ btu/hr}$$

حرارت اکتسابی از لامپ

۷ - محاسبه ی بار سرمایی نهان مؤثر اتاق

$$Q_{lv} = V \times \Delta W \times BF \times \frac{60 \times h_{fg}}{7000 \times v}$$

مقدار ضریب میان بر برای ساختمان ۰,۱۵ می باشد .

اختلاف نسبت رطوبت هوای داخل و خارج را می توان از نمودار سایکرومتریک مشخص کرد :

$$\Delta W = 61 \text{ grain/lb}$$

گرمای نهان بخار آب از جدول ۱-۱ در آخر فصل ۱ کتاب به دست می آید - $h_{fg} = 1035.58 \text{ btu/lb}$

حجم مخصوص است $v = 14.6 \text{ ft}^3/\text{lb}$.

$$Q_{lv} = 45.6 \times 61 \times 0.15 \times \frac{60 \times 1035.58}{7000 \times 14.6} = 253.7 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right]$$

$$Q_{lp} = \text{اتاق ساکنین تعداد} \times q_{lp} = (0.75 \times 205) \times 2 = 307.5 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right]$$

لازم به ذکر است که مقدار q_{lp} از جدول ۱۵-۳ به دست می آید و این مقدار برای خانم بزرگ سال در ۰,۸۵ و برای کودکان در ۰,۷۵ شده است و در ضمن تعداد ساکنین اتاق ۲ نفر می باشد.

۸ - محاسبه ی بار سرمایی محسوس بقیه ی هوای خارج

$$Q_8 = 1.08 \times V \times (t_o - t_i) \times (1-BF)$$

$$Q_8 = 1.08 \times 45.6 \times 24 \times (1-0.15) = 1004.7 \text{ [Btu/hr]}$$

9 - محاسبه ی بار سرمایی نهان بقیه ی هوای خارج

$$Q_{lv} = V \times \Delta W \times (1-BF) \times \frac{60 \times h_{fg}}{7000 \times v} = 45.6 \times 61 \times (1 - 0.15) \times \frac{60 \times 1035.58}{7000 \times 14.6} = 1437.6 \left[\frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right]$$

(۱) محاسبه ی بار سرمایی تابشی از پنجره ها و شیشه های خارجی (Q_1)

Q_1 = حرارت اکتسابی از خورشید × ضریب تصحیح × ضریب ذخیره × مساحت پنجره یا شیشه

وزن مواد ساختمانی

$$= \frac{\frac{1}{2} \times (\text{وزن دیوار داخلی}) + \frac{1}{2} \times (\text{وزن سقف}) + \frac{1}{2} \times (\text{وزن کف}) + (\text{دیوار وزن خارجی})}{\text{مساحت کف}}$$

واحد مقادیر بدست آمده پوند می باشد . (lb)

طبقه اول :

$$\text{هال} = \frac{\frac{1}{2} \times ((475.6) \times 18) + \frac{1}{2} (611.4 \times 99) + \frac{1}{2} ((611.4) \times 99) + 603.4 \times 63}{611.4} = 168.18$$

$$\text{آشپزخانه} = \frac{(99.4 \times 63) + \frac{1}{2}(261 \times 18) + \frac{1}{2}(127 \times 99 + 127 \times 99)}{127} = 166.8$$

$$\text{اتاق ۱-۵} = \frac{0.5*(18)*(225)+(63)*(230-7.8)+0.5*(99)*(138.9)+0.5*(99)*(138.9)}{138.9} = 214.4 \text{ lb}$$

$$\text{اتاق ۱-۶} = \frac{0.5*(18)*(225)+(63)*(230-7.8)+0.5*(99)*(138.9)+0.5*(99)*(138.9)}{138.9} = 214.4 \text{ lb}$$

طبقه دوم:

$$\text{هال} = \frac{\frac{1}{2} \times ((475.6) \times 18) + \frac{1}{2}(611.4 \times 99) + \frac{1}{2}((611.4) \times 99) + 603.4 \times 63}{611.4} = 168.18$$

$$\text{آشپزخانه} = \frac{(99.4 \times 63) + \frac{1}{2}(261 \times 18) + \frac{1}{2}(127 \times 99 + 127 \times 99)}{127} = 166.8$$

$$\text{اتاق ۲-۵} = \frac{0.5*(18)*(225)+(63)*(230-7.8)+0.5*(99)*(138.9)+0.5*(99)*(138.9)}{138.9} = 214.4 \text{ lb}$$

$$\text{اتاق ۲-۶} = \frac{0.5*(18)*(225)+(63)*(230-7.8)+0.5*(99)*(138.9)+0.5*(99)*(138.9)}{138.9} = 214.4 \text{ lb}$$

طبقه سوم:

$$\text{هال} = \frac{\frac{1}{2} \times ((475.6) \times 18) + \frac{1}{2}(611.4 \times 46) + \frac{1}{2}((611.4) \times 99) + 603.4 \times 63}{611.4} = 141.7$$

$$\text{آشپزخانه} = \frac{(99.4 \times 63) + \frac{1}{2}(261 \times 18) + \frac{1}{2}(127 \times 46 + 127 \times 99)}{127} = 140.3$$

$$\text{اتاق ۳-۵} = \frac{0.5 \times (18) \times (225) + (63) \times (230 - 7.8) + 0.5 \times (46) \times (138.9) + 0.5 \times (99) \times (138.9)}{138.9} = 189.9 \text{ lb}$$

$$\text{اتاق ۳-۶} = \frac{0.5 \times (18) \times (225) + (63) \times (230 - 7.8) + 0.5 \times (46) \times (138.9) + 0.5 \times (99) \times (138.9)}{138.9} = 189.9 \text{ lb}$$

ضریب ذخیره را از جدول ۳-۶ برای حرارت اکتسابی از شیشه، با وسایل سایه افکن داخلی، برای کار ۲۴ ساعته
ی سیستم و در دمای ثابت برای اتاق مورد نظر به دست می آوریم.
تمامی پنجره های سالن و اتاق و آشپزخانه دارای کرکره نیمه روشن است.

طبقه	اتاق یا فضا	جهت پنجره	مساحت پنجره (ft ²)	حرارت اکتسابی از خورشید (Btu/hr.ft ²)	وزن مواد ساختمانی محل (lb/ft ²)	ضریب ذخیره	قاب فلزی	گرد و غبار و مه	ارتفاع از سطح دریا	نقطه شبنم	کرکره داخلی	Q ₁ (Btu/hr)
اول	هال	شرقی	29	12	168.2	0.17	1.17	0.85	1	1.07	0.56	35.2537
	اتاق ۲-۶	غربی	11.8	163.5	214.4	0.63	1.17	0.85	1	1.07	0.56	724.297
	اتاق ۲-۵	غربی	7.8	163.5	214.4	0.63	1.17	0.85	1	1.07	0.56	478.773
دوم	هال	شرقی	29	12	168.2	0.17	1.17	0.85	1	1.07	0.56	35.2537
	اتاق ۲-۶	غربی	11.8	163.5	214.4	0.63	1.17	0.85	1	1.07	0.56	724.297
	اتاق ۲-۵	غربی	7.8	163.5	214.4	0.63	1.17	0.85	1	1.07	0.56	478.773
سوم	هال	شرقی	29	12	141.7	0.16	1.17	0.85	1	1.07	0.56	33.18
	اتاق ۲-۶	غربی	11.8	163.5	189.9	0.63	1.17	0.85	1	1.07	0.56	724.297
	اتاق ۲-۵	غربی	7.8	163.5	189.9	0.63	1.17	0.85	1	1.07	0.56	478.773

$$Q_{1T} = 3712.9 \left(\frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \right)$$

(۲) محاسبه ی بار سرمایی هدایتی از پنجره ها و شیشه های داخلی و خارجی و جداره ها و درهای داخلی (Q_2 و Q_4)

$$Q_{2,4} = AU\Delta T$$

این مقادیر در جدول زیر آورده شده است .

راه پله را فضای تهویه نشده در نظر گرفته و دمای آن را ۸۴ درجه فارنهایت قرار می دهیم.

تلفات حرارتی (<i>Btu/hr</i>)	ضریب جهت	$T_o - T_i$ (°F)	ضریب	مساحت جدار (<i>ft</i> ²)	جدار مورد محاسبه	اتاق یا فضا	طبقه
238.641	1	6	0.145	274.3	دیوار مشترک با راه پله	هال	طبقه اول
0	1	0	0.145	72.3	دیوار مشترک با حمام و دستشویی		
0	1	0	0.145	198.3	دیوار مشترک با آشپزخانه		
0	1	0	0.45	62.4	در های اتاق ها		
63	1	6	0.3	35	در ورودی		
0	1	0	0.45	21.5	در های دستشویی و حمام		
total							
0	1	0	0.145	198.3	دیوار مشترک با هال	آشپزخانه	
0	1	0	0.145	92.83	دیوار مشترک با سرویس		
total							
0	1	0	0.145	115	دیوار مشترک با اتاق دیگر	اتاق ۵-۱	
0	1	0	0.145	85.6	دیوار مشترک با حمام		
0	1	0	0.45	35	در مشترک با هال		
Total							0
0	1	0	0.145	115	دیوار مشترک با اتاق دیگر	اتاق ۱-۶	
60.3	1	6	0.145	69.3	دیوار مشترک با راهرو		
0	1	0	0.45	35	در مشترک با هال		
total							60.3

	حمام	دیوار مشترک با اتاق	85.6	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با هال	36.17	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با دستشویی	60.3	0.145	0	1	0
		در حمام	21.5	0.45	0	1	0
		total					
	دستشویی	دیوار مشترک با هال	36.17	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با حمام	60.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با آشپزخانه	85.6	0.145	0	1	0
		در دستشویی	21.5	0.45	0	1	0
		total					
طبقه دوم	هال	دیوار مشترک با راه پله	274.3	0.145	6	1	238.641
		دیوار مشترک با حمام و دستشویی	72.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با آشپزخانه	198.3	0.145	0	1	0
		در های اتاق ها	62.4	0.45	0	1	0
		در ورودی	35	0.3	6	1	63
		در های دستشویی و حمام	21.5	0.45	0	1	0
		total					
	آشپزخانه	دیوار مشترک با هال	198.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با سرویس	92.83	0.145	0	1	0
		total					
	اتاق ۵-۲	دیوار مشترک با اتاق دیگر	115	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با حمام	85.6	0.145	0	1	0
		در مشترک با هال	35	0.45	0	1	0
		Total					
	اتاق ۶-۲	دیوار مشترک با اتاق دیگر	115	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با راهرو	69.3	0.145	6	1	60.3
		در مشترک با هال	35	0.45	0	1	0
		total					
	حمام	دیوار مشترک با اتاق	85.6	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با هال	36.17	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با دستشویی	60.3	0.145	0	1	0
		در حمام	21.5	0.45	0	1	0
		total					

	دستشویی	دیوار مشترک با هال	36.17	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با حمام	60.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با آشپزخانه	85.6	0.145	0	1	0
		در دستشویی	21.5	0.45	0	1	0
		total					
طبقه سوم	هال	دیوار مشترک با راه پله	274.3	0.145	6	1	238.641
		دیوار مشترک با حمام و دستشویی	72.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با آشپزخانه	198.3	0.145	0	1	0
		در های اتاق ها	62.4	0.45	0	1	0
		در ورودی	35	0.3	6	1	63
		در های دستشویی و حمام	21.5	0.45	0	1	0
		total					
	آشپزخانه	دیوار مشترک با هال	198.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با سرویس	92.83	0.145	0	1	0
		total					
	اتاق ۳-۵	دیوار مشترک با اتاق دیگر	115	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با حمام	85.6	0.145	0	1	0
		در مشترک با هال	35	0.45	0	1	0
		Total					
	اتاق ۳-۶	دیوار مشترک با اتاق دیگر	115	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با راهرو	69.3	0.145	6	1	60.3
		در مشترک با هال	35	0.45	0	1	0
		total					
	حمام	دیوار مشترک با اتاق	85.6	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با هال	36.17	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با دستشویی	60.3	0.145	0	1	0
		در حمام	21.5	0.45	0	1	0
		total					
	دستشویی	دیوار مشترک با هال	36.17	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با حمام	60.3	0.145	0	1	0
		دیوار مشترک با آشپزخانه	85.6	0.145	0	1	0
		در دستشویی	21.5	0.45	0	1	0
		total					

$$Q_{2,4 \text{ طبقات}} = 2171.6 \left(\frac{Btu}{hr} \right)$$

۳) محاسبه ی بار سرمایی تشعشعی و هدایتی جداره های خارجی (Q_3)

$$Q_3 = AU\Delta T_e$$

قبل از محاسبه Q_3 باید مقدار ΔT_e را بدست آوریم .

$$\Delta T_e = 0.78 \frac{R_s}{R_m} (\Delta T_{em}) + \left(1 - 0.78 \frac{R_s}{R_m}\right) \times (\Delta T_{es})$$

رنگ نیمه روشن جداره

در این جا برای جداره ها رنگ نیمه روشن را در نظر می گیریم.

با توجه به اینکه مقدار تغییرات دمای روزانه 15° و اختلاف دمای خشک داخل و خارج 24° می باشد، با توجه به جدول مقدار تصحیحی $X=9.25$ می گردد .

جداره مورد نظر	وزن واحد سطح (lb/ft ²)	اختلاف دمای معادل تحت تابش	اختلاف دمای معادل تحت سایه	مقدار تصحیحی (X)	R_s (Btu/hr × ft ²)	R_m (Btu/hr × ft ²)	ΔT_{em} (°F)	ΔT_{es} (°F)	ΔT_e (°F)
شمالی	63	1	1	9.25	25	24	10.25	10.25	10.25
جنوبی	63	7	1	9.25	22	69	16.25	10.25	11.7422
شرقی	63	19	1	9.25	163.5	164	28.25	10.25	24.2472
غربی	63	10	1	9.25	163.5	164	19.25	10.25	17.2486
سقف	99	28	6	9.25	248.5	233	37.25	15.25	33.5515

حال به محاسبه ی بار سرمایی تشعشعی و هدایتی جداره های خارجی می پردازیم. نتایج آن در جداول زیر آمده است.

طبقه	فضا یا اتاق	جداره خارجی مورد نظر	مساحت جداره خارجی (ft^2)	ضریب ($Btu/hr.ft^2.^\circ F$)	اختلاف دمای معادل ($^\circ F$)	Q_3 (Btu/hr)
طبقه اول	هال	جداره شرقی	225.5	0.169	24.25	924.155375
		جداره شمالی	191.1	0.169	10.25	331.032975
		جداره جنوبی	191.1	0.169	11.7	377.86203
		total				1633.05038
		جداره شمالی	99.5	0.169	10.25	172.36
		total				172.36
	اتاق ۱-۶	جداره جنوبی	74	0.169	11.74	146.8
		جداره غربی	115	0.169	12.25	238.1
		total				384.9
	اتاق ۱-۵	جداره شمالی	74	0.169	10.25	128.1865
		جداره غربی	115	0.169	12.25	238.07875
		total				366.2653
	حمام	جداره شمالی	36.2	0.169	10.25	62.70745
		total				62.70745
	دستشویی	جداره شمالی	36.2	0.169	10.25	62.70745
		total				62.70745
طبقه دوم	هال	جداره شرقی	225.5	0.169	24.25	924.155375
		جداره شمالی	191.1	0.169	10.25	331.032975
		جداره جنوبی	191.1	0.169	11.7	377.86203
		total				1633.05038
	آشپزخانه	جداره شمالی	99.5	0.169	10.25	172.36
		total				172.36
	اتاق ۲-۶	جداره جنوبی	74	0.169	11.74	146.8
		جداره غربی	115	0.169	12.25	238.1
		total				384.9
	اتاق ۲-۵	جداره شمالی	74	0.169	10.25	128.1865
		جداره غربی	115	0.169	12.25	238.07875
		total				366.2653
	حمام	جداره شمالی	36.2	0.169	10.25	62.70745
		total				62.70745
	دستشویی	جداره شمالی	36.2	0.169	10.25	62.70745
		total				62.70745

طبقه سوم	هال	جداره شرقی	225.5	0.169	24.25	924.155375
		جداره شمالی	191.1	0.169	10.25	331.032975
		جداره جنوبی	191.1	0.169	11.7	377.86203
		سقف	611.4	0.09	35.55	1956.1743
		Total				3589.22468
	آشپزخانه	جداره شمالی	99.5	0.169	10.25	172.358875
		سقف	127	0.09	35.55	406.3365
		Total				578.695375
	اتاق ۳-۶	جداره جنوبی	74	0.169	11.74	146.82044
		جداره غربی	115	0.169	12.25	238.07875
		سقف	138.9	0.09	35.55	444.41055
		Total				829.30974
	اتاق ۳-۵	جداره شمالی	74	0.169	10.25	128.1865
		جداره غربی	115	0.169	12.25	238.07875
		سقف	138.9	0.09	35.55	444.41055
		Total				810.6758
	حمام	جداره شمالی	36.2	0.169	10.25	62.7075
		سقف	34.4	0.09	35.55	110.063
		Total				172.77
	دستشویی	جداره شمالی	36.2	0.169	10.25	62.70745
		سقف	25.8	0.09	35.55	82.5471
		Total				145.25455

$$Q_{3 \text{ طبقه اول}} = 2682.1 \left(\frac{Btu}{hr} \right)$$

$$Q_{3 \text{ طبقه دوم}} = 2682.1 \left(\frac{Btu}{hr} \right)$$

$$Q_{3 \text{ طبقه سوم}} = 4493.2 \left(\frac{Btu}{hr} \right)$$

۴) محاسبه ی بار سرمایی محسوس ناشی از تهویه ی اتاق ها (Q_5)

$$Q_5 = 1.08 \times V \times (T_o - T_i) \times BF$$

مقدار ضریب میان بر برای منازل مسکونی ۰,۱۵ در نظر گرفته می شود .

$$V = \frac{n \times v}{60}$$

حجم اتاق است و همچنین تعداد دفعات تعویض اجباری هوا اتاق در ساعت از جدول ۱۴-۳ بدست می آید. v

طبقه	فضا یا اتاق	ضریب	حجم اتاق	دفعات تعویض هوا	$T_o - T_i$ (°F)	BF	Q_5 (Btu/hr)
طبقه اول	هال	1.08	5616.80952	2	24	0.15	727.9385138
	آشپزخانه	1.08	1166.7236	12	24	0.15	907.2442714
	اتاق ۱-۵	1.08	1276.04652	2	24	0.15	165.375629
	اتاق ۱-۶	1.08	1276.04652	2	24	0.15	165.375629
	حمام	1.08	316.02592	6	24	0.15	122.8708777
	دستشویی	1.08	237.01944	6	24	0.15	92.15315827
	total						2180.958079
طبقه دوم	هال	1.08	5616.80952	2	24	0.15	727.9385138
	آشپزخانه	1.08	1166.7236	12	24	0.15	907.2442714
	اتاق ۲-۵	1.08	1276.04652	2	24	0.15	165.375629
	اتاق ۲-۶	1.08	1276.04652	2	24	0.15	165.375629
	حمام	1.08	316.02592	6	24	0.15	122.8708777
	دستشویی	1.08	237.01944	6	24	0.15	92.15315827
	total						2180.958079
طبقه سوم	هال	1.08	5616.80952	2	24	0.15	727.9385138
	آشپزخانه	1.08	1166.7236	12	24	0.15	907.2442714
	اتاق ۳-۵	1.08	1276.04652	2	24	0.15	165.375629
	اتاق ۳-۶	1.08	1276.04652	2	24	0.15	165.375629
	حمام	1.08	316.02592	6	24	0.15	122.8708777
	دستشویی	1.08	237.01944	6	24	0.15	92.15315827
	total						2180.958079

(۵) محاسبه ی بار سرمایی محسوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمای داخل اتاق (Q_6)

$$Q_{SP} = q_{sp} \times \text{تعداد ساکنین}$$

تعداد ساکنین هر واحد ۵ نفر می باشد که شامل دو مرد و یک زن و دو کودک است.

بار سرمایی نهان هر نفر از جدول ۱۵-۳ بدست می آید و این مقدار برای خانم ها در ضریب ۰,۸۵ و برای کودکان در ضریب ۰,۷۵ ضرب می شود. ($q_{lp} = 215 \text{ (Btu/hr)}$)

$$0.5 \times 3.4 \times 1.25 \times \text{قدرت الکتریکی ورودی به لامپ} = \text{حرارت اکتسابی از لامپ}$$

ضریب ۰,۵ به خاطر خاموش بودن لامپ ها در نیمی از روز است .

قدرت الکتریکی ورودی به لامپ بر اساس واحد سطح کف از جدول ۱۶-۳ به دست می آید.

(3 w/ft^2 برای منزل مسکونی)

در این منزل مسکونی از لامپ های فلورسنت استفاده شده است. برای آشپزخانه و اتاق ها ۲ لامپ ، هال ۴ لامپ ، حمام و دستشویی ۱ لامپ در نظر گرفتیم. هم چنین آشپزخانه دارای یک گرم کن غذا و یک هود می باشد.

طبقه	فضا یا اتاق	Q_{SP} (Btu/hr)	حرارت اکتسابی از لامپ ها (Btu/hr)	حرارت اکتسابی از وسایل (Btu/hr)	Q_6 (Btu/hr)
طبقه اول	هال	935.25	3897.675	0	4832.925
	آشپزخانه	397.8	809.625	0	1207.425
	اتاق ۵-۱	322.5	885.4875	100	1307.9875
	اتاق ۶-۱	215	885.4875	0	1100.4875
	حمام	215	219.3	0	434.3
	دستشویی	215	164.475	0	379.475

طبقه دوم	هال	935.25	3897.675	0	4832.925
	آشپزخانه	397.8	809.625	0	1207.425
	اتاق ۵-۲	322.5	885.4875	100	1307.9875
	اتاق ۶-۲	215	885.4875	0	1100.4875
	حمام	215	219.3	0	434.3
	دستشویی	215	164.475	0	379.475
طبقه سوم	هال	935.25	3897.675	0	4832.925
	آشپزخانه	397.8	809.625	0	1207.425
	اتاق ۵-۳	322.5	885.4875	100	1307.9875
	اتاق ۶-۳	215	885.4875	0	1100.4875
	حمام	215	219.3	0	434.3
	دستشویی	215	164.475	0	379.475

۶) محاسبه ی بار سرمایی نهان موثر اتاق (Q_7)

$$1) Q_{lv} = V \times \Delta W \times BF \times \frac{60 \times h_{fg}}{7000 \times v}$$

اختلاف نسبت رطوبت هوای داخل و خارج (Δw) را میتوان از نمودار سایکرومتریک مشخص کرد.

$$(\Delta W = 62.79 \frac{\text{grain}}{\text{lb}})$$

گرمای نهان بخار آب از جدول ۱-۱ در انتهای فصل یک کتاب بدست می آید. ($h_{fg} = 1042 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$)

$$v : \text{حجم مخصوص است. } (v = 14.27 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}})$$

▪ $2) Q_{lp} = \text{تعداد ساکنین} \times q_{lp}$

بار سرمایی نهان هر نفر از جدول ۱۵-۳ بدست می آید و این مقدار برای خانم ها در ضریب ۰,۸۵ و برای کودکان در ضریب ۰,۷۵ ضرب می شود. ($q_{lp} = 205 \text{ (Btu/hr)}$)

تعداد ساکنین هر واحد ۵ نفر می باشد که شامل دو مرد و یک زن و دو کودک است.

آشپزخانه دارای یک گرم کن غذا و یک هود می باشد.

طبقه	فضا یا اتاق	Q_{lv} (Btu/hr)	Q_{lp} (Btu/hr)	حرارت اکتسابی از وسایل (Btu/hr)	Q_7 (Btu/hr)
طبقه اول	هال	1041.543712	3897.675	0	4832.93
	آشپزخانه	1298.096677	809.625	0	1207.43
	اتاق ۱-۵	236.6215597	885.4875	175	1717.99
	اتاق ۱-۶	236.6215597	885.4875	0	1100.49
	حمام	175.8052193	219.3	0	434.3
	دستشویی	131.8539145	164.475	0	379.475
طبقه دوم	هال	1041.543712	3897.675	0	4832.93
	آشپزخانه	1298.096677	809.625	0	1207.43
	اتاق ۲-۵	236.6215597	885.4875	175	1717.99
	اتاق ۲-۶	236.6215597	885.4875	0	1100.49
	حمام	175.8052193	219.3	0	434.3
	دستشویی	131.8539145	164.475	0	379.475
طبقه سوم	هال	1041.543712	3897.675	0	4832.93
	آشپزخانه	1298.096677	809.625	0	1207.43
	اتاق ۳-۵	236.6215597	885.4875	175	1717.99
	اتاق ۳-۶	236.6215597	885.4875	0	1100.49
	حمام	175.8052193	219.3	0	434.3
	دستشویی	131.8539145	164.475	0	379.475

(۷) محاسبه ی بار سرمایی محسوس بقیه ی هوای خارج (Q_8)

$$Q_8 = 1.08 \times V \times (T_o - T_i) \times (1 - BF)$$

طبقه	فضا یا اتاق	ضریب	حجم اتاق	دفعات تعویض هوا	$T_o - T_i$ (°F)	1-BF	Q_8 (Btu/hr)
طبقه اول	هال	1.08	5616.80952	2	24	0.85	4124.984911
	آشپزخانه	1.08	1166.7236	12	24	0.85	5141.050871
	اتاق ۵-۱	1.08	1276.04652	2	24	0.85	937.1285643
	اتاق ۶-۱	1.08	1276.04652	2	24	0.85	937.1285643
	حمام	1.08	316.02592	6	24	0.85	696.2683069
	دستشویی	1.08	237.01944	6	24	0.85	522.2012302
طبقه دوم	هال	1.08	5616.80952	2	24	0.85	4124.984911
	آشپزخانه	1.08	1166.7236	12	24	0.85	5141.050871
	اتاق ۵-۲	1.08	1276.04652	2	24	0.85	937.1285643
	اتاق ۶-۲	1.08	1276.04652	6	24	0.85	2811.385693
	حمام	1.08	316.02592	6	24	0.85	696.2683069
	دستشویی	1.08	237.01944	6	24	0.85	522.2012302
طبقه سوم	هال	1.08	5616.80952	2	24	0.85	4124.984911
	آشپزخانه	1.08	1166.7236	12	24	0.85	5141.050871
	اتاق ۵-۳	1.08	1276.04652	2	24	0.85	937.1285643
	اتاق ۶-۳	1.08	1276.04652	6	24	0.85	2811.385693
	حمام	1.08	316.02592	6	24	0.85	696.2683069
	دستشویی	1.08	237.01944	6	24	0.85	522.2012302

۸) محاسبه ی بار سرمایی نهان بقیه ی هوای خارج (Q_9)

$$Q_{lv} = V \times \Delta W \times (1 - BF) \times \frac{60 \times h_{fg}}{7000 \times v}$$

طبقه	فضا یا اتاق	ΔW	1-BF	$\frac{60 \times h_{fg}}{7000 \times v}$	Q_9 (Btu/hr)
طبقه اول	هال	61	0.85	0.608	5902.293225
	آشپزخانه	61	0.85	0.608	7356.145629
	اتاق ۱-۵	61	0.85	0.608	1340.903711
	اتاق ۱-۶	61	0.85	0.608	1340.903711
	حمام	61	0.85	0.608	996.2653923
	دستشویی	61	0.85	0.608	747.1990442
طبقه دوم	هال	61	0.85	0.608	5902.293225
	آشپزخانه	61	0.85	0.608	7356.145629
	اتاق ۲-۵	61	0.85	0.608	1340.903711
	اتاق ۲-۶	61	0.85	0.608	1340.903711
	حمام	61	0.85	0.608	996.2653923
	دستشویی	61	0.85	0.608	747.1990442
طبقه سوم	هال	61	0.85	0.608	5902.293225
	آشپزخانه	61	0.85	0.608	7356.145629
	اتاق ۳-۵	61	0.85	0.608	1340.903711
	اتاق ۳-۶	61	0.85	0.608	1340.903711
	حمام	61	0.85	0.608	996.2653923
	دستشویی	61	0.85	0.608	747.1990442

محاسبه ی بار سرمایی محسوس موثر (ERSH) برای هر اتاق :

در این مرحله بار سرمایی محسوس موثر اتاق را که در محاسبه ی دبی هوای حامل بار سرمایی بکار خواهد رفت با در نظر گرفتن ده درصد ضریب اطمینان به دست می آوریم.

$$ERSH = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6) \times 1.1$$

طبقه	فضا یا اتاق	Q_1 (Btu/hr)	$Q_{2,4}$ (Btu/hr)	Q_3 (Btu/hr)	Q_5 (Btu/hr)	Q_6 (Btu/hr)	ضریب اطمینان	ERSH (Btu/hr)
طبقه اول	هال	35.25	301.6	1633.1	727.9385138	4832.925	1.1	8283.894865
	آشپزخانه	0	0	172.4	907.2442714	1207.425	1.1	2515.776199
	اتاق ۱-۵	478.77	0	366.3	165.375629	1307.9875	1.1	2550.276442
	اتاق ۱-۶	724.3	60.3	384.9	165.375629	1100.4875	1.1	2678.899442
	حمام	0	0	62.7	122.8708777	434.3	1.1	681.8579655
	دستشویی	0	0	62.7	92.15315827	379.475	1.1	587.7609741
طبقه دوم	هال	35.25	301.6	1633.1	727.9385138	4832.925	1.1	8283.894865
	آشپزخانه	0	0	172.4	907.2442714	1207.425	1.1	2515.776199
	اتاق ۲-۵	478.77	0	366.3	165.375629	1307.9875	1.1	2550.276442
	اتاق ۲-۶	724.3	60.3	384.9	165.375629	1100.4875	1.1	2678.899442
	حمام	0	0	62.7	122.8708777	434.3	1.1	681.8579655
	دستشویی	0	0	62.7	92.15315827	379.475	1.1	587.7609741
طبقه سوم	هال	33.18	301.6	1633.1	727.9385138	4832.925	1.1	8281.824865
	آشپزخانه	0	0	172.4	907.2442714	1207.425	1.1	2515.776199
	اتاق ۳-۵	478.77	0	366.3	165.375629	1307.9875	1.1	2550.276442
	اتاق ۳-۶	724.3	60.3	384.9	165.375629	1100.4875	1.1	2678.899442
	حمام	0	0	62.7	122.8708777	434.3	1.1	681.8579655
	دستشویی	0	0	62.7	92.15315827	379.475	1.1	587.7609741

بار سرمایی کل ساختمان (Q_{TR})

$$Q_{TR} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9) \times 1.1$$

طبقه	فضا یا اتاق	ERSH (Btu/hr)	Q_7 (Btu/hr)	Q_8 (Btu/hr)	Q_9 (Btu/hr)	ضریب اطمینان	Q_{TR} (Btu/hr)
طبقه اول	هال	8283.894865	4832.93	4124.984911	5902.29	1.1	25458.50975
	آشپزخانه	2515.776199	1207.43	5141.050871	7356.14	1.1	17842.43678
	اتاق ۱-۵	2550.276442	1717.99	937.1285643	1340.90	1.1	7200.924507
	اتاق ۱-۶	2678.899442	1100.49	937.1285643	1340.90	1.1	6663.159807
	حمام	681.8579655	434.3	696.2683069	996.26	1.1	3089.5549
	دستشویی	587.7609741	379.475	522.2012302	747.19	1.1	2460.289925
طبقه دوم	هال	8283.894865	4832.93	4124.984911	5902.29	1.1	25458.50975
	آشپزخانه	2515.776199	1207.43	5141.050871	7356.14	1.1	17842.43678
	اتاق ۲-۵	2550.276442	1717.99	937.1285643	1340.90	1.1	7200.924507
	اتاق ۲-۶	2678.899442	1100.49	2811.385693	1340.90	1.1	8724.842649
	حمام	681.8579655	434.3	696.2683069	996.26	1.1	3089.5549
	دستشویی	587.7609741	379.475	522.2012302	747.19	1.1	2460.289925
طبقه سوم	هال	8281.824865	4832.93	4124.984911	5902.29	1.1	25456.43975
	آشپزخانه	2515.776199	1207.43	5141.050871	7356.14	1.1	17842.43678
	اتاق ۳-۵	2550.276442	1717.99	937.1285643	1340.90	1.1	7200.924507
	اتاق ۳-۶	2678.899442	1100.49	2811.385693	1340.90	1.1	8724.842649
	حمام	681.8579655	434.3	696.2683069	996.26	1.1	3089.5549
	دستشویی	587.7609741	379.475	522.2012302	747.19	1.1	2460.289925

بار سرمایی کل ساختمان (Q_T)

$$Q_T = \sum Q_{TR} = 192265.9227 \left(\frac{Btu}{hr} \right)$$

محاسبه ی دبی هوای حامل بار سرمایی هر اتاق

$$RCFM = \frac{ERSH}{1.08 \times (t_r - t_{adp}) \times (1 - BF)}$$

t_r : دمای خشک طرح تابستانی اتاق

t_{adp} : دمای نقطه شبنم دستگاه که از جدول ۳-۳ به دست می آید. ($t_{adp} = 42^{\circ}\text{F}$)

طبقه	فضا یا اتاق	ERSH (Btu/hr)	ضریب	$t_r - t_{adp}$ (°F)	1-BF	RCFM (CFM)
طبقه اول	هال	8283.894865	1.08	26	0.85	347.0711775
	آشپزخانه	2515.776199	1.08	26	0.85	105.4037288
	اتاق ۵-۱	2550.276442	1.08	26	0.85	106.849189
	اتاق ۶-۱	2678.899442	1.08	26	0.85	112.2381197
	حمام	681.8579655	1.08	26	0.85	28.56787186
	دستشویی	587.7609741	1.08	26	0.85	24.62548073
	total					724.7555676
طبقه دوم	هال	8283.894865	1.08	26	0.85	347.0711775
	آشپزخانه	2515.776199	1.08	26	0.85	105.4037288
	اتاق ۵-۱	2550.276442	1.08	26	0.85	106.849189
	اتاق ۶-۱	2678.899442	1.08	26	0.85	112.2381197
	حمام	681.8579655	1.08	26	0.85	28.56787186
	دستشویی	587.7609741	1.08	26	0.85	24.62548073
	total					724.7555676
طبقه سوم	هال	8281.824865	1.08	26	0.85	346.9844505
	آشپزخانه	2515.776199	1.08	26	0.85	105.4037288
	اتاق ۵-۱	2550.276442	1.08	26	0.85	106.849189
	اتاق ۶-۱	2678.899442	1.08	26	0.85	112.2381197
	حمام	681.8579655	1.08	26	0.85	28.56787186
	دستشویی	587.7609741	1.08	26	0.85	24.62548073
	total					724.6688406

RCFM = 2174.2 [cfm]