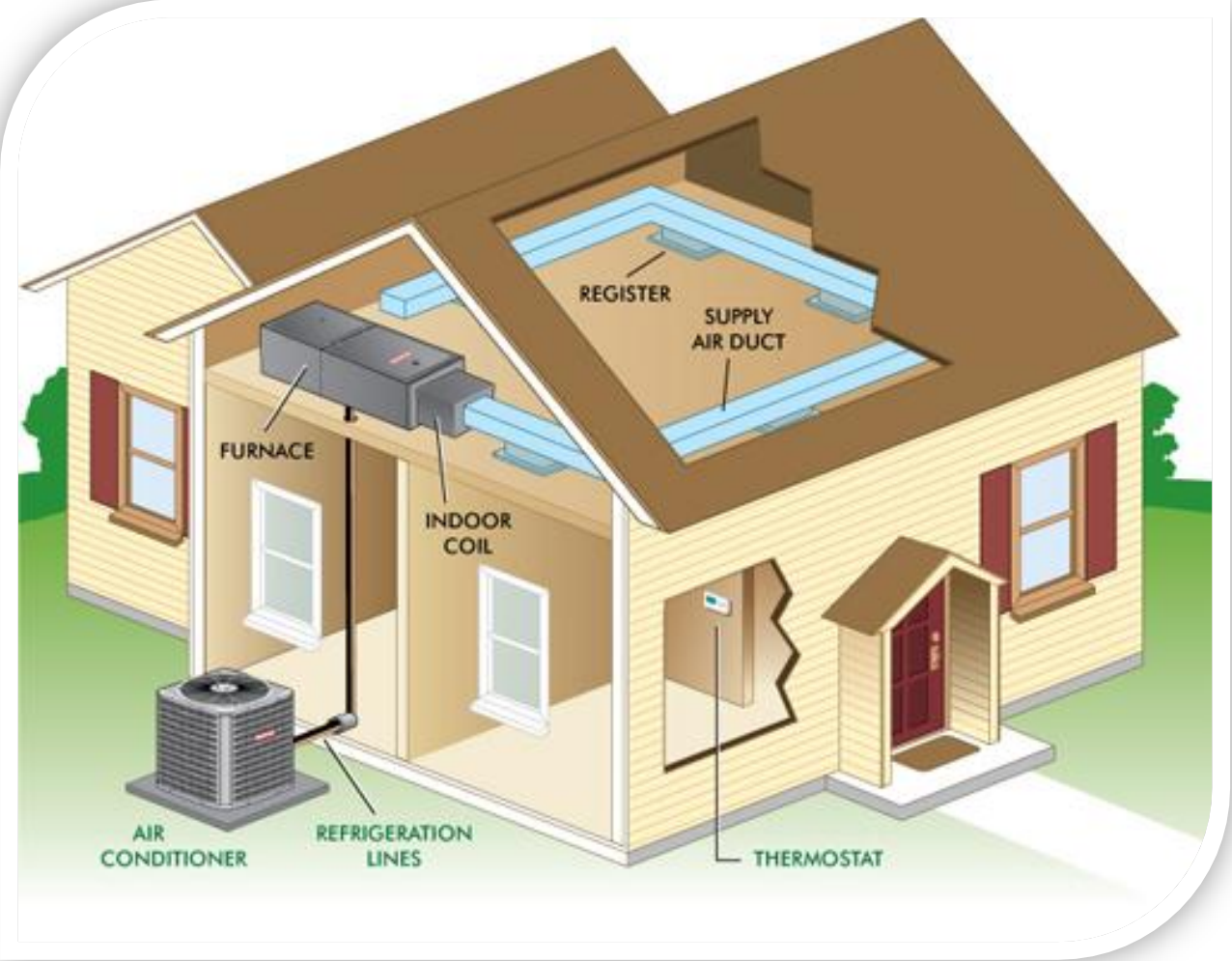
HVAC Course

Egyptian Engineering Syndicate



Lecturer : El-Sayed Saad

Eng : Ahmed gabr

الحمد لله رب العالمين اللهم صل وسلم وبارك علي أشرف خلقك سيدنا محمد وعلي آله وصحبة أجمعين

قال تعالي:

" وما أوتيتم من العلم إلا قليلاً "

ما أضعه بين أيديكم إنما هو نقطة من نهر نحاول أن ننهل منه قدر إستطاعتنا ونسأل الله أن يعيننا علي نفع أمتنا بما تعلمنا وما نتعلم وأن ييسر لنا ذلك ولا يعسره علينا فما من شيء إلا بمشيئته وتيسيره سبحانه وتعالي .

(تصميم وتنفيذ أنظمة التكييف المركزي)

هذا الكتاب عبارة عن محتوي دورة تصميم وتنفيذ أنظمة التكييف المركزي والتي سبق وأن درستها في نقابة المهندسين بالغربية والتي حاضرنا فيها المهندس/ السيد سعد وله كل الإحترام والتقدير.

ونحاول من خلال هذة الدورة أن ننتقل بدارسها إلي المرحلة التي يكون فيها قادراً علي تصميم وتنفيذ نظام تكييف مركزي بسيط وغير معقد. وذلك من خلال خطوات منظمة في شرح انظمة التكييف المركزي .

والله ولي التوفيق

الباب الأول

أحمال التبريد (Cooling Loads)

- أنواع الأحمال الحرارية

١- أحمال محسوسة (Sensible loads)

وهي الأحمال التي تنشا نتيجة وجود فرق في درجات الحرارة بحيث يستطيع الفرد الإحساس بالتغير في درجة الحرارة ومثال ذلك خفض درجة حرارة المياة من ٤٠ إلي ٣٠ دون تغير في حالة المائع .

٢- أحمال كامنة (Latent loads)

وهي الاحمال التي تنشأ نتيجة تغير حالة مائع التبريد دون تغير في درجة حرارته ومثال ذلك أن المياة عند درجة الصفر تكون سائلة ثم ما تلبث أن تتحول إلي جليد درجة حرارتة صفر أيضاً.

- مصادر الأحمال الحرارية

تنقسم الأحمال الحرارية في منظومة التكييف من حيث المصدر إلي :

١- أحمال خارجية (***External loads***)

وهي الأحمال التي تنتج عن :

أ- الإشعاع الشمسي (Solar loads) ← Glass windows

ب- التوصيل الحراري (Conduction) ← External ceiling

External walls

Windows

وتعتمد الأحمال الخارجية في المقام الأول علي الإتجاهات الشمسية (Fig 1)

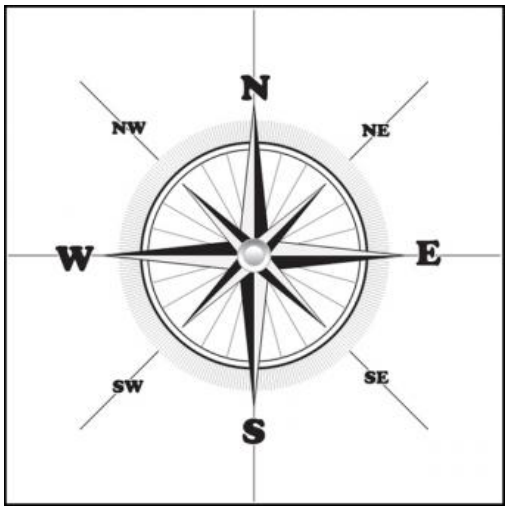


Fig 1

٢- أحمال داخلية (***Internal loads***)

وهي الاحمال التي تنتج عن :

أ- الأشخاص (People).
ب- الإضاءة (lighting).
ت- الأجهزة والمعدات (Equipment).

٣- أحمال هواء التهوية (***Ventilation***)

وهي الأحمال التي تنشا نتيجة تزويد المكان المراد تكييفه بهواء خارجي جديد fresh air واللازم لعملية التنفس وهذا الهواء الخارجي يحمل بداخلة احمال حرارية بنوعيها .

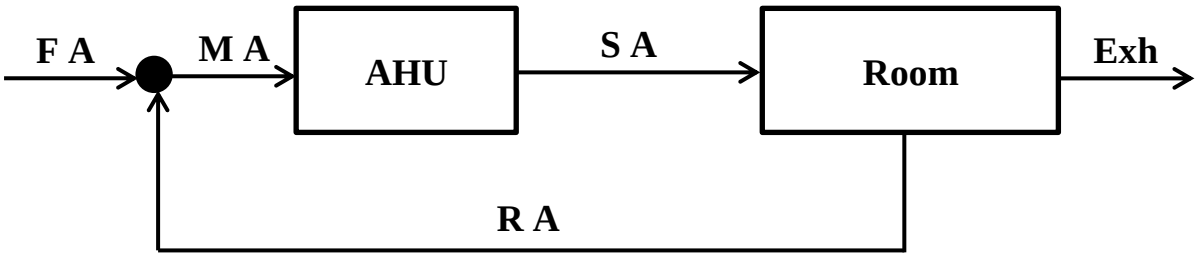


Fig 2

ملاحظات هامة:

أ- يمكن تقسيم الحوائط الداخلية إلي نوعين:
١- حوائط تفصل أماكن مكيفة بنفس درجة الحرارة عن بعضها.

وهذه الحوائط لاتؤثرعلي الحسابات في شيء.

٢- حوائط تفصل بين مكان مكيف وأخر غير مكيف بالنسبة للمكان الاول.

وهذه الحوائط تؤثر بشكل كبير علي الحسابات حيث يوجد أحمال توصيل حراري (Conduction) بين المكان المكيف والغير مكيف نتيجة وجود فرق في درجات الحرارة علي جانبي الحائط ويسمي هذا النوع من الحوائط (قطاع Partition).

ب- الحوائط الخارجية المواجهة لمبني مرتفع او مثبت عليها مظلة (Shaded Walls)
لا نحسب لها أحمال شمسية وتكون لها احمال توصيل حراري (Conduction) فقط.
ت- كل هذة الحسابات تكون بالنظام الإنجليزي وبالتالي تكون قيمة الحمل الكلي للتبريد بوحدة (Btu/hr) ولتحويلها إلي (TR) نقسم علي ١٢٠٠٠. وبالتالي نكون قد حصلنا علي التصنيف الأول لوحدة مناولة الهواء AHU . ويجب معرفة أن :
1 TR = 3.513 KW , 1 TR = 4.7 HP , 1 TR = 12000 Btu
ث- للتحويل من درجة حرارة سيليزية إلي فهرنهيت يكون $F^o = 1.8\ C^o + 32$

- وفيم يلي نتناول طريقة حساب الأحمال الحرارية .

أولاً : الاحمال الخارجية (**External loads**)

١- النوافذ (Glass Windows)

أ- أحمال ناتجة عن الشمس (***duo to solar***)

$$Q_X = SHG \times A_X \times f$$

حيث تشير (X) إلي إتجاة النافذة بالنسبة للشمس ، (f) معامل تظليل الزجاج يعتمد علي الاتجاة الشمسي ويحدد من كود كارير (جدول ١٦) ، (A) مساحة النافذة ، Sensible heat gain (SHG) من كود كارير (جدول ١٥ ، ٦) كما أن (Example 1,2) في كود كارير (Part 1 , Ch 4) يشرح كيفية الحصول علي هذه القيم من الجدول "**هام**" .

ب- احمال التوصيل الحراري (***duo to conduction***)

$$Q = U \times A_{\text{total}} \times \Delta T$$

حيث تشير (U) إلي U=1/R overall heat transfer coefficient of the surface (A_{total}) مجموع مساحات النوافذ المتشابهة في التكوين دون النظر إلي الإتجاة لأن إنتقال الحرارة بالتوصيل لا يعتمد علي الإتجاة ، (ΔT) فرق درجات الحرارة علي جانبي الزجاج.

٢- الحوائط الخارجية (External walls)

أ- أحمال ناتجة عن الشمس (***duo to solar***)

$$Q_X = U \times A_X \times CLTD_{\text{corr}}$$

حيث تشير (CLTD) إلي cooling load temperature difference ونحصل علية من كود أشري (جدول ٣٢) الخاص بالحوائط وبمعلومية دائرة العرض والإتجاه.

ملحوظة : في المباني القديمة والتي لانعرف تركيب جدرانها يمكننا اخذ قيمة المعامل (U) = 0.3 : 0.33 ، أما عندما نكون علي علم بمكونات الجدران فيمكننا التعويض في العلاقة U=1/R حيث نحصل علي R من الكود المصري (جدول ٢-٤ ، ٢-٥ ، ٢-٦ ، ٢-٧) أو كود أشري (جدول ١١) أو كود كارير (جدول ٣٤) .

ب- احمال التوصيل الحراري (***duo to conduction***)

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

وكذلك في حالة الحوائط الداخلية التي تفصل بين مكان مكيف وأخر غير مكيف تستخدم العلاقة السابقة لحساب الأحمال الناتجة عن التوصيل الحراري (Conduction).

٣- السقف الخارجي (External Ceiling)

أ- أحمال ناتجة عن الشمس (***duo to solar***)

$$Q = U \times A \times CLTD_{corr}$$

حيث تشير (CLTD) إلي cooling load temperature difference ونحصل علية من كود أشري (جدول ٣٠) الخاص بالاسقف وبمعلومية دائرة العرض.

ب- احمال التوصيل الحراري (***duo to conduction***)

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

وكذلك في حالة الأرضيات التي تفصل بين مكان مكيف وأخر غير مكيف تستخدم العلاقة السابقة لحساب الأحمال الناتجة عن التوصيل الحراري (Conduction).

ملحوظة : إذا وجد بالمكان المراد تكييفة باب خارجي أو باب داخلي لكنه يفصل بين مكان مكيف واخر غير مكيف فإننا نحسب الحمل الحراري الناتج عنه وهو حمل توصيل حراري (Conduction) . ومن أمثلة الأبواب الخارجية البلكونات الخشبية.

- وبذلك نكون إنتهينا من حساب الأحمال الخارجية جميعها وعلية نجمع كل الأحمال السابقة للحصول علي الحمل الكلي الخارجي $Q_{total\ (ex)}$.

$$Q_{design\ (ex)} = Q_{total} \times 1.1 \rightarrow fos$$

ثانياً : الاحمال الداخلية (**Internal loads**)

١- الأشخاص (***People***)

أ- أحمال محسوسة (Sensible)

$$Q_S = N \times S$$

ب- أحمال كامنة (Latent)

$$Q_L = N \times L$$

حيث (N) عدد الأشخاص ، (S) الحمل الحراري المحسوس للشخص ، (L) الحمل الحراري الكامن للشخص .وتختلف قيمة (S & L) باختلاف طبيعة عمل وأداء الشخص داخل المكان المراد تكييفه فمثلاً الشخص الجالس يختلف عن الممارس للرياضة ونحصل علي هذة القيم من الكود المصري (جدول ٢-٢١) أو كود كارير (جدول ٤٨) أو كود أشري. وعلية يكون:

$$Q_{people} = Q_S + Q_L$$

٢- الإضاءة (***Lighting***)

$$Q = \text{Power (watt)} \times 3.4 \times N$$

Btu/hr

حيث (N) عدد المصابيح

ونحصل علي قدرة المصباح من الكود المصري (جدول ٢-٢٧) أو كود كارير (جدول ٤٩)

٣- الأجهزة والمعدات الكهربائية وأجهزة المطبخ (***Electrical Equipment***)

نحصل علي الاحمال الحرارية الخاصة بكل معدة أو جهاز من الكود المصري (جدول ٢-٢٢ ، ٢-٢٣ ، ٢-٢٤ ، ٢-٢٥) أو كود كارير (جدول ٥٠ ، ٥١ ، ٥٢) أو كود أشري ويلاحظ انه يوجد أجهزة تحمل أحمال محسوسة فقط وأخري كامنة فقط وأخري تحمل كلا الحملين.

- وبذلك نكون إنتهينا من حساب الأحمال الداخلية جميعها وعلية نجمع كل الأحمال السابقة للحصول علي الحمل الكلي الداخلي $Q_{\text{total (in)}}$.

ثالثاً : الاحمال الناتجة عن التهوية (**Ventilation loads**)

تختلف تهوية المكان علي حسب طبيعة المكان وقابلية التدخين في المكان فمثلاً يتم تهوية المكاتب علي حسب عدد الأفراد (L/s/person) المتواجدين بها . بينما يتم تهوية الجراج وغرف خلع الملابس علي حسب مساحته ($L/s/m^2$) وذلك من كود كارير (جدول ٤٥) أو من الكود المصري (جدول ٢-٨)

$$CFM_{\text{total}} = \begin{cases} \text{cfm / person} \times N \\ \text{cfm / m}^2 \times A \end{cases}$$

ونتيجة تزويد المكان المراد تكييفة بهواء جديد (Fresh air) يضاف حمل جديد محسوس وأخر كامن لأن الهواء الجديد تختلف درجة حرارته عن درجة حرارة المكان المكيف وذلك هو الحمل ال (Sensible) كما أنه يحمل معه بخار ماء وذلك هو الحمل ال (Latent).

أولاً : الحمل المحسوس الناتج عن التهوية (Ventilation Sensible Load)

$$Q_S = m_{air} \times C_p \times \Delta T \qquad \underline{\text{but}} \qquad m_{air} = \rho_{air} \times V_{air}$$

$$\underline{\text{and}} \qquad \rho_{air} \simeq 1.2 \text{ kg/m}^3 \quad ، \quad C_{p\,air} = 1.005 \text{ kJ/kg.K}$$

$$Q_S = 1.08 \times CFM \times \Delta T \times pbf \quad \text{(Btu / hr)}$$

ثانياً : الحمل الكامن الناتج عن التهوية (Ventilation Latent Load)

$Q_L = m^o_v \times Latent$ ← ٢٥٠٠

But $\omega = m^o_v / m^o_{air}$

وعلية يكون :

$$Q_L = m^o_v \times Latent = \omega \times m^o_{air} \times Latent$$

And $m_{air} = \rho_{air} \times V_{air}$ ← CFM ، $\rho_{air} \simeq 1.2\ kg/m^3$

$$Q_L = 0.68 \times \Delta\omega \times CFM \times pbf$$

ونحصل علي قيم $\Delta\omega$ من الخريطة السيكومترية للهواء.

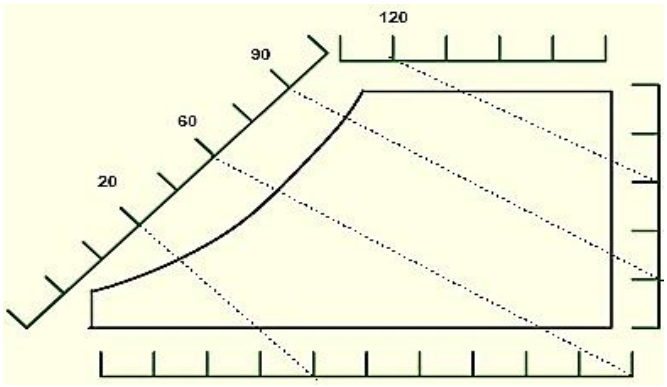


Fig 3

- بعد ذلك كلة نقوم بتجميع كل الأحمال الناتجة عن الأحمال الخارجية وكذلك الداخلية وأيضاً التهوية مع مراعاة أن تكون الأحمال المحسوسة وحدها وكذلك الأحمال الكامنة لنحصل علي :

Grand Sensible Heat : $Q_S = Q_{S\ (ex\ ,\ in)} + Q_{S\ "v"}$

Grand Latent Heat : $Q_L = Q_{L\ (ex\ ,\ in)} + Q_{L\ "v"}$

Total Grand Heat : $Q_{total} = Q_S + Q_L$ **Btu/hr**

↓

÷ ← ١٢٠٠٠ ← "TR" طن تبريد : التصنيف الأول لوحدة مناولة الهواء

ملاحظة هامة :

بعد إتمام عملية الحسابات نهائياً يبقي لنا أن نعرف مايسمي معامل التوزيع (**Diversity Factor**) ويتضح معناه في التوضيح التالي :

بافتراض أن المكان المراد تكييفة عبارة عن فندق مكون من عدة غرف تستوعب حتي ١٠٠٠ فرد ويحتوي علي مطعم يتسع حتي ٥٠٠ فرد فيكون التفكير المنطقي أن بعض الأفراد متواجدين بالغرف والبعض الأخر بالمطعم ولكن تتم الحسابات علي أساس أن الغرف بها ١٠٠٠ فرد والمطعم به ٥٠٠ فرد أي أن الأحمال الكلية تحسب ل ١٥٠٠ فرد ويسمي **أقصى حمل** (**Max Load**) وهذا مخالف للحمل الفعلي **المطلوب** علي أرض الواقع (**Demand Load**) لأنه لا يراعي توزيع الأفراد داخل المكان (الفندق) خلال اليوم بمعني أن العدد الكلي في أقصي حالاته لن يزيد عن ١٠٠٠ فرد موزعين ما بين الغرف والمطعم لهذا وجب الأخذ في الإعتبار معامل توزيع (Diversity Factor) للأفراد داخل المكان المراد تكييفه (الفندق) وقيمته هي (فندق بداخله مطعم = 0.75 ، مكتب أفراد = 0.9) .

$$\text{Demand Load} = \text{Max Load} \times \text{diversity Factor}$$

وفيم يلي Example 1,2 من كود كارير (Part 1 , Ch 4) والذي يوضح كيفية الحصول علي (Peak Solar Heat Gain (SHG

A room with equal glass areas on the West and South at 40 ° North latitude. find Peak Solar Heat Gain

Solution:

From Table 15

Solar heat gain

September 22	2:00	3:00	4:00 p.m
West	99	1:39	149
South	110	81	44
Total	209	220	193

Solar heat gain

October 23	2:00	3:00	4:00 p.m
West	88	122	117
South	137	104	59
Total	225	226	176

Solar heat gain

November 21	2:00	3:00	4:00 p.m
West	74	100	91
South	139	104	59
Total	213	204	150

* The peak solar heat gain to this room occurs at 3:00 p.m on October 23. The peak room cooling load does not necessarily occur at the same time as the peak solar heat gain because the peak transmission load, people land, etc., may occur at some other time.

External Loads

		Direction	SHG (Carrier Tables)	Area = l * h (m2)	Qsensable		Qtotal = Num * Q
Glass	Solar	N			$Q_{sensible(N)} = SHG_{(N)} * A_{(N)} * f_{(N)}$		
		S			$Q_{sensible(S)} = SHG_{(S)} * A_{(S)} * f_{(S)}$		
		E			$Q_{sensible(E)} = SHG_{(E)} * A_{(E)} * f_{(E)}$		
		W			$Q_{sensible(W)} = SHG_{(W)} * A_{(W)} * f_{(W)}$		
	Conduction	____	_____		$Q_{sensible} = U_g * A_{g\ (total)} * \Delta T$		
		Direction	CLTD (Ashrae Tables)	Area = l * h (m2)	Qsensable		Qtotal = Num * Q
Wall	Solar	N			$Q_{sensible(N)} = U_{(N)} * CLTD_{(N)} * A_{(N)}$		
		S			$Q_{sensible(S)} = U_{(S)} * CLTD_{(S)} * A_{(S)}$		
		E			$Q_{sensible(E)} = U_{(E)} * CLTD_{(E)} * A_{(E)}$		
		W			$Q_{sensible(W)} = U_{(W)} * CLTD_{(W)} * A_{(W)}$		
	Conduction	____	_____		$Q_{sensible} = U_w * A_{w\ (total)} * \Delta T$		
		Direction	CLTD (Ashrae Tables)	Area = l * h (m2)	Qsensable		
Roof	Solar	____			$Q_{sensible} = CLTD * A$		
	Conduction	____	_____		$Q_{sensible} = U * A * \Delta T$		
		Direction	CLTD (Ashrae Tables)	Area = l * h (m2)	Qsensable		
Floor	Solar	____	_____		_____		
	Conduction	____	_____		$Q_{sensible} = U * A * \Delta T$		
(Sum Ex) * 1.1							

Internal Loads

Item	Num	S (Egy Code)	L (Egy Code)	$Q_s = N_{um} * S$	$Q_l = N_{um} * L$	$Q_{total} = Q_s + Q_l$
People						
Light			_____			
Electrical equipment			_____			
Kitchen machines						
Sum In						

Ventilation (fresh air >>> S & L)

CFM / Person	Num of Persons	Total CFM	$\Delta\omega$	$Q_s = 1.08 * CFM * \Delta T$	$Q_l = 0.68 * \Delta\omega$	$Q_{total} = Q_s + Q_l$
CFM / m2	**A (m2)**	**Toal CFM**	$\Delta\omega$	$Q_s = 1.08 * CFM * \Delta T$	$Q_l = 0.68 * \Delta\omega$	$Q_{total} = Q_s + Q_l$
Total SUM						

الباب الثاني

كمية الهواء اللازم لمنظومة التكييف المركزي (CFM)

- الهواء المستخدم في منظومة التكييف المركزي

1- هواء جديد خارجي (***Fresh air***)

وهو لازم لعملية التنفس ويختلف قيمتة باختلاف طبيعة الأفراد المتواجدين بالمكان المراد تكييفة فمثلاً الشخص الجالس يختلف عن الممارس الرياضة وكذلك باختلاف طبيعة المكان المراد تكييفة فمثلاً غرف العمليات تكون 100% هواء جديد خارجي (Fresh air).

2- هواء راجع من المكان المراد تكييفة (***Return air***)

وهو الهواء الراجع من المكان المراد تكييفه بعد ان إرتفعت حرارتة نتيجة الأحمال الحرارية داخل المكان المكيف حيث يتم الاستفادة من درجة حرارته التي تقل عن درجة حرارة الهواء الخارجي الجديد (Fresh air) لتوفير الطاقة اللازمة لوحدة مناولة الهواء.

ملاحظات هامة :

1- يتم خلط كلاً من الهواء الخارجي الجديد (Fresh air) مع الهواء الراجع من المكان المكيف (Return air) وبالتالي نحصل علي هواء مخلوط (Mixed air) وهو المستخدم في التكييف المركزي حيث يمر داخل وحدة مناولة الهواء (AHU) ومن ثم يتعرض لعمليات مختلفة حتي يصل إلي درجة الحرارة المطلوبة قبل دخول المكان المراد تكييفة Fig 4

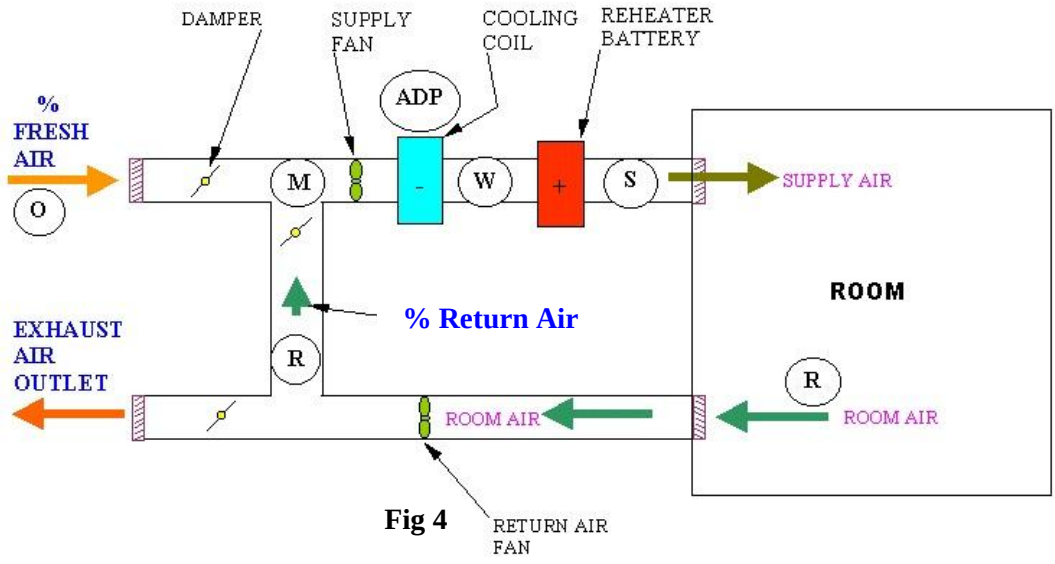


Fig 4

2- الهواء الخارجي الجديد (Fresh air) الذي يخلط مع الهواء الراجع (Return air) يكون محملاً ببخار الماء وبالتالي لابد من تكثيف هذا البخار قبل الخروج من وحدة مناولة الهواء (AHU) وذلك يعني أنه لابد من الوصول بالهواء إلي نقطة الندي علي الخريطة السيكومترية (ADP)

(***ADP***) Apparatus Deo Point وهي درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء الموجود بالهواء في التكثف . ولحل المشكلة السابقة يتم إضافة ملف إعادة تسخين للهواء مرة أخري (Reheater coil) بعد مروره علي ملف التبريد (Cooling coil) داخل وحدة مناولة الهواء (AHU) Fig 5

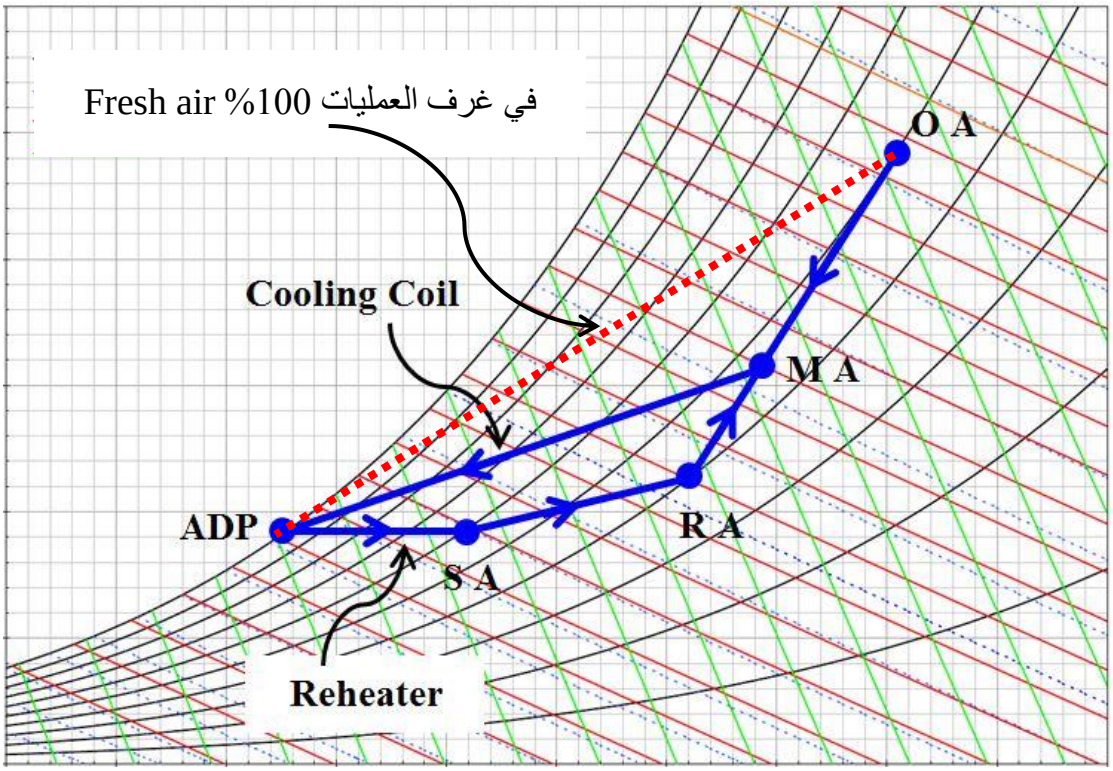


Fig 5

3- عندما يمر الهواء الخارجي الجديد (Fresh air) علي ملف التبريد لنزع الرطوبة (Dehumidification) منة وخفض درجة حرارته يلاحظ أن جزء من الهواء لايكون ملامساً للملف والجزء الأكبر يلامس الملف وهذا يشبة ال (By pass) وعليه ينشأ معامل جديد يسمي (**bpf**) By pass factor وتتراوح قيمتة بين 0.1 : 0.15 كما أن هذة الكمية من الهواء الغير ملامس لملف التبريد تظل محتفظه بدرجة حرارتها فينشأ عنها حمل محسوس (Out Air Sensible Heat - ***OASH***) وأيضاً لم يتكثف مابها من بخار ماء فينشا عن ذلك حمل كامن (Out Air Latent Heat - ***OALH***) .وبالتالي فإن هذا الجزء من الهواء الغير ملامس يتسبب في إضافة أحمال حرارية إلي الأحمال الأساسية للغرفة . وهم (Room Sensible Heat – ***RSH***) , (Room Latent Heat – ***RLH***) التي سبق حسابها في الباب الاول كما يلي :

Effective Sensible heat : $$ESH = RSH + (bpf \times OASH)$$

Effective Latent heat : $$ELH = RLH + (bpf \times OALH)$$

4- من الممكن أن تدخل مكان مكيف وتجد درجة الحرارة مناسبة ولكنك لا تشعر بارتياح بمعني أخر (الجو مخنوق) وهذة المشكلة تنشأ نتيجة عدم مراعاة معامل هام جداً وهو (Effective Room Sensible Heat Factor - ***ERSHF***) حيث :

Sensible Heat Factor :

$$SHF = Q_S / Q_T$$

وعلية يكون :

$$ERSHF = \frac{RSH + (bpf \times OASH)}{(RSH + RLH) + bpf \times (OASH + OALH)}$$

ملاحظة هامة :

قيمة ERSHF يجب الا تقل عن **0.72** وذلك لضمان قطع خط التشبع Saturated line وبالتالي يصل إلي نقطة الندي (ADP) فيتكثف بخار الماء الموجود بالهواء فلا نشعر باختناق في الجو . ويتم حل هذه المشكلة كما سبق وتحدثنا بإضافة ملف إعادة تسخين للهواء مرة أخري (Reheater) بعد مرورة علي ملف التبريد (Cooling coil) داخل وحدة مناولة الهواء.
ويمكن معرفة قيمة الطاقة الحرارية اللازمة لإختيار ملف إعادة التسخين بصورة صحيحة من التحليل الرياضي التالي :

- بالنظر للقانون السابق نجد أن كلا البسط والمقام يشتملان علي أحمال محسوسة (Sensible) بينما نجد أن المقام وحده يوجد به أحمال كامنة (Latent) وبالتالي نحاول التعامل مع الأحمال الكامنة (Latent) فقط للتحكم في قيمة (ERSHF) حيث يتناسبان عكسياً مع بعضهما وعليه :

1- بزيادة قيمة الأحمال الكامنة (Latent) تقل قيمة (ERSHF) عن 0.72 وبالتالي قد يحدث عدم قطع ل (ADP) ولهذا نعمل علي تقليل الأحمال الكامنة (Latent) Fig 6 .

2- بزيادة قيمة الأحمال المحسوسة (Sensible) يزداد معها إحتمال قطع ال (ADP) .

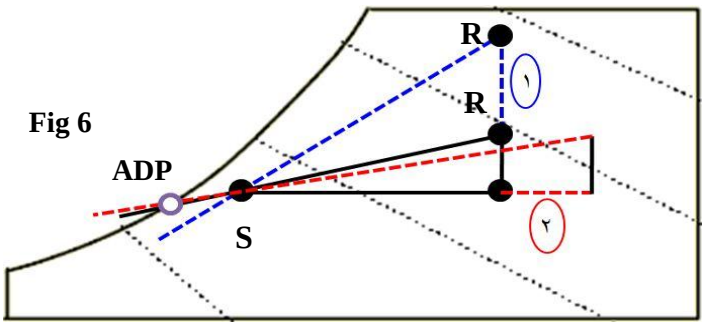


Fig 6

- فإذا ثبت فعلاً أن قيمة (ERSHF) أقل من 0.72 فإن ذلك يستلزم إضافة ملف إعادة تسخين (Reheater) بحيث يعطي طاقة حرارية مقدارها $\mathbf{R_C}$ كما يلي :

ERSHF = 0.7 (for example)

وعليه لابد من زيادة هذة القيمة لتصبح أكبرمن 0.72 . فمثلاً نفرضها حوالي 0.73

$ERSHF = (X + R_C) / (Y + R_C)$ where :

$X = RSH + (bpf \times OASH)$

$Y = RSH + RLH) + bpf \times (OASH + OALH)$

So : R_C = BTU / hr ⟶ ÷ 3400 = (k watt)

وبعد معرفة القيم السابقة يمكننا الأن حساب كمية الهواء اللازمة لمنظومة التكييف

حيث $(Q_{sensible} = m \times C_P \times \Delta T)$ وأيضاً $(m_{air} = \rho_{air} \times V_{air})$

* (Cubic Feet Per Minute ***CFM***)

التصنيف الثاني لوحدة مناولة الهواء

$$CFM = \frac{RSH + (bpf \times OASH)}{(1 - bpf) \times 1.08 (T_{db} - T_{ADP})}$$

المجهول الوحيد في القانون ونحصل عليه من كود كارير .

- وحيث أننا سبق وان حسبنا كمية الهواء الجديد الخارجي (CFM_{fresh}) وذلك أثناء حساب أحمال التهوية (Ventilation) فيمكننا الأن حساب كمية الهواء الراجع من المكان المكيف (CFM_{Return}) حيث :

$$CFM = CFM_{fresh} + CFM_{Return}$$

الباب الثالث

مسارات الهواء (Air Ducts)

- تنقسم مسارات الهواء إلي :

1- المسار الرئيسي (Main Duct) .
2- الأفرع (Branches) .
3- مخارج الهواء ← Diffuser ويثبت في السقف المعلق .
← Grill وتثبت في الحوائط .

4- وصلات ولوازم التركيب (Fettings) مثل الكوع , وصلة حرف T , VD & FD.

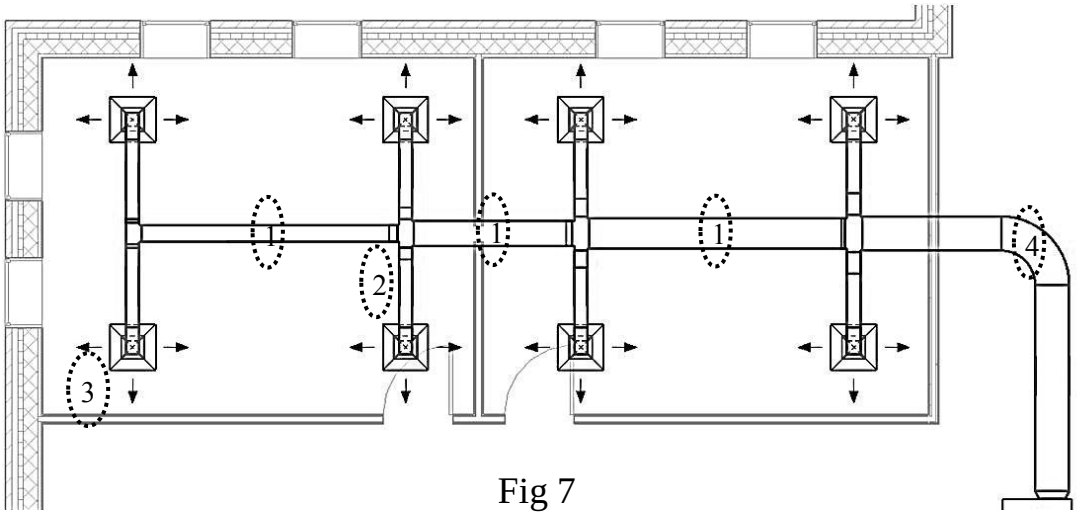


Fig 7

ملحوظة هامة :

- مسارات الهواء قد تكون مصنوعة من الصاج المجلفن وقد تكون خرسانة مسلحة.

تصميم مسارات الهواء (Air Duct Design)

- هناك طرق عديدة لتصميم مسارات الهواء في أنظمة التكييف المركزي ولكن اشهر هذة الطرق واكثرها إستخداماً هي طريقة :

تساوي الفقد في الضغط الاستاتيكي (***Equal Friction Methode***)

وفيها : العلاقة الرياضية التي تحكم السريان الداخلي (Internal Flow) هي :

$$Q^o = A \times V$$

حيث (A) مساحة مقطع السريان , (V) سرعة السريان .

وتحدد قيمة (V) علي حسب طبيعة المكان المراد تكييفة حيث تختلف سرعة الهواء باختلاف نوع النشاط الممارس داخل المكان فمثلاً في المصانع ذذات الضوضاء العالية يمكننا استخدام

سرعات عالية للهواء (2500 fpm : 1300) لأن الصوت العالي الناتج عنها لن يكون له تأثير واضح علي الضوضاء في المكان أما في الاستوديوهات فيجب استخدام سرعات منخفضة للهواء (800 fpm : 700) حتي لاينتج عنها صوت يؤدي إلي ضوضاء في المكان .

ويمكننا الحصول علي قيم (V) من جداولها في كود كارير أو كود أشري أو الكود المصري .

- تطبيق طريقة (***Equal Friction Methode***)

أولاً : بعد معرفة قيم كل من 1- كمية الهواء اللازمة للمكان المراد تكييفة ("Q "cfm) 2- سرعة الهواء ("V "fpm) .

يمكننا الحصول علي قيمة الفقد في الضغط الاستاتيكي (ΔP/L) من الخريطة (Fig 8) بذلك في كود كارير , كود أشري أو باستخدام (Ductlator) أو برنامج (*Duct wt*) .

ثانياً : تصبح القيمة (ΔP/L) ثابتة معنا في كل حسابات مسارات الهواء لهذا التكييف .
وبذلك يمكننا بمعرفة كا من 1- الفقد في الضغط الاستاتيكي (ΔP / L)
2- كمية الهواء اللازمة للمكان المراد تكييفة ("Q "cfm).

يمكننا من نفس الخريطة (Fig 8) الحصول علي القطر الدائري لمسار الهواء وبعدها يمكننا إيجاد الابعاد المربعة المكافئة لهذا القطر الدائري من جدول (Fig 9) خاص بذلك في كود كارير أو كود أشري أو باستخدام (Ductlator) أو برنامج (*Duct wt*) .

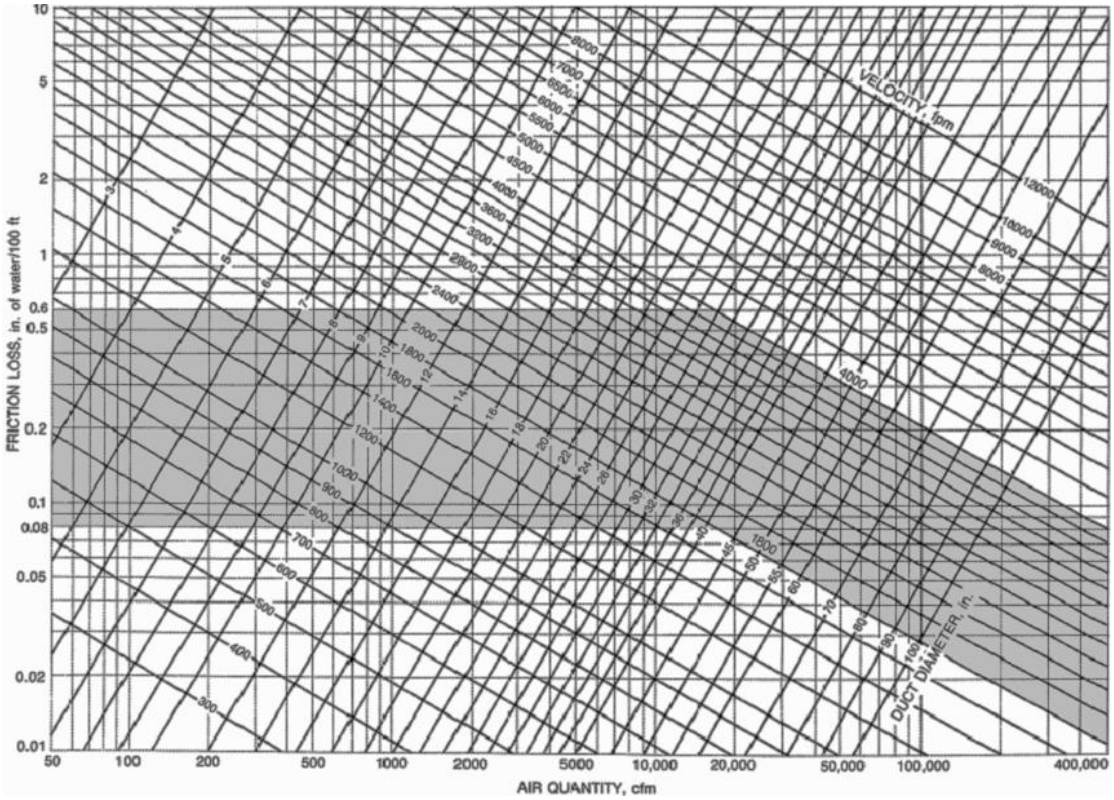


Fig 8

Circular Duct Diameter, in.	Length One Side of Rectangular Duct (*a*), in.													
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
	Length Adjacent Side of Rectangular Duct (*b*), in.													
5	5													
5.5	6	5												
6	8	6												
6.5	9	7	6											
7	11	8	7											
7.5	13	10	8	7										
8	15	11	9	8										
8.5	17	13	10	9										
9	20	15	12	10	8									
9.5	22	17	13	11	9									
10	25	19	15	12	10	9								
10.5	29	21	16	14	12	10								
11	32	23	18	15	13	11	10							
11.5		26	20	17	14	12	11							
12		29	22	18	15	13	12							
12.5		32	24	20	17	15	13							
13		35	27	22	18	16	14	12						
13.5		38	29	24	20	17	15	13						
14			32	26	22	19	17	14						
14.5			35	28	24	20	18	15						
15			38	30	25	22	19	16	14					
16			45	36	30	25	22	18	15					

Fig 9

ثالثاً : نحاول قدر الإمكان أن نثبت ضلع ونغير الضلع الأخر وذلك عند الإنتقال من مسار له مقطع معين إلي مسار أخر له مقطع أقل منه بشرط تحقيق الشروط التي سيلي ذكرها لاحقاً مثلاً

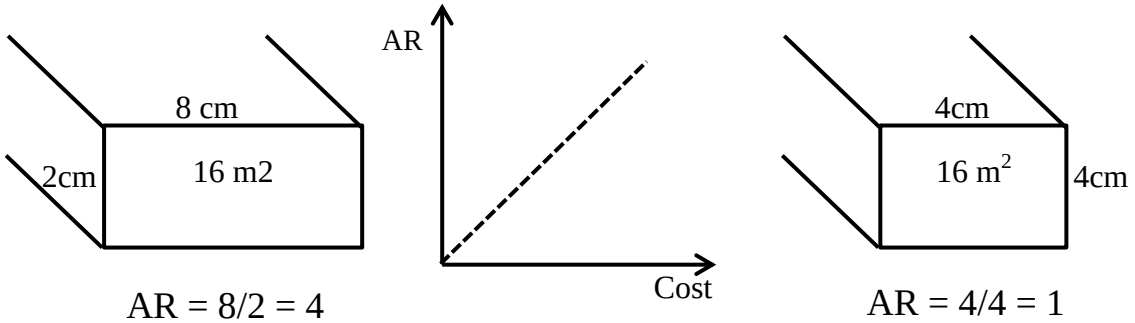
$(44*\underline{24}) \longrightarrow (\underline{24}*\underline{18}) \longrightarrow (\underline{18}*14) \longrightarrow (\underline{18}*10)$

ملحوظة هامة :

- لكل قطر دائري نحصل علية من الخريطة (Fig 8) نحصل علي عدة ابعاد لمستطيلات مختلفة من جدول الأطوال المكافئة (Fig 9) وكلها صحيحة

فكيف نختار الابعاد الصحيحة لمقطع مسار الهواء (Air Duct Area) ؟؟؟؟

1- يتم الإختيار بناء علي عامل مهم جداً للتصميم وهو (**Aspect Ratio**) ويشتهر ب (الفلوس). وهو النسبة بين طول الضلع الكبيرفي المستطيل وطول الضلع الصغير. وتتراوح قيمتها بين (4 : 1) كحد أقصي .



AR = 8/2 = 4

AR = 4/4 = 1

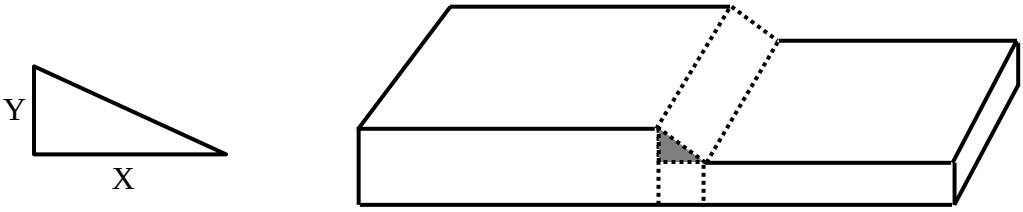
نلاحظ ان المساحة السطحية في الشكل الأول اقل من المساحة السطحية في الشكل الثاني وبالتالي تكون كمية الصاج اللازمة لتنفيذ الشكل الأول أقل من الكمية اللازمة لتنفيذ الشكل الثاني مما يوفر الكثير من المال .

2- هناك عامل أخر يتم الإختيار علي أساسة وهو كمية الحرارة التي يكتسبها الهواء داخل المسارات من الهواء الخارجي (Heat Transfer) حيث بزيادة المساحة السطحية ($A_{surface}$) يزداد معها كمية الحرارة المنتقلة خلال تلك المساحة طبقاً للعلاقة :

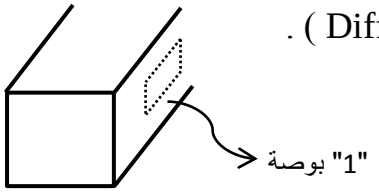
$$Q_{HT} = U \times A_{surface} \times \Delta T$$

وعليه يكون الشكل الأول (AR = 1) هو الأكثر ملائمة لشروط التصميم .

- ما يجب مراعاته في التصميم والتنفيذ
- يتم الإنتقال من مساحة مقطع ما إلي مساحة مقطع أقل عن طريق عمل **مسلوب** وله شروط يجب إتباعها حيث : Slope max (1:7) ← Slope min (1:4)



- عند تجميع فرع (Branch) مع المسار الرئيسي (Main Duct) تترك علي الأقل مسافة "1" بوصة من أعلي ومن أسفل وذلك لعمل شفة للتثبيت ونفس الطريقة في تركيب ال (Diffuser & Grill) .



- يتم تركيب (**VD** Volume Dumper) علي كل فرع (Branch) من المسار الرئيسي (Main Duct) وذلك للتحكم في كمية الهواء المسموح مرورها خلال هذا الفرع إلي المكان المراد تكييفة .
- كما يركب علي ال (Supply Diffuser) أيضاً (Volume Dumper) يسمي (Registra) .

Fig 10

- يتم تركيب (Fire Dumper **FD**) علي مسار الهواء الراجع من المكان المراد تكييفه (Return Duct) وذلك لمنع انتشار الدخان في الغرف المجاورة في حالة حدوث حرائق في إحدي الغرف .

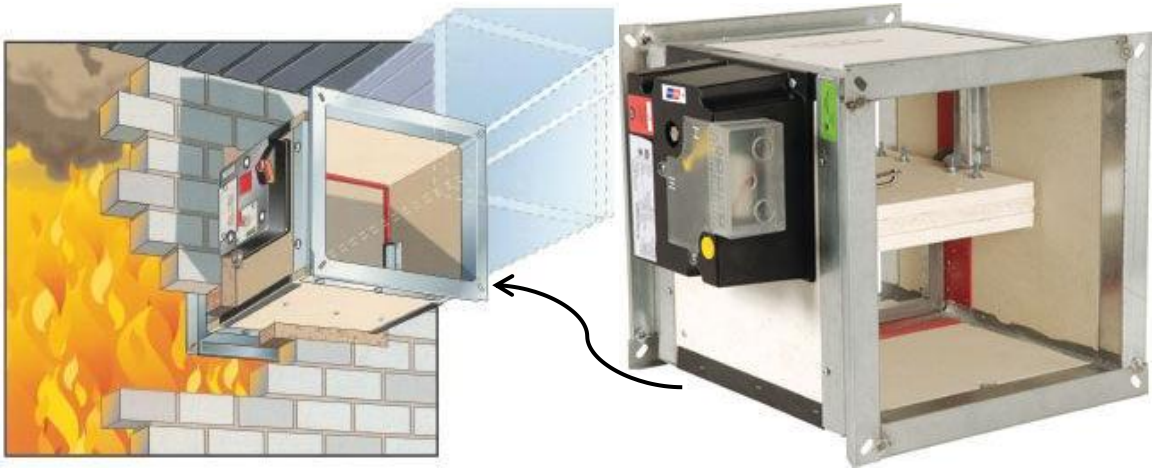


Fig 11

- مخارج الهواء (Diffuser & Grill)

أولاً : **Diffusers** : يثبت في السقف المعلق وهو عدة أنواع أشهرها:

1- Round Diff user

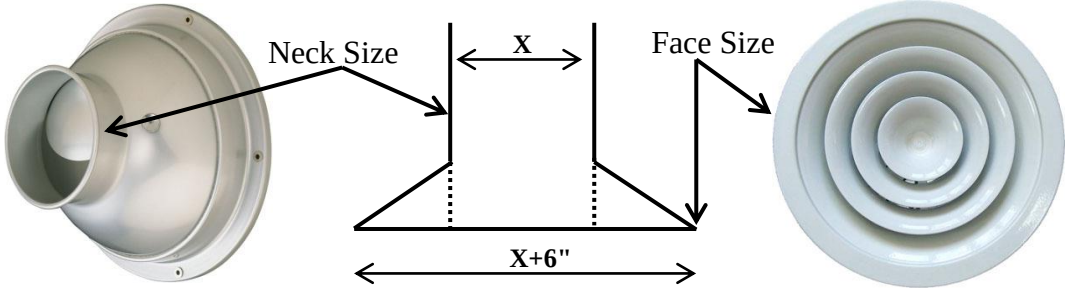
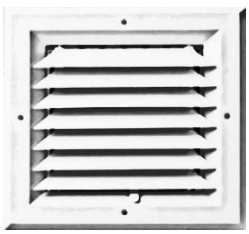
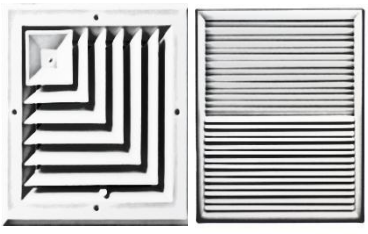


Fig 12

2- Square Diffuser

وينقسم إلي أربعة أشكال حسب مكان التثبيت

1 way	2 way	3 way	4 way
في بداية الطرقة	**في الطرقة وال Corner**	**بجانب جدار أو عمود**	**بعيداً عن الحوائط والأعمدة**
			

ويكون التصميم علي أساس مساحة الرقبة (Neck Size) أما مساحة الوجه (Face Size) فيكون علي أساس مساحة البلاطة المستخدمه في السقف المعلق .

- توزيع مخارج الهواء (Air diffuser)

توزع ال Supply diffuser في السقف المعلق بحيث تكون المسافة بين كل اثنين متتاليين (3.5 : 3) متر حسب مكان البلطة في السقف ويوضع في منتصفهما Return diffuser وهذا التوزيع لايعتمد فقط علي الحسابات ولكن يعتمد أيضاً وبشكل كبير علي المنظر الجمالي للسقف .

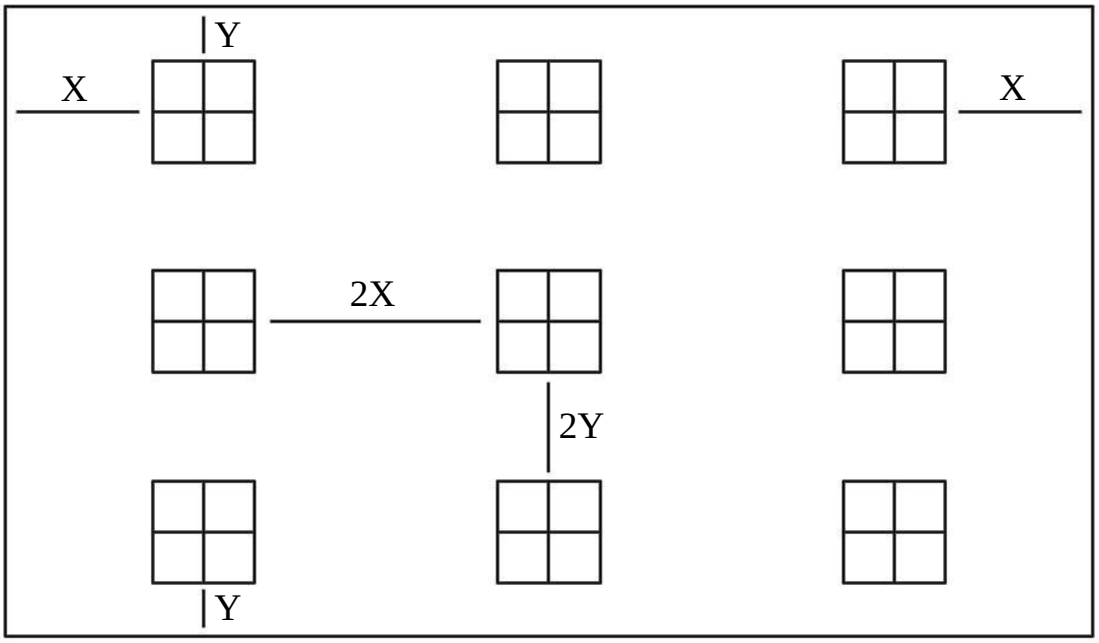


Fig 13

- إختيار مخارج الهواء (Diffuser & Grill)

يتم توصيف مخارج الهواء (Diffuser & Grill) عن طريق :

1- كمية الهواء المارة من خلاله (CFM) .
2- سرعة الهواء المار من خلاله (V fpm) .
3- حجم رقبة ال Diffuser (Neck Size) .

- حصر كمية الصاج المطلوب (Duct Weight)

يحصر الصاج المطلوب بالوزن (طن) وليس بالطول (م) ولهذا يتم تجميع كل أعمال الصاج سواء كانت مسارات هواء (Ducts) أو وصلات التركيب (Fittings) مثل الكوع , وصلة حرف T ... إلخ لمعرفة وزن الصاج المستخدم لتصنيعها وذلك طبقاً للعلاقة الرياضية

$$m = \rho \times V_{olume} \quad (tons)$$

حيث (ρ) كثافة الصاج المستخدم , (V_{olume}) حجم الصاج المستخدم .

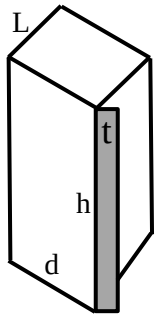
ونحصل علي الكثافة من الأكواد الخاصة بالصاج . بينما يمثل الحجم V_{olume}

$$V_{olume} = A \times t$$

$$A = 2 (d + h) \times L$$

$$m = \rho \times 2 (d + h) \times L \times t \times 1.1$$

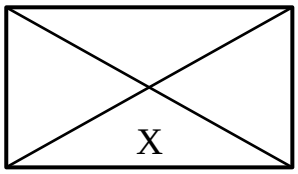
نسبة الهالك = 10%



ملحوظة هامة :

يختلف وزن الصاج باختلاف سمك الواح الصاج المستخدمة ويختلف سمك الصاج باختلاف ال (Aspect Ratio) كما يلي :

الضلع الأطول (X)	سمك الصاج (t)
12"	0.6 mm
13" : 30"	0.7 mm
31" : 48"	0.8 mm
49" : 60"	1 mm

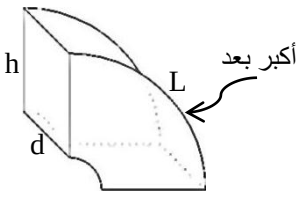


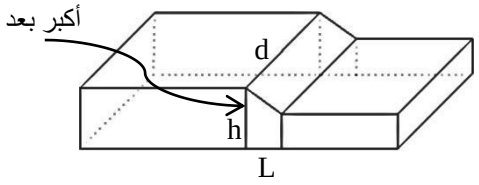
وهذا التصنيف ضروري حتي لا يحدث إنبعاج للصاج الموجود في هذا الضلع وكذلك منعاً لإهتزاز الصاج وذلك لأن زيادة طول هذا الضلع يعني استيعاب كمية هواء أكبر (CFM) كما يتم عمل شكل (V) علي الصاج من الخارج كما هو موضح وذلك لتقويته حيث يعمل هذا الشكل كعصب للصاج .

بعد ذلك يمكننا حساب وزن كل قطعة من مسارات الهواء علي حدة وتجميعها في الجدول التالي :

Section number	Width d mm	Height h mm	Length L m	Area m^2	Gauge (us)	Thick mm	Weight kg/m^2	Weight kg
1								
2								

وعند حساب أوزان المسلوب والكيعان يتم باستخدام أكبر بعد





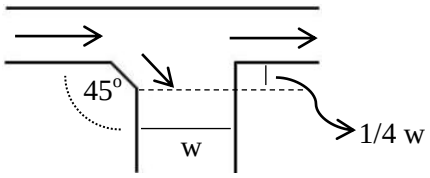
وفيم يلي نتناول شرح نقطتين هامتين للغاية أثناء تنفيذ مسارات الهواء في التكييف المركزي .

1- تصميم مدخل الهواء إلي ال (Branch) . 2- وضع ريش توجيه داخل الكيعان .

أولاً : تصميم مدخل الهواء إلي ال (***Branch Inlet***)

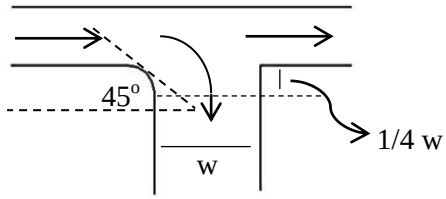
ويتم بطريقتين :

أ- شكل *Take Off*



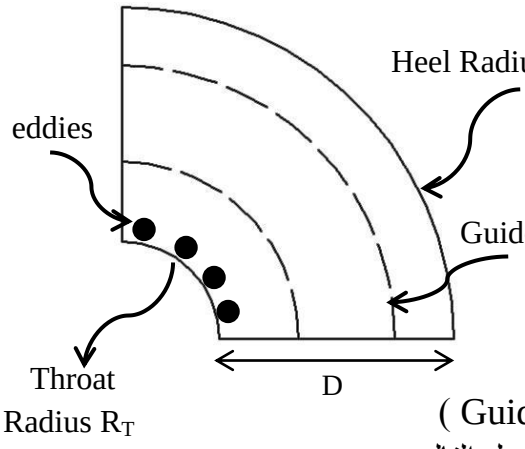
وإرتفاع منطقة ال (Take Off) يساوي (1/4 w) ولا يقل عن (10 cm) بأي حال .

ب- شكل *Shoes neck*



وإرتفاع منطقة ال (Take Off) يساوي (1/4 w) ولا يقل عن (10 cm) بأي حال .

ثانياً : وضع ريش توجيه (***Guide Vanes***) داخل الكيعان



عند إنحناء مسار الهواء باستخدام الكوع يتكون دوامات هوائية صغيرة علي القطر الداخلي للكوع كما هو موضح وللتخلص من تلك المشكلة يتم تثبيت ريش توجية للهواء داخل الكوع لتعمل علي تكسير هذه الدوامات وكذلك توجيه الهواء بصورة أكثر إنسيابية .

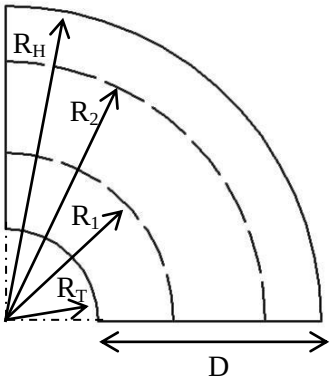
ويتم إختيار عدد ريش التوجية (Guide Vanes) علي أساس ارتفاع الكوع (D) كما في الجدول التالي :

إرتفاع الكوع (D)	عدد ريش التوجيه
10"	none
12" : 16"	1
16" : 24"	2
24" : 30"	3

ملحوظة :

في بعض الأحيان نحتاج الكوع بدون قطر داخلي (With out Throat) وأحياناً أخري تتطلب وجود قطر داخلي (Full Throat) ولكل منهم حساباته الخاصة .

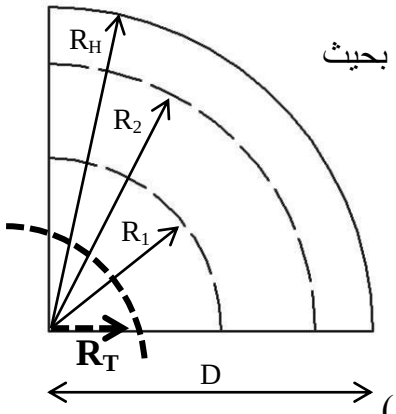
1- كوع (Full Throat)



$$R_T = 3/4 (D)$$

$$R_H = R_T + D$$

2- كوع (With out Throat)



في هذا النوع نفرض وجود قطر داخلي (R_T) بحيث يكون :

$$R_T = 0.1(D)$$

$$R_H = R_T + D$$

ويتم تحديد أماكن ريش التوجيه (Guide Vanes) من خلال الخريطة الخاصة بذلك في كود كارير

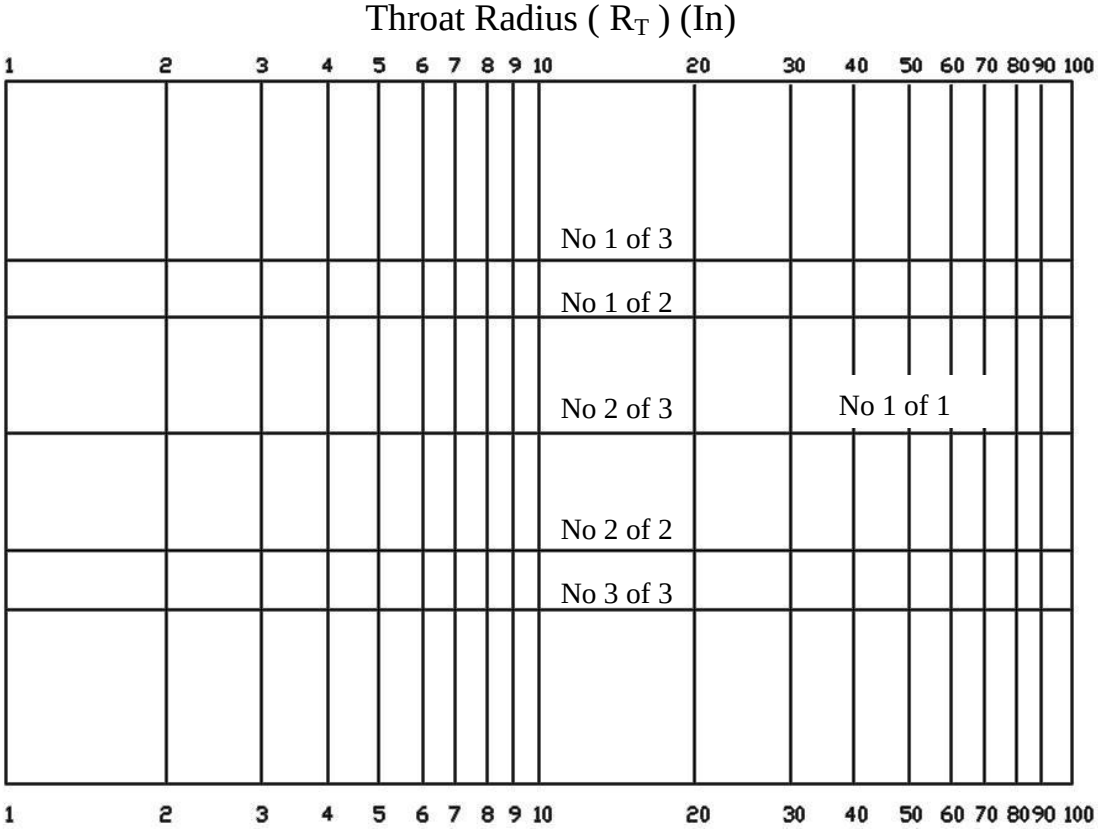


Fig 14

- ولمزيد من فهم العمليات التي تجري علي الصاج وطرق عملها وقوانينها يمكنك الإطلاع علي كود شركة (SMACNA) والخاص بأعمال الصاج .

أيضاً يمكنك الرجوع إلي كود كارير أو أي كود أخر حسب المستخدم في مكان عملك لفهم أي نقطة من النقاط التي سبق ذكرها أو التي لم يرد ذكرها وأيضاً للإطلاع علي أمثلة حسابية كثيرة .

ملاحظات هامة :

Fig 15

1- يتم فرش مسارات الهواء (Air Ducts) من الداخل ب (Arma Flex) وذلك لتعمل كعازل للصوت (Fig 15).
2- يثبت أمام وحدات مناولة الهواء (AHU) صندوق يسمي (plenum) وذلك ليعمل علي إخماد السرعة ولا يقل طوله عن 80 سم .
3- يتم وضع وصلة مرنة (Flexible) مصنوعة من القماش المقوي تسمي (Canvas) لتصل بين مسار الهواء الرئيسي وصندوق ال (plenum) وذلك للتغلب علي الإهتزازات .

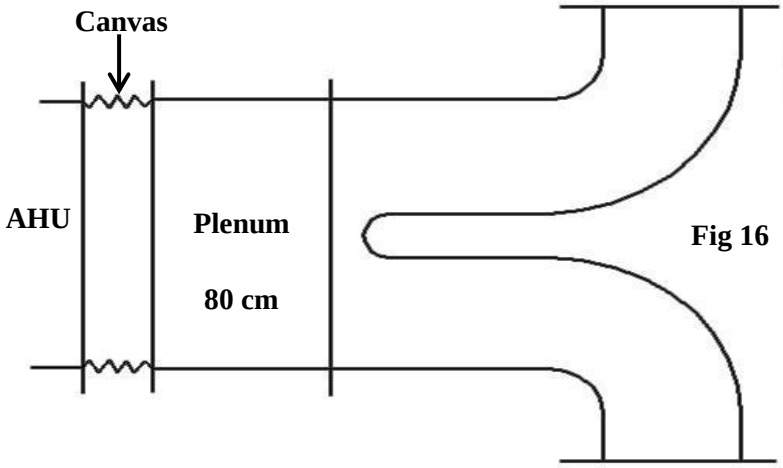
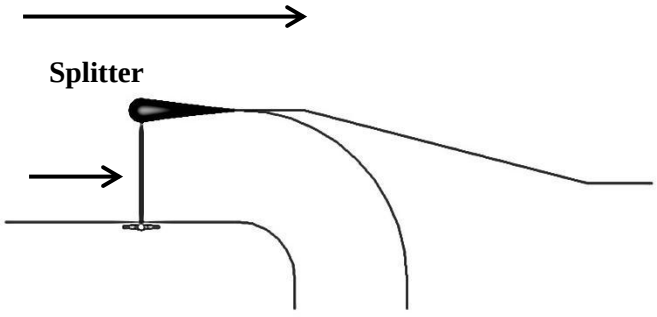


Fig 16

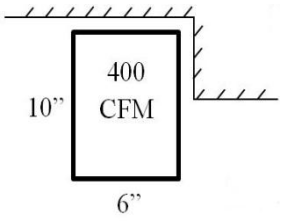
Canvas

4- يتم إختيار (VD , FD)علي حسب أبعاد مسار الهواء (Duct dimensions)
5- يتم إستخدام مايسمي (Splitter Dumper) لتقسيم كمية الهواء بنفس وظيفة ال (Volume Dumper) وذلك في السرعات المنخفضة فقط حيث يصدر صوت عالي صفير في السرعات العالية .



6- لا يسمح بوجود كوع في المسار الرئيسي للهواء (Main Duct) قبل مسافة 3 متر من مخرج المروحة في وحدة مناولة الهواء (AHU) وذلك لعدم حدوث صوتاً عالياً .
7- من الممكن أثناء تنفيذ مشاريع التكييف المركزي علي الطبيعة أن نجد كمرة خرسانية تعترض إحد مسارات الهواء (Air Ducts) بحيث تجبرنا علي إجراء تعديل علي التصميم لأنه في بعض الأحيان لايمكن بشتي السبل عمل قطع في الكمرات حفاظاً علي دعامات المبني وعليه نلجأ إلي الهروب بمسار الهواء من أسفل الكمرة ولكن ربما تكون المسافة بين أسفل الكمرة والسقف المعلق غير كافية لمرور مسار الهواء فما هو الحل ؟؟

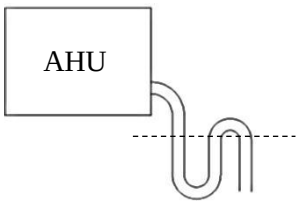
8- يمكن حل هذه المشكلة عن طريق تقسيم مسار الهواء (Air Duct) إلي مسارين بمساحات أقل من المساحة الأولي وليس بالضرورة أن تكون مساحات متساوية مع ضرورة مراعاة Aspect Ratuo في كل منهما .



والشكل المقابل يوضح هذه المشكلة وعلي سبيل المثال نقسم مساحة مسار الهواء (6” * 10”) إلي مساحتين أقل وليكن المساحة الأولي يمر بها 100 CFM والمساحة الثانية يمر بها 300 CFM . ومن المفروض أننا علي علم بقيمة الفقد في الضغط الاستاتيكي لكل وحدة طول لأنها ثابته منذ بداية التصميم ΔP/L (Equal Friction Methode) وبعد ذلك نستطيع بمعلومية كل من CFM و ΔP/L في كل مسار أن نحدد أبعاد هذا المسار مع مراعاة Aspect Ratio .

9- يتم تعيين المسافة بين السقف المعلق ومسار الهواء من الجانب السفلي لمسار الهواء ويكتب علي لوح الرسم (Bottom of Duct (BOD .

<u>ملحوظة هامة</u> :



- يتم تصميم ماسورة صرف المياة من وحدة مناولة الهواء (AHU) بحيث تكون علي شكل حرف U وذلك لضمان وجود مياه فيها باستمرار وذلك بدوره يؤدي لعدم وصول رائحة الصرف إلي الأماكن المراد تكييفها أثناء سحب الهواء وتغذيته للغرف .

الباب الرابع

المراوح المستخدمة في التكييف المركزي (Fans)

تكمن ضرورة دراسة المراوح في منظوة التكييف المركزي وكيفية إختيارها حيث تمثل عنصراً هاماً من عناصر التزويد بالهواء في منظومة التكييف المركزي كما يلي :

- وحدات مناولة الهواء في التكييف المركزي

وتنقسم إلي :

1- Air Handling Unit **AHU**

وتستخدم في أنظمة التكييف المركزي التي تستخدم المياة كوسيط تبريد أو تسخين (Central Hydronic System) .والعنصر الرئيسي بها هو المروحة . وتوجد لها صور متعددة في الأطلس المرفق مع هذا الكتاب.

2- Package Unit

وتستخدم في أنظمة التكييف المركزي التي تستخدم الفريون كوسيط للتبريد بينما تستخدم (Heat Pump) كوسيط تسخين وتسمي وحدة (DX System) .
وتتكون من دائرة تبريد كاملة كما في الثلاجة الكهربية ومروحة لدفع الهواء داخل مسارات الهواء .

ومما سبق يتضح لنا ضرورة دراسة المراوح (Fans) وكيفية إختيارها في التكييف المركزي.

- تصنيف المراوح المستخدمة في التكييف المركزي (Fans Classification)

Fans used in HVAC

Centrifugal fan (Blower)

1 - Forward- tip fan

2 - Backward-tip fan

Axial fan

1-Vane-axial fan

2- ube-axial fan

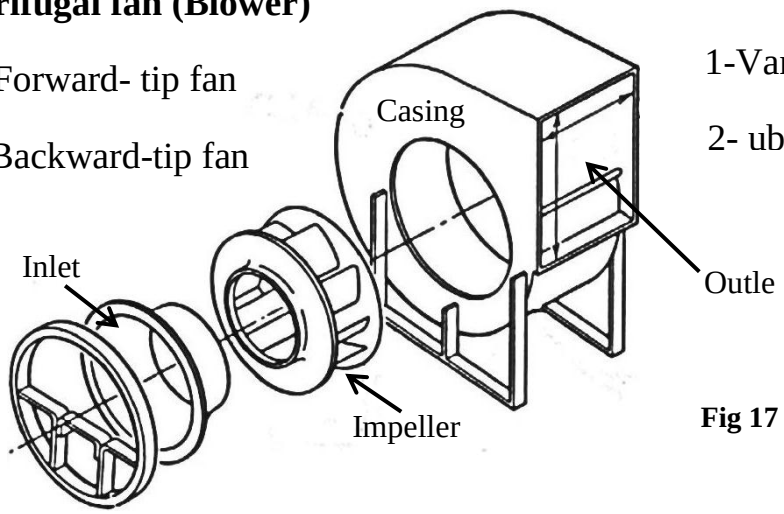


Fig 17

إستخدام (Centrifugal Fans)

(Forward & Backward)

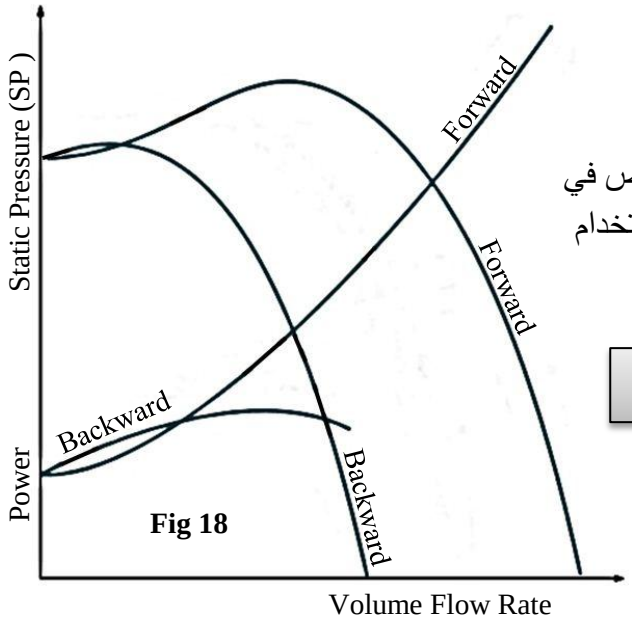


Fig 18

- لنفس الزيادة في (SP) نجد أن النقص في كمية ال (CFM) أكبر في حالة إستخدام مروحة (Forward) .

وطبقاً للعلاقة

$$P = I \times V \cos \phi$$

$$P = Q \times \Delta P$$

فإن وحدة التحكم بدورها تعطي المروحة تيار كهربي أكبر لتتمكن من تغطية كمية ال (CFM) المطلوبة مما يعرضها لمخاطر كهربية . كما أن صوت ال (Backward) أقل . وعليه يكون من الأفضل إستخدام مروحة (Back ward) في وحدات مناولة الهواء أما بالنسبة ل (Forward) فإنها غالباً تستخدم في حالة <u>وحدات ملف ومروحة</u> (Fan Coil Unit) لأنها أرخص في الثمن .

<u>ملاحظات هامة</u> :

1- تتناسب كمية الهواء (CFM) طردياً مع سرعة المروحة (RPM).
2- يتناسب الضغط الاستاتيكي (SP) طردياً مع مربع سرعة المروحة (RPM)^2.
3- تتناسب قدرة المروحة (h_p) طردياً مع مكعب سرعة المروحة (RPM)^3.

وهو ما يمكن صياغته في العلاقة الهامة جداً :

$$\frac{N1}{N2} = \frac{Q1}{Q2} = \left(\frac{H1}{H2}\right)^{1/2} = \left(\frac{hp1}{hp2}\right)^{1/3}$$

- إختيار المروحة (<u>Fan Selection</u>)

يتم إختيار المروحة إعتماداً علي عاملين اساسيين وهما :

1- كمية الهواء (**<u>CFM</u>**)
سبق حسابها في الباب الثاني
2- الضغط الإستاتيكي للمروحة (**<u>Fan Static Pressure</u>**)

وهو الضغط اللازم أن توفره المروحة للهواء للوصول إلي أبعد نقطة في مسار الهواء متغلباً علي جميع المفاقيد التي يتعرض إليها وذلك لضمان وصول الهواء المكيف إلي جميع الأماكن

في منظومة التكييف المركزي . ولحساب الضغط الاستاتيكي للمروحة يجب أولاً أن نعرف ما يلي:

- المفاقيد التي يتعرض لها الهواء (**Pressure Losses**)

Major Losses	Local Losses
Duct friction	1- Fettings (Elbow , **T** connection etc)
	3- Dampers (FD & VD & SD)
	4- In let & Out let …….. etc

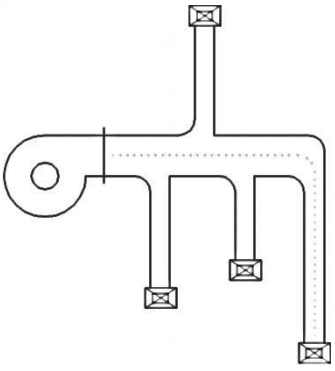
- وفيم يلي كيفية حساب الفقد في الضغط الاستاتيكي (Pressure Losses) :

أولاً : نحدد أطول مسار يمكن أن يسلكه الهواء بدايةً من مدخل الهواء عند وحدة المناولة (Inlet) إلي نقطة خروجه (Outlet) عند أخر (Diffuser & Grill) .

ثانياً : نحسب (Major Losses) وذلك بإيجاد قيمة الفقد في الضغط الاستاتيكي لكل وحدة طول ($\Delta P/L$) من مسار الهواء (Air Duct) وذلك من كود كارير , كود أشري , الكود المصري أو أي كود من أكواد الصاج .

ثالثاً : نحسب (Local Losses) وذلك بإيجاد قيمة الفقد في الضغط الاستاتيكي لكل قطعة من القطع السابق ذكرها $(\Delta P/L)_{Fettings}$ ويتم تعيين هذه القيم بدلالة الطول المكافيء بمعني أن الفقد في كل قطعة يكافيء الفقد في طول معين من المسار المستقيم .

رابعاً : يتم تجميع كلاً من (Major Losses) و (Local Losses) وتكون هذه القيمة هي قيمة الضغط الاستاتيكي (Static Pressure) اللازم لمنظومة التكييف المركزي .

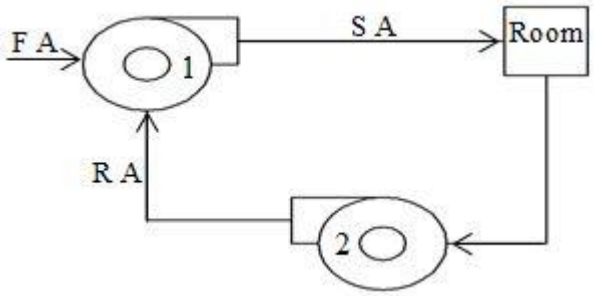


$$SP = \Delta P/L \left(L_{eq(duct)} + L_{eq(Fettings)} \right) + \Delta P \left(VD \ \& \ FD \ \& \ SD \right) + \Delta P_{grill}$$

ويمكننا الحصول علي الفقد في الضغط الاستاتيكي (ΔP) خلال ال (VD , FD , SD) من خلال الأكواد الخاصة بكل منهم

- وبذلك يمكننا إختيار المروحة المناسبة مع الأخذ في الإعتبار تحقيق عامل أخر أثناء إختيارنا وهو الإقتراب من الكفاءة الأعلي (Max Efficiency) .

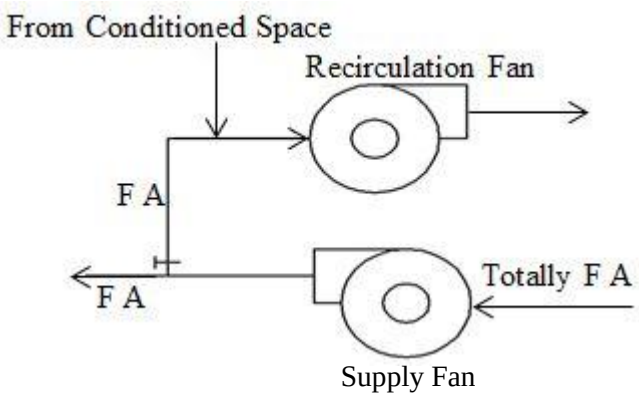
- الأوضاع المختلفة للمروحة حسب الوظيفة المطلوبة :



(**Normal Fan**) :

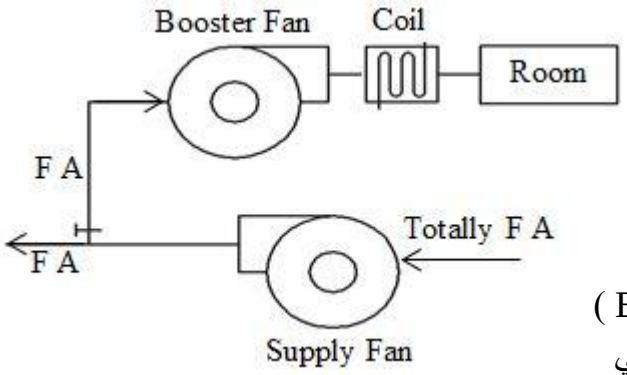
- المروحة رقم (1) تهتم بال (S A) بمعني أنها تتعامل مع (Supply Static Pressure) .
- المروحة رقم (2) تهتم بال (R A) بمعني أنها تتعامل مع (Return Static Pressure) .

(**Recirculation Fan**) :



- وهي المستخدمة في وحدات (Fan Coil Unit) . لعمل إعادة تدوير لهواء الغرفة ليمر علي ملف التبريد مرةً أخري بعدما ارتفعت حرارته .

(**Booster Fan**) :



- عند وضع ملف تبريد مثلاً أو أي مكون أخر في طريق الهواء الخارج من المروحة فإن ذلك يؤدي لعدم قدرة الهواء علي المرور إلي الغرفة ولذلك نضع (Booster Fan) للتغلب علي ذلك بمعني أن ال (Booster Fan) تعمل علي زيادة الضغط الاستاتيكي (Static Pressure) ولهذا فإنها توصل في الدائرة علي التوالي (Series) .

- التحكم في كمية الهواء الخارج من المروحة (CFM Conrtol)

يتم التحكم في كمية الهواء الخارج ممن المروحة بعدة طرق :

1- (Volume Dumper)
2- (Variable Speed Fan)
3- (الطنبورة Belt Wheel)

<u>ملحوظة هامة</u> :

عند <u>حدوث خطأ في حساب الضغط الإستاتيكي</u> فإن ذلك قد يؤدي إلي أضرار كارثية كما يلي :

لدينا عاملين مهمين لا يمكن التضحيه باحدهما على حساب الاخر

العامل الاول : معدل تدفق الهواء الحجمى (**CFM**)
وهو المسؤول عن حمل الهواء الى المكان المراد تكييفه .
العامل الثانى : الضغط الستاتيكى (**SP**)
وهو المسؤول عن ضمان وصول الهواء الى جميع الاماكن المطلوب تكييفها .

وفيم يلي ندرس تاثير تشغيل النظام بقيم مختلفه عن القيم الحقيقيه المطلوبه وذلك من خلال حالتين مختلفتين وتطبيق ذلك علي منحنى تشغيل مروحة طاردة مركزية حقيقي والموضح فى الصوره التاليه نجد ان :

الحاله الاولى : اذا كانت القيمه المحسوبه للضغط الاستاتيكى اكبر من القيمه الحقيقيه على ارض الواقع

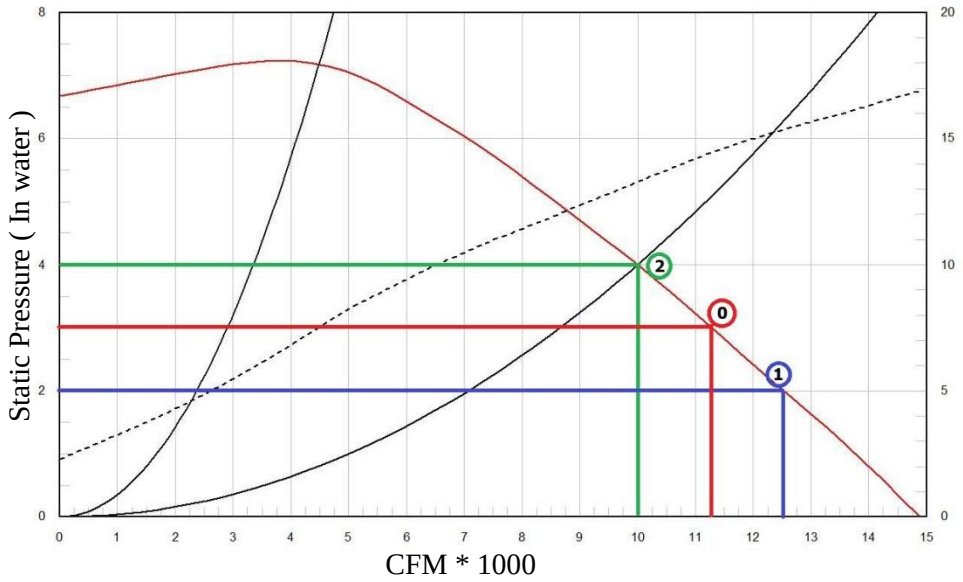


Fig 19

لو افترضنا ان التصميم تم عند النقطه رقم (0) عند معدل تدفق 11,250 CFM وضغط استاتيكى (3 In of water) .

<u>الحاله الاولى</u> : اذا كانت القيمه المحسوبه للضغط الاستاتيكى اقل من القيمه الحقيقيه على ارض الواقع .

وفقاً للحالة الأولي (نقطة رقم 1) فإن الضغط المحسوب فى التصميم (2 In of water) وهو **<u>أصغر من الموجود فعليا على ارض الواقع</u>** و نجد أن معدل تدفق الهواء أصبح 12,500 CFM وذلك **<u>أكبر من الموجود فعلياً على أرض الواقع</u>** .
وهذا الضغط أقل من المطلوب و ذلك قد يؤدى إلى عدم وصول الهواء الى كل الأماكن بالمعدل المطلوب علي الرغم من وجود كفايه فى معدل التدفق بل و زياده ايضا إلا ان الهواء قد لا يصل الى بعض الاماكن و تكتشف هذه المشكله عندما تجد مكاناً ما لا يوجد به هواء كاف كما أن درجة الحرارة داخله مرتفعه وعند قياس معدل التدفق عند مخرج الهواء (Diffuser) نجدها صحيحه مما قد يذهب عقل المهندس الموجود و يعجز عن حل المشكله .

كيفية حل هذه المشكلة ؟؟؟

يمكن حل هذه المشكلة عن طريق العوده من النقطه رقم (1) الى النقطه رقم (0) . وذلك بوضع خانق هواء حجمى Volume Damper على مجارى هواء التغذيه و نقوم باغلاقه حتى نحصل على القيمه 11,250 CFM والتى تكافئ الضغط الاستاتيكى المطلوب طالما قطر ريشه المروحه او اى من بكرات نقل الحركه من الموتور الى المروحه لم يتغيروا.

- نستنتج مما سبق ان الحاله الاولى لا تسبب مشاكل الا ارتفاع طفيف فى التكلفه الاوليه

الحاله الثانيه : نقطة رقم (2) إذا كانت القيمه المحسوبه للضغط الاستاتيكى أعلي من القيمه الحقيقيه على ارض الواقع .
لو افترضنا ان التصميم تم عند النقطه رقم (0) عند معدل تدفق 11,250 CFM وضغط استاتيكى (3 In of water) .
وفقاً للحالة الثانية (نقطة رقم 2) فإن الضغط المحسوب فى التصميم (4 In of water) وهو **أكبر من الموجود فعليا على أرض الواقع** ونجد أن معدل تدفق الهواء أصبح 10,000 CFM وذلك **أصغر من الموجود فعلياً على أرض الواقع** .
وهذا الضغط أكبر من المطلوب وبالتالي لا توجد مشكلة ولكن المشكله فى عدم وجود كفايه فى معدل التدفق المطلوب لإزاله الحراره من بعض الاماكن مما يؤدى إلى شكوى العميل من عدم بروده المكان بالشكل الكافى

كيفية حل هذه المشكلة ؟؟؟

يمكن حل هذه المشكلة عن طريق العوده من النقطه رقم (2) الى النقطه رقم (0) ولكن العوده لا يمكن أن تتم على نفس قطر بكره المروحه أو الموتور لأننا نحتاج إلى زياده معدل تدفق الهواء وبالتالى لابد من الانتقال إلى قطر أكبر لبكره الموتور أو قطر أصغر لبكره المروحه وقدره كهربائيه أعلى .

- نستنتج مما سبق ان الحاله الثانية تسبب مشاكل مستمرة تتمثل في زيادة تكلفة التشغيل .

الباب الخامس

المضخات المستخدمة في التكييف المركزي (Pumps)

تستخدم المضخات في منظومة التكييف المركزي والذي يتم فيه إزالة الحمل الحراري عن طريق المياة المبردة (***Chilled Water System***) .

<u>ملاحظات</u> :

١- المضخات (Pumps) المستخدمة في المبردات (Chillers) من النوع (<u>Centrifugal Pumps</u>) ولا تزيد سرعة موتور المضخة عن 1450 rpm .
٢- تتناسب كمية المياة (GPM) طردياً مع سرعة المضخة (RPM).
٣- يتناسب ال (Head) طردياً مع مربع سرعة المضخة $(RPM)^2$.
٤- تتناسب قدرة المضخة (h_p) طردياً مع مكعب سرعة المضخة $(RPM)^3$.

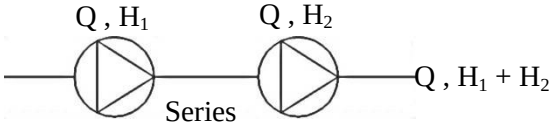
وهو ما يمكن صياغته في العلاقة الهامة جداً :

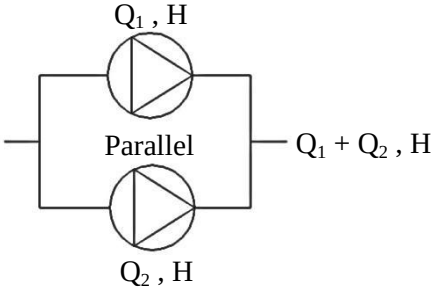
$$\frac{N1}{N2} = \frac{Q1}{Q2} = \left(\frac{H1}{H2}\right)^{1/2} = \left(\frac{hp1}{hp2}\right)^{1/3}$$

٥- من المشاكل التي ينبغي تجنب حدوثها في المضخات (Pumps) هي مشكلة ال (**<u>Cavitation</u>**) وتعني التدني في ضغط السحب للحد الذي يحدث عنده تبخر للمياة .
ويتم دراسة ظاهرة ال (Cavitation) من العلاقة الأتية :

$$NPSH = \frac{P_{atm}}{\gamma} - H_{ST} - H_L - \frac{P_V}{\gamma}$$

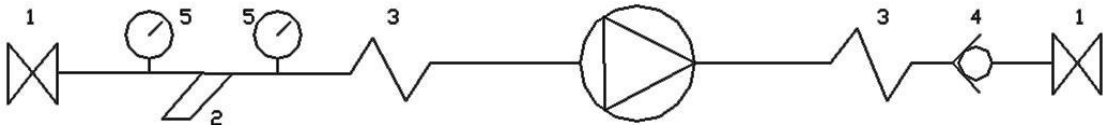
٦- ينتج عن سرعة سحب الماء تكون دوامات داخل ماسورة السحب ولتجنب ذلك يتم تركيب (Anti Vortex) في ناحية السحب .
٧- يتم توصيل المضخات معاً <u>بطريقتين</u> :
أ- توصيل علي التوالي (Series) : وذلك للحصول علي زيادة في قيمة ال (Head) دون تغيير في معدل تدفق المياة (Q) .
ب- توصيل علي التوازي (Parallel) : وذلك للحصول علي زيادة في معدل تدفق المياة (Q) دون تغيير في ال (Head) .





مجموعة المحابس والتوصيلات علي المضخة (***Hook Up***)

١- Gate & Butterfly Valve
٢- Filter (Strainer)
٣- Flexible Joints
٤- Non Return Valve
٥- Gauges



<u>ملاحظات هامة</u> :

١- يفضل استخدام محابس من نوع (Butterfly) مع مضخات الشيلر (Chiller) .

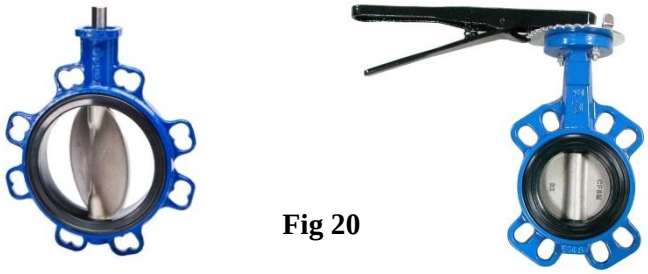


Fig 20

٢- فقط في خط السحب (<u>Suction Side</u>) عند الإنتقال من مقطع مواسير إلي مقطع أخر أقل منه يتم إستخدام مسلوب وهذا المسلوب له تصميم خاص ويسمي (<u>Eccentric Reducer</u>) وذلك لمنع حدوث جيوب هوائية عند منطقة السلب (Air Gap) مما يسبب (Cavitation) ويتم تركيبة لأسفل كما هو واضح في الشكل التالي (Fig 15) أما في خط الطرد (Delivery Side) يمكن إستخدام المسلوب العادي .

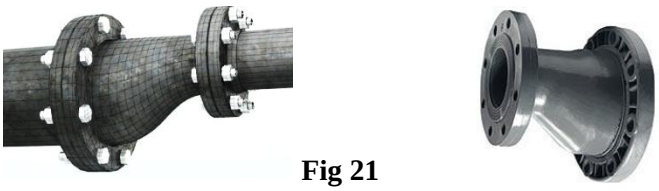
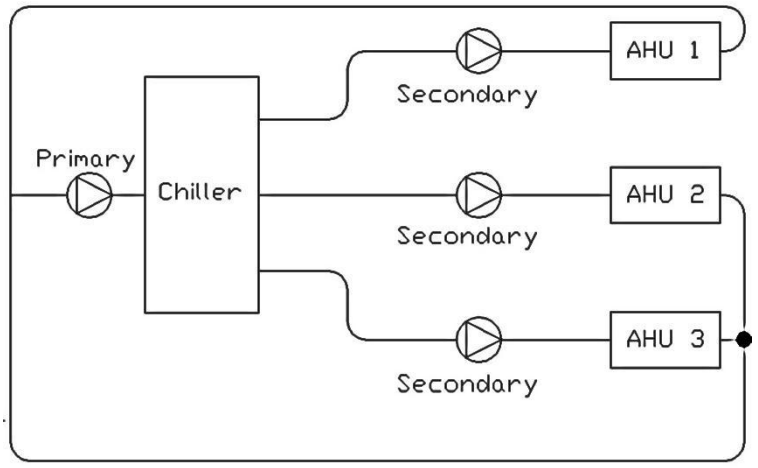


Fig 21

- توظيف المضخات في منظومة الشيلر (**Pump Function**)

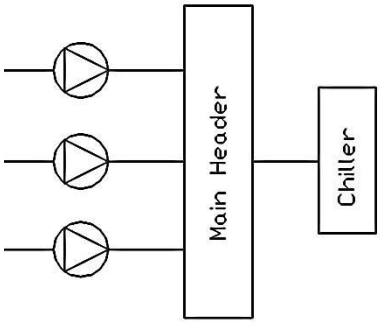
تختلف وظيفة المضخة باختلاف وضعها في منظومة الشيلر بحيث تنقسم إلي :

١- **Primary Pump** وهي المضخة الموجودة علي خط <u>تغذية</u> الشيلر بالمياة .
٢- **Secondary Pump** وهي المضخة الموجودة علي خط <u>الخرج</u> من الشيلر لتعمل كمساعد للمضخة ال Primary وذلك لتوفير قدرة المضخة ال Primary .



ملحوظة هامة :

في حالة إستخدام أكثر من مضخة متصلين معاً علي التوازي (In Parallel) يتم عمل خط رئيسي (Main Header) وذلك لتجنب حدوث سريان مضغوط في شبكة المواسير .



الباب السادس

- Chilled Water System

هو نظام تكييف الهواء باستخدام المياة المبردة المارة في وحدة ملف ومروحة
(Fan Coil Unit) والتي بدورها تعمل علي إزالة الحمل الحراري من المكان المراد تكييفه .

- إختيار وحدة الشيلر (Chiller)

يتم إختيار الشيلر عن طريق عاملين رئيسيين :

1- كمية المياة المبردة اللازمة لإزالة الحمل الحراري من المكان المراد تكييفه (**GPM**)
2- الفقد في الضغط خلال شبكة المواسير (ΔP) وذلك لإختيار المضخة ذات الضغط المناسب للوصول بالمياة المبردة (Chilled Water) إلي أبعد نقطة في المواسير .

أولاً : حساب كمية المياة المبردة (**GPM**)

بعد حساب الحمل الحراري للمكان المراد تكييفه نجد أن :

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

وبإجراء بعض التحويلات نحصل علي العلاقة الأتية :

$$GPM = \frac{TR \times 24}{\Delta T_{w\,(out-in)}}$$

ويتم التحكم في ازالة الحمل الحراري من الغرف المختلفة عن طريق تغيير كمية (GPM)

وفي الظروف القياسية تكون (ΔT_w) تساوي $10\ ^oF$ وعلية نعوض في العلاقة السابقة فنجد أن:

$$1TR = 2.4\ GPM$$

بعد ذلك يتم تجميع كميات المياة المبردة (GPM) المطلوبة لكل غرفة لنحصل علي (**Total GPM**) المطلوب من الشيلر توفيرها .

ثانياً : حساب ضغط المضخة (Pump Static Head)

وهو الضغط الواجب علي المضخة أن توفره للتغلب علي الإحتكاك في شبكة المواسير ويتم حسابه عن طريق تجميع قيم ($\Delta P/L_{)}$ /100ft) لكل مقطع من شبكة المواسير وهذا الفقد ناتج عن الإحتكاك خلال المواسير

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

توصيات (***Recomendations***)

1- يجب أن لا تزيد قيمة الفقد في الضغط خلال أي مقطع من المواسير عن 10 ft/100ft

$(\Delta P/L)_{\text{ft}}$ /100ft) $\leq$ 10 ft/100ft

2- يجب أن تتراوح سرعة السريان (V) بين fps (8 : 3) وغالباً نعتمدها 5 fps .

- طريقة تصميم شبكة مواسير الشيلر (***Piping Design***)

في تصميم مسارات الهواء (Air Duct Design) تعاملنا بطريقة (Equal Friction Methode) ولكن في تصميم شبكات المواسير في الشيلر لا تصلح هذه الطريقة حيث أنه في (Air Duct Design) لا نهتم كثيراً بسرعة الهواء بينما في شبكات المواسير فإنه يجب أن لا تزيد سرعة المياة عن 8 fps حتي لا تسبب نحر في المواسير ومن ثم يقل عمرها الإفتراضي ولهذا نعتبر السرعة ثابتة وهي في حدود 5 fps. لهذا يتم حساب الفقد في الضغط لكل مقطع علي حدة فهو ليس ثابت وهذا هو الإختلاف عن (Air Duct Design) . وفيم يلي نتناول الحسابات علي مقطع واحد فقط من مقاطع أطول مسار وبالمثل تطبق نفس الطريقة علي باقي لمقاطع حتي نهاية المسار .

أولاً : نحدد أطول مسار في شبكة المواسير ومن ثم نحسب الفقد في الضغط خلاله (H_{losses}) ويلاحظ أن ($\Delta P/L)_{\text{ft}}$ /100ft) ليست ثابته بل تتغير في كل مقطع .

ثانياً : بعد معرفة قيمة كل من 1- كمية المياة المبردة المارة في المقطع (GPM)
2- الفقد في الضغط خلال هذا المقطع ($\Delta P/L)_{\text{ft}}$ /100ft)

يمكننا الحصول علي قطر الماسورة (d) في هذا المقطع من خلال الخريطة Fig 16

ملاحظة هامة :

لو حدث التقاطع علي الخريطة في منطقة بين قطرين فإننا نختار القطر الأكبر لأن ذلك يقلل من الاحتكاك (Friction Losses) وكذلك يقلل من سرعة السريان (في المدي الموصي به) مما يتيح وقتاً أكبر للإنتقال الحراري بين الهواء في الغرفة والمياة داخل وحدة الملف والمروحة (Fan Coil Unit) .

ثالثاً : يتم تجميع المفاقيد خلال جميع المقاطع في أطول مسار

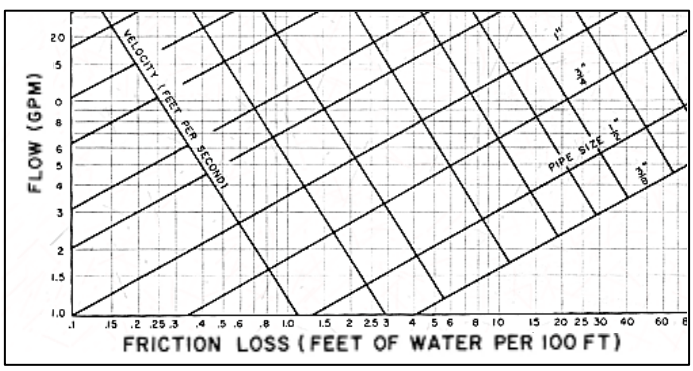
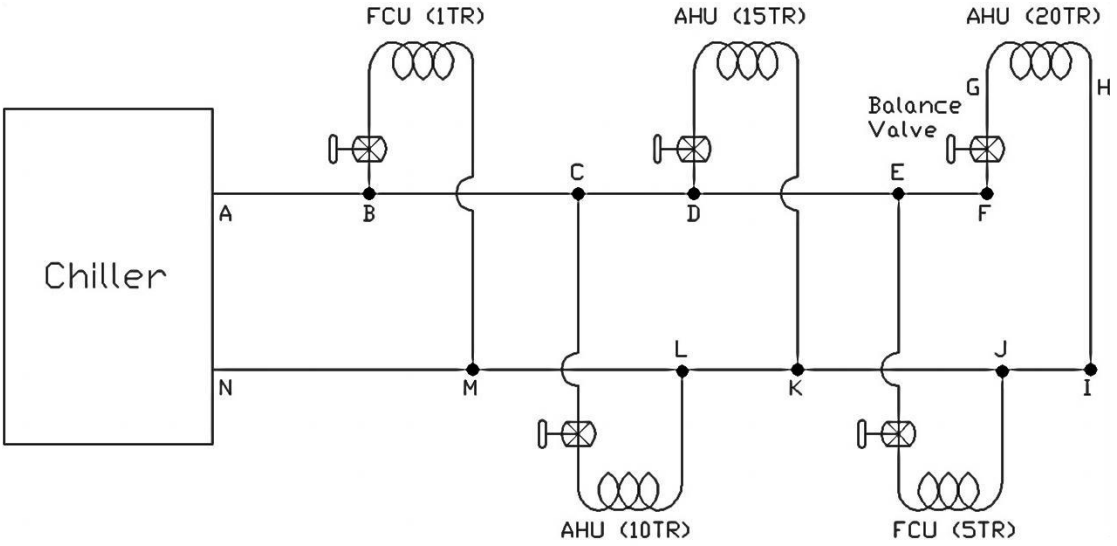


Fig 22

مثال توضيحي



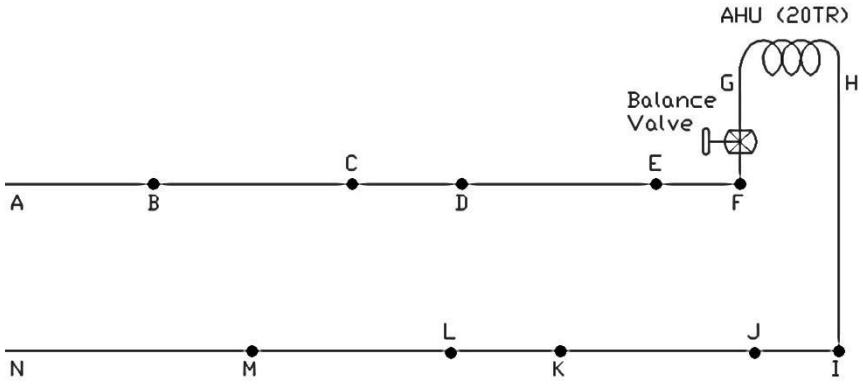
1- حساب (GPM)

طبقاً للعلاقة : 1 TR = 2.4 GPM نجد أن :

component	TR	GPM
FCU (1TR)	1	2.4
AHU (15TR)	15	36
AHU (20TR)	20	48
FCU (5TR)	5	12
AHU (10TR)	10	24
SUM	51	122.4

2- حساب (Static Head)

يتضح من الرسم أن أطول مسار تغذية للماء هو (G → A) مروراً بالنقاط (B , C , D , E , F)



Section	GPM	V = (3 : 8) ≃ 5 fps	((ΔP/L) /100ft) < 10 ft / 100 ft	d (In)
A B	122.4			
B C	120			
C D	96			
D E	60			
E F	48			
F G	48			
G H	48			
H I	48			
I J	48			
J K	60			
K L	96			
L M	120			
M N	122.4			

نوجد هذه القيم من الخريطة مع مراعاة التوصيات

$$H_{losses} = \{(\Delta P/L)_{AB} \times (L_{Pipe} + L_{Fittings} + L_{Accesories})\} + \{(\Delta P/L)_{BC} \times (L_{Pipe} + L_{Fittings} + L_{Accesories})\} + \{(\Delta P/L)_{CD} \times (L_{Pipe} + L_{Fittings} + L_{Accesories})\} + \{(\Delta P/L)_{DE} \times (L_{Pipe} + L_{Fittings} + L_{Accesories})\} + \{(\Delta P/L)_{EF} \times (L_{Pipe} + L_{Fittings} + L_{Accesories})\} + \{(\Delta P/L)_{FG} \times (L_{Pipe} + L_{Fittings} + L_{Accesories})\} + \{(\Delta P)_{AHU}\} = \checkmark$$

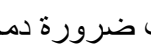
وبذلك نحتاج إلي مضخة مياة توفر ضغط للشبكة مقدارة ✓

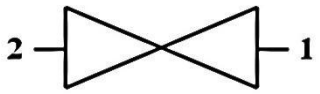
ملاحظات هامة :

نحصل علي الفقد في الضغط خلال كل من (FCU & AHU & CWU) من خلال الكتالوجات الخاصة بكل منهم وهي عادةً (FCU = 15") (AHU & CWU = 20") وتختلف باختلاف مواسير التوصيل .

- الصمامات ثنائية الإتجاة وثلاثية الإتجاة (***2 Way & 3 Way Valves***)

أولاً : الصمام ثانئي الإتجاة (***2 Way Valve***)

وهو الصمام الذي يسمح بالسريان في إتجاه واحد ولكنه يختلف عن الصمام أحادي الإتجاة (One Way Valve) في أن الأخير يسمح بالسريان فقط في إتجاه واحد مع عدم إمكانية الرجوع  وهو مايستوجب ضرورة دمجه في شبكة المواسير بالطريقة الصحيحة بحيث يراعي إتجاة التركيب . أما الصمام ثنائي الإتجاة (2 Way Valve) فلا يوجد بداخلة عنصر منع إرتجاع المائع مرة أخري بحيث يسمح بالمرور في كلا الإتجاهين بمعني أخر أنه يمكن دمجه في دائرة المواسير بأي إتجاة أي يمكن وضع القطب 2 مكان القطب 1 بحيث يصبح الدخل خرج والعكس ويستخدم هذا النوع من الصمامات في أماكن متعددة من شبكة المواسير .



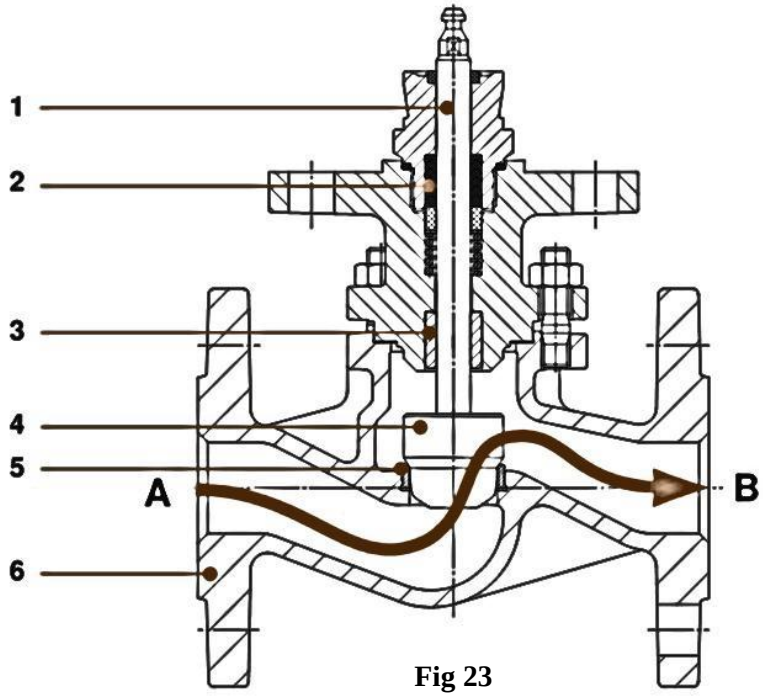
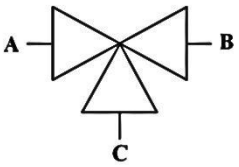


Fig 23

Legend	
1	Valve stem
2	Stem feed-through
3	Stem guide
4	Valve cone
5	Valve seat (A–B)
6	Fitting

ثانياً : الصمام ثلاثي الإتجاة (***3 Way Valve***)

وهو الصمام الذي يسمح بالسريان في أكثر من إتجاه بحيث يكون له قطبان لدخول المائع وقطب واحد للخروج (2 Input , 1 Output) **أو** قطب واحد لدخول المائع وقطبان للخروج (1 Input , 2 Output) والمستخدم في التكييف هو النوع الثاني ويركب عند مخرج وحدة الملف والمروحة (Fan Coil Unit) مع العلم ان هذه الصمامات كهربائيه تتصل بثرموستات التحكم بحيث يتم غلق الراجع عندما تصل درجة حرارة الحيز المكيف الى الدرجة المطلوبه بعد اخذ اشارة من الثرموستات وبالتالي تحبس الماء داخل FCU ولا تسمح للمضخة بسحب الماء الا بعد فتح الصمام وذلك عند ارتفاع درجة حرارة الحي ز المراد تكييفه .



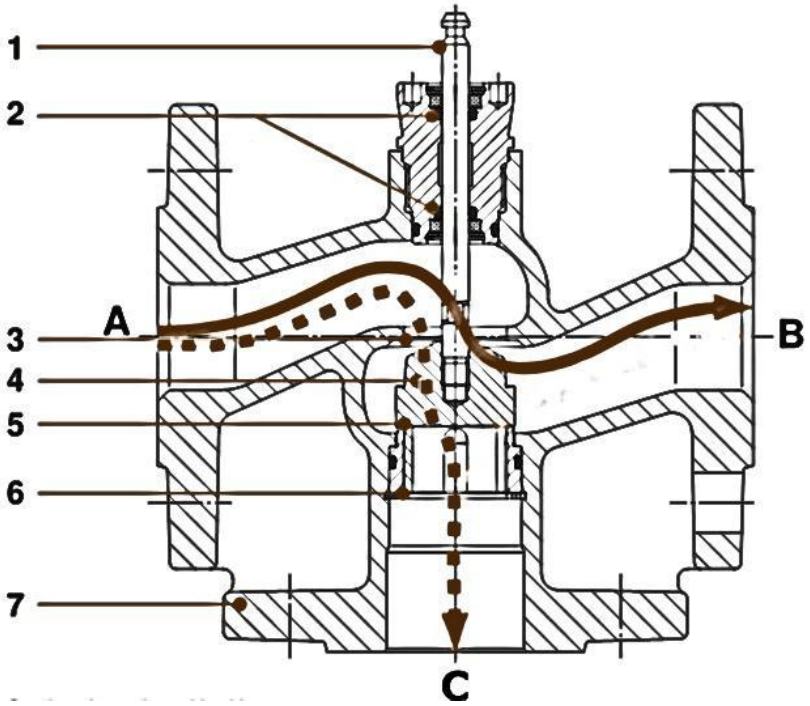
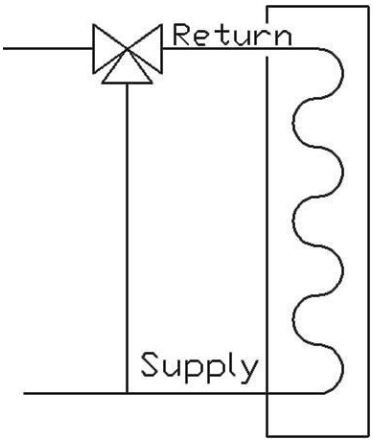


Fig 24

Legend	
1	Valve stem
2	Stem feed-through
3	Valve seat (A–B)
4	Valve cone
5	Valve seat Bypass (A-C)
6	Axial locking device for valve cone
7	Fitting

وفيم يلي نوضح كيفية توصيل الصمام ثلاثي الإتجاة (3 Way Valve) مع وحدة ملف ومروحة (Fan Coil Unit)



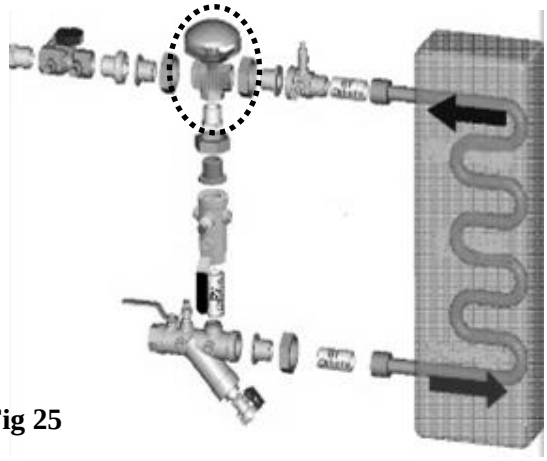


Fig 25

- إضافات في نظام التكييف المركزي (***System Accessories***)

١- تهوية المطابخ (Kitchen Ventilation)

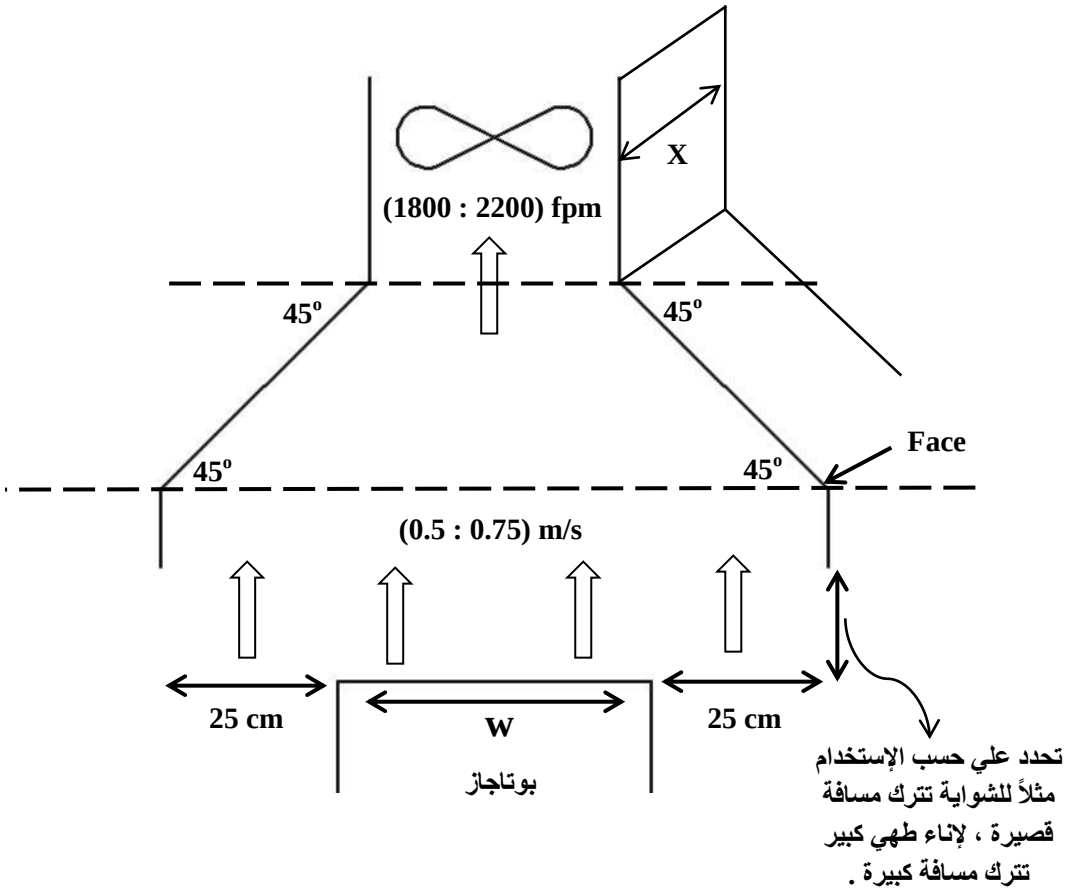
تستخدم شفاطات الهواء في المطابخ علي نطاق واسع ولها أسس إختيارها ولكن ما نود الحديث عنه هو أنظمة سحب الهواء التي تركب فوق الأفران ومصادر الحرارة والبخار .وتسمي البرقع (***Hood***) . ولها تصميمات متعددة يمكن التعرف عليها من كود كارير .

ولدراسة ال Hoods لابد من معرفة معدل الهواء الحجمي (CFM) الواجب توفيرها للمطبخ وذلك من العلاقة الأتية :

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

حيث تمثل (n) عدد مرات تغيير الهواء في الساعة (ACH)، (V) حجم المطبخ ب (ft^3) . وتتراوح قيمة (n) بين min = 3 , max = 6 ولها جداول خاصة بها . ونحاول في التصميم أن نكون بالقرب من القيمة الصغري min = 3 وذلك توفيراً للمال حيث

n ↑ ⟶ CFM ↑ ⟶ Duct ↑ ⟶ Power ↑ ⟶ Cost ↑



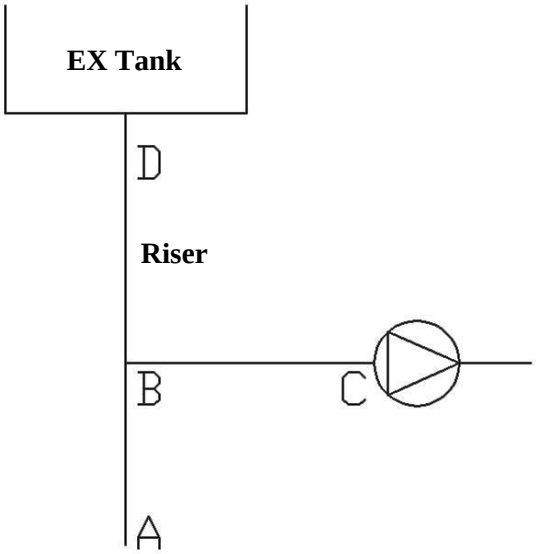
ومما سبق نجد لدينا قيمتين معلومتين وهم : ١- CFM المحسوبة بالقانون السابق .
٢ – سرعة سحب الهواء عند منطقة الوجه ال Hood Face . وعليه يمكننا حساب الفقد في الضغط الاستاتيكي (ΔP/L) من خلال الخريطة التي سبق شرحها ومن ثم نوجد أبعاد مسار الهواء (Air Duct) اللازم تركيبه علي البرقع Hood .

من الممكن إستخدام العلاقة $Q = A \times V$ في حساب معدل تدفق الهواء الحجمي CFM حيث تكون المساحة هي $A = (w + 50) \times X$ وقيم السرعة موضحة علي الرسم ولكن هذة القيم تكون مفروضة وغير دقيقة لهذا يفضل إستخدتم القانون السابق لحساب CFM .

ملحوظة هامة :

المطابخ من الأماكن التي يجب أن يكون الضغط داخلها سالباً (Negative) وذلك لضمان إنتقال الهواء الخارجي اليها مما يعمل علي تغيير هواءها باستمرار . ولهذا تكون كمية الهواء المسحوبة من المطبخ أكبر من الموجودة فيه بمقدار 5% .

٢- خزان التمدد (***Expansion Tank***)



ويوضع عند أعلي نقطة في شبكة المياة . وله شروط تصميميه يجب مراعاتها ومنها :

a . Static head from **B** to **D** is more than static Pressure from **A** to **C**.

b . Friction losses in **BD** is more than friction losses in **AC**.

وذلك لإجبار المياة علي المرور في المسار الأقل مقاومة للسريان وهو **AC** ومن ثم لايحدث سريان إلي الخزان إلا عند الضرورة .

ويعمل أيضاً خزان التمدد (EX Tank) كمعوض (Make Up) عند الحاجة لذلك .
كما يستخدم أيضاً في حالة الدوائر المغلقة (Closed System) لأنه من المحتمل زيادة الضغط داخل الدائرة عند تغير درجة الحرارة وبالتالي يحدث ضرر للمواسير لولا وجوده .

ولمزيد من المعلومات بخصوص خزان التمدد (EX Tank) يمكن الرجوع إلي كود كارير . Part 3 Page 33,34

- يبقي لك في هذا الكورس أن تدرس برنامج حساب الأحمال (HAP) .

Tables

&

Charts

Table 15

TABLE 15—SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS

Btu/(hr) (sq ft sash area)

0° NORTH LATITUDE		AM						SUN TIME						PM	0° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	0	45	65	74	78	80	82	80	78	74	65	45	0	South	DEC 22
	Northeast	0	119	156	154	133	95	53	20	14	13	11	6	0	Southeast	
	East	0	116	147	135	93	43	14	14	14	13	11	6	0	East	
	Southeast	0	37	42	27	15	14	14	14	14	13	11	6	0	Northeast	
	South	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	North	
	Southwest	0	6	11	13	14	14	14	14	15	27	42	37	0	Northwest	
	West	0	6	11	13	14	14	14	43	93	135	147	116	0	West	
	Northwest	0	6	11	13	14	20	53	95	133	154	156	119	0	Southwest	
	Horizontal	0	28	87	147	191	217	226	217	191	147	87	28	0	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	0	37	54	61	65	66	67	66	65	61	54	37	0	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	0	118	153	150	124	86	43	16	14	13	11	6	0	Southeast	
	East	0	121	152	139	96	43	14	14	14	13	11	6	0	East	
	Southeast	0	46	52	36	18	14	14	14	14	13	11	6	0	Northeast	
	South	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	North	
	Southwest	0	6	11	13	14	14	14	14	18	36	52	46	0	Northwest	
	West	0	6	11	13	14	14	14	43	96	139	152	121	0	West	
	Northwest	0	6	11	13	14	16	43	86	124	150	153	118	0	Southwest	
	Horizontal	0	29	91	151	195	223	233	223	195	151	91	29	0	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	0	17	28	31	33	34	34	34	33	31	28	17	0	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	0	110	141	133	102	61	24	14	14	13	12	6	0	Southeast	
	East	0	129	163	148	103	46	14	14	14	13	12	6	0	East	
	Southeast	0	67	79	65	35	15	14	14	14	13	12	6	0	Northeast	
	South	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	North	
	Southwest	0	6	12	13	14	14	14	15	35	65	79	67	0	Northwest	
	West	0	6	12	13	14	14	14	46	103	148	163	129	0	West	
	Northwest	0	6	12	13	14	14	24	61	102	133	141	110	0	Southwest	
	Horizontal	0	31	97	150	206	234	245	234	206	150	97	31	0	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	0	95	118	101	68	31	14	14	14	13	12	6	0	Southeast	
	East	0	134	167	151	107	47	14	14	14	13	12	6	0	East	
	Southeast	0	95	118	101	68	31	14	14	14	13	12	6	0	Northeast	
	South	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	North	
	Southwest	0	6	12	13	14	14	14	31	68	101	118	95	0	Northwest	
	West	0	6	12	13	14	14	14	47	107	151	167	134	0	West	
	Northwest	0	6	12	13	14	14	14	31	68	101	118	95	0	Southwest	
	Horizontal	0	32	100	163	210	240	250	240	210	163	100	32	0	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	67	79	65	35	15	14	14	14	13	12	6	0	Southeast	
	East	0	129	163	148	103	46	14	14	14	13	12	6	0	East	
	Southeast	0	110	141	133	102	61	24	14	14	13	12	6	0	Northeast	
	South	0	17	28	31	33	34	34	34	33	31	28	17	0	North	
	Southwest	0	6	12	13	14	14	24	61	102	133	141	110	0	Northwest	
	West	0	6	12	13	14	14	14	46	103	148	163	129	0	West	
	Northwest	0	6	12	13	14	14	14	15	35	65	79	67	0	Southwest	
	Horizontal	0	31	97	150	206	234	245	234	206	150	97	31	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	46	52	36	18	14	14	14	14	13	11	6	0	Southeast	
	East	0	121	152	139	96	43	14	14	14	13	11	6	0	East	
	Southeast	0	118	153	150	124	86	43	16	14	13	11	6	0	Northeast	
	South	0	37	54	61	65	66	67	66	65	61	54	37	0	North	
	Southwest	0	6	11	13	14	16	43	86	124	150	153	118	0	Northwest	
	West	0	6	11	13	14	14	14	43	96	139	152	121	0	West	
	Northwest	0	6	11	13	14	14	14	14	18	36	52	46	0	Southwest	
	Horizontal	0	29	91	151	195	223	233	223	195	151	91	29	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	37	42	27	15	14	14	14	14	13	11	6	0	Southeast	
	East	0	116	147	135	93	43	14	14	14	13	11	6	0	East	
	Southeast	0	119	156	154	133	95	53	20	14	13	11	6	0	Northeast	
	South	0	45	65	74	78	80	82	80	78	74	65	45	0	North	
	Southwest	0	6	11	13	14	20	53	95	133	154	156	119	0	Northwest	
	West	0	6	11	13	14	14	14	43	93	135	147	116	0	West	
	Northwest	0	6	11	13	14	14	14	14	15	27	42	37	0	Southwest	
	Horizontal	0	28	87	147	191	217	226	217	191	147	87	28	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash × 1/.85 or 1.17	Haze −15% (Max.)	Altitude +0.7% per 1000 Ft	Dewpoint Decrease From 67 F + 7% per 10 F	Dewpoint Increase From 67 F − 7% per 10 F	South Lat. Dec. or Jan. + 7%

Solar Heat Gain duo to Glass (SHG) Continued •

Table 15

TABLE 15—SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS (Contd)

10° Btu/(hr) (sq ft sash area) 10°

10° NORTH LATITUDE		AM						SUN TIME				PM			10° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	19	44	50	45	44	43	41	43	44	45	50	44	2	South	DEC 22
	Northeast	55	131	153	140	106	65	28	14	14	13	11	8	2	Southeast	
	East	54	134	155	139	98	41	14	14	14	13	11	8	2	East	
	Southeast	18	49	55	43	25	14	14	14	14	13	11	8	2	Northeast	
	South	2	8	11	13	14	14	14	14	14	13	11	8	2	North	
	Southwest	2	8	8	13	14	14	14	14	25	43	55	49	18	Northwest	
	West	2	8	8	13	14	14	14	41	98	139	155	134	54	West	
	Northwest	2	8	8	13	14	18	28	65	106	140	153	131	55	Southwest	
	Horizontal	4	44	107	166	205	233	243	233	205	166	107	44	4	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	5	34	39	35	33	31	30	31	33	35	39	34	5	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	42	127	148	133	109	56	22	14	14	13	11	7	1	Southeast	
	East	50	135	158	142	98	43	14	14	14	13	11	7	1	East	
	Southeast	26	57	66	56	32	14	14	14	14	13	11	7	1	Northeast	
	South	1	7	11	13	14	14	14	14	14	13	11	7	1	North	
	Southwest	1	7	11	13	14	14	14	14	32	56	66	57	26	Northwest	
	West	1	7	11	13	14	14	14	43	98	142	158	135	50	West	
	Northwest	1	7	11	13	14	14	22	56	109	133	148	127	42	Southwest	
	Horizontal	3	42	107	166	210	236	247	236	210	166	107	42	3	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	1	15	16	15	15	14	14	14	15	15	16	15	1	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	17	113	130	111	80	34	14	14	14	13	11	7	1	Southeast	
	East	25	138	163	149	104	46	14	14	14	13	11	7	1	East	
	Southeast	18	79	94	85	60	27	14	14	14	13	11	7	1	Northeast	
	South	1	7	11	13	14	14	14	14	14	13	11	7	1	North	
	Southwest	1	7	11	13	14	14	14	27	60	85	94	79	18	Northwest	
	West	1	7	11	13	14	14	14	46	80	149	163	138	25	West	
	Northwest	1	7	11	13	14	14	14	34	15	111	130	113	17	Southwest	
	Horizontal	2	38	105	167	213	242	250	242	213	167	105	38	2	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	1	89	103	80	45	17	14	14	14	13	11	6	1	Southeast	
	East	1	130	164	151	106	47	14	14	14	13	11	6	1	East	
	Southeast	1	97	127	122	94	56	21	14	14	13	11	6	1	Northeast	
	South	1	6	13	19	24	27	28	27	24	19	13	6	1	North	
	Southwest	1	6	11	13	14	14	21	56	94	122	127	97	1	Northwest	
	West	1	6	11	13	14	14	14	47	106	151	164	130	1	West	
	Northwest	1	6	11	13	14	14	14	17	45	80	103	89	1	Southwest	
	Horizontal	1	31	97	160	207	235	247	235	207	160	97	31	1	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	58	66	44	28	14	14	14	14	13	10	5	0	Southeast	
	East	0	118	155	145	100	40	14	14	14	13	10	5	0	East	
	Southeast	0	103	147	149	123	81	46	18	14	13	10	5	0	Northeast	
	South	0	18	40	55	65	71	73	71	65	55	40	18	0	North	
	Southwest	0	5	10	13	14	18	46	81	123	149	147	103	0	Northwest	
	West	0	5	10	13	14	14	14	40	100	145	155	118	0	West	
	Northwest	0	5	10	13	14	14	14	14	28	44	66	58	0	Southwest	
	Horizontal	0	22	85	139	193	220	230	220	193	139	85	22	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	27	37	17	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Southeast	
	East	0	99	143	132	93	39	14	14	13	12	9	4	0	East	
	Southeast	0	99	153	161	146	109	70	31	17	12	9	4	0	Northeast	
	South	0	35	65	91	96	104	106	104	96	91	65	35	0	North	
	Southwest	0	4	9	12	17	31	70	109	146	161	153	99	0	Northwest	
	West	0	4	9	12	13	14	14	39	93	132	143	99	0	West	
	Northwest	0	4	9	12	13	14	14	14	13	17	37	27	0	Southwest	
	Horizontal	0	17	62	131	175	202	210	202	175	131	62	17	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	15	28	17	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Southeast	
	East	0	86	137	130	91	42	14	14	13	12	9	4	0	East	
	Southeast	0	99	154	163	149	121	79	36	23	12	9	4	0	Northeast	
	South	0	50	74	94	109	116	120	116	109	94	74	50	0	North	
	Southwest	0	4	9	12	23	36	79	121	149	163	154	99	0	Northwest	
	West	0	4	9	12	13	14	14	42	91	130	137	86	0	West	
	Northwest	0	4	9	12	13	14	14	14	13	17	28	15	0	Southwest	
	Horizontal	0	14	66	120	167	193	202	193	167	120	66	14	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash	Haze	Altitude	Dewpoint	Dewpoint	South Lat.
	× 1/.85 or 1.17	−15% (Max.)	+0.7% per 1000 Ft	Decrease From 67 F + 7% per 10 F	Increase From 67 F − 7% per 10 F	Dec. or Jan. + 7%

Solar Heat Gain duo to Glass (SHG) Continued •

Table 15

TABLE 15—SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS (Contd)

Btu/(hr) (sq ft sash area)

20° NORTH LATITUDE		AM				SUN TIME					PM			20° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	28	41	33	25	19	17	15	17	19	25	33	41	28	South	DEC 22
	Northeast	81	154	144	122	83	38	15	14	14	14	12	9	3	Southeast	
	East	81	148	160	143	96	41	14	14	14	14	12	9	3	East	
	Southeast	28	62	73	66	44	21	14	14	14	14	12	9	3	Northeast	
	South	3	9	12	14	14	14	14	14	14	14	12	9	3	North	
	Southwest	3	9	12	14	14	14	14	21	44	66	73	62	28	Northwest	
	West	3	9	12	14	14	14	14	41	96	143	160	148	81	West	
	Northwest	3	9	12	14	14	14	15	38	83	122	144	154	81	Southwest	
	Horizontal	11	60	121	176	216	232	250	232	216	176	121	60	11	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	20	28	23	17	15	14	14	14	15	17	23	28	20	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	71	132	138	111	73	31	14	14	14	13	12	8	3	Southeast	
	East	75	148	163	145	99	46	14	14	14	13	12	8	3	East	
	Southeast	31	70	85	79	57	29	14	14	14	13	12	8	3	Northeast	
	South	3	8	12	13	14	14	14	14	14	13	12	8	3	North	
	Southwest	3	8	12	13	14	14	14	29	57	79	85	70	31	Northwest	
	West	3	8	12	13	14	14	14	46	99	145	163	148	75	West	
	Northwest	3	8	12	13	14	14	14	31	73	111	138	132	71	Southwest	
	Horizontal	8	55	118	175	216	240	251	240	216	175	118	55	8	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	6	10	11	13	14	14	14	14	14	13	11	10	6	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	45	111	118	89	50	18	14	14	14	13	11	7	2	Southeast	
	East	53	142	165	149	106	51	14	14	14	13	11	7	2	East	
	Southeast	29	89	113	108	98	55	20	14	14	13	11	7	2	Northeast	
	South	2	7	11	14	20	24	26	24	20	14	11	7	2	North	
	Southwest	2	7	11	13	14	14	20	55	98	108	113	89	29	Northwest	
	West	2	7	11	13	14	14	14	51	106	149	165	142	53	West	
	Northwest	2	7	11	13	14	14	14	18	50	89	118	111	45	Southwest	
	Horizontal	5	48	107	167	210	235	247	235	210	167	107	48	5	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	0	83	87	59	22	14	14	14	14	13	11	6	0	Southeast	
	East	0	130	163	149	104	45	14	14	14	13	11	6	0	East	
	Southeast	0	99	136	140	120	84	41	15	14	13	11	6	0	Northeast	
	South	0	8	22	38	52	63	65	63	52	38	22	8	0	North	
	Southwest	0	6	11	13	14	15	41	84	120	140	136	99	0	Northwest	
	West	0	6	11	13	14	14	14	45	104	149	163	130	0	West	
	Northwest	0	6	11	13	14	14	14	14	22	59	87	83	0	Southwest	
	Horizontal	0	30	93	153	198	225	233	225	198	153	93	30	0	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	44	52	29	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Southeast	
	East	0	99	147	141	100	49	14	14	13	12	9	4	0	East	
	Southeast	0	91	146	160	149	119	74	27	13	12	9	4	0	Northeast	
	South	0	21	50	76	93	106	111	106	93	76	50	21	0	North	
	Southwest	0	4	9	12	13	27	74	119	149	160	146	91	0	Northwest	
	West	0	4	9	12	13	14	14	49	100	141	147	99	0	West	
	Northwest	0	4	9	12	13	14	14	14	13	29	52	44	0	Southwest	
	Horizontal	0	18	68	127	171	196	208	196	171	127	68	18	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	3	8	11	13	13	13	13	13	11	8	3	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	24	26	14	13	13	13	13	13	11	8	3	0	Southeast	
	East	0	71	128	127	91	43	13	13	13	11	8	3	0	East	
	Southeast	0	73	144	164	158	135	91	46	16	11	8	3	0	Northeast	
	South	0	28	69	100	123	136	141	136	123	100	69	28	0	North	
	Southwest	0	3	8	11	16	46	91	135	158	164	144	73	0	Northwest	
	West	0	3	8	11	12	13	13	43	91	127	128	71	0	West	
	Northwest	0	3	8	11	12	13	13	13	13	14	26	24	0	Southwest	
	Horizontal	0	5	48	101	146	172	180	172	146	101	48	5	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	2	7	11	12	13	13	13	12	11	7	2	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	14	18	12	12	13	13	13	12	11	7	2	0	Southeast	
	East	0	56	118	121	85	34	13	13	12	11	7	2	0	East	
	Southeast	0	59	139	167	159	134	97	60	20	11	7	2	0	Northeast	
	South	0	25	74	111	132	146	149	146	132	111	74	25	0	North	
	Southwest	0	2	7	11	20	60	97	134	159	167	139	59	0	Northwest	
	West	0	2	7	11	12	13	13	34	85	121	118	56	0	West	
	Northwest	0	2	7	11	12	13	13	13	12	12	18	14	0	Southwest	
	Horizontal	0	4	36	92	135	161	170	161	135	92	36	4	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash	Haze	Altitude	Dewpoint Decrease From 67 F	Dewpoint Increase From 67 F	South Lat. Dec. or Jan.
	× 1/.85 or 1.17	−15% [Max.]	+0.7% per 1000 Ft	+ 7% per 10 F	− 7% per 10 F	+ 7%

Table 15

TABLE 15—SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS (Contd)

30° Btu/(hr) (sq ft sash area) 30°

30° NORTH LATITUDE		AM						SUN TIME				PM			30° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	33	29	18	14	14	14	14	14	14	14	18	29	33	South	DEC 22
	Northeast	105	139	130	97	55	19	14	14	14	14	12	10	5	Southeast	
	East	108	156	161	143	98	44	14	14	14	14	12	10	5	East	
	Southeast	42	75	90	90	73	44	17	14	14	14	12	10	5	Northeast	
	South	5	10	12	14	15	19	21	19	15	14	12	10	5	North	
	Southwest	5	10	12	14	14	14	17	44	73	90	90	75	42	Northwest	
	West	5	10	12	14	14	14	14	44	98	143	161	156	108	West	
	Northwest	5	10	12	14	14	14	14	19	55	97	130	139	105	Southwest	
	Horizontal	19	61	131	180	217	240	250	240	217	180	131	61	19	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	22	20	14	13	14	14	14	14	14	13	14	20	22	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	93	131	123	89	46	16	14	14	14	13	12	9	4	Southeast	
	East	100	155	164	145	99	44	14	14	14	13	12	9	4	East	
	Southeast	42	82	100	100	83	53	22	14	14	13	12	9	4	Northeast	
	South	4	9	12	14	20	27	30	27	20	14	12	9	4	North	
	Southwest	4	9	12	13	14	14	14	53	83	100	100	82	42	Northwest	
	West	4	9	12	13	14	14	14	44	99	145	164	155	100	West	
	Northwest	4	9	12	13	14	14	14	16	46	89	123	131	93	Southwest	
	Horizontal	15	66	123	176	214	236	246	236	214	176	123	66	15	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	6	8	11	13	13	14	14	14	13	13	11	8	6	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	55	108	100	66	27	14	14	14	13	13	11	8	2	Southeast	
	East	66	147	165	148	102	46	14	14	13	13	11	8	2	East	
	Southeast	37	98	127	129	112	82	39	15	13	13	11	8	2	Northeast	
	South	2	8	13	27	47	58	63	58	47	27	13	8	2	North	
	Southwest	2	8	11	13	13	15	39	82	112	129	127	98	37	Northwest	
	West	2	8	11	13	13	14	14	46	102	148	165	147	66	West	
	Northwest	2	8	11	13	13	14	14	14	27	66	100	108	55	Southwest	
	Horizontal	6	47	107	161	200	225	235	225	200	161	107	47	6	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	0	5	10	12	13	14	14	14	13	12	10	5	0	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	0	74	90	40	15	14	14	14	13	12	10	5	0	Southeast	
	East	0	124	158	144	103	48	14	14	13	12	10	5	0	East	
	Southeast	0	98	131	152	141	113	67	25	13	12	10	5	0	Northeast	
	South	0	9	18	60	82	98	105	98	82	60	18	9	0	North	
	Southwest	0	5	10	12	13	25	67	113	141	152	131	98	0	Northwest	
	West	0	5	10	12	13	14	14	48	103	144	158	124	0	West	
	Northwest	0	5	10	12	13	14	14	14	15	40	90	74	0	Southwest	
	Horizontal	0	25	81	135	179	202	212	202	179	135	81	25	0	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	33	39	18	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Southeast	
	East	0	79	135	132	94	43	14	13	12	11	8	3	0	East	
	Southeast	0	73	142	163	159	136	92	47	15	11	8	3	0	Northeast	
	South	0	18	57	92	121	139	145	139	121	92	57	18	0	North	
	Southwest	0	3	8	11	15	47	92	136	159	163	142	73	0	Northwest	
	West	0	3	8	11	12	13	14	43	94	132	135	79	0	West	
	Northwest	0	3	8	11	12	13	14	13	12	18	39	33	0	Southwest	
	Horizontal	0	6	49	100	143	171	179	171	143	100	49	6	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	1	6	9	11	12	12	12	11	9	6	1	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	8	16	9	11	12	12	12	11	9	6	1	0	Southeast	
	East	0	27	109	116	83	35	12	12	11	9	6	1	0	East	
	Southeast	0	28	127	161	162	143	104	64	23	9	6	1	0	Northeast	
	South	0	10	68	109	137	154	159	154	137	109	68	10	0	North	
	Southwest	0	1	6	9	23	64	104	143	162	161	127	28	0	Northwest	
	West	0	1	6	9	11	12	12	35	83	116	109	27	0	West	
	Northwest	0	1	6	9	11	12	12	12	11	9	16	8	0	Southwest	
	Horizontal	0	2	27	71	109	136	145	136	109	71	27	2	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	0	4	9	11	12	12	12	11	9	4	0	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	0	10	9	11	12	12	12	11	9	4	0	0	Southeast	
	East	0	0	92	105	80	32	12	12	11	9	4	0	0	East	
	Southeast	0	0	114	157	162	143	108	72	28	9	4	0	0	Northeast	
	South	0	0	64	113	142	159	163	159	142	113	64	0	0	North	
	Southwest	0	0	4	9	28	72	108	143	162	157	114	0	0	Northwest	
	West	0	0	4	9	11	12	12	32	80	105	92	0	0	West	
	Northwest	0	0	4	9	11	12	12	12	11	9	10	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	19	60	97	122	131	122	97	60	19	0	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash × 1/.85 or 1.17	Haze −15% (Max.)	Altitude +0.7% per 1000 Ft	Dewpoint Decrease From 67 F + 7% per 10 F	Dewpoint Increase From 67 F − 7% per 10 F	South Lat. Dec. or Jan. + 7%

Solar Heat Gain duo to Glass (SHG) Continued •

Table 15

TABLE 15—SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS (Contd)

40° Btu/(hr) (sq ft sash area) 40°

40° NORTH LATITUDE		AM				SUN TIME						PM			40° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	32	20	12	13	14	14	14	14	14	13	12	20	32	South	DEC 22
	Northeast	118	133	112	73	30	14	14	14	14	13	12	10	6	Southeast	
	East	126	161	162	142	95	44	14	14	14	13	12	10	6	East	
	Southeast	51	88	109	111	99	71	34	14	14	13	12	10	6	Northeast	
	South	6	10	12	19	35	44	54	44	35	19	12	10	6	North	
	Southwest	6	10	12	13	14	14	34	71	99	111	109	88	51	Northwest	
	West	6	10	12	13	14	14	14	44	95	142	162	161	126	West	
	Northwest	6	10	12	13	14	14	14	14	30	73	112	133	118	Southwest	
	Horizontal	31	82	134	179	210	232	237	232	210	179	134	82	31	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	24	14	12	13	14	14	14	14	14	13	12	14	24	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	106	127	105	66	26	14	14	14	14	13	12	10	5	Southeast	
	East	118	161	164	144	98	43	14	14	14	13	12	10	5	East	
	Southeast	54	96	119	125	110	82	42	15	14	13	12	10	5	Northeast	
	South	5	10	13	26	44	63	69	63	44	26	13	10	5	North	
	Southwest	5	10	12	13	14	15	42	82	110	125	119	96	54	Northwest	
	West	5	10	12	13	14	14	14	43	98	144	164	161	118	West	
	Northwest	5	10	12	13	14	14	14	14	26	66	105	127	106	Southwest	
	Horizontal	24	73	126	171	203	225	233	225	203	171	126	73	24	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	7	8	11	13	14	14	14	14	14	13	11	8	7	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	68	102	82	46	16	14	14	14	14	13	11	8	3	Southeast	
	East	84	147	162	145	101	45	14	14	14	13	11	8	3	East	
	Southeast	48	105	138	146	139	107	66	25	14	13	11	8	3	Northeast	
	South	3	8	24	51	89	97	102	97	89	51	24	8	3	North	
	Southwest	3	8	11	13	14	25	66	107	139	146	136	105	48	Northwest	
	West	3	8	11	13	14	14	14	45	101	145	162	147	84	West	
	Northwest	3	8	11	13	14	14	14	14	16	46	87	102	68	Southwest	
	Horizontal	9	47	100	150	185	205	214	205	185	150	100	47	9	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	0	51	58	26	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Southeast	
	East	0	116	149	139	99	45	14	13	13	12	9	5	0	East	
	Southeast	0	95	144	162	157	133	90	41	14	12	9	5	0	Northeast	
	South	0	12	44	81	110	122	140	122	110	81	44	12	0	North	
	Southwest	0	5	9	12	14	41	90	133	157	162	144	95	0	Northwest	
	West	0	5	9	12	13	13	14	45	99	139	149	116	0	West	
	Northwest	0	5	9	12	13	13	14	13	13	26	58	51	0	Southwest	
	Horizontal	0	21	67	124	153	176	183	176	153	124	67	21	0	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	35	33	12	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Southeast	
	East	0	85	117	122	88	39	12	12	11	10	6	2	0	East	
	Southeast	0	81	132	161	163	144	107	63	20	10	6	2	0	Northeast	
	South	0	21	59	104	137	154	162	154	137	104	59	21	0	North	
	Southwest	0	2	6	10	20	63	107	144	163	161	132	81	0	Northwest	
	West	0	2	6	10	11	12	12	39	88	122	117	85	0	West	
	Northwest	0	2	6	10	11	12	12	12	11	12	33	35	0	Southwest	
	Horizontal	0	8	29	64	101	123	129	123	101	64	29	8	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	0	3	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	0	12	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Southeast	
	East	0	0	91	100	74	33	11	10	9	7	3	0	0	East	
	Southeast	0	0	109	144	156	144	116	70	27	7	3	0	0	Northeast	
	South	0	0	59	104	139	158	166	158	139	104	59	0	0	North	
	Southwest	0	0	3	7	27	70	116	144	156	144	109	0	0	Northwest	
	West	0	0	3	7	9	10	11	33	74	100	91	0	0	West	
	Northwest	0	0	3	7	9	10	11	10	9	7	12	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	16	43	73	92	103	92	73	43	16	0	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	0	2	6	9	10	10	10	9	6	2	0	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	0	7	6	9	10	10	10	9	6	2	0	0	Southeast	
	East	0	0	72	86	68	31	10	10	9	6	2	0	0	East	
	Southeast	0	0	88	134	148	142	115	73	30	7	2	0	0	Northeast	
	South	0	0	51	99	134	158	165	158	134	99	51	0	0	North	
	Southwest	0	0	2	7	30	73	115	142	148	134	88	0	0	Northwest	
	West	0	0	2	6	9	10	10	31	68	86	72	0	0	West	
	Northwest	0	0	2	6	9	10	10	10	9	6	7	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	8	32	55	76	85	76	55	32	8	0	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash	Haze	Altitude	Dewpoint Decrease From 67 F	Dewpoint Increase From 67 F	South Lat. Dec. or Jan.
	× 1.85 or 1.17	−15% (Max.)	+0.7% per 1000 Ft	+ 7% per 10 F	− 7% per 10 F	+ 7%

Solar Heat Gain duo to Glass (SHG) Continued •

Table 15

TABLE 15—SOLAR HEAT GAIN THRU ORDINARY GLASS (Contd)

50° Btu/(hr) (sq ft sash area) 50°

50° NORTH LATITUDE		AM						SUN TIME						PM	50° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	29	12	12	13	14	14	14	14	14	13	12	12	29	South	DEC 22
	Northeast	126	125	94	50	16	14	14	14	14	13	12	10	8	Southeast	
	East	139	164	162	136	94	41	14	14	14	13	12	10	8	East	
	Southeast	64	102	126	135	124	98	61	23	14	13	12	10	8	Northeast	
	South	8	10	16	39	68	87	93	87	68	39	16	10	8	North	
	Southwest	8	10	12	13	14	23	61	98	124	135	126	102	64	Northwest	
	West	8	10	12	13	14	14	14	41	94	136	162	164	139	West	
	Northwest	8	10	12	13	14	14	14	14	16	50	94	125	126	Southwest	
	Horizontal	44	86	133	173	197	214	220	214	197	173	133	86	44	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	21	11	12	13	14	14	14	14	14	13	12	11	21	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	114	117	87	44	15	14	14	14	14	13	12	10	6	Southeast	
	East	131	161	163	141	96	43	14	14	14	13	12	10	6	East	
	Southeast	65	107	134	143	136	109	70	26	14	13	12	10	6	Northeast	
	South	6	10	21	50	80	98	106	98	80	50	21	10	6	North	
	Southwest	6	10	12	13	14	26	70	109	136	143	134	107	65	Northwest	
	West	6	10	12	13	14	14	14	43	96	141	163	161	131	West	
	Northwest	6	10	12	13	14	14	14	14	15	44	87	117	114	Southwest	
	Horizontal	33	75	119	159	188	205	211	205	188	159	119	75	33	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	8	8	10	12	13	14	14	14	13	12	10	8	8	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	76	94	70	31	13	14	14	14	13	12	10	8	4	Southeast	
	East	94	145	158	141	98	45	14	14	13	12	10	8	4	East	
	Southeast	53	111	144	157	153	132	89	40	13	12	10	8	4	Northeast	
	South	4	9	36	73	105	130	138	130	105	73	36	9	4	North	
	Southwest	4	8	10	12	13	40	89	132	153	157	144	111	53	Northwest	
	West	4	8	10	12	13	14	14	45	98	141	158	145	94	West	
	Northwest	4	8	10	12	13	14	14	14	13	31	70	94	76	Southwest	
	Horizontal	13	46	89	131	160	179	185	179	160	131	89	46	13	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	0	4	8	10	12	12	12	12	12	10	8	4	0	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	0	58	46	16	12	12	12	12	12	10	8	4	0	Southeast	
	East	0	102	138	130	93	43	12	12	12	10	8	4	0	East	
	Southeast	0	86	139	162	163	145	105	56	17	10	8	4	0	Northeast	
	South	0	11	51	93	131	150	158	150	131	93	51	11	0	North	
	Southwest	0	4	8	10	17	56	105	145	163	162	139	86	0	Northwest	
	West	0	4	8	10	12	12	12	43	93	130	138	102	0	West	
	Northwest	0	4	8	10	12	12	12	12	12	16	46	58	0	Southwest	
	Horizontal	0	15	49	88	118	140	148	140	118	88	49	15	0	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	29	20	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	Southeast	
	East	0	73	99	105	79	35	11	10	9	7	4	0	0	East	
	Southeast	0	69	111	145	157	144	115	69	24	7	4	0	0	Northeast	
	South	0	17	53	99	137	157	167	157	137	99	53	17	0	North	
	Southwest	0	0	4	7	24	69	115	144	157	145	111	69	0	Northwest	
	West	0	0	4	7	9	10	11	35	79	105	99	73	0	West	
	Northwest	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	20	29	0	Southwest	
	Horizontal	0	2	19	45	72	86	94	86	72	45	19	2	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	0	1	4	6	8	9	8	6	4	1	0	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	0	5	4	6	8	9	8	6	4	1	0	0	Southeast	
	East	0	0	51	64	57	28	9	8	6	4	1	0	0	East	
	Southeast	0	0	62	95	127	127	107	67	21	4	1	0	0	Northeast	
	South	0	0	34	70	116	143	153	143	116	70	34	0	0	North	
	Southwest	0	0	1	4	21	67	107	127	127	95	62	0	0	Northwest	
	West	0	0	1	4	6	8	9	28	57	64	51	0	0	West	
	Northwest	0	0	1	4	6	8	9	8	6	4	5	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	4	13	30	47	53	47	30	13	4	0	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	0	0	3	5	6	7	6	5	3	0	0	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	0	0	3	5	6	7	6	5	3	0	0	0	Southeast	
	East	0	0	0	27	47	23	7	6	5	3	0	0	0	East	
	Southeast	0	0	0	41	107	116	100	62	25	3	0	0	0	Northeast	
	South	0	0	0	31	99	131	141	131	99	31	0	0	0	North	
	Southwest	0	0	0	3	25	62	100	116	107	41	0	0	0	Northwest	
	West	0	0	0	3	5	6	7	23	47	27	0	0	0	West	
	Northwest	0	0	0	3	5	6	7	6	5	3	0	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	0	5	19	33	40	33	19	5	0	0	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash	Haze	Altitude	Dewpoint Decrease From 67 F	Dewpoint Increase From 67 F	South Lat. Dec. or Jan.
	× 1/.85 or 1.17	−15% (Max.)	+0.7% per 1000 Ft	+ 7% per 10 F	− 7% per 10 F	+ 7%

Table 16

TABLE 16-OVER-ALL FACTORS FOR SOLAR HEAT GAIN THRU GLASS
WITH AND WITHOUT SHADING DEVICES*
Apply Factors to Table 15
Outdoor wind velocity, 5 mph-Angle of incidence, 30 – Shading devices fully covering window

	GLASS FACTOR NO SHADE	INSIDE VENETIAL BLIND* 45° horiz. or vertical or ROLLER SHADE			OUTSIDE VENETIAN BLIND 45° horiz. slats		OUTSIDE SHADING SCREEN† 17° horiz. slats		OUTSIDE AWNING‡ vent. sides & top	
		Light Color	Medium Color	Dark Color	Light Color	Light on Outside Dark on Inside	Medium** Color	Dark§ Color	Light Color	Med. or Dark Color
ORDINARY GLASS	1.00	.56	.65	.75	.15	.13	.22	.15	.20	.25
REGULAR PLATE (1/4 inch)	.94	.56	.65	.74	.14	.12	.21	.14	.19	.24
HEAT ABSORBING GLASS††										
40 to 48% Absorbing	.80	.56	.62	.72	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing	.73	.53	.59	.62	.11	.10	.16	.11	.15	.18
56 to 70% Absorbing	.62	.51	.54	.56	.10	.10	.14	.10	.12	.16
DOUBLE PANE										
Ordinary Glass	.90	.54	.61	.67	.14	.12	.20	.14	.18	.22
Regular Plate	.80	.52	.59	.65	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing outside; Ordinary Glass inside.	.52	.36	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.13
48 to 56% Absorbing outside; Regular Plate inside.	.50	.36	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.12
TRIPLE PANE										
Ordinary Glass	.83	.48	.56	.64	.12	.11	.18	.12	.16	.20
Regular Plate	.69	.47	.52	.57	.10	.10	.15	.10	.14	.17
PAINTED GLASS										
Light Color	.28									
Medium Color	.39									
Dark Color	.50									
STAINED GLASS‡‡										
Amber Color	.70									
Dark Red	.56									
Dark Blue	.60									
Dark Green	.32									
Greyed Green	.46									
Light Opalescent	.43									
Dark Opalescent	.37									

Thermal Resistance for Building & Insulation Materials (R) •

Table 34

TABLE 34-THERMAL RESISTANCES R-BUILDING AND INSULATING MATERIALS (Contd)
(deg F per Bu)/(hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICK-NESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R Per Inch Thickness 1/K	RESISTANCE R For Listed Thickness 1/C
	BUILDING MATERIALS					
BUILDING BOARD Boards, Panels, Sheathing, etc	Asbestos-Cement Board		120	-	0.25	-
	Asbestos-Cement Board	1/8	120	1.25	-	0.03
	Gypsum or Plaster Board	3/8	50	1.58	-	0.32
	Gypsum or Plaster Board	1/2	50	2.08	-	0.45
	Plywood		34	-	1.25	-
	Plywood	1/4	34	0.71	-	0.31
	Plywood	3/8	34	1.06	-	0.47
	Plywood	1/2	34	1.42	-	0.63
	Plywood or Wood Panels	3/4	34	2.13	-	0.94
	Wood Fiber Board, Laminated or Homogeneous		26	-	2.38	-
			31	-	2.00	-
	Wood Fiber, Hardboard Type		65	-	0.72	-
	Wood Fiber, Hardboard Type	1/4	65	1.35	-	0.18
	Wood, Fir or Pine Sheathing	25/32	32	2.08	-	0.98
	Wood, Fir or Pine	1 5/8	32	4.34	-	2.03
BUILDING PAPER	Vapor Permeable Felt		-	-	-	0.06
	Vapor Seal, 2 layers of Mopped 15 lb felt		-	-	-	0.12
	Vapor Seal, Plastic Film		-	-	-	Negl
WOODS	Maple, Oak, and Similar Hardwoods		45	-	0.91	-
	Fir, Pine, and Similar Softwoods		32	-	1.25	-

Continued •

TABLE 34-THERMAL RESISTANCES R-BUILDING AND INSULATING MATERIALS (Contd)
(deg F per Bu)/(hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICK-NESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R Per Inch Thickness 1/K	RESISTANCE R For Listed Thickness 1/C
	BUILDING MATERIALS, (CONT.)					
MASONRY UNITS	Brick, Common	4	120	40	-	.80
	Brick, Face	4	130	43	-	.44
	Clay Tile, Hollow:					
	1 Cell Deep	3	60	15	-	0.80
	1 Cell Deep	4	48	16	-	1.11
	2 Cells Deep	6	50	25	-	1.52
	2 Cells Deep	8	45	30	-	1.85
	2 Cells Deep	10	42	35	-	2.22
	3 Cells Deep	12	40	40	-	2.50
	Concrete Blocks, Three Oval Core	3	76	19	-	0.40
	Sand & Gravel Aggregate	4	69	23	-	0.71
		6	64	32	-	0.91
		8	64	43	-	1.11
		12	63	63	-	1.28
	Cinder Aggregate	3	68	17	-	0.86
		4	60	20	-	1.11
		6	54	27	-	1.50
		8	56	37	-	1.72
		12	53	53	-	1.89
	Lightweight Aggregate	3	60	15	-	1.27
	(Expanded Shale, Clay, Slate or	4	52	17	-	1.50
	Slag; Pumice)	8	48	32	-	2.00
		12	43	43	-	2.27
	Gypsum Partition Tile:					
	3"X12" X30" solid	3	45	11	-	1.26
	3" X12" X30" 4-cell	3	35	9	-	1.35
	4" X12" X30" 3-cell	4	38	13	-	1.67
	Stone, Line or Sand		150	-	0.08	-

Thermal Resistance for Building & Insulation Materials (R) • *Continued*

TABLE 34-THERMAL RESISTANCES R-BUILDING AND INSULATING MATERIALS (Contd)
(deg F per Bu)/(hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICK-NESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R Per Inch Thickness 1/K	RESISTANCE R For Listed Thickness 1/C
	BUILDING MATERIALS, (CONT.)					
MASONRY MATERIALS Concretes	Cement Mortar		116	-	0.20	-
	Gypsum-Fiber Concrete 87½ % gypsum, 12½ % wood chips		51	-	0.60	-
	Lightweight Aggregates		120	-	0.19	-
	Including Expanded		100	-	0.28	-
	Shale, Clay or Slate		80	-	0.40	-
	Expanded Slag; Cinders		60	-	0.59	-
	Pumice; Perlite; Vermiculite		40	-	0.86	-
	Also, Cellular Concretes		30	-	1.11	-
			20	-	1.43	-
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Oven Dried)		140	-	0.11	-
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Not Dried)		140	-	0.08	-
	Stucco		116	-	0.20	-
PLASTERING MATERIALS	Cement Plaster, Sand Aggregate		116	-	0.20	-
	Sand Aggregate	1/2	116	4.8	-	0.10
	Sand Aggregate	3/4	116	7.2	-	0.15
	Gypsum Plasten:					
	Lightweight Aggregate	1/2	45	1.88	-	0.32
	Lightweight Aggregate	5/8	45	2.34	-	0.39
	Lightweight Aggregate on Metal Lath	3/4	45	2.80	-	0.47
	Perlite Aggregate		45	-	0.67	-
	Sand Aggregate		105	-	0.18	-
	Sand Aggregate	1/2	105	4.4	-	0.09
	Sand Aggregate	5/8	105	5.5	-	0.11
	Sand Aggregate on Metal Lath	3/4	105	6.6	-	0.13
	Sand Aggregate on Wood Lath		105	-	-	0.40
	Vermiculite Aggregate		45	-	0.59	-
ROOFING	Asbestos-Cement Shingles		120	-	-	0.21
	Asphalt Roll Roofing		70	-	-	0.15
	Asphalt Shingles		70	-	-	0.44
	Built-up Roofing	3/8	70	2.2	-	0.33
	Slate	1/2	201	8.4	-	0.05
	Sheet Metal		-	-	Negl	-
	Wood Shingles		40	-	-	0.94

• *Continued*

TABLE 34-THERMAL RESISTANCES R-BUILDING AND INSULATING MATERIALS (Contd)
(deg F per Bu)/(hr) (sq ft)

MATERIAL	DESCRIPTION	THICK-NESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R Per Inch Thickness 1/K	RESISTANCE R For Listed Thickness 1/C
	BUILDING MATERIALS, (CONT.)					
SIDING MATERIALS (On Flat Surface)	Shingles					
	Wood, 16", 7½ " exposure		-	-	-	0.87
	Wood, Double, 16", 12" exposure		-	-	-	1.19
	Wood, Plus Insul Backer Board, 5/16"		-	-	-	1.40
	Siding					
	Asbestos-Cement, ¼" lapped		-	-	-	0.21
	Asphalt Roll Siding		-	-	-	0.15
	Asphalt Insul Siding, ½" Board		-	-	-	1.45
	Wood, Drop, 1"×8"		-	-	-	0.79
	Wood, Bevel, ½"×8", lapped		-	-	-	0.81
	Wood, Bevel, ¾×"10", lapped		-	-	-	1.05
	Wood, Plywood, 3/8", lapped		-	-	-	0.59
	Structural Glass		-	-	-	0.10
FLOORING MATERIALS	Asphalt Tile	1/8	120	1.25	-	0.04
	Carpet and Fibrous Pad		-	-	-	2.08
	Carpet and Rubber Pad	1	-	-	-	1.23
	Ceramic Tile		-	-	-	0.08
	Cork Tile	1/8	25	-	2.22	-
	Cork Tile		25	0.26	-	0.28
	Felt, Flooring		-	-	-	0.06
	Floor Tile	1/8	-	-	-	0.05
	Linoleum	1/8	80	0.83	-	0.08
	Plywood Subfloor	5/8	34	1.77	-	0.78
	Rubber or Plastic Tile	1/8	110	1.15	-	0.02
	Terrazzo	1	140	11.7	-	0.08
	Wood Subfloor	25/32	32	2.08	-	0.98
	Wood, Hardwood Finish	3/4	45	2.81	-	0.68

Table 45

TABLE 45-VENTILATION STANDARDS

APPLICATION	SMOKING	CFM PER PERSON		CFM PER SQ FT OF FLOOR
		Recommended	Minimum*	Minimum*
Apartment { Average	Some	20	15	-
Apartment { De Luxe	Some	30	25	.33
Banking Space	Occasional	10	7½	-
Barber Shops	Considerable	15	10	-
Beauty Parlors	Occasional	10	7½	-
Broker's Board Rooms	Very Heavy	50	30	-
Cocktail Bars	Heavy	30	25	-
Corridors (Supply or Exhaust)	-	-	-	.25
Department Stores	None	7½	5	.05
Directors Rooms	Extreme	50	30	-
Drug Stores†	Considerable	10	7½	-
Factories‡§	None	10	7½	.10
Five and Ten Cent Stores	None	7½	5	-
Funeral Parlors	None	10	7½	-
Garage‡	-	-	-	1.0
Hospitals { Operating Rooms‡**	None	-	-	2.0
Hospitals { Private Rooms	None	30	25	.33
Hospitals { Wards	None	20	15	-
Hotel Roms	Heavy	30	25	.33
Kitchen { Restaurant†	-	-	-	4.0
Kitchen { Residence	-	-	-	2.0
Laboratories†	Some	20	15	-
Meeting Rooms	Very Heavy	50	30	1.25
Office { General	Some	15	10	-
Office { Private	None	25	15	.25
Office { Private	Considerable	30	25	.25
Restaurant { Cafeteria†	Considerable	12	10	-
Restaurant { Dining Room†	Considerable	15	12	-
School Rooms‡	None	-	-	-
Shop Retail	None	10	7½	-
Theater‡	None	7½	5	-
Theater	Some	15	10	-
Toilets‡ (Exhaust)	-	-	-	2.0

• *Heat Gain from People*

Table 48

TABLE 48-HEAT GAIN FROM PEOPLE

DEGREE OF ACTIVITY	TYPICAL APPLICATION	Met-abolic Rate (Adult Male) Btu/hr	Aver-age Ad-justed Met-abolic Rate* Btu/hr	ROOM DRY-BULB TEMPERATURE									
				82 F Btu/hr		80 F Btu/hr		78 F Btu/hr		75 F But/hr		70 F Btu/hr	
				Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent
Seated at rest	Theater, Grade School	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Seated, very light work	High School	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Office worker	Offices, Hotels, Apts., College	475	450	180	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Standing, walking slowly	Dept., Retail, or Variety Store	550											
Walking, seated	Drug Store	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Standing, walking slowly	Bank	550											
Sedentary work	Restaurant†	500	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Light bench work	Factory, light work	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Moderate dancing	Dance Hall	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Walking, 3 mph	Factory, fairly heavy work	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Heavy work	Bowling Alley‡ Factory	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

• *Heat Gain from Light*

Table 49

TABLE 49 – HEAT GAIN FROM LIGHT

TYPE	HEAT GAIN* Btu/hr
Fluorescent	Total Light Watts×1.25†×3.4
Incandescent	Total Light Watts×3.4

Table 50

TABLE 50-HEAT GAIN FROM RESTAURANT APPLIANCES

NOT HOODED*-ELECTRIC

APPLIANCE	OVERALL DIMENSIONS Less Legs and Handles (In.)	TYPE OF CON-TROL	MISCELLANEOUS DATA	MFR MAX RATING Btu/hr	MAIN-TAIN-ING RATE Btu/hr	RECOM HEAT GAIN FOR AVG USE		
						Sensible Heat Btu/hr	Latent Heat Btu/hr	Total Heat Btu/hr
Coffee Brewer-1/2 gal		Man.		2240	306	900	220	1120
Warmer-1/2 gal		Man.		306	306	230	90	320
4 Coffee Brewing Units with 41/2 gal Tank	20X30X26 H	Auto.	Water heater—2000 watts Brewers—2960 watts	16900		4800	1200	6000
Coffee Urn--3 gal	15 DiaX34H	Man.	Black finish	11900	3000	2600	1700	4300
--3 gal	12X23 oval X21H	Auto.	Nickel plated	15300	2600	2200	1500	3700
--5 gal	18 Dia X37H	Auto.	Nickel plated	17000	3600	3400	2300	5700
Doughnut Machine	22X22X57H	Auto.	Exhaust system to outdoors-1/2 hp motor	16000		5000		5000
Egg Boiler	10X13X25H	Man.	Med. ht. –550 watts Low ht—275 watts	3740		1200	800	2000
Food Warmer with Plate Warmer, per sq ft top surface		Auto.	Insulated, separate heating unit for each pot. Plate warmer in base	1350	500	350	350	700
Food Warmer without Plate Warmer, per sq ft top surface		Auto.	Ditto, without plate warmer	1020	400	200	350	550
Fry Kettle--111/2 lb fat	12 DiaX14H	Auto.		8840	1100	1600	2400	4000
Fry Kettle—25 lb fal	16X18X12H	Auto.	Frying area 12"X14"	23800	2000	3800	5700	9500
Griddle, Frying	18X18X8H	Auto.	Frying top 18"X14"	8000	2800	3100	1700	4800
Grille, Meat	14X14X10H	Auto.	Cooking area 10"X12"	10200	1900	3900	2100	6000
Grille, Sandwich	13X14X10H	Auto.	Grill area 12"X12"	5600	1900	2700	700	3400
Roll Warmer	26X17X13H	Auto.	One drawer	1500	400	1100	100	1200
Toaster, Continuous	15X15X28H	Auto.	2 Slices wide-- 360 slices/hr	7500	5000	5100	1300	6400
Toaster, Continuous	20X15X28H	Auto.	4 Slices wide-- 720 slices/hr	10200	6000	6100	2600	8700
Toaster, Pop-Up	6X11X9H	Auto.	2 Slices	4150	1000	2450	450	2900
Waffle Iron	12X13X10H	Auto.	One waffle 7" dia	2480	600	1100	750	1850
Waffle Iron for Ice Cream Sandwich	14X13X10H	Auto.	12 Cakes, each 2 1/2"X3 3/4"	7500	1500	3100	2100	5200

Table 51

TABLE 51-HEAT GAIN FROM RESTAURANT APPLIANCES
NOT HOODED*--GAS BURNING AND STEAM HEATED

APPLIANCE	OVERALL DIMENSIONS Less Legs and Handles (In.)	TYPE OF CON-TROL	MISCELLANEOUS DATA	MFR MAX RATING Btu/hr	MAIN-TAIN-ING RATE Btu/hr	RECOM HEAT GAIN FOR AVG USE		
						Sensible Heat Btu/hr	Latent Heat Btu/hr	Total Heat Btu/hr
GAS BURNING								
Coffee Brewer-1/2 gal Warmer-1/2 gal		Man. Man.	Combination brewer and warmer	3400 500	500	1350 400	350 100	1700 500
Coffee Brewing Units with Tank	19X30X26 H		4 Brewers and 4½ gal tank			7200	1800	9000
Coffee Urn--3 gal	15" DiaX34H	Auto.	Black finish	3200	3900	2900	2900	5800
Coffee Urn --3 gal	12X23 oval X21H	Auto.	Nickel plated		3400	2500	2500	5000
Coffee Urn --5 gal	18 Dia X37H	Auto.	Nickel plated		4700	3900	3900	7800
Food Warmer, Values per sq ft top surface		Man.	Water bath type	2000	900	850	450	1300
Fry Kettle—15 lb fat	12X20X18H	Auto.	Frying area 10X10	14250	3000	4200	2800	7000
Fry Kettle—28 lb fal	15X35X11H		Frying area 11X16	24000	4500	7200	4800	12000
Grill—Broil-O-Grill Top Burner Bottom Burner	22X14X17H (1.4 sq ft) grill surface)	Man.	Insulated 22,000 Btu/hr 15,000 Btu/hr	37000		14400	3600	18000
Stoves, Short Order--Open Top. Values per sq ft top surface		Man.	Ring type burners 12000 to 22000 Btu/ea	14000		4200	4200	8400
Stoves, Short Order--Closed Top. Values per sq ft top surface		Man.	Ring type burners 10000 to 12000 Btu/ea	11000		3300	3300	6600
Toaster, Continuous	15X15X28H	Auto.	2 Slices wide--360 slices/hr	12000	10000	7700	3300	11000
STEAM HEATED								
Coffee Urn--3 gal --3 gal --5 gal	15 DiaX34H 12X23 ovalX21H 18 DiaX37H	Auto. Auto. Auto.	Black finish Nickel plated Nickel plated			2900 2400 3400	1900 1600 2300	4800 4000 5700
Coffee Urn--3 gal --3 gal --5 gal	15 DiaX34H 12X23 ovalX21H 18 DiaX37H	Man. Man. Man.	Black finish Nickel plated Nickel plated			3100 2600 3700	3100 2600 3700	6200 5200 7400
Food Warmer, per sq ft top surface		Auto.				400	500	900
Food Warmer, per sq ft top surface		Man.				450	1150	1500

Table 52

TABLE 52-HEAT GAIN FROM MISCELLANEOUS APPLIANCES
NOT HOODED*

APPLIANCE	TYPE OF CONTROL	MISCELLANEOUS DATA	MFR MAX RATING Btu/hr	RECOM HEAT GAIN FOR AVG USE		
				Sensible Heat Btu/hr	Latent Heat Btu/hr	Total Heat Btu/hr
		GAS BURNING				
Hair Dryer, Blower Type 15 amps, 115 volts AC	Man.	Fan 165 watts, (low 915 watts, high 1580 watts)	5,370	2,300	400	2,700
Hair Dryer, helmet type, 6.5 amps, 115 volts AC	Man.	Fan 80 watts, (low 300 watts, high 710 watts)	2,400	1,870	330	2,200
Permanent Wave Machine	Man.	60 heaters at 25 watts each, 36 in normal use	5,100	850	150	1,000
Pressurized Instrument Washer and Sterilizer		11"X11"X22"		12,000	23,460	35,460
Neon Sign, per Linear ft tube		1/2" outside dia 3/8" outside dia		30 60		30 60
Solution and/or Blanket Warmer		18"X30"X72" 18"X24"X72"		1,200 1,050	3,000 2,400	4,200 3,450
Sterilizer Dressing	Auto. Auto.	16"X24" 20"X36"		9,600 23,300	8,700 24,000	18,300 47,300
Sterilizer, Rectangular Bulk	Auto. Auto. Auto. Auto. Auto. Auto. Auto.	24"X24"X36" 24"X24"X48" 24"X36"X48" 24"X36"X60" 36"X42"X84" 42"X48"X96" 48"X54"X96"		34,800 41,700 56,200 68,500 161,700 184,000 210,000	21,000 27,000 36,000 45,000 97,500 140,000 180,000	55,800 68,700 92,200 113,500 259,200 324,000 390,000
Sterilizer, Water	Auto. Auto.	10 gallon 15 gallon		4,100 6,100	16,500 24,600	20,600 30,700
Sterilizer, Instrument	Auto. Auto. Auto. Auto. Auto.	6"X8"X17" 9"X10"X20" 10"X12"X22" 10"X12"X36" 12"X16"X24"		2,700 5,100 8,100 10,200 9,200	2,400 3,900 5,900 9,400 8,600	5,100 9,000 14,000 19,600 17,800
Sterilizer, Utensil	Auto. Auto.	16"X16"X24" 20"X20"X24"		10,600 12,300	20,400 25,600	31,000 37,900
Sterilizer, Hot Air	Auto. Auto.	Model 120 Amer Sterilizer Co Model 100 Amer Sterilizer Co		2,000 1,200	4,200 2,100	6,200 3,300
Water Still		5 gal/hour		1,700	2,700	4,400
X-ray Machines, for making pictures		Physicians and Dentists office		None	None	None
X-ray Machines, for therapy		Heat load may be appreciable-- write mfg for data				

Carrier Manual

Heat Gain from Miscellaneous Applications "Not Hooded" •

Table 52

TABLE 52-HEAT GAIN FROM MISCELLANEOUS APPLIANCES
NOT HOODED*

APPLIANCE	TYPE OF CONTROL	MISCELLANEOUS DATA	MFR MAX RATING Btu/hr	RECOM HEAT GAIN FOR AVG USE		
				Sensible Heat Btu/hr	Latent Heat Btu/hr	Total Heat Btu/hr
GAS BURNING						
Burner, Laboratory		7/16 dia barrel with				
small bunsen	Man.	manufactured gas	1,800	960	240	1,200
small bunsen	Man.	7/16 dia with nat gas	3,000	1,680	420	2,100
fishtail burner	Man.	7/16 dia with not gas	3,500	1,960	490	2,450
fishtail burner	Man.	7/16 dia bar with not gas	5,500	3,080	770	3,850
large bunsen	Man.	1 ½ dia mouth, adj orifice	6,000	3,350	850	4,200
Cigar Lighter	Man.	Continuous flame type	2,500	900	100	1,000
Hair Dryer System		Consists of heater & fan which				
5 helmets	Auto.	blows hot air thru duct system to	33,000	15,000	4,000	19,000
10 helmets	Auto.	helmets		21,000	6,000	27,000

*If properly designed positive exhaust hood is used, multiply recommended value by. 50.

Recommended Air Velocities in Ducts •

Table 7

TABLE 7 – RECOMMENDED MAXIMUM DUCT VELOCITIES FOR LOW VELOCITY SYSTEMS (FPM)

APPLICATION	CONTROLLING FACTOR NOISE GENERATION Main Ducts	CONTROLLING FACTOR—DUCT FRICTION			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments Hotel Bedrooms Hospital Bedrooms	1000	1500	1300	1200	1000
Private Offices Directors Rooms Libraries	1200	2000	1500	1600	1200
Theatres Auditoriums	800	1300	1100	1000	800
General Offices High Class Restaurants High Class Stores Banks	1500	2000	1500	1600	1200
Average Stores Cafeterias	1800	2000	1500	1600	1200
Industrial	2500	3000	1800	2200	1500

Wall and Roof Thermal Properties and Code Numbers •

Table 11

Table 11 Thermal Properties and Code Numbers of Layers Used in Wall and Roof Descriptions for Tables 12 and 13

Code Number	Description	Thickness and Thermal Properties					
		L	k	ρ	c_p	R	Mass
A0	Outside surface resistance	0	0.000	0	0.00	0.059	0.00
A1	25 mm Stucco	25	0.692	1858	0.84	0.037	47.34
A2	100 mm Face brick	100	1.333	2002	0.92	0.076	203.50
A3	Steel siding	2	44.998	7689	0.42	0.000	11.71
A4	12 mm Slag	13	0.190	1121	1.67	0.067	10.74
A5	Outside surface resistance	0	0.000	0	0.00	0.059	0.00
A6	Finish	13	0.415	1249	1.09	0.031	16.10
A7	100 mm Face brick	100	1.333	2002	0.92	0.076	203.50
B1	Air space resistance	0	0.000	0	0.00	0.160	0.00
B2	25 mm Insulation	25	0.043	32	0.84	0.587	0.98
B3	50 mm Insulation	51	0.043	32	0.84	1.173	1.46
B4	75 mm Insulation	76	0.043	32	0.84	1.760	2.44
B5	25 mm Insulation	25	0.043	91	0.84	0.587	2.44
B6	50 mm Insulation	51	0.043	91	0.84	1.173	4.88
B7	25 mm Wood	25	0.121	593	2.51	0.207	15.13
B8	65 mm Wood	63	0.121	593	2.51	0.524	37.58
B9	100 mm Wood	100	0.121	593	2.51	0.837	60.02
B10	50 mm Wood	51	0.121	593	2.51	0.420	30.26
B11	75 mm Wood	76	0.121	593	2.51	0.628	45.38
B12	75 mm Insulation	76	0.043	91	0.84	1.760	6.83
B13	100 mm Insulation	100	0.043	91	0.84	2.347	9.27
B14	125 mm Insulation	125	0.043	91	0.84	2.933	11.71
B15	150 mm Insulation	150	0.043	91	0.84	3.520	14.15
B16	4 mm Insulation	4	0.043	91	0.84	0.088	0.49
B17	8 mm Insulation	8	0.043	91	0.84	0.176	0.49
B18	12 mm Insulation	12	0.043	91	0.84	0.264	0.98
B19	15 mm Insulation	15	0.043	91	0.84	0.352	1.46
B20	20 mm Insulation	20	0.043	91	0.84	0.440	1.95
B21	35 mm Insulation	35	0.043	91	0.84	0.792	2.93
B22	42 mm Insulation	42	0.043	91	0.84	0.968	3.90
B23	60 mm Insulation	62	0.043	91	0.84	1.408	5.86
B24	70 mm Insulation	70	0.043	91	0.84	1.584	6.34
B25	85 mm Insulation	85	0.043	91	0.84	1.936	7.81
B26	92 mm Insulation	92	0.043	91	0.84	2.112	8.30
B27	115 mm Insulation	115	0.043	91	0.84	2.640	10.74
C1	100 mm Clay tile	100	0.571	1121	0.84	0.178	113.70
C2	100 mm low density concrete block	100	0.381	609	0.84	0.266	61.98
C3	100 mm high density concrete block	100	0.813	977	0.84	0.125	99.06
C4	100 mm Common brick	100	0.727	1922	0.84	0.140	195.20
C5	100 mm high density concrete	100	1.731	2243	0.84	0.059	227.90
C6	200 mm Clay tile	200	0.571	1121	0.84	0.352	227.90
C7	200 mm low density concrete block	200	0.571	609	0.84	0.352	123.46
C8	200 mm high density concrete block	200	1.038	977	0.84	0.196	198.62
C9	200 mm Common brick	200	0.727	1922	0.84	0.279	390.40
C10	200 mm high density concrete	200	1.731	2243	0.84	0.117	455.79
C11	300 mm high density concrete	300	1.731	2243	0.84	0.176	683.20
C12	50 mm high density concrete	50	1.731	2243	0.84	0.029	113.70
C13	150 mm high density concrete	150	1.731	2243	0.84	0.088	341.60
C14	100 mm low density concrete	100	0.173	641	0.84	0.587	64.90
C15	150 mm low density concrete	150	0.173	641	0.84	0.880	97.60
C16	200 mm low density concrete	200	0.173	641	0.84	1.173	130.30
C17	200 mm low density concrete block (filled)	200	0.138	288	0.84	1.467	58.56
C18	200 mm high density concrete block (filled)	200	0.588	849	0.84	0.345	172.75
C19	300 mm low density concrete block (filled)	300	0.138	304	0.84	2.200	92.72
C20	300 mm high density concrete block (filled)	300	0.675	897	0.84	0.451	273.28

Roof CLTD •

Table 30

Table 30 July Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Flat Roofs at 40°North Latitude

Roof No.	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	−1	−2	−3	−3	−3	0	7	16	25	33	41	46	49	49	46	41	33	24	14	8	5	3	1
2	1	0	−1	−2	−3	−3	−2	2	9	18	27	34	41	46	48	47	44	39	31	22	14	8	5	3
3	7	4	3	1	0	−1	0	3	7	13	19	26	32	37	40	41	41	37	33	27	21	17	13	9
4	9	6	4	2	1	−1	−2	−2	0	4	9	16	23	30	36	41	43	43	41	37	31	25	19	13
5	12	9	7	4	3	2	1	1	3	7	12	17	23	28	33	37	38	38	36	33	28	23	19	15
8	16	13	12	9	8	7	6	6	7	9	12	16	19	23	27	29	31	32	31	29	27	24	21	18
9	18	14	12	9	7	5	3	2	2	4	7	11	15	20	25	29	33	35	36	35	32	29	25	21
10	21	18	15	13	11	8	7	6	5	6	7	9	13	17	21	24	28	31	32	32	31	29	26	23
13	19	17	16	14	12	11	10	9	9	9	11	13	16	18	21	23	26	27	27	27	26	24	22	21
14	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	12	13	16	18	20	22	23	24	25	25	24	23	22	21

Note: 1. Direct application of data
- Dark surface
- Indoor temperature of 25.5°C
- Outdoor maximum temperature of 35°C with mean temperature of 29.5°C and daily range of 11.6°C
- Solar radiation typical of clear day on 21st day of month
- Outside surface film resistance of 0.059 $m^2 \cdot K/W$
- With or without suspended ceiling but no ceiling plenum air return systems
- Inside surface resistance of 0.121 $m^2 \cdot K/W$

Note: 2. Adjustments to table data
- Design temperatures : Corr. CLTD = CLTD + (25.5 − t_r) + (t_m − 29.4)

where

t_r = inside temperature and t_m = mean outdoor temperature

t_m = maximum outdoor temperature − (daily range)/2

- No adjustment recommended for color
- No adjustment recommended for ventilation of air space above a ceiling

Roof Number •

Table 31

Table 31 Roof Numbers Used in Table 30

Mass Location**	Suspended Ceiling	R-Value, $m^2 \cdot K/W$	B7, Wood 25 mm	C12, HW Concrete 50 mm	A3, Steel Deck	Attic-Ceiling Combination
Mass inside the insulation	Without	0 to 0.9	*	2	*	*
		0.9 to 1.8	*	2	*	*
		1.8 to 2.6	*	4	*	*
		2.6 to 3.5	*	4	*	*
		3.5 to 4.4	*	5	*	*
		4.4 to 5.3	*	*	*	*
	With	0 to 0.9	*	5	*	*
		0.9 to 1.8	*	8	*	*
		1.8 to 2.6	*	13	*	*
		2.6 to 3.5	*	13	*	*
		3.5 to 4.4	*	14	*	*
		4.4 to 5.3	*	*	*	*
Mass evenly placed	Without	0 to 0.9	1	2	1	1
		0.9 to 1.8	2	*	1	2
		1.8 to 2.6	2	*	1	2
		2.6 to 3.5	4	*	2	2
		3.5 to 4.4	4	*	2	4
		4.4 to 5.3	*	*	*	*
	With	0 to 0.9	*	3	1	*
		0.9 to 1.8	4	*	1	*
		1.8 to 2.6	5	*	2	*
		2.6 to 3.5	9	*	2	*
		3.5 to 4.4	10	*	4	*
		4.4 to 5.3	10	*	*	*
Mass outside the insulation	Without	0 to 0.9	*	2	*	*
		0.9 to 1.8	*	3	*	*
		1.8 to 2.6	*	4	*	*
		2.6 to 3.5	*	5	*	*
		3.5 to 4.4	*	5	*	*
		4.4 to 5.3	*	*	*	*
	With	0 to 0.9	*	3	*	*
		0.9 to 1.8	*	3	*	*
		1.8 to 2.6	*	4	*	*
		2.6 to 3.5	*	5	*	*
		3.5 to 4.4	*	*	*	*
		4.4 to 5.3	*	*	*	*

Table 30

Table 32 July Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls 40°North Latitude

Wall Number 1

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	1	0	−1	−1	−2	−1	4	6	6	7	9	12	14	15	16	16	16	16	15	9	6	4	3	2
NE	1	0	−1	−1	−2	1	13	23	26	24	19	16	15	16	16	16	15	13	11	8	6	4	3	2
E	1	0	−1	−1	−1	1	16	28	34	36	33	27	20	17	17	17	16	14	11	8	6	4	3	2
SE	1	0	−1	−1	−2	0	8	18	26	31	32	31	27	22	18	17	16	14	11	8	6	4	3	2
S	1	0	−1	−1	−2	−1	0	2	6	12	18	24	28	29	28	24	19	15	11	8	6	4	3	2
SW	1	0	−1	−1	−1	−1	0	2	4	7	9	14	22	29	36	39	38	34	25	13	7	4	3	2
W	1	1	−1	−1	−1	−1	1	2	4	7	9	12	15	23	33	41	44	44	34	18	9	5	3	2
NW	1	0	−1	−1	−1	−1	0	2	4	7	9	12	14	16	21	28	34	36	31	16	8	5	3	2

Wall Number 2

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	3	2	1	0	−1	−1	−1	2	4	5	6	8	10	12	13	14	15	16	16	15	12	9	7	4
NE	3	2	1	0	−1	−1	1	7	14	20	22	21	18	17	16	16	16	16	14	13	10	8	6	4
E	3	2	1	0	−1	−1	1	8	18	26	31	32	29	24	21	19	18	17	15	13	11	8	6	4
SE	3	2	1	0	−1	−1	0	4	11	18	24	28	29	28	25	22	19	17	16	13	11	8	6	4
S	3	2	1	0	−1	−1	−1	−1	1	4	8	13	18	23	26	27	26	22	18	15	12	8	6	4
SW	4	2	1	1	0	−1	−1	0	1	3	5	7	11	17	23	29	34	36	34	29	22	15	9	6
W	4	3	2	1	0	−1	−1	0	1	3	5	7	9	13	18	26	33	38	41	37	28	19	12	8
NW	4	2	1	1	−1	−1	−1	−1	1	3	5	7	9	12	14	18	23	28	32	30	23	16	11	7

Wall Number 3

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	4	3	2	1	1	0	1	3	4	4	6	8	9	11	13	13	14	14	15	13	11	9	7	6
NE	4	3	2	1	0	0	4	9	14	17	18	17	17	16	16	16	16	16	14	12	10	8	7	5
E	4	3	2	1	1	1	4	12	18	23	26	26	24	22	21	19	18	17	16	13	11	9	7	6
SE	4	3	2	1	1	0	2	7	12	18	22	24	26	24	23	21	19	18	16	13	11	9	7	6
S	4	3	2	1	1	0	0	1	2	5	9	13	17	21	23	23	22	20	17	14	12	9	8	6
SW	7	5	3	2	1	1	1	1	2	3	5	8	12	17	22	27	31	32	30	25	20	16	12	9
W	8	6	4	3	2	1	1	1	2	3	5	7	9	13	19	25	31	35	35	30	24	18	14	11
NW	7	4	3	2	1	1	0	1	2	3	5	7	9	11	14	18	22	27	28	24	19	15	12	9

Wall Number 4

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	6	4	3	2	1	0	0	1	2	3	4	6	7	9	11	12	13	14	15	15	14	12	11	8
NE	6	4	3	2	1	0	0	2	7	12	16	18	18	18	17	17	17	16	16	14	13	11	9	7
E	6	4	3	2	1	1	1	3	8	15	21	25	27	26	24	22	21	19	18	16	14	12	9	8
SE	6	4	3	2	1	1	0	1	4	9	15	20	24	26	26	24	23	21	19	17	14	12	10	8
S	6	4	3	2	1	1	0	1	0	1	3	7	11	16	19	23	24	23	22	19	17	13	11	8
SW	10	7	5	3	2	1	0	0	0	1	3	4	7	10	15	20	26	29	32	32	28	23	18	14
W	12	8	6	4	2	1	1	0	1	1	3	4	6	8	12	17	22	28	33	36	33	28	22	17
NW	10	7	5	3	2	1	0	0	0	1	2	4	6	8	11	13	17	21	25	27	27	23	18	14

Wall Number 5

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	7	6	4	3	3	2	1	2	3	3	4	5	7	8	9	11	12	13	13	13	13	12	10	8
NE	7	6	4	3	3	2	2	4	8	11	14	15	16	16	16	16	16	15	14	13	12	10	8	
E	8	6	5	4	3	2	2	4	9	14	18	22	22	22	21	21	19	19	18	16	14	13	11	9
SE	8	7	5	4	3	2	2	3	6	10	14	18	21	22	22	21	21	19	18	17	15	13	11	9
S	8	7	5	4	3	2	2	1	2	2	4	7	11	14	17	19	20	20	19	18	16	13	12	10
SW	12	10	8	6	4	3	3	2	2	3	3	5	7	9	14	18	22	26	27	27	24	21	18	14
W	14	11	9	7	6	4	3	2	2	3	4	5	6	8	11	16	21	25	29	30	28	24	21	17
NW	12	9	7	6	4	3	2	2	2	2	3	4	6	8	9	12	15	19	22	23	22	19	17	14

Wall Number 6

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	7	6	5	4	3	3	2	3	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12	12	13	12	11	9	8
NE	8	7	6	4	3	3	3	6	8	11	13	14	14	14	14	15	15	15	14	14	13	12	10	9
E	9	7	6	5	4	3	4	6	10	14	17	19	20	20	19	19	19	18	17	16	14	13	12	10
SE	9	8	6	5	4	3	3	4	7	10	13	16	18	19	20	19	19	18	18	16	15	13	12	10
S	9	7	6	5	4	3	3	2	2	3	5	7	10	13	16	17	18	18	17	16	15	13	12	10
SW	13	11	9	8	6	5	4	3	3	4	4	6	7	10	13	17	21	23	24	24	22	19	17	15
W	14	12	10	8	7	6	4	4	4	4	4	6	7	8	11	15	19	23	26	27	25	22	19	17
NW	12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	6	8	9	12	14	18	20	21	20	18	16	14

Wall CLTD Continued •

Table 30

Wall Number 7

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	7	7	6	5	4	3	3	4	4	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	11	11	10	9	8
NE	8	7	6	6	5	4	5	7	9	11	12	13	13	13	13	14	14	14	13	13	12	11	10	9
E	9	8	7	7	6	5	6	9	12	14	17	18	18	18	18	18	17	17	16	15	14	13	12	11
SE	9	8	7	7	6	5	5	7	9	12	14	16	17	18	18	18	17	17	16	15	14	13	12	11
S	9	8	7	6	6	4	4	4	4	5	7	8	11	13	14	16	16	16	16	14	13	12	11	10
SW	13	11	10	9	7	7	6	6	6	6	6	7	8	11	14	17	19	21	22	21	19	17	16	14
W	14	12	11	9	8	7	7	6	6	6	7	7	8	9	12	16	19	22	23	23	21	19	17	16
NW	11	10	9	8	7	6	5	5	5	5	6	6	7	8	9	12	14	17	18	18	17	16	14	13

Wall Number 9

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	9	8	7	6	5	4	3	2	2	2	3	4	4	6	7	8	9	11	12	12	13	13	12	11
NE	10	8	7	6	5	4	3	3	3	6	9	11	13	14	14	15	15	16	16	15	14	14	13	11
E	11	9	8	7	6	4	3	3	4	7	11	14	18	20	21	21	21	20	19	18	17	16	14	13
SE	11	9	8	7	6	4	3	3	3	5	7	11	14	17	19	20	21	20	19	19	18	16	14	13
S	12	10	8	7	6	4	3	3	2	2	2	3	6	8	11	14	16	18	19	19	18	17	15	13
SW	17	14	12	10	8	7	5	4	3	3	3	3	4	6	8	11	14	18	22	24	25	24	22	20
W	19	17	14	12	9	8	6	4	4	3	3	4	4	6	7	9	12	17	21	24	27	27	25	23
NW	16	14	12	9	8	6	5	4	3	3	3	3	4	5	6	8	10	12	16	19	21	21	20	18

Wall Number 10

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	9	8	7	6	5	4	3	3	3	3	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	11
NE	10	9	7	6	5	4	3	3	4	7	9	11	12	13	14	14	15	15	15	15	14	13	12	11
E	11	9	8	7	6	4	4	4	6	8	11	14	17	19	19	20	20	19	19	18	17	16	14	13
SE	12	10	8	7	6	4	4	3	4	6	8	11	14	17	18	19	19	19	19	18	17	16	14	13
S	12	10	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	6	8	11	13	16	17	18	18	17	16	14	13
SW	17	15	13	11	9	7	6	4	4	3	3	4	4	6	8	11	14	18	21	23	23	23	21	19
W	19	17	14	12	10	8	7	5	4	4	4	4	4	6	7	9	13	17	21	23	25	25	23	22
NW	16	13	12	10	8	7	6	4	3	3	3	3	4	6	7	8	10	13	16	18	19	20	19	17

Wall Number 11

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	9	8	7	7	6	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	11	10	9
NE	10	9	8	7	7	6	5	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	13	14	14	13	13	12	11
E	12	11	9	9	8	7	6	6	7	9	12	14	16	17	17	17	17	17	17	17	16	15	14	13
SE	12	11	9	9	8	7	6	6	6	8	9	12	13	15	16	17	17	17	17	17	16	15	14	13
S	11	10	9	8	7	6	6	5	4	4	4	6	7	9	11	13	14	15	16	16	15	14	13	12
SW	16	14	13	11	10	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	12	14	17	18	20	20	19	18	17
W	17	16	14	12	11	10	9	8	7	7	6	7	7	7	8	11	13	16	18	21	22	21	20	18
NW	14	13	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	7	7	8	10	12	14	16	17	17	16	15

Wall Number 12

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	9	8	7	7	6	6	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	11	11	10	9
NE	10	9	8	8	7	6	6	6	7	8	9	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	12	12	11
E	12	11	10	9	8	7	7	7	8	9	12	14	16	16	17	17	17	17	17	16	16	15	14	13
SE	12	11	10	9	8	7	7	6	7	8	9	12	13	14	16	16	17	17	17	16	16	15	14	13
S	11	11	9	8	8	7	6	6	5	5	5	6	7	9	11	12	13	14	14	14	14	14	13	12
SW	15	14	13	12	11	9	8	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	19	19	18	17
W	17	16	14	13	12	11	9	8	8	7	7	7	7	8	9	11	13	15	18	19	21	20	19	18
NW	13	12	11	11	9	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	10	12	14	16	16	16	16	14

Wall Number 13

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	9	8	7	7	6	6	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	11	11	10	9
NE	10	9	8	8	7	6	6	6	7	8	9	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	12	12	11
E	12	11	10	9	8	7	7	7	8	9	12	14	16	16	17	17	17	17	17	16	16	15	14	13
SE	12	11	10	9	8	7	7	6	7	8	9	12	13	14	16	16	17	17	17	16	16	15	14	13
S	11	11	9	8	8	7	6	6	5	5	5	6	7	9	11	12	13	14	14	14	14	14	13	12
SW	15	14	13	12	11	9	8	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	19	19	18	17
W	17	16	14	13	12	11	9	8	8	7	7	7	7	8	9	11	13	15	18	19	21	20	19	18
NW	13	12	11	11	9	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	10	12	14	16	16	16	16	14

Wall CLTD Continued •

Table 30

Wall Number 14

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	8	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	9	9	9
NE	11	10	9	9	8	8	7	7	8	8	9	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	11
E	13	12	12	11	10	9	9	8	9	10	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16	15	14	14	13
SE	13	12	11	11	10	9	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	15	14	14	14	13
S	11	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	7	8	8	9	11	12	12	13	13	13	13	12	12
SW	14	14	13	12	12	11	10	9	9	8	8	8	8	9	9	11	12	14	15	16	17	17	16	16
W	16	15	14	13	13	12	11	10	9	9	9	9	9	9	9	11	12	13	15	17	18	18	17	17
NW	13	12	12	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	8	8	8	9	11	12	13	14	14	14	13

Wall Number 15

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	11	11	12	12	11
NE	12	11	9	8	7	6	5	4	4	5	6	8	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	13
E	14	12	11	9	8	7	6	5	5	6	8	10	13	15	17	18	19	19	19	18	18	17	16	15
SE	14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	6	8	10	12	14	17	18	18	19	18	18	17	17	15
S	14	12	11	9	8	7	6	5	4	3	3	3	4	6	7	9	12	14	16	17	17	17	16	15
SW	19	18	16	14	12	10	9	7	6	5	4	4	4	5	6	8	10	13	16	18	21	22	22	21
W	22	19	18	16	13	12	10	8	7	6	5	4	4	5	6	7	9	12	14	18	21	23	23	23
NW	17	16	14	13	11	9	8	7	6	4	4	4	4	4	5	6	7	9	11	14	16	18	18	18

Wall Number 16

Wall Face	Hour 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	10	9	9	8	7	6	6	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	9	9	10	11	11	11
NE	12	11	10	9	8	7	6	6	6	6	7	8	9	11	12	12	13	13	13	14	14	13	13	13
E	14	13	12	11	9	8	7	6	6	7	8	11	12	14	16	17	17	17	18	18	17	17	16	15
SE	14	13	12	11	9	8	7	6	6	6	7	8	10	12	14	15	16	17	17	17	17	17	16	15
S	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	4	4	5	6	8	9	11	13	14	15	15	15	15	14
SW	18	17	16	14	13	11	10	8	7	7	6	6	6	6	7	8	10	12	15	17	18	19	19	19
W	20	18	17	16	14	12	11	9	8	7	7	6	6	6	7	8	9	11	14	17	19	21	21	21
NW	16	15	14	13	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	7	8	9	11	13	15	16	17	17

Wall Number •

Table 33

Table 33A Wall Types, Mass Located Inside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material** A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Stucco and/or plaster	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	*	5	*	*	*	*	*	*	*	5	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	*	5	*	*	*	3	*	2	5	6	*	*	5	*	*
	0.53 to 0.62	*	5	*	*	*	4	2	2	5	6	*	*	6	*	*
	0.62 to 0.70	*	5	*	*	*	4	2	3	6	6	10	4	6	*	5
	0.70 to 0.84	*	6	*	*	*	5	2	4	6	6	11	5	10	*	10
	0.84 to 0.97	*	6	*	*	*	5	2	4	6	6	11	5	10	*	10
	0.97 to 1.14	*	6	*	*	*	5	2	5	10	7	12	5	11	*	10
	1.14 to 1.36	*	6	*	*	*	5	4	5	11	7	16	10	11	*	11
	1.36 to 1.59	*	6	*	*	*	5	4	5	11	7	*	10	11	*	11
	1.59 to 1.89	*	6	*	*	*	5	4	5	11	7	*	10	11	4	11
	1.89 to 2.24	*	6	*	*	*	5	4	5	11	11	*	10	11	4	11
	2.24 to 2.64	*	10	*	*	*	10	4	5	11	11	*	10	11	9	12
	2.64 to 3.08	*	10	*	*	*	10	5	5	11	11	*	11	12	10	16
	3.08 to 3.52	*	11	*	*	*	10	5	9	11	11	*	15	16	10	16
	3.52 to 4.05	*	11	*	*	*	10	9	9	16	11	*	15	16	10	16
	4.05 to 4.76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16	*	15	*

Table 33

Table 33A Wall Types, Mass Located Inside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Steel or other light-weight siding	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	*	3	*	*	*	*	*	2	3	5	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	*	5	*	*	*	2	*	2	5	3	*	*	5	*	*
	0.53 to 0.62	*	5	*	*	*	3	1	2	5	5	*	*	5	*	*
	0.62 to 0.70	*	5	*	*	*	3	2	2	5	5	6	3	5	*	5
	0.70 to 0.84	*	6	*	*	*	4	2	2	5	5	10	4	6	*	5
	0.84 to 0.97	*	6	*	*	*	5	2	2	6	6	11	5	6	*	6
	0.97 to 1.14	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	11	5	6	*	6
	1.14 to 1.36	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	11	5	6	*	10
	1.36 to 1.59	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	12	5	6	*	11
	1.59 to 1.89	*	6	*	*	*	5	2	3	6	6	12	5	6	4	11
	1.89 to 2.24	*	6	*	*	*	5	2	3	6	7	12	6	11	4	11
	2.24 to 2.64	*	6	*	*	*	5	2	4	6	7	12	10	11	5	11
	2.64 to 3.08	*	10	*	*	*	6	4	4	10	7	*	10	11	9	11

Table 33A Wall Types, Mass Located Inside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Face brick	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	3	*	*	*	*	*	*	*	*	11	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	5	11	*	*	*	*	*	6	11	12	*	*	*	*	*
	0.53 to 0.62	5	12	5	*	*	11	*	11	12	12	*	*	12	*	*
	0.62 to 0.70	5	12	6	*	*	12	6	12	12	13	*	*	12	*	*
	0.70 to 0.84	6	13	6	10	*	13	10	12	12	13	*	11	*	*	16
	0.84 to 0.97	6	13	6	11	*	*	11	12	13	13	*	16	*	*	*
	0.97 to 1.14	6	13	6	11	*	*	11	12	13	13	*	*	*	*	*
	1.14 to 1.36	6	13	6	11	*	*	11	13	*	13	*	*	*	*	*
	1.36 to 1.59	6	13	10	16	*	*	11	13	*	13	*	*	*	*	*
	1.59 to 1.89	6	14	10	16	*	*	11	13	*	14	*	*	*	16	*
	1.89 to 2.24	6	14	10	16	*	*	11	13	*	14	*	*	*	16	*
	2.24 to 2.64	6	*	11	16	*	*	12	13	*	*	*	*	*	*	*
	2.64 to 3.08	10	*	11	*	*	*	12	13	*	*	*	*	*	*	*
	3.08 to 3.52	10	*	11	*	*	*	16	*	*	*	*	*	*	*	*
	3.52 to 4.05	11	*	15	*	*	*	16	*	*	*	*	*	*	*	*

Table 33B Wall Types, Mass Evenly Distributed, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Stucco and/or plaster	0 to 0.35	1	3	*	*	*	*	*	1	3	3	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	1	3	1	*	*	2	*	2	4	4	*	*	5	*	*
	0.44 to 0.53	1	4	1	*	*	2	2	2	4	4	*	*	5	*	*
	0.53 to 0.62	1	*	1	*	*	2	2	*	*	*	10	4	5	*	4
	0.62 to 0.70	1	*	1	2	*	*	4	*	*	*	10	4	*	*	4
	0.70 to 0.84	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	10	4	*	*	4
	0.84 to 0.97	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.97 to 1.14	1	*	2	4	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	1.14 to 1.36	1	*	2	4	11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	1.36 to 1.59	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	1.59 to 1.89	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*
	1.89 to 2.24	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*
	2.24 to 2.64	2	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2.64 to 3.08	2	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3.08 to 3.52	2	*	2	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3.52 to 4.05	2	*	4	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4.05 to 4.76	*	*	*	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Table 33

Table 33B Wall Types, Mass Evenly Distributed, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Steel or other light-weight siding	0 to 0.35	1	3	*	*	*	*	*	1	3	2	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	1	3	1	*	*	2	*	1	3	2	*	*	3	*	*
	0.44 to 0.53	1	4	1	*	*	2	1	2	4	4	*	*	3	*	*
	0.53 to 0.62	1	*	1	*	*	4	1	*	*	*	5	2	4	*	4
	0.62 to 0.70	1	*	1	2	*	*	2	*	*	*	5	2	*	*	4
	0.70 to 0.84	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	10	4	*	*	4
	0.84 to 0.97	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.97 to 1.14	1	*	1	2	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	1.14 to 1.36	1	*	1	4	11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	1.36 to 1.59	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	1.59 to 1.89	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	2	*
	1.89 to 2.24	1	*	2	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*
	2.24 to 2.64	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2.64 to 3.08	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3.08 to 3.52	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3.52 to 4.05	2	*	4	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Table 33B Wall Types, Mass Evenly Distributed, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Face brick	0 to 0.35	3	6	*	*	*	*	*	*	*	6	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	3	10	*	*	*	*	*	5	10	10	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	4	10	5	*	*	5	*	5	10	11	*	*	10	*	*
	0.53 to 0.62	*	11	5	*	*	10	5	5	11	11	15	10	10	*	10
	0.62 to 0.70	*	11	5	10	*	10	5	5	11	11	16	10	16	*	10
	0.70 to 0.84	*	11	*	11	*	10	5	5	16	11	*	10	16	*	16
	0.84 to 0.97	*	11	*	11	*	10	5	10	16	16	*	10	16	*	16
	0.97 to 1.14	*	16	*	*	*	10	9	10	16	11	*	11	16	*	16
	1.14 to 1.36	*	16	*	*	*	11	9	10	16	16	*	16	16	*	*
	1.36 to 1.59	*	16	*	*	*	15	9	10	16	*	*	15	16	*	*
	1.59 to 1.89	*	16	*	*	*	15	10	10	*	16	*	16	*	10	*
	1.89 to 2.24	*	16	*	*	*	16	10	10	*	*	*	16	*	15	*
	2.24 to 2.64	*	16	*	*	*	16	10	10	*	16	*	*	*	15	*
	2.64 to 3.08	*	*	*	*	*	16	10	15	*	*	*	*	*	16	*
	3.08 to 3.52	*	*	*	*	*	16	15	15	*	*	*	*	*	16	*
	3.52 to 4.05	*	*	*	*	*	*	15	16	*	*	*	*	*	*	*

Table 33C Wall Types, Mass Located Outside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value, $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Stucco and/or plaster	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	*	3	*	*	*	*	*	2	3	5	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	*	3	*	*	*	2	*	2	4	5	*	*	5	*	*
	0.53 to 0.62	*	3	*	*	*	2	2	2	5	5	*	*	5	*	*
	0.62 to 0.70	*	3	*	*	*	2	2	2	5	5	10	4	6	*	5
	0.70 to 0.84	*	4	*	*	*	4	2	2	5	5	10	4	6	*	9
	0.84 to 0.97	*	4	*	*	*	4	2	2	5	6	11	5	10	*	10
	0.97 to 1.14	*	5	*	*	*	4	2	2	5	6	11	5	10	*	10
	1.14 to 1.36	*	5	*	*	*	4	2	2	5	6	11	5	10	*	10
	1.36 to 1.59	*	5	*	*	*	5	2	4	5	6	16	10	10	*	10
	1.59 to 1.89	*	5	*	*	*	5	4	4	5	6	16	10	10	4	11
	1.89 to 2.24	*	5	*	*	*	5	4	4	10	6	16	10	10	9	11
	2.24 to 2.64	*	5	*	*	*	5	4	4	10	10	*	10	11	9	11
	2.64 to 3.08	*	5	*	*	*	5	4	4	10	10	*	10	11	10	16
	3.08 to 3.52	*	5	*	*	*	9	4	4	10	10	*	10	15	10	16
	3.52 to 4.05	*	9	*	*	*	9	9	9	15	10	*	10	15	15	16
	4.05 to 4.76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	15	*	15	16

Table 33

Table 33C Wall Types, Mass Located Outside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value, $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Steel or other light-weight siding	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	*	3	*	*	*	*	*	2	3	2	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	*	3	*	*	*	2	*	2	3	2	*	*	*	*	*
	0.53 to 0.62	*	3	*	*	*	2	1	2	4	3	*	*	4	*	*
	0.62 to 0.70	*	3	*	*	*	2	2	2	4	3	5	2	5	*	4
	0.70 to 0.84	*	3	*	*	*	2	2	2	4	3	10	3	5	*	5
	0.84 to 0.97	*	3	*	*	*	2	2	2	5	3	10	4	5	*	5
	0.97 to 1.14	*	4	*	*	*	2	2	2	5	3	10	4	5	*	5
	1.14 to 1.36	*	4	*	*	*	2	2	2	5	4	11	5	5	*	6
	1.36 to 1.59	*	5	*	*	*	2	2	2	5	4	11	5	5	*	6
	1.59 to 1.89	*	5	*	*	*	2	2	2	5	4	11	5	5	4	10
	1.89 to 2.24	*	5	*	*	*	4	2	2	5	5	11	5	5	4	10
	2.24 to 2.64	*	5	*	*	*	4	2	2	5	5	11	5	10	5	10
	2.64 to 3.08	*	5	*	*	*	4	2	4	5	5	16	9	10	9	10
	3.08 to 3.52	*	5	*	*	*	4	4	4	9	5	16	9	10	10	10
	3.52 to 4.05	*	9	*	*	*	4	4	4	9	9	16	10	10	10	11
	4.05 to 4.76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16	10	*	10	15

Table 33C Wall Types, Mass Located Outside Insulation, for Use with Table 32

Secondary Material	R-Value, $m^2 \cdot K/W$	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Face brick	0 to 0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	0.35 to 0.44	3	*	*	*	*	*	*	*	*	11	*	*	*	*	*
	0.44 to 0.53	3	10	*	*	*	*	*	5	10	11	*	*	*	*	*
	0.53 to 0.62	3	11	5	*	*	10	*	5	11	11	*	*	11	*	*
	0.62 to 0.70	3	11	5	*	*	10	5	6	11	11	*	*	11	*	*
	0.70 to 0.84	3	11	5	10	*	10	5	10	11	11	*	10	11	*	16
	0.84 to 0.97	3	12	5	10	*	10	9	10	11	12	*	11	16	*	16
	0.97 to 1.14	4	12	5	10	*	10	10	10	12	12	*	15	16	*	16
	1.14 to 1.36	4	12	5	10	*	11	10	10	12	12	*	16	*	*	16
	1.36 to 1.59	5	12	5	15	*	11	10	10	16	12	*	16	*	*	*
	1.59 to 1.89	5	12	9	15	*	11	10	10	16	12	*	16	*	15	*
	1.89 to 2.24	5	12	10	15	*	11	10	10	*	12	*	16	*	15	*
	2.24 to 2.64	5	*	10	16	*	11	10	11	*	*	*	16	*	15	*
	2.64 to 3.08	5	*	10	16	*	15	10	11	*	*	*	16	*	*	*
	3.08 to 3.52	5	*	10	16	*	16	15	15	*	*	*	*	*	*	*
	3.52 to 4.05	9	*	15	16	*	16	15	15	*	*	*	*	*	*	*
	4.05 to 4.76	*	*	*	*	*	*	15	*	*	*	*	*	*	*	*

Note 1. Direct application of data

- Dark surface
- Indoor temperature of 25.5°C
- Outdoor maximum temperature of 35°C with mean temperature of 29.5°C and daily range of 11.6°C
- Solar radiation typical of clear day on 21st day of month
- Outside surface film resistance of 0.059 $m^2 \cdot K/W$
- Inside surface resistance of 0.121 $m^2 \cdot K/W$

Note 2. Adjustments to table data

- Design temperatures

$$\text{Corr. CLTD} = \text{CLTD} + (25.5 - t_r) + (t_m - 29.4)$$

where

t_r = inside temperature and

t_m = maximum outdoor temperature – (daily range)/2

- No adjustment recommended for color

Egyptain Manual

جدول رقم (2-4)

الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيبات*

م	المـــادة	الكثافة (كجم/م^3)	الموصلية الحرارية k (وات/م.°م)	الحرارة النوعية (جول/كجم.°م)
	أولاً : طوب البناء			
1	فوم مفرغ	**530**	**0.2**	
2	فوم مصمت	**800**	**0.25**	
3	جبس مفرغ	**750**	**0.41**	
4	جبس مصمت	**950**	**0.39**	
5	ليكا مفرغ	**1200**	**0.39**	**1000**
6	طفلى مفرغ	**1790**	**0.6**	**840**
7	طفلى مصمت	**1950**	**1.00**	**829**
8	أسمنتى مصمت	**1800**	**1.25**	**880**
9	أسمنتى مفرغ	**1140**	**1.6**	**880**
10	خرسانى مصمت	**2000**	**1.4**	**840**
11	خفاف أبيض	**985**	**0.33**	**850**
12	رملى وردى مصمت	**1800**	**1.59**	**835**
13	رملى مفرغ	**1500**	**1.39**	**811**
	ثانياً : البلاط			
1	بلاط بى فى سى (فنالتكس)	**1350**	**0.16**	
2	بلاط مطاطى	**1700**	**0.40**	
3	بلاط سيراميك	**2000**	**1.20**	
4	بلاط أسمنتى	**2100**	**1.10**	
5	بلاط موزايكو	**2450**	**1.60**	
	ثالثا: الأخشاب			
	أ – الأخشاب الطبيعية			
1	الزان Beech	700	0.17	
2	أبيض Spruce	415	0.105	
3	البلوط Oak	770	0.16	
4	الماهوجنى Mahogany	700	0.155	
5	الصنوبر Pitch Pine	660	0.14	

Egyptain Manual

جدول رقم (2-5)

الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيبات*

م	المـــادة	الكثافة (كجم/م^3)	الموصلية الحرارية k (وات/م.°م)	الحرارة النوعية (جول/كجم.°م)
	ثالثا: الأخشاب			
	ب – الأخشاب الصناعية			
1	الابلكاج Plywood	530	0.14	
2	الحبيبى Chip board	400	0.17	
3	الكونتر		0.212	
	رابعاً : المعادن			
1	رصاص	11300	34.8	129
2	حديد صلب	7830	45.3	500
3	زنك	7130	110	390
4	الومنيوم (ألواح)	2740	221	896
5	نحاس أحمر	8780	150	400
6	نحاس أصفر	8310	120	400
	خامساً : المواد الأسمنتية والجبسية			
1	جبس	320	0.15	
2	ألواح جبسية	950	0.39	
3	أسمنت بورتلاندى	1335	0.12	
4	أسمنت حرارى	1406	0.175	
	سادساً : الركام والأحجار			
1	رمل	1520	0.33	800
2	زلط	1750	0.42	
3	حجر جيرى	1650	0.93	900
4	حجر رملى	2000	1.3	
5	رخام رملى	2600	2.6	880
6	جرانيت	2650	2.9	

Egyptain Manual

جدول رقم (2-6)

الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيبات*

م	المـــادة	الكثافة (كجم/م^3)	الموصلية الحرارية k (وات/م.°م)	الحرارة النوعية (جول/كجم.°م)
	سابعاً: مواد متنوعة			
1	بيتومين	1055	0.16	
2	بياض تخشين بالجير	1440	0.7	
3	بياض أسمنتى	1570	1.00 – 0.9	
4	بياض جبسى	1200	0.42	
5	زجاج عادى	2470	1.00	750
6	خرسانة عادية	2460	1.44	
7	حواجز بخار (رقائق بولى إثيلين)	120 – 70	0.047–0.038	
	ثامناً : المواد العازلة للحرارة			
1	**منتجات البوليسترين**			
	ألواح بوليسترين مبثوق	40 – 28	0.033 – 0.027	
	ألواح بوليسترين ممدد	40 – 15	0.037–0.03	
	حبيبات بوليسترين	15	0.045	
2	**منتجات الصوف الزجاجى**			
	لباد	أقل من 32	0.045	
	ألواح شبه جاسئة	أكبر من 72	0.05–0.045	
	الياف سائبة	130	0.043	
3	**منتجات الصوف الصخرى**			
	أغطية	130	0.43	
	لباد	70	0.049	
	ألواح	350–100	0.055–0.043	
	الياف سائبة	150	0.044	

Egyptain Manual

جدول رقم (2-7)

الخواص الحرارية لمواد البناء والتشطيبات*

م	المـــادة	الكثافة (كجم/م^3)	الموصلية الحرارية k (وات/م.°م)	الحرارة النوعية (جول/كجم.°م)
4	**منتجات البولى يوريثان**			
	ألواح	40-30	0.027-0.02	
	بولى يوريثان منفذ بالرش	30	0.026	
5	**المون والخرسانات العازلة**			
	بيرلايت سائب	176-32	0.06-0.039	
	مونة البيرلايت	610-400	0.11-0.079	
	مونة الاسمنت الرغوى	880-400	0.25-0.1	
	مونة حبيبات الفوم	1000-600	0.19-0.11	
	السيلتون	480	0.17	
	فيرميكيوليت سائب	100	0.056	
	مونة فيرميكيوليت	960-480	0.303-0.135	
6	**منتجات الفلين**			
	ألواح	130-110	0.039-0.033	
	فلين حبيبات	115-100	0.052-0.039	
7	**مواد متنوعة**			
	مطاط جاسئ	1190	0.016	2000
	قطن	1500	0.042	1340
	صوف نسيج	330-110	0.063-0.036	
	نشارة خشب	145	0.08	

Egyptain Manual

جدول رقم (2 - 8)

رقم	المكان المكيف	الحد الأدنى لمعدل الهواء النقى	
		ل / ث لكل فرد	ل / ث لكل م2
1	الشقق السكنية الحمامات المطابخ	لاتقل عن 7.5 25 استخدام متقطع 50 استخدام متقطع	0.35تغير الهواء فى الساعة – –
2	الأسواق المركزية أماكن خاصة أماكن البيع أماكن أخرى	13 8 8	– – –
3	الكافتريا	10	
4	المطاعم	10	–
5	البارات	15	–
6	الملاهى الليلية والكازينوهات	15	–
7	المطابخ	8	لاتقل عن7.5 للهواء المطرود
8	المكاتب	10	–
9	المكتبات	8	–
10	المتاحف	8	–
11	غرف التليفونات	10	–
12	مكاتب التلغراف	10	–
13	استوديوهات الأذاعة والتليفزيون	10	–
14	الجراج	–	7.5
15	المساجد والكنائس	8	–
16	السينما	8	–
17	الأوبرا	8	–
18	المسارح	8	–
19	قاعات الاجتماعات	8	–
20	المعارض	10	–
21	صالات الجمانزيوم	10	–
22	الصالات الرياضية	8	–
22 أ	خلع الملابس	–	2.5
23	مراكز الحاسبات	10	–
24	الأماكن الصناعية	–	–

Egyptain Manual

جدول رقم (2-21)

درجة النشاط	المكان	الحرارة الكلية للبالغين (وات)	متوسط الحرارة (وات)	درجة الحرارة الجافة للغرفة س°							
				26.7		25.6		24		21	
				وات		وات		وات		وات	
				حسيه	كامنه	حسيه	كامنه	حسيه	كامنه	حسيه	كامنه
جالس بدون حركة	مسارح-مدارس إبتدائية	115	103	57	46	62	41	68	35	76	27
جالس ويزاول عمل خفيف	مدارس ثانوى	132	118	58	60	63	55	71	47	81	37
عمل مكتبى	مكاتب-فنادق-شقق-كليات	140	132	59	73	63	69	72	60	84	48
وقوف-مشى بطئ	محلات تجارية-اسواق مركزية	162									
مشى - جالس	صيدليات	162	147	59	88	65	82	75	72	85	62
وقوف-مشى بطئ	بنوك	162									
الجلوس والأكل	مطاعم	147	162*	65	97	71	91	82	80	94	68
عمل خفيف	مصانع-أعمال خفيفه	235	220	65	155	72	148	87	133	107	113
رقص محكل	صالات الرقص	264	250	72	178	81	169	96	154	118	132
المشى بسرعة 3ميل/ساعة	مصانع-أعمال متوسط وثقيله	294	294	88	206	97	197	112	182	135	159
عمل ثقيل	لعب البولينج-المصانع	440	425	136	289	142	283	154	271	177	248

* تشمل (18) وات للطعام

Egyptain Manual

جدول رقم (2-22)

المعده	المقاس	معدل الحراره المكتسبة الموصى بها (وات)				
		قدرة الجهاز (وات)		بدون استخدام برقع		بأستخدام البرقع
		الحد الأقصى	الحد الأدنى	حسيه	كامنه	أجماليه	حسيه
كهربائيه بدون برقع							
خلاط/ ل	1–3.8ل	480	–	310	160	470	**150**
دولاب كبير لحفظ المأكولات	0.46–0.49 م^3	2080	–	180	100	280	**85**
الساخنة		900		80	40	120	**37**
دولاب صغير لحفظ المأكولات الساخنة	0.09–0.18م^3	1660	–	1100	560	1660	**530**
معد القهوه	12 فنجان/2سخان	660	–	440	220	660	**210**
معد قهوة (كبير)/ل	22—38ل	100	–	66	34	100	**32**
سخان قهوه/سخان	1–2 سخان	380	–	50	110	160	**50**
غسالة أطباق/100طبق/س	950–2000 طبق / س	340	–	41	97	138	**44**
Hoodtype		1590		640	–	640	–
غسالة أطباق/100طبق/س	5000–9000طبق /س	250	–	250	–	250	**250**
Conveyortype		37400		12400		18760	**6000**
ثلاجة عرض/م^3	0.17–1.9م^3	1340		540	6360	540	
تدفئة طعام / لمبة تحت الحمراء	1–6 لمبه	29000	–	1940	–	3020	–
تدفئة طعام (well) / ل	20–70 ل	4900	–		1080		**1080**
فريزر كبير	2.07م^3	1090	–	2290		3880	
شواية كبير /م^2 من سطح الشوى	0.43–1.1م^2	29	–	2730	1590	2730	**1830**
مسطح ساخن		78	–	29	–	29	–
(سخان مزدوج ، سرعه عالية)	–		–	31		31	–
معد الثلج حجم كبير	100كج/اليوم		–		–		
خلاط كبير /ل	77ل		–				
ثلاجة كبيرة /م^3	0.71–2.1م^3		–				

Egyptain Manual

جدول رقم (2-23)

المعده	المقاس	قدرة الجهاز (وك)		معدل الحراره المكتسبة الموصى بها (وك)			
				بدون استخدام برقع			بأستخدام البرقع
		الحد الأقصى	الحد الأدنى	حسبه	كامنه	أجمالية	حسبه
عربة خدمه (ساخنه)/ل (well)	50–90ل	21200	–	7060	3530	10590	3390
غلاية بخار كبيرة /ل	76–300ل	95	–	7	5	12	4
محمصه كهربائية	10قطع	5300	–	2810	2490	5300	1700
كهربائية تحتاج برقع							
شواية سمك/م2من سطح الشواء	0.14–0.43م2	23100	–	–	–	–	970
مقلاه (الدهن السميك) /كج من الدهن	7–32كج	820	–	–	–	–	9
مقلاه بالضغط/كج من الدهن	6–15كج	1010	–	–	–	–	38
فرن (أنتقال كبير للحرارة بالحمل/م3)	0.20–0.55م3	45900	–	–	–	–	1870
فرن (أنتقال صغير للحرارة بالحمل) /م3	0.04–0.15م3	107000	–	–	–	–	1520
موقد مسطح /2 سخان	2–10سخان	2100	–	–	–	–	780
تعمل بالغاز بدون برقع							
شواية/م2من سطح الشوى	0.25م2	46600	190	16800	9030	25830	3840
غسالة اطباق/100طبق /س Hood Type	950–2000 طبق/ساعه	510	190	150	59	209	67
غسالة اطباق/100طبق /س Conveyor Type	5000–9000 طبق/ساعه	400	190	110	23	133	41
شواية كبيرة/م2 من سطح الشوى	0.43–1.1م2	53600	1040	3600	1930	5530	1450
فرن بيتزا/م2	0.59–1.2م2	14900	190	1970	690	2660	270

Egyptain Manual

جدول رقم (2-24)

المعده	المقاس	معدل الحراره المكتسبة الموصى بها (وك)					
		قدرة الجهاز (وك)		بدون استخدام برقع			بأستخدام البرقع
		الحد الأقصى	الحد الأدنى	حسيه	كامنه	أجماليه	حسيه
تعمل بالغاز تحتاج برقع							
(قدر) للتكميس /ل	102–133ل	3050	190	–	–	–	750
شواية سمك كيرد/م^2 من سطح الشواء	0.43–ر1م^2	51900	1610	–	–	–	2490
مقلاه (الدهن السميك) /كج من الدهن	5–32كج	1470	190	–	–	–	100
فرن(انتقال الحرارة بالحمل)/م^3	0.21–0.55م^3	89700	190	–	–	–	2590
فرن بترا/م^2	0.68–2.4م^2	22800	190	–	–	–	410
فرن مسطح/م^2	0.26–0.74م^2	37200	1040	–	–	–	10700
تعمل بالبخار							
غرفه بخار/كج طعام/ساعه	21–204كج	180	–	14	9	23	7
غساله اطباق/100طبق/ساعه Hood Type	950–2000 طبق/ساعه	920	–	260	110	370	120
غساله اطباق/100طبق/ساعه Conveyor Type	5000–9000 طبق/ساعه	350	–	41	97	138	44
غلايه بخار/ل	12–30ل	160	–	12	8	20	6

Egyptain Manual

جدول رقم (2-25)

المعده	المقاس	الحد الاقص (وات)	الحد الادنى (وات)	معدل الحراره الكتسبه (وات)
أجهزة كمبيوتر الاتصال/ الارسال		4600-1800	2810-1640	2810-1640
وحـدة اسـطوانات – وحدة تخزين		10000 -1000	6570-1000	6570-1000
كمبيوتر شخصى	16-640كيلو بايت	600-100	530-90	530-90
كمبيوتر متوسط		6600-2200	6600-2200	6600-2200
طابعة ليزر	8 صفحات / الدقيقة	870	180	300
طابعة خطية سريعة	5000< خط/الدقيقة	5300-1000	2550-500	3800-730
وحدة أشرطه		6500-1200	4700-1000	4700-1000
شاشه		200-90	180-80	180-80
أجهزة نسخ / طباعة فوتوكوبيا		12500-1150	5000-500	12500-1150
نسخ كبيره	30-67نسخه/الدقيقة	6600-1700	900	6600-1700
نسخ صغيره	6-30نسخه/الدقيقة	1700-460	900-300	1700-460
الة كاتبة الكترونية	–	80	–	67
أعمال البريد ماكينة ادخال	3600-6800خطاب/س	3300-600	–	2150-390
ماكينة ختم	1500-30000 خطاب/ الساعة	6600-600	–	4300-390
متنوعات جهاز تسجيل النقود	–	60	–	48
طعام بارد – مشروبات	–	1920-1150	–	960-575
جهاز عمل القهوه	10فنجال	1500	–	1050حميه
فرن موجات قصيره	28ل	600	–	400
جهاز تقطيع الورق	–	3000-250	–	2420-200
مبرد مياه شرب	30 ل/ ساعه	700	–	1750

جدول رقم (2-26)

القدرة المقننة الخروج حصان		نوع المحرك	سرعة المحرك ل/د	الكفاءة%	الحرارة المكتسبة (وات)		
					الوحدة داخل المكان المكيف		المحـــــــرك والوحده خارج المكان المكيف
حصان	كيلو وات				المحرك داخل الوحدة	المحرك خارج الوحدة	
0.05	0.04	أحـادى الطـور بقطب مظلل	1500	35	105	35	70
0.08	0.06		1500	35	170	59	110
0.125	0.09		1500	35	264	94	173
0.16	0.12		1500	35	340	117	223
0.25	0.19	احـادى الطـور بطور مزاح	1750	54	346	188	158
0.33	0.25		1750	56	439	246	194
0.50	0.37		1750	60	621	372	249
0.75	0.56	ثلاثى الطور	1750	72	776	557	217
1	0.75		1750	75	993	747	249
1.5	1.10		1750	77	1453	1119	334
2	1.50		1750	79	1887	1491	396
3	2.2		1750	81	2763	2238	525
5	3.7		1750	82	4541	3721	817
7.5	5.6		1750	84	6651	5596	1066
10	7.5		1750	85	8760	7178	1315
15	11.2		1750	86	13009	11192	1820
20	14.9		1750	87	17140	14913	2230
25	18.6		1750	88	21184	18635	2545
30	22.4		1750	89	25110	22370	2765
40	30		1750	89	33401	29885	3690
50	37		1750	89	41900	37210	4600
60	45		1750	89	50395	44829	5538
75	56		1750	90	62115	55962	6210
100	75		1750	90	82918	74719	8290
125	93		1750	90	103430	93172	10342
150	110		1750	91	123060	111925	11075
200	150		1750	91	163785	149135	14738
250	190		1750	91	204805	186346	18430

جدول (رقم 2-27)

نوع المصباح	الحرارة المكتسبة
متوهج	القدرة (وات)
فلورسنت	القدرة (وات) × 1.25

Rectangular Duct Dimensions •

Circular Duct Diameter, in.	Length One Side of Rectangular Duct (*a*), in.													
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
	Length Adjacent Side of Rectangular Duct (*b*), in.													
5	5													
5.5	6	5												
6	8	6												
6.5	9	7	6											
7	11	8	7											
7.5	13	10	8	7										
8	15	11	9	8										
8.5	17	13	10	9										
9	20	15	12	10	8									
9.5	22	17	13	11	9									
10	25	19	15	12	10	9								
10.5	29	21	16	14	12	10								
11	32	23	18	15	13	11	10							
11.5		26	20	17	14	12	11							
12		29	22	18	15	13	12							
12.5		32	24	20	17	15	13							
13		35	27	22	18	16	14	12						
13.5		38	29	24	20	17	15	13						
14			32	26	22	19	17	14						
14.5			35	28	24	20	18	15						
15			38	30	25	22	19	16	14					
16			45	36	30	25	22	18	15					

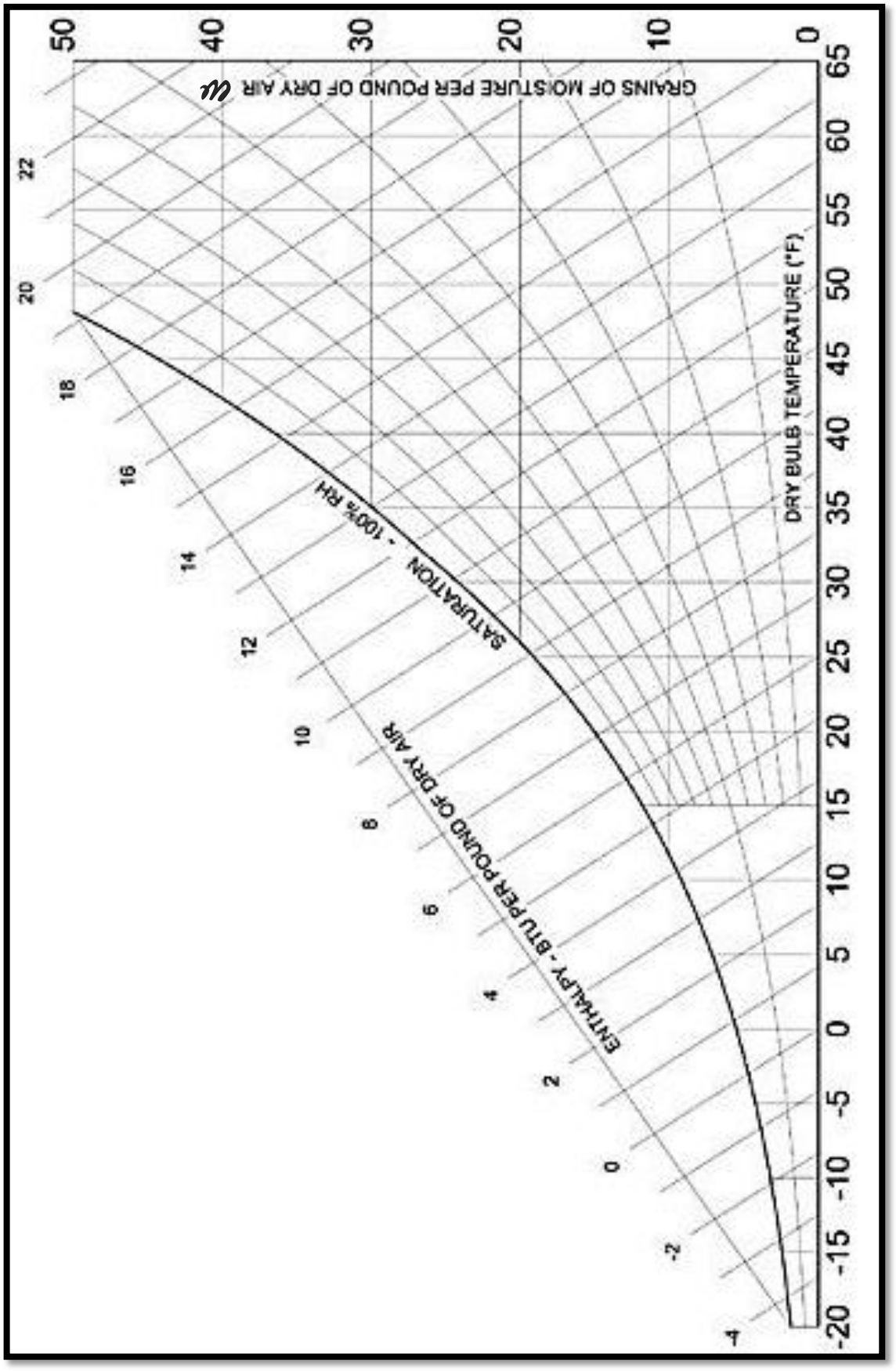
Another Format But in (mm) •

Lgth Adj.[b]	Length One Side of Rectangular Duct (*a*), mm																				
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900
	Circular Duct Diameter, mm																				
1000	1093																				
1100	1146	1202																			
1200	1196	1256	1312																		
1300	1244	1306	1365	1421																	
1400	1289	1354	1416	1475	1530																
1500	1332	1400	1464	1526	1584	1640															
1600	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749														
1700	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858													
1800	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968												
1900	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077											
2000	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186										
2100	1558	1640	1719	1793	1865	1933	1999	2063	2124	2183	2240	2296									
2200	1591	1676	1756	1833	1906	1977	2044	2110	2173	2233	2292	2350	2405								
2300	1623	1710	1793	1871	1947	2019	2088	2155	2220	2283	2343	2402	2459	2514							
2400	1655	1744	1828	1909	1986	2060	2131	2200	2266	2330	2393	2453	2511	2568	2624						
2500	1685	1776	1862	1945	2024	2100	2173	2243	2311	2377	2441	2502	2562	2621	2678	2733					
2600	1715	1808	1896	1980	2061	2139	2213	2285	2355	2422	2487	2551	2612	2672	2730	2787	2842				
2700	1744	1839	1929	2015	2097	2177	2253	2327	2398	2466	2533	2598	2661	2722	2782	2840	2896	2952			
2800	1772	1869	1961	2048	2133	2214	2292	2367	2439	2510	2578	2644	2708	2771	2832	2891	2949	3006	3061		
2900	1800	1898	1992	2081	2167	2250	2329	2406	2480	2552	2621	2689	2755	2819	2881	2941	3001	3058	3115	3170	

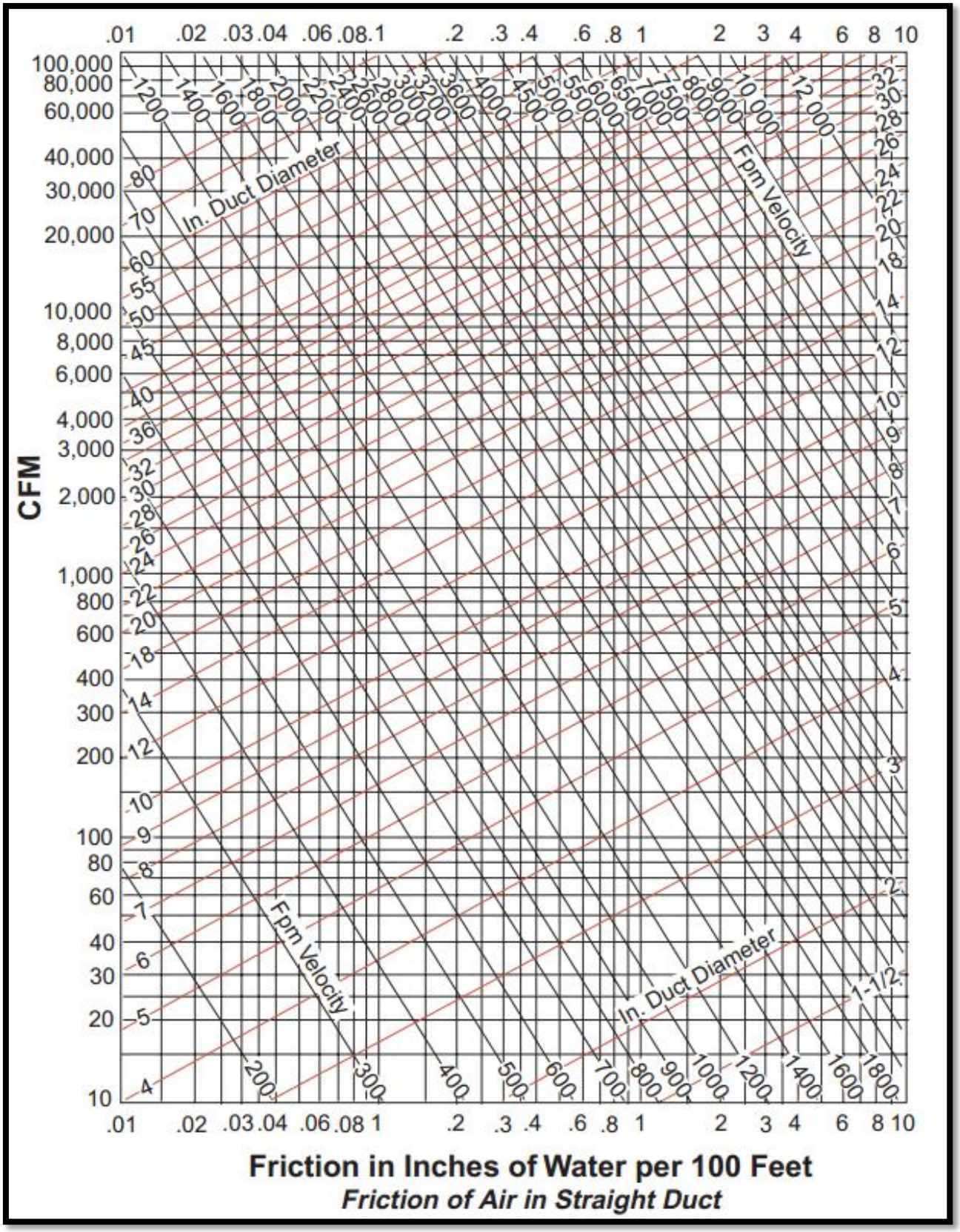
[a] Table based on $D_e = 1.30(ab)^{0.625}/(a+b)^{0.25}$.

[b] Length adjacent side of rectangular duct (*b*), mm.

- الخريطة السيكومترية للهواء (***Psychrometric Chart***)

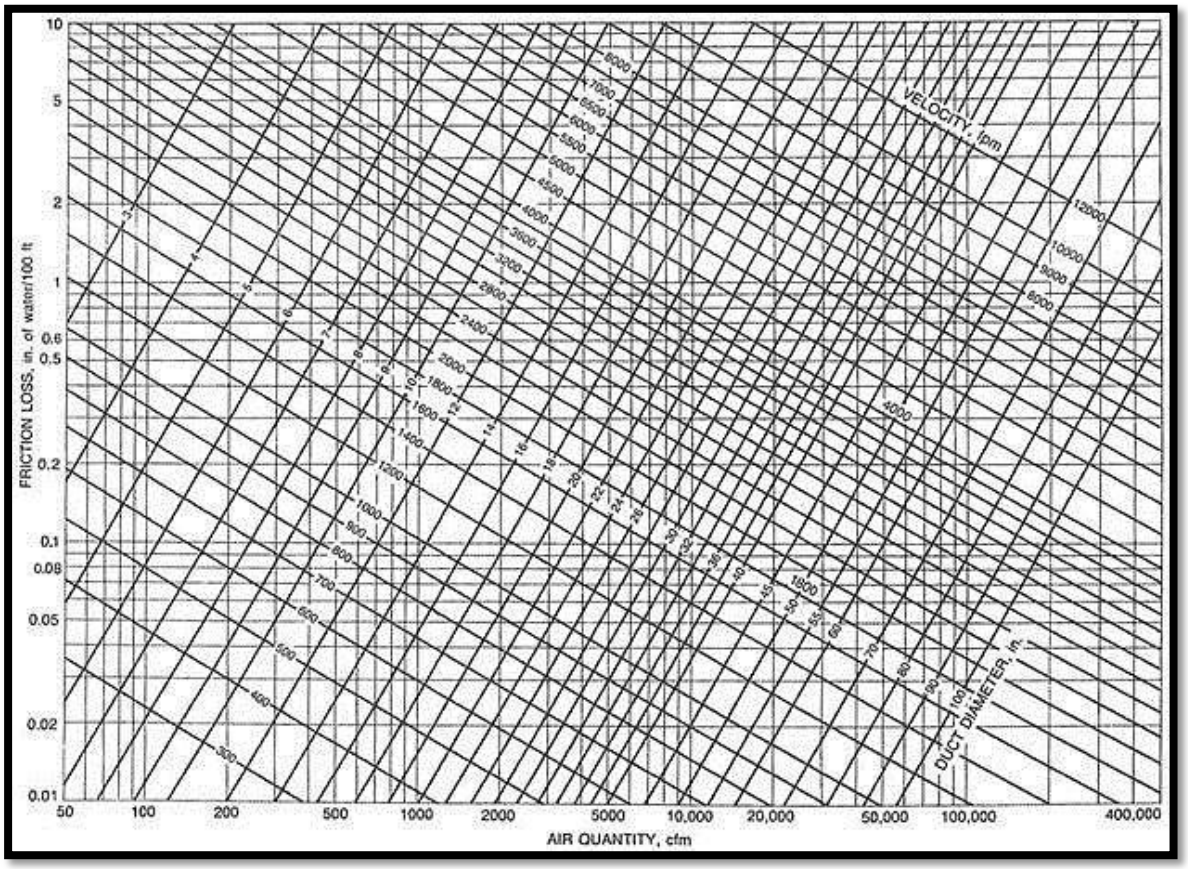


Equal Friction Methode Chart (CFM & ΔP/L & FPM & D) •

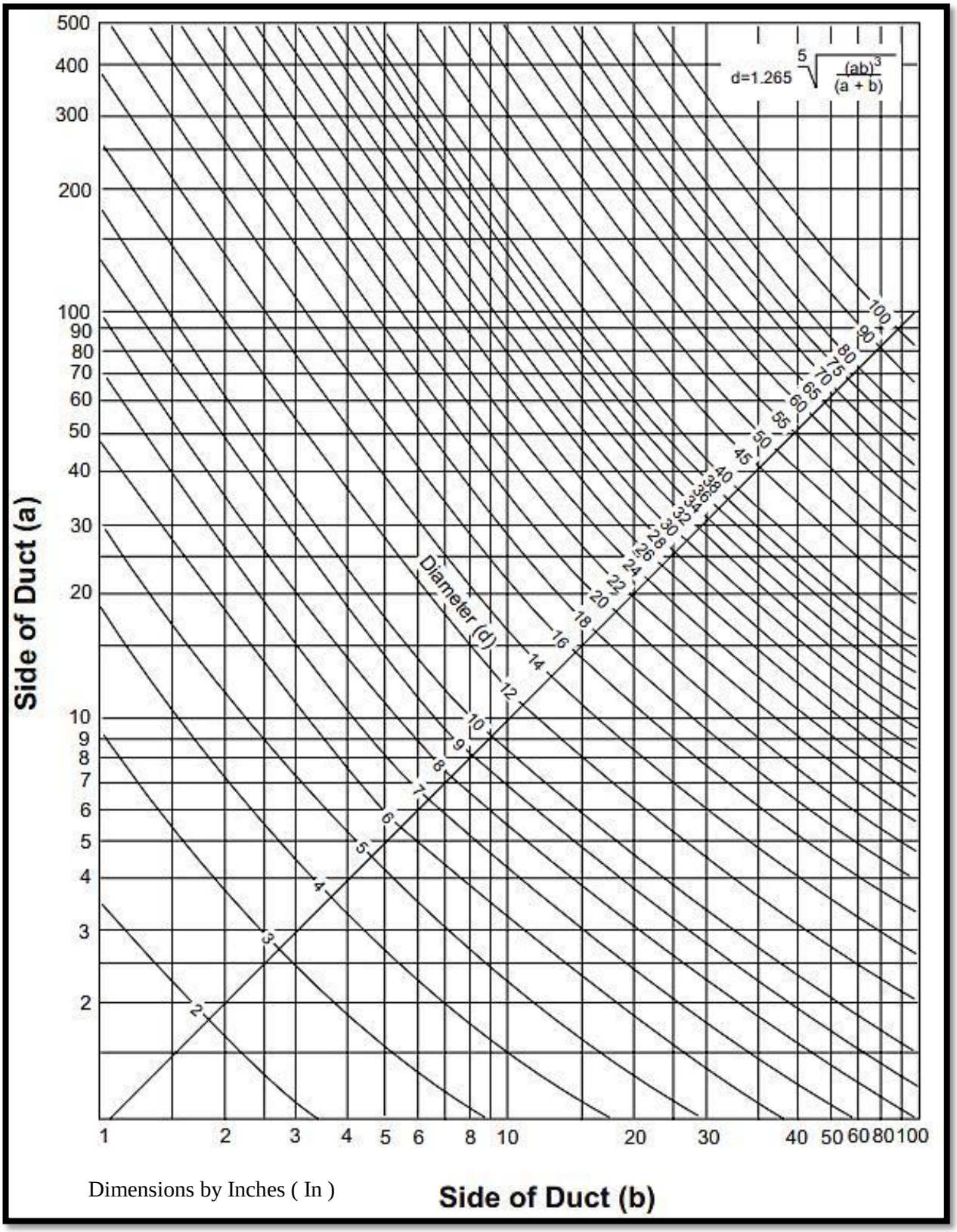


Equal Friction Methode Chart (CFM & ΔP/L & FPM & D) •

Another Chart

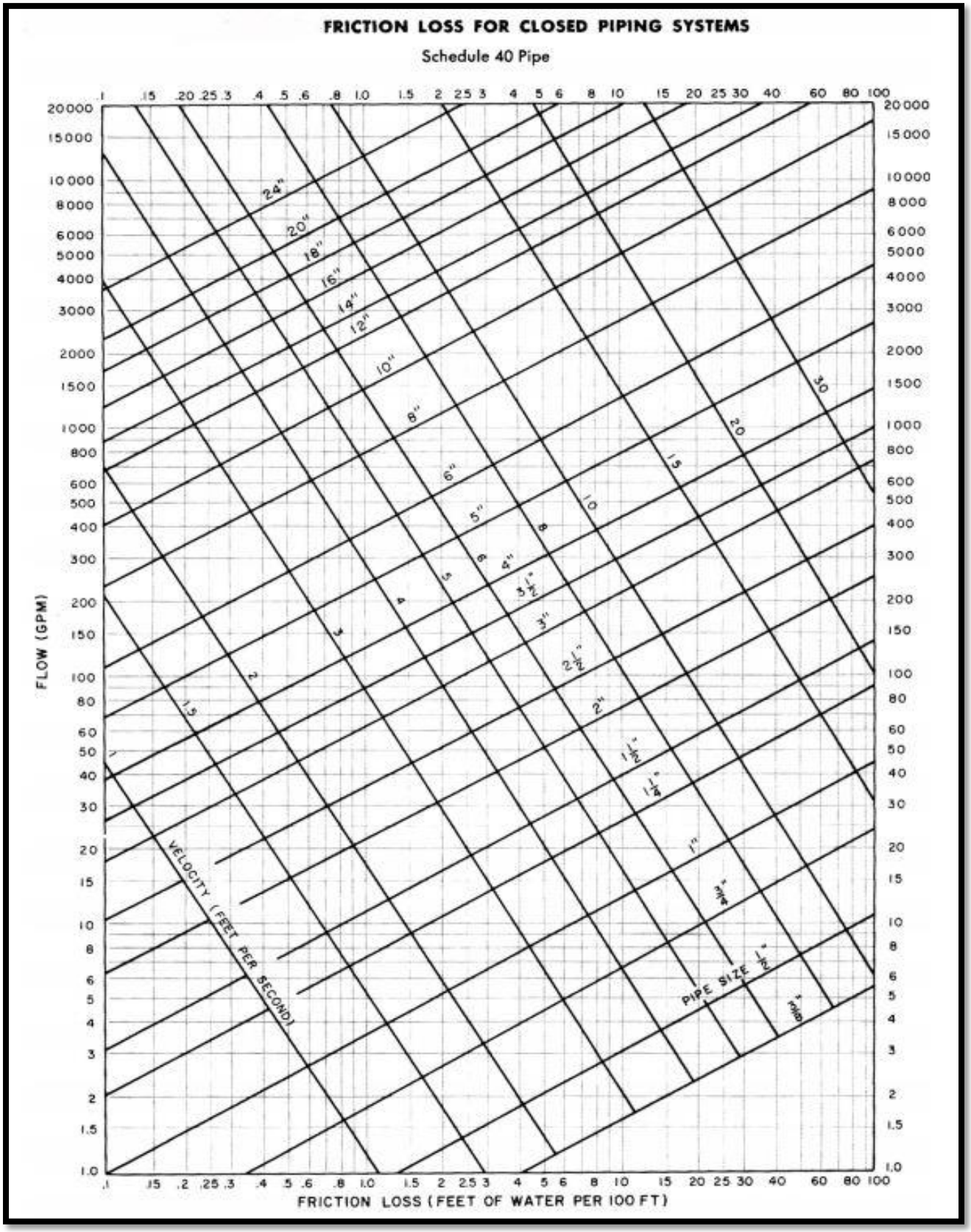


Rectangular Duct Dimensions •

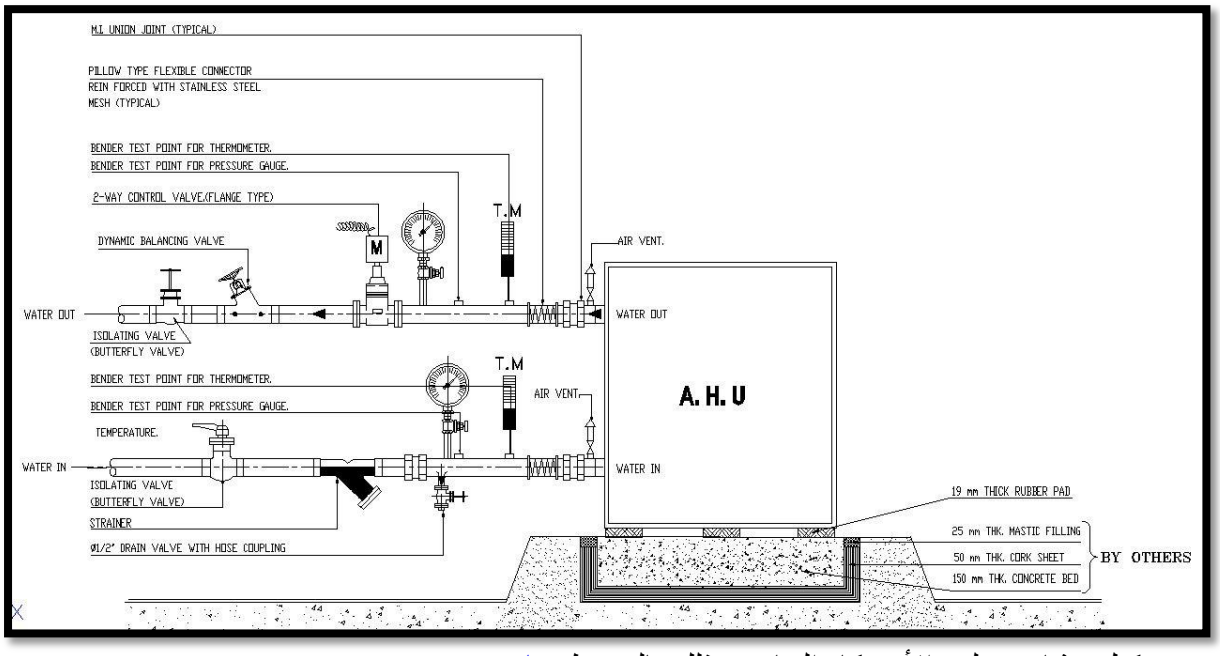


Dimensions by Inches (In)

Friction Loss for Closed Piping System •

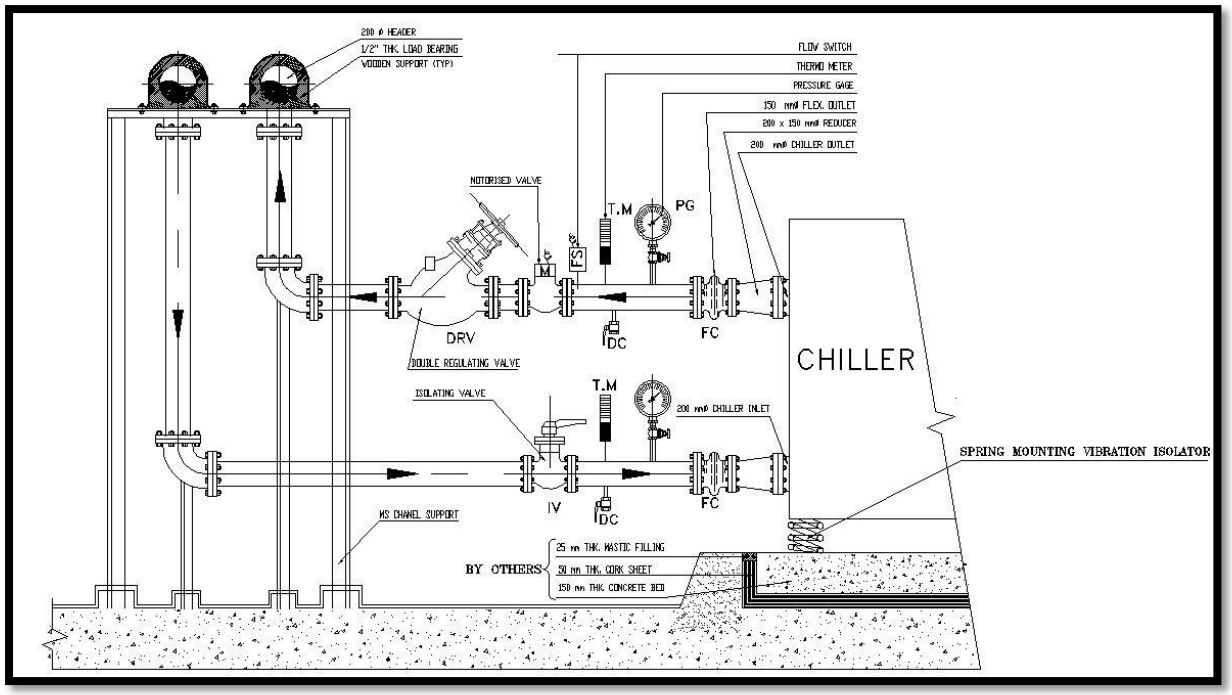


- Air Handling Unit Hook Up



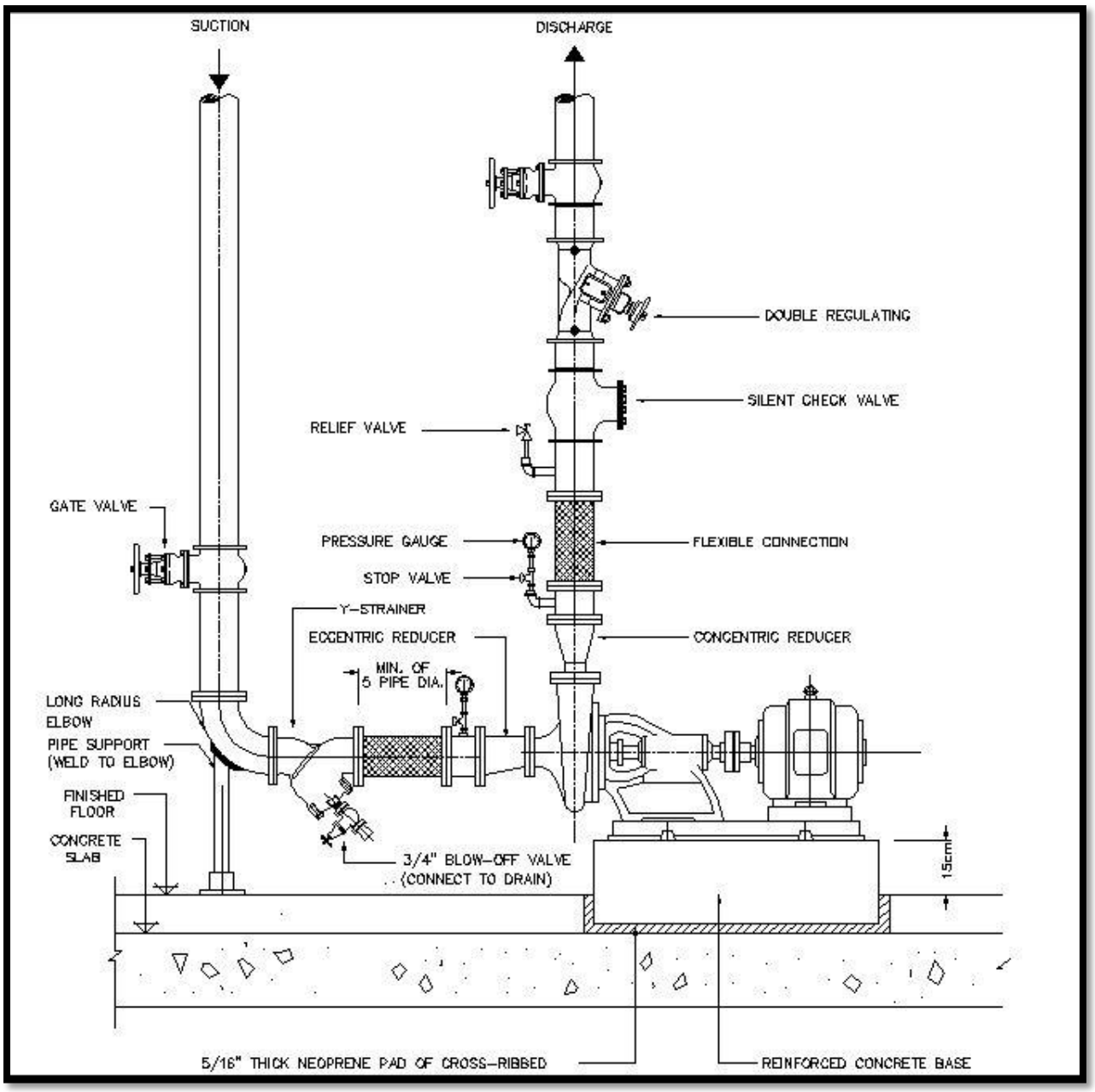
ويمكنك مشاهدة ملف الأوتوكاد الخاص بذلك بالضغط هنا

- Chiller Hook Up



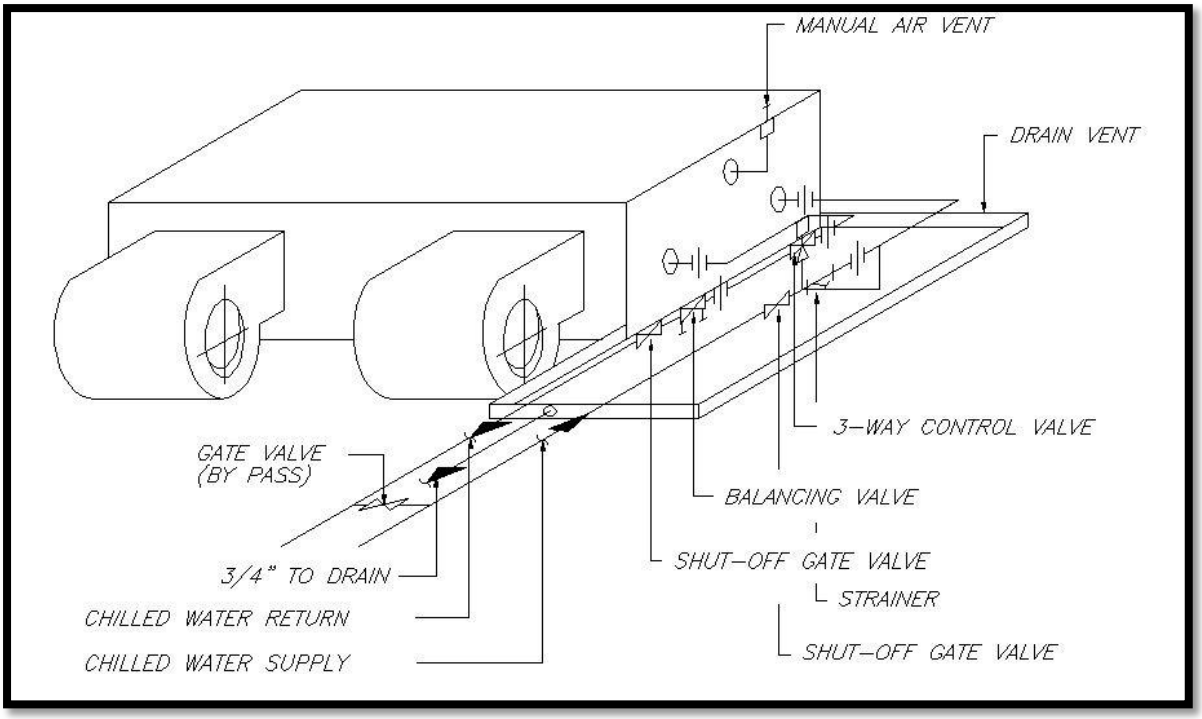
ويمكنك مشاهدة ملف الأوتوكاد الخاص بذلك بالضغط هنا

- Pump Hook Up



ويمكنك مشاهدة ملف الأوتوكاد الخاص بذلك بالضغط هنا

- Fan Coil Unit Hook Up



- ويمكنك مشاهدة ملف الأوتوكاد الخاص بذلك بالضغط هنا