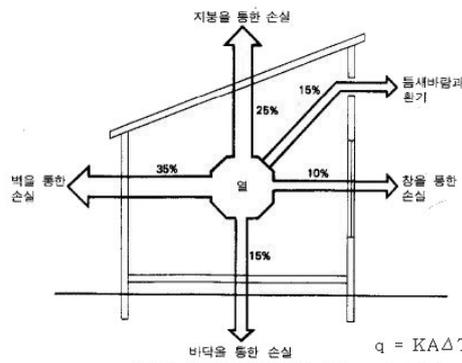


( / )

# Thermal load

Architectural Engineering Program  
Department of Architecture  
Seoul National University

1



비딴을 통한 손실  
비딴을 통한 손실  
비딴을 통한 손실

$$q = KA\Delta T$$

여기에서, q : 외피를 통한 전열량 (W)

K : 열관류율 ( $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$ ) : 높을수록 전열량 증가

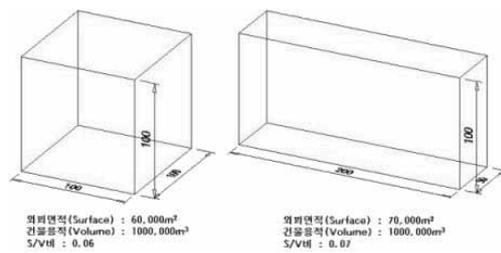
A : 전열면적 ( $m^2$ ) : 클수록 전열량 증가

$\Delta T$  : 외피 내외 온도차 ( $^\circ\text{C}$ ) : 클수록 전열량 증가

2

- insulation of the envelope ( )
  - 가 (K-value, overall coefficient of heat transfer)
  - 
  - =>
- area of the envelope ( )
  - 
  - S/V ( / )가 ( )
  - S/V < S/V ( )

3



주택의 유형	외피 면적 비율 (%)
단독 주택	100
2호 연립 주택	81
일반 연립주택	63
아파트의 중간 세대	32

4

- temperature difference ( )

- 

- 

- air change rate ( )

- (Q) 가

- 

- (Q) :

- Crack method ( )

- 

- 

5

- exposure and orientation ( )

- : 3

- :

- ( 가)

- 가

- 

- 5

- design of services ( )

- Waste heat recovery ( )

- 

- , 가

6

▪ ( , , 1994.)

지 역	서울	인천	수원	대구	전주	울산	광주	부산	목포	제주
온도(°C)	-11.9	-11.2	-12.8	-8.2	-8.5	-7.0	-7.4	-5.8	-5.9	-1.6

설 정 기 준	온 도 (°C)	출 처
공동주택 최대 난방 부하 계산을 위한 실내온도	20	건설부, 건축법령집, 건설부, 1992.7, p.236.
공동주택 기계 설비의 난방 설계용 실내 온도	20 (거실, 욕실)	건설부, 에너지의 합리적 이용기준 (건설부 고시 제464호), 건설부, 1986.
	18 (주방)	
측 정 치	26.5 (최대)	최정민, 공동주택 열교부위의 결로 방지를 위한 단열계획에 관한 연구, 박사학위 논문, 서울대학교 대학원, 1995, p.32.
	23.5 (최소)	
	25.4 (평균)	

■

$$q = C_v n V \Delta T / 3600 = 0.33 n V \Delta T$$

여기에서, q : 전열량 (W)

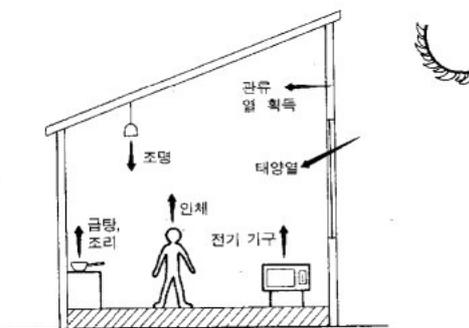
$C_v$  : 공기의 용적비열

$$= \text{비열 (J/kg}^\circ\text{C)} \times \text{비중 (kg/m}^3\text{)} = 1188 \text{ (J/m}^3\text{}^\circ\text{C)}$$

n : 환기 횟수 (회/h)

V : 실용적 (m<sup>3</sup>)

$\Delta T$  : 온도차 (°C)





부하의 종류		내 용
실부하	외주부하	· 외피, 창 등을 통한 전열 부하 · 일사열 부하 · 틈새바람에 의한 부하
	내주부하	· 인체 발열에 의한 부하 · 조명 발열에 의한 부하 · 기기 발열에 의한 부하
시스템 부하 (실부하 + 우측 부하)		· 외기도입 (환기) 부하 · 송풍기에서의 열획득에 의한 부하 · 덕트에서의 열손실, 획득에 의한 부하 · 기타
플랜트 부하 (시스템 부하 + 우측 부하)		· 배관에서의 열손실, 획득에 의한 부하 · 펌프에서의 열획득에 의한 부하

13

- 2

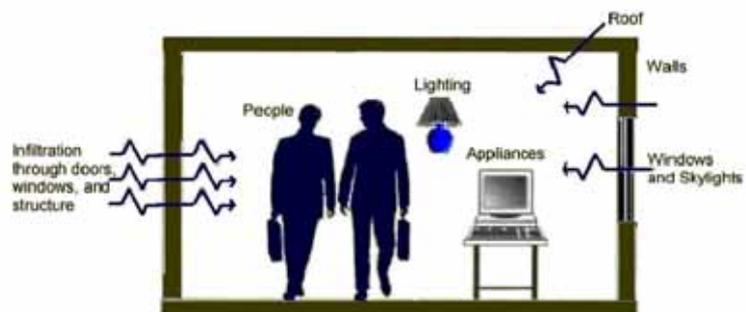
- 
- 
- 
- 
- 

14

- 3

- - - 
    - 
    - ( , )
  - - ( , )
    - 
    -

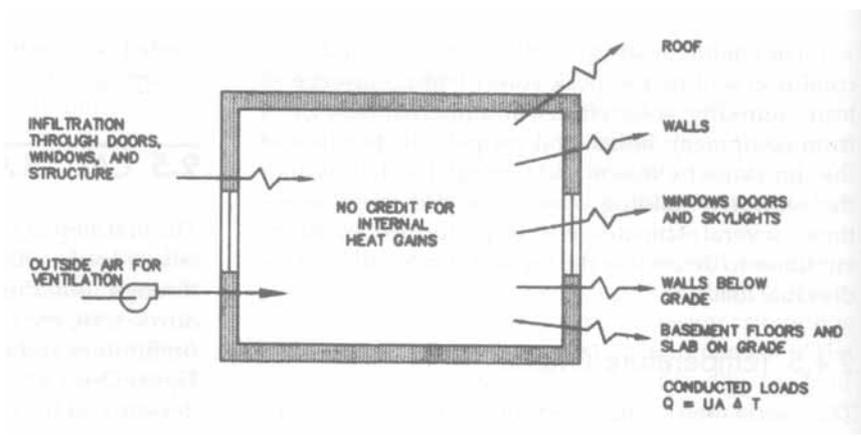
15



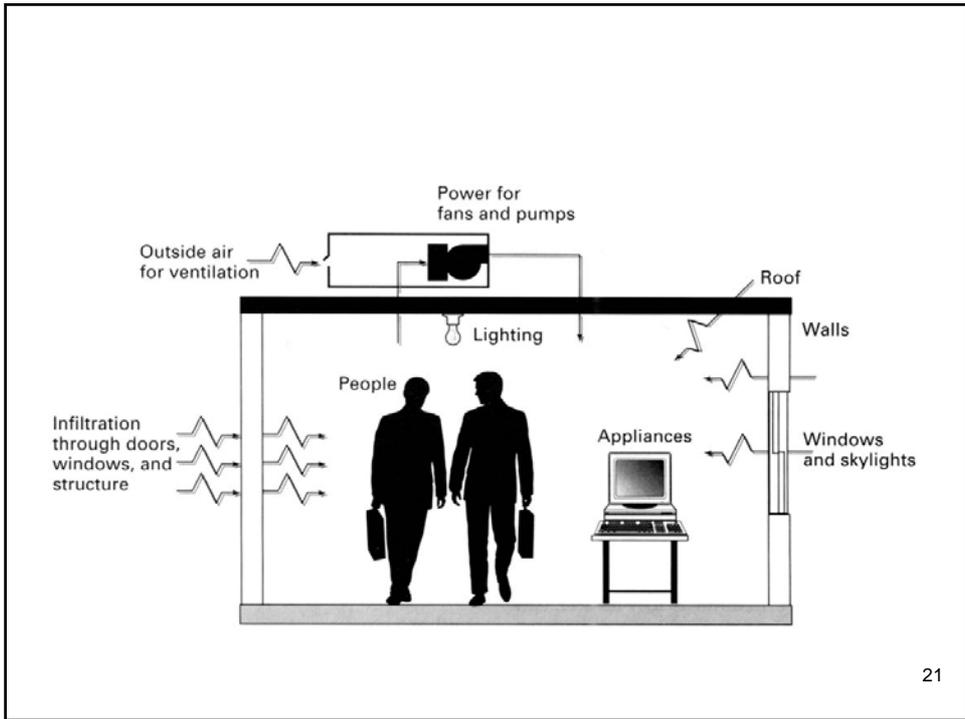
$$0 = \quad + \quad +$$

16





- - (conduction) : , , , , , ,
  - (infiltration) :
  - (ventilation) : Fresh air supply/make up for exhaust/pressurization
  - 가 (humidification) : ( , )
  - ( ) :
  - / , pick-up load factor
- - (steady state) :
  - ( , , )



21

- - (conduction) : , , ,
  - (solar) :
  - (infiltration) :
  - (ventilation) :
  - ( , , ) :
  - (dehumidification) : , , ,
  - / / , cool-down load factor
- - (unsteady state) : ,
  - ,
  -

22

- - : (percentage concept - )  
TAC- technical advisory committee 2.5%
- - :  
- :  
- : (diversity factor )
- - : ( )  
- :  
- : / / : /

- - :  
- : Boiler sizing  
- : Chiller sizing
- - :  
- :  
- :  
- :

■

( :°C)

	-11.9	-11.2	-12.8	-8.2	-8.5	-7.0	-7.4	-5.3	-5.9	-1.6
	31.1	29.7	30.3	32.9	31.9	32.2	31.9	29.7	31.1	31.6

( , , 1994.)

■  $q = \sum K \cdot A \cdot \Delta T$

□ K :

- A :

□  $\Delta T$  : = -

= -

### (Sol-Air Temperature)

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad q/A &= \alpha \cdot I + h_0 (T_o - T_s) + \varepsilon \cdot \delta \cdot R \\ &= h_0 (T_{es} - T_s) \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad T_{es} = T_o + \alpha \cdot I / h_0 + \varepsilon \cdot \delta \cdot R / h_0$$

$T_{es}$  :

$\alpha$  :

$I$  :

$h_0$  :

$\varepsilon \cdot \delta \cdot R$  : , = 0, = -3.9 °C

27

### (Solar Heat Gain)

$$\blacksquare \quad q = I_t \cdot \tau \cdot A$$

$I_t$  :

(W/m<sup>2</sup>)

$\tau$  : (0 ≤ τ ≤ 1)

$A$  : (m<sup>2</sup>)

28

## (Infiltration),

- $q = N \cdot V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T$

$N \cdot V$  : (m<sup>3</sup>/hr),  $N =$  ( / )  
 $V =$  (m<sup>3</sup>)

$\rho$  : , 1.2 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  : , 1 (kJ/kg°C)

$\Delta T$  : = -

- $q \text{ (Watt)} = 0.33 \cdot N \cdot V \cdot \Delta T$

$0.33 \text{ (Watt} \cdot \text{hr/m}^3\text{°C)} = \rho \cdot C_p / 3600 \text{ (sec/hr)}$   
 $= 1200 \text{ (J/m}^3\text{°C)} / 3600 \text{ (sec/hr)}$

29

## 가

- $q \text{ (Watt)} = G \cdot 627$

-  $G$  : 가 (kg/hr)

= ( + ) (m<sup>3</sup> /hr) ·  $\rho$  ·  $\Delta x$

$\rho$  : , 1.2 (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta x$  : (kg/kg.da)

-  $627 \text{ (J} \cdot \text{hr/kg} \cdot \text{sec)} :$  (2,260 kJ/kg) / 3600(sec/hr)

30

## BLC (Building Loss Coefficient)

- $$q_{\text{loss}} = \sum K \cdot A \cdot \Delta T + 0.33 \cdot N \cdot V \cdot \Delta T (+G \cdot 627)$$

$$= \text{BLC} \cdot \Delta T$$

- $q_{\text{loss}}$  :

- $$\text{BLC} : \frac{q_{\text{loss}}}{\Delta T} \text{ (Watt/}^\circ\text{C)}$$

31

(Balance Point Temperature,  $T_b$ )

- $$\text{Net } q_{\text{loss}} = \text{BLC} \cdot (T_o - T_i) + q_{\text{gain}}$$

$$- q_{\text{gain}} = \text{BLC} \cdot (T_o - T_i) = q_i + q_{\text{sol}}$$

- $$q_{\text{loss}} = 0 = \text{BLC} \cdot (T_b - T_i) + q_{\text{gain}}$$

- $$T_b = T_i - q_{\text{gain}} / \text{BLC}$$

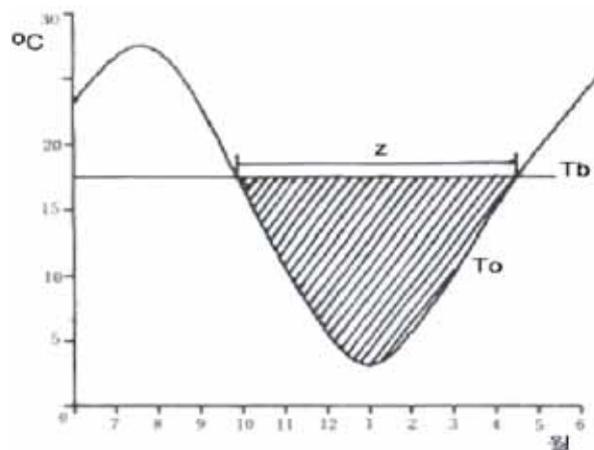
- 
- 

32

## (Degree Day, DD)

- 
- 
- (Heating Degree Day, HDD)
- $(T_b)$
- $HDD_{T_b} = \sum \{T_b - (T_{avg} + T_b) / 2\}$
- $T_b$  가 18°C ,
- $HDD_{18} = \sum \{18 - (T_{avg} + 18) / 2\}$
- 

33



34

1	, , , ,	2281
2	, , , ,	2185
3	, , , ,	1401

35

- 
- $q_{\text{loss}} = \text{BLC} \cdot (T_o - T_i)$
- , Q(J)
  - =  $\text{BLC} \cdot \Sigma \Delta T$
  - =  $-\text{BLC} \cdot \text{HDD} \cdot 24(\text{hr}) \cdot 3600(\text{sec/hr})$

36

- $G = Q / F \cdot y$

- G : (kg/ )
- Q : (kJ/ )
- F : (kJ/kg)
- y :

37

(y)

	(y)
	1.0
가	0.9
가 (induced draft)	0.8
	0.65
가 (atmospherically vented)	0.60

- from ASHRAE Handbook 1981

38

		10,000	kcal/kg
		8,300	kcal/l
		8,700	"
		9,200	"
	C	9,900	"
가	가	12,000	kcal/kg
	가	11,800	"
	가	10,500	"
		4,500	kcal/kg
		6,600	"
		2,500	kcal/kWh

39

길이가 4m, 폭이 3m 이고 높이가 2.5m 인 단순한 건물이 있다. 전면에 1m×0.6m 크기의 창이 두 개 있고 측면에 있는 한 개의 문은 1.75m×0.8m 의 크기이다. 각 부분의 K-값은 W/m<sup>2</sup>°C의 단위로 다음과 같다 : 창=5.6, 문=2.0, 벽=2.5, 지붕=3.0, 바닥=1.5. 내부 기온은 18°C를 유지하고 있고 외기온은 6°C이며 바닥은 지면을 통한 열 저항을 함께 고려하였다고 가정한다. 공기의 용적비열이 1300J/m<sup>3</sup> 이고 시간당 환기 회수가 1.5 회일 때 이 건물의 열 손실량을 계산하라.

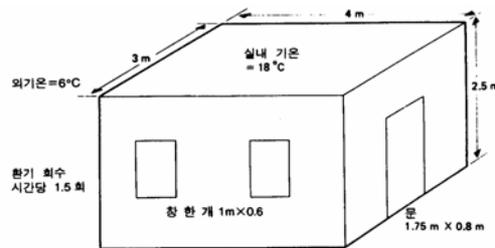


그림 3.2 예제 3.2

, 1991, pp.51-52.

40

1 단계 : 그림 3.2 와 같이 건물을 치수와 함께 그려본다. 각 부분의 면적과 실내외 온도차를 계산한다.

2 단계 : 주어진 값들을 표에 나열한 후 공식  $P_f = KA\theta$  를 이용하여 관류 열 손실량을 구한다.

부위	K-값 (W/m <sup>2</sup> °C)	면적 (m <sup>2</sup> )	온도 차이 (°C)	열 손실율 (W)
창	5.6	1.2	12	80.64
문	2.0	1.4	12	33.6
벽	2.5	35-2.6	12	972
지붕	3.0	12	12	432
바닥	1.5	12	12	216
총 관류 열 손실 =				1734.24 W

, 1991, pp.51-52.

41

3 단계 : 환기에 의한 열 손실을 계산한다.

$$c_v = 1300 \text{ J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad N = 1.5 \text{ h}^{-1}$$

$$V = 4 \times 3 \times 2.5 = 30 \text{ m}^3, \quad \theta = 18 - 6 = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

다음 공식을 이용하면.

$$P_v = \frac{c_v N V \theta}{3600}$$

$$= \frac{1300 \times 1.5 \times 30 \times 12}{3600} = 195$$

$$\text{환기 열 손실} = 195 \text{ W}$$

4 단계 :

$$\begin{aligned} \text{총 열 손실율} &= \text{관류 열 손실} + \text{환기 열손실} \\ &= 1734.24 + 195 \\ &= 1929.24 \text{ W} \end{aligned}$$

, 1991, pp.51-52.

42

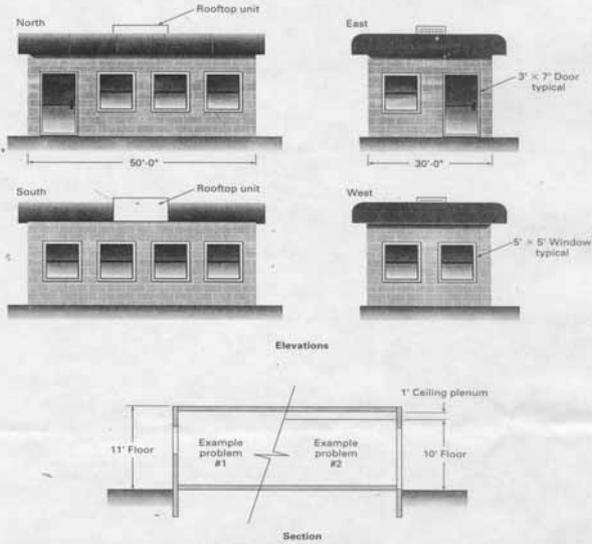


FIGURE 2-15 A small office building.

SOURCE : William K. Y. Tao, Mechanical and Electrical Systems in Buildings, Prentice Hall, 1997.

Calculations for Problem 2-1

Load Components		Load (Btu/h)
Roof	$Q = U \times A \times TD$ $Q = 0.16 \times (30 \times 30) \times (72 - 8)$	11,160
Walls	$Q = U \times A \times TD$	
North	$Q = 0.062 \times (11 \times 30) \times (72 - 8)$	2182
South	$Q = 0.062 \times (11 \times 30) \times (72 - 8)$	2182
East	$Q = 0.062 \times (11 \times 30) \times (72 - 8)$	1309
West	$Q = 0.062 \times (11 \times 30) \times (72 - 8)$	1309
Doors	$Q = U \times A \times TD$	
North	$Q = 0.44 \times (3 \times 7) \times (72 - 8)$	860
East	$Q = 0.44 \times (3 \times 7) \times (72 - 8)$	860
Windows	$Q = U \times A \times TD$	
North	$Q = .58 \times (3 \times 5 \times 5) \times (72 - 8)$	2784
South	$Q = .58 \times (4 \times 5 \times 5) \times (72 - 8)$	3712
East	$Q = .58 \times (1 \times 5 \times 5) \times (72 - 8)$	928
West	$Q = .58 \times (2 \times 5 \times 5) \times (72 - 8)$	1856
Basement floor	$Q = R_{\text{bulk}}/R^2 \times \text{area}$ $Q = 3 \times (30 \times 30)$	4050
Basement walls	$Q = R_{\text{bulk}}/R^2 \times \text{area}$ $Q = 1.5 \times (3 \times (30 + 30 + 30 + 30))$	1920
Infiltration, outside only	$Q = 1.1 \times CFM \times TD$ CFM = (air exchanges per hour $\times$ volume) / 60 minutes per hour $Q = 1.1 \times (2 \times (20' \times 30' \times 10') / 60) \times (72 - 8)$	35,200
Ventilation, outside only	$Q = 1.1 \times CFM \times TD$ CFM = (air exchanges per hour $\times$ volume) / 60 minutes per hour $Q = 1.1 \times 300 \times (72 - 8)$	35,200
		<b>Total Heat Loss = 110,162 Btu/h</b>
<b>Humidification (Optional)</b>		
Infiltration air	$Q = 48 \times CFM \times (W_{\text{in}} - W_{\text{out}})$ CFM = (air exchanges per hour $\times$ volume) / 60 minutes per hour $Q = 0.68 \times (2 \times (20' \times 30' \times 10') / 60) \times (36 - 0)$	12,240
Ventilation air	$Q = 48 \times CFM \times (W_{\text{in}} - W_{\text{out}})$ CFM = (air exchanges per hour $\times$ volume) / 60 minutes per hour $Q = 0.68 \times 300 \times (36 - 0)$	12,240
		<b>Total Humidification of Outside Air = 24,480 Btu/h</b>

SOURCE : William K. Y. Tao, Mechanical and Electrical Systems in Buildings, Prentice Hall, 1997.