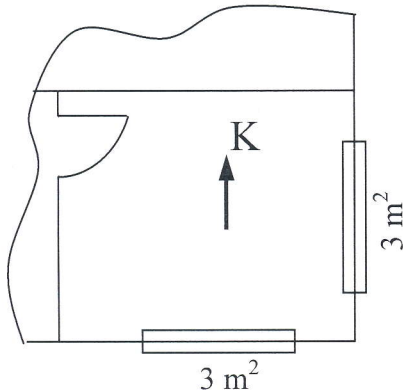


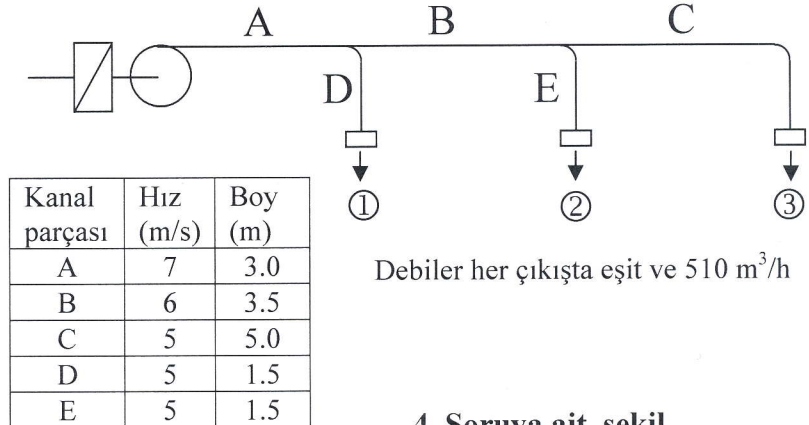
MAK 440 (MAK 436) İKLİMLENDİRME VE SOĞUTMA (Bölüm Kodu: 604, 605, 612 beraber.)

SORULAR:

1. Çatalağzı Termik Elektrik Santrali'nde (ÇATES) çürük buhar, deniz suyu kullanılarak yoğunlaştırılmaktadır. Deniz suyunun yoğunlaştırıcudan çıkış sıcaklığı kışın ortalama 20 °C olup, debisi 18000 m³/h'dir. Bu suyu ısı kaynağı olarak kullanacak, ısı pompalı bir bölgesel ısıtma sistemi kurulacaktır. Isı pompası buharlaştırıcısında, deniz suyu sıcaklığının 16 °C'ye düşürüleceği ve binalara gönderilecek su sıcaklığının 55 °C olacağı varsayımı ile sistemi teorik kabul ederek,
- Kurulacak sistem ile ortalama ısı kaybı 18 kW olan kaç konut (bina) ısıtılabilir? (10 puan)
 - Soğutucu akışkan olarak amonyak (NH₃) kullanılacak olan sistemdeki ısı değiştiricilerin ve kompresörün gücünü bulunuz. (15 puan)
 - Isı pompası soğutma etkenlik katsayısını (COP_{IP}) hesaplayınız? (10 puan)
2. Klima sistemi kurulacak bir laboratuvara ait aşağıdaki bilgiler verilmiştir:
- Dış dizayn şartları : 38 °C (KT), 27 °C (YT)
İç dizayn şartları : 24 °C (KT), %50 Bağıl nem
Oda Duyulu Isısı : 52700 kJ/h
Oda Gizli Isısı : 13175 kJ/h
Soğutma serpantini cihaz çığ noktası sıcaklığı 8 °C, by-pass faktörü %10'dur.
Yüzde yüz dış hava kullanılması zorunlu olan bu sistemde menfez sıcaklık farkı 6 °C olacaktır. Buna göre,
- Gerekli psikrometrik işlemleri belirleyerek psikrometrik diyagramda gösteriniz. (10 puan)
 - Soğutucu kapasitesini bulunuz. (10 puan)
 - Soğutucuda yoğuşan nem miktarını bulunuz. (5 puan)
 - Gerekliyse ısıtıcı kapasitesini bulunuz. (5 puan)
 - Laboratuvardan ve soğutucu serpantinden geçmesi gereken hava debilerini bulunuz. (5 puan)
3. Şekilde görülen mahalde; saat 10:30'a kadar 20 kişi, daha sonra 35 kişi bulunmaktadır. Buna göre güneş ışınımı ve insanlardan gelen ısının en yüksek olduğu gün ve saati belirleyiniz. (Diğer şartların, ilgili tablonun oluşturulduğu koşullara uygun olduğunu varsayınız.) (20 puan)
4. Şekilde verilen kanal sisteminde, kanal yüksekliği her yerde 20 cm olmalıdır. Buna göre dikdörtgen kesitli kanalın diğer kenar uzunluklarını belirleyiniz. Düz kanalın birim boyunda 0.15 mmSS, dirsekte 2 mmSS ve çıkış menfezlerinde 2 mmSS basınç kaybı olduğuna göre vantilatör çıkışından ③ no.lu menfeze kadar olan basınç kaybını bulunuz. (Not: A'dan B'ye ve B'den C'ye geçişte basınç kaybını ihmal ediniz.) (10 puan)

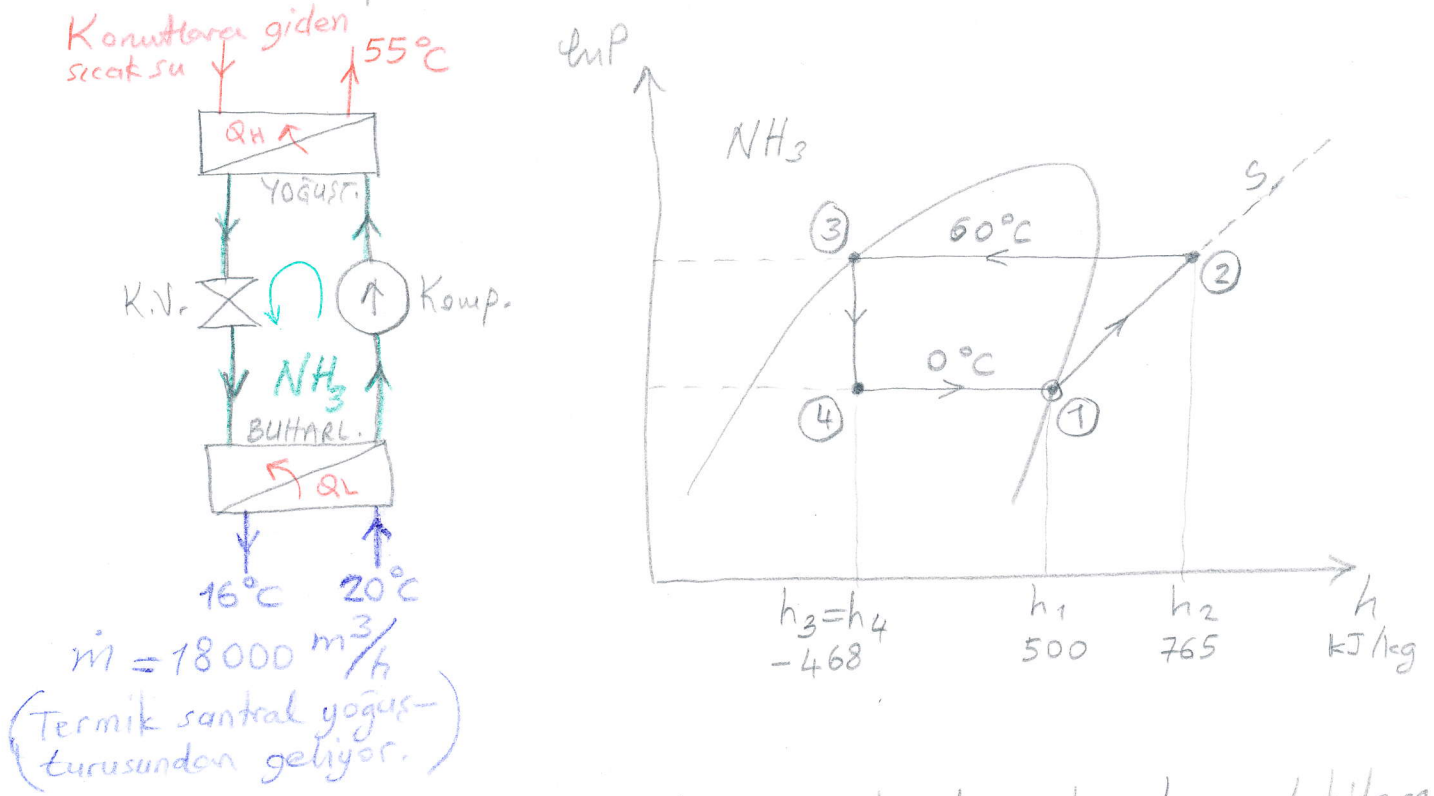


3. Soruya ait şekil.



4. Soruya ait şekil.

- 1) Isı kaynağı olarak termik santral atık ısını kullanacak bir ısı pompası sistemi.



- a) Sıcaklığı 20°C 'den 16°C 'a düşürelecek sudan kazanılabilecek ısı miktarı:

$$Q = \dot{m} c_p \Delta T = \frac{18000 \text{ m}^3/\text{h}}{3600 \text{ s/h}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times (20-16)\text{K}$$

$$Q = 83600 \text{ kJ/s, kW}$$

Bir bina (konut) için ısı kaybı 18 kW olduğuna göre bu atık ısı ile $\frac{83600}{18} = 4644$ konut ısıtma potansiyeli vardır. Gerçekte ise ısı pompasının kompresör gücünden gelen ısı da buna ekleneceğinden daha fazla sayıda konut ısıtılabilir (teorik olarak).

- b) Isı pompası sistemindeki buharlaştırıcı gücü, teorik olarak, yukarıda hesaplanan ısı miktarına eşit olacaktır.

$$Q_L = Q = 83600 \text{ kW}$$

$Q_L = \dot{m}_{\text{NH}_3} (h_1 - h_4)$ 'dir. Entalpi değerleri $\ln P-h$ diyagramından okunabilir.

1-b Devam)

Yoğusturu gücü $Q_H = \dot{m}_{NH_3} (h_2 - h_3)$ bağıntısı ile bulunabilir.
Ancak önce amonyak kütleel debisi (\dot{m}_{NH_3}) bulunmalıdır.

$$Q_L = \dot{m}_{NH_3} (h_1 - h_4) \Rightarrow \dot{m}_{NH_3} = \frac{Q_L}{(h_1 - h_4)} = \frac{83600}{(500 - (-468))} = 86,3636$$

$$\dot{m}_{NH_3} = 86,3636 \text{ kg/s}$$

$$Q_H = 86,3636 (765 - (-468)) = 106486,3 \text{ kW} \quad \boxed{Q_H \approx 106,5 \text{ MW}}$$

Bu ısı miktarı ile ısıtılacak konut sayı $= \frac{106486,3}{18} \approx 5915$ olur.

$$\text{Kompresör gücü } W = \dot{m}_{NH_3} (h_2 - h_1) = 86,3636 (765 - 500)$$

$$W_{\text{net}} = 22886,354 \text{ kW} \Rightarrow \boxed{W_{\text{net}} \approx 23 \text{ MW}}$$

$$c) \text{ COP}_{IP} = ?$$

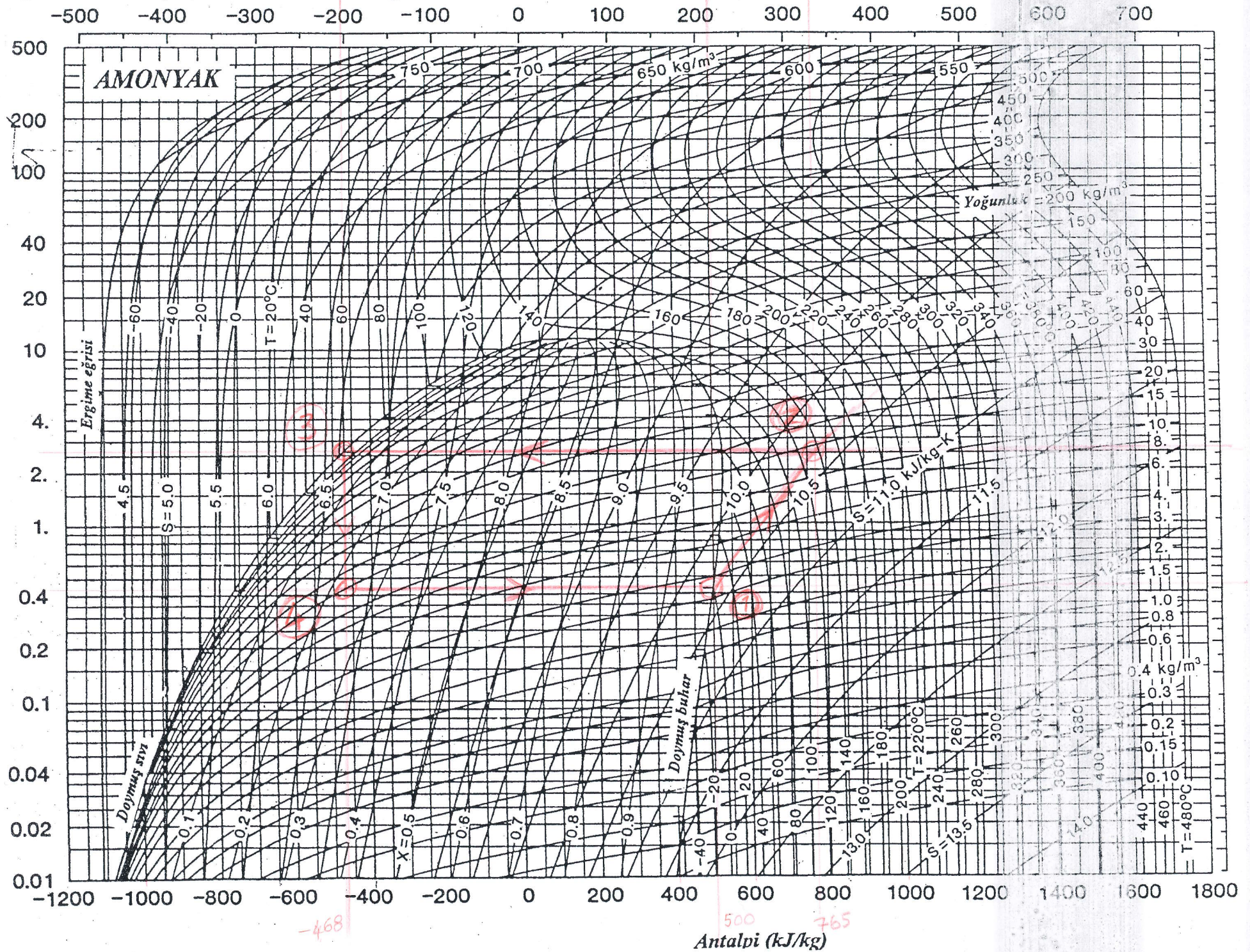
$$\text{COP}_{IP} = \frac{Q_H}{W_{\text{net}}} = \frac{106486,3}{22886,4} = 4,65$$

$$\boxed{\text{COP}_{IP} = 4,65}$$

$$\text{Ya da } \text{COP}_{IP} \approx \frac{106,5}{23} = 4,63.$$

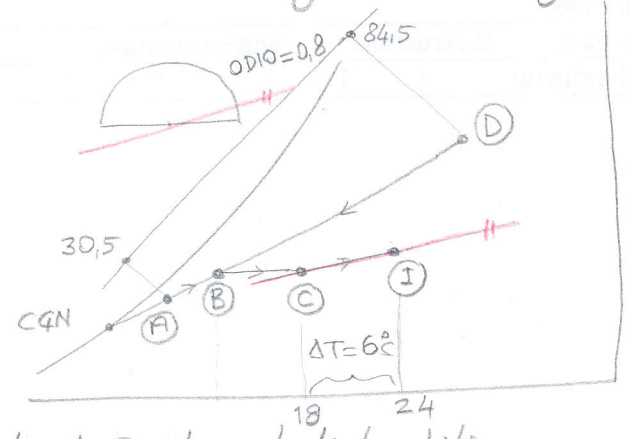
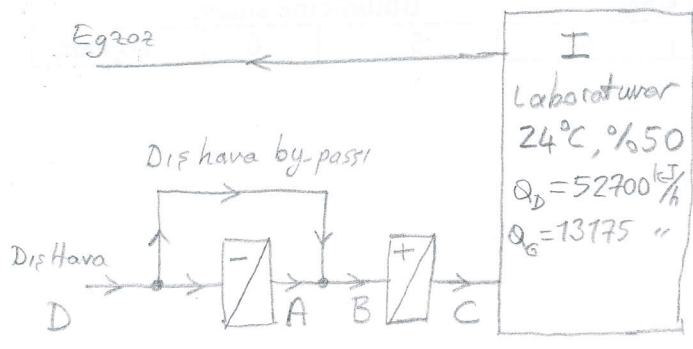
(MAK 440 iklimlendirme ve Soğutma 02 Haz. 2010, Genel Sınav 1. Soru)

Basınç (MPa)



M. Eyriboyan

2) %100 Dış hava kullanılan bir laboratuvar için yaz kliması uygulaması.



- a) \textcircled{I} , \textcircled{D} , CQN ve \textcircled{A} noktası verilenlerle doğrudan belirlenebiliyor.

$$ODIO = \frac{ODI}{ODI + OGI} = \frac{52700}{52700 + 13175} = 0,8$$
 hesaplanıp çizilir. \textcircled{I} 'den \textcircled{D} noktasına paralel çizilirse, bu paralelin D-CQN doğrusunu \textcircled{A} 'nın biraz yukarısında kestiği görülür.
 * $\Delta T_{\text{menfez}} = 6^\circ\text{C}$ verilmişti. $24 - 6 = 18^\circ\text{C}$ 'den yukarı çıkılıp \textcircled{E} noktası bulunur.

- * \textcircled{A} noktasından \textcircled{C} noktasına erişmek için bir miktar dış hava by-passı yapıp ardından ısıtma yapılabilir. (Baska çözümler de mümkündür: önce ısıtma, ardından nemlendirme vs. gibi. Uygulamada ekonomik analiz sonucuna göre hareket edilmelidir.)
 * \textcircled{C} 'ye AD üzerinde bir \textcircled{B} noktasından ısıtma yapılarak belirlenir. \textcircled{B} diyagramda bulunur.

b) Soğutucu gücü: $q_{D-A} = \dot{m}_A (h_D - h_A)$ $\dot{m}_A = \kappa \cdot \dot{m}_h$
 $\kappa \approx 0,91$ olarak bulundu (Psikrometrik diyagram üzerinde, yeşil yeşiller).

$$\dot{m}_h = \frac{ODI}{c_p \cdot \Delta T_{\text{menfez}}} = \frac{52700}{1,005 \cdot 6} = 8739,6 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_A = 0,91 \cdot 8739,6 = 7953 \text{ kg/h}$$

$$q_{D-A} = 2,209 (84,5 - 30,5) = 119,286 \text{ kW}$$
 $q_{D-A} \approx 119,3 \text{ kW}$

c)
$$\dot{m}_w = \dot{m}_h (w_D - w_A) = 2,4277 (18 - 7,7) \times 10^3 = 0,025 \text{ kg/s} = \dot{m}_w$$

 $\dot{m}_w = 90 \text{ kg/h}$

d) Bu çözümde önerilen ısıtıcı gücü:

$$q_{B-C} = \dot{m} c_p (T_C - T_B) = 2,4277 \cdot 1,005 (18 - 13,5) = 10,98 \Rightarrow q_{B-C} \approx 11 \text{ kW}$$

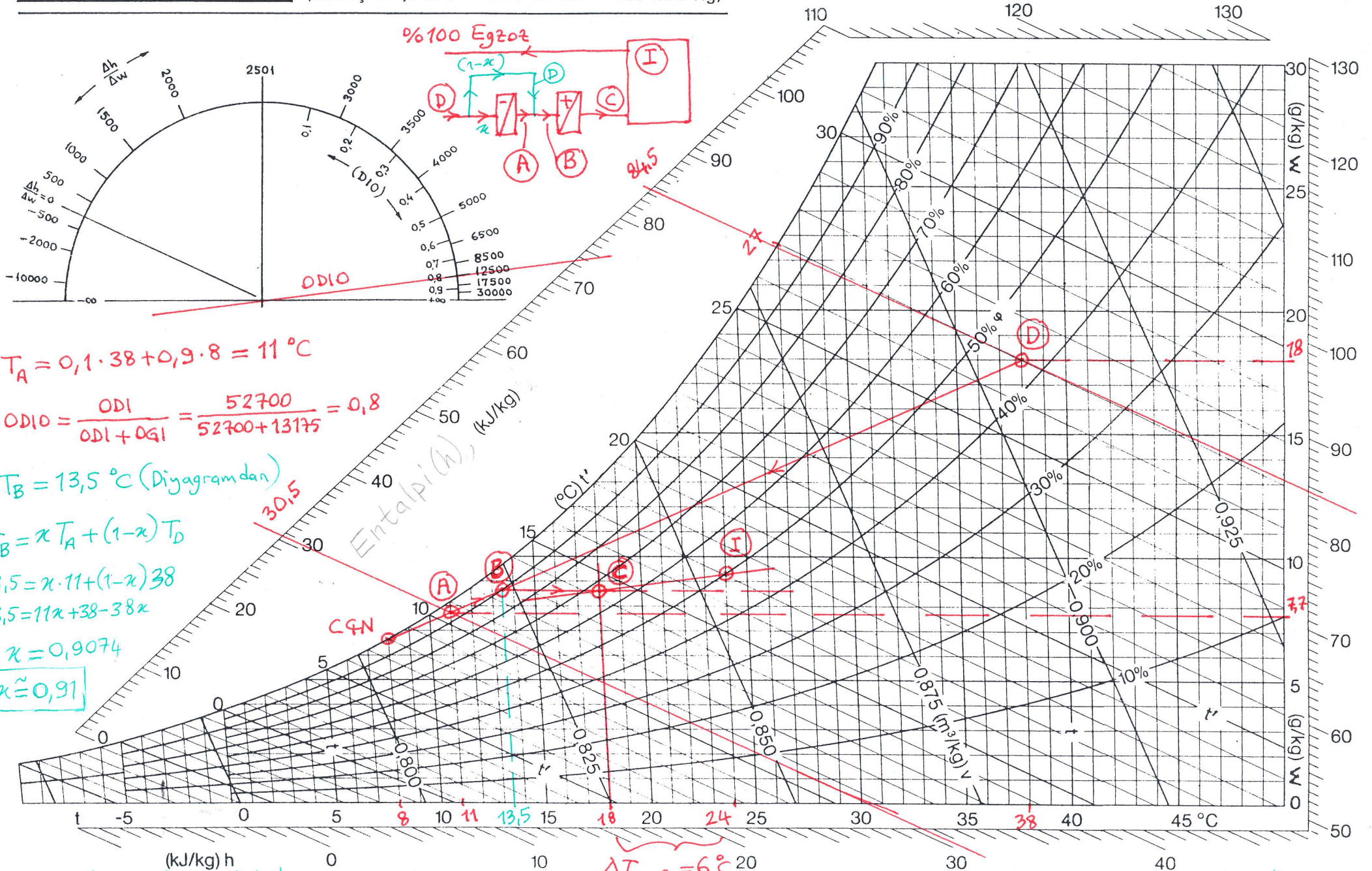
e) Laboratuvardan geçmesi gereken hava (b) şıkkında bulunmuştu.
 $\dot{m}_h \approx 8740 \text{ kg/h} = 2,4277 \text{ kg/s}$

Soğutucu serpantininden geçen hava miktarı odadan geçen havanın 0,91'i kadar olmalıdır (diyagramda yeşil rebli hesap ve yazıya bakınız).
 Dolayısıyla $\dot{m}_A = 0,91 \cdot \dot{m}_h = 0,91 \cdot 8740 = 7953 \text{ kg/h}$ $\dot{m}_A = 2,209 \text{ kg/s}$

KLİMA ve HAVALANDIRMA

Psikrometrik Diyagram

(Basınç 101,3 kPa = 1013 m bar = 760 mm Hg)



$$T_A = 0,1 \cdot 38 + 0,9 \cdot 8 = 11^\circ\text{C}$$

$$ODIO = \frac{ODI}{ODI + OG1} = \frac{52700}{52700 + 13175} = 0,8$$

$$T_B = 13,5^\circ\text{C} \text{ (Diyagramdan)}$$

$$T_B = \kappa T_A + (1-\kappa) T_D$$

$$13,5 = \kappa \cdot 11 + (1-\kappa) \cdot 38$$

$$13,5 = 11\kappa + 38 - 38\kappa$$

$$\kappa = 0,9074$$

$$\kappa \approx 0,91$$

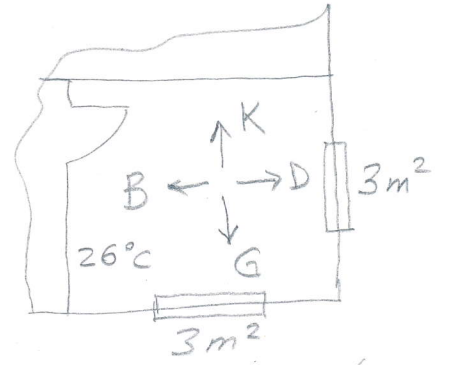
$$\Delta T_{\text{menfez}} = 6^\circ\text{C}$$

κ : Isıtıcı (ya da) laboratuvarından geçen havanın, soğutucudan geçen kısmı, $(1-\kappa)$ ise soğutucu çıkışındaki havaya karıştırılan dış hava kısmını ifade eder.

3) Yalnız güneş ışınlamı ve insanlardan gelen ısınmın en yüksek olduğu gün ve saat belirlenecek.

Her iki yöndeki pencere alanı eşittir.
Ancak insan sayısı saate göre değişmektedir.

20 kişi 10:30'a kadar
35 kişi 10:30'dan sonra



- * Doğu yönü dikkate alındığında en yüksek ışınlama ısı kazancı: $516 \frac{W}{m^2}$ (23 Tem., Saat 08:00)
Aynı gün ve saatte Güney yönü için: $38 \frac{W}{m^2}$
- * Güney yönü dikkate alındığında en yüksek ışınlama ısı kazancı: $522 \frac{W}{m^2}$ (21 Kasım Saat: 12:00)
Aynı gün ve saat için Doğu yönüne gelen ışınlama: $35 \frac{W}{m^2}$

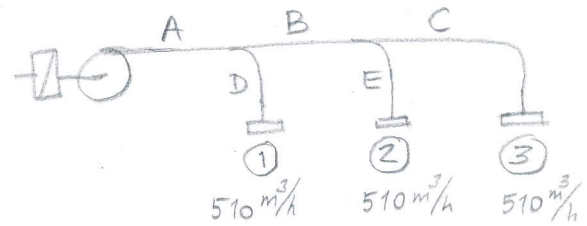
23 Temmuz, Saat 08:00 için toplam ışınlama: $3 \times 516 + 3 \times 38 = 1662 \text{ W}$

21 Kasım, Saat 12:00 için toplam ışınlama: $3 \times 522 + 3 \times 35 = 1671 \text{ W}$

Saat 12:00'deki insan sayısı, 08:00'dekinden fazla olduğundan ve 21 Kasım'daki ışınlama ısı kazancı da 23 Temmuz 08:00'dekinden büyük olduğundan, kişilerin verdikleri ısıya hesaplamaya gerek kalmaksızın en yüksek ısı kazancının 21 Kasım'da olacağı söylenebilir.

4) Kanal boyutlandırma ve basınç kaybı soruluyor.

| Kanal Parçası | Hız m/s | Boy m | Debi m³/h | Kesit cm² | Kanal Yık. cm | Kanal Genişliği cm |
|---------------|---------|-------|-----------|-----------|---------------|--------------------|
| A | 7 | 3,0 | 1530 | 619 | 20 | 31 |
| B | 6 | 3,5 | 1020 | 472 | 20 | 24 |
| C | 5 | 5,0 | 510 | 283 | 20 | 14 |
| D | 5 | 1,5 | 510 | 283 | 20 | 14 |
| E | 5 | 1,5 | 510 | 283 | 20 | 14 |



$$\text{Kesit} = A = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{\text{Hacimsel debi}}{\text{Hız}}$$

$$A \text{ Kanal parçası için kesit } A_A = \frac{1560}{7} \cdot \frac{1}{3600} = 0,0619 \text{ m}^2 = 0,0619 \times 10^4 = 619 \text{ cm}^2$$

Diğer kanal parçaları için sorular üstteki tabloda verilmiştir.

$$\text{Kanal genişliği} \Rightarrow A = a \times b \Rightarrow a = 20 \text{ cm}$$

$$b = \frac{A}{a} \quad A \text{ kanalı için } b = \frac{619}{20} = 31 \text{ cm}$$



Basınç kaybı yalnız (3) no.lu çıkış için istenmiştir.

Bu çıkış yolu üzerinde [A+B+C düz kanal kaybı] + [1 Dörnek kaybı] + [1 çıkış kaybı]

$$A+B+C \text{ Kanal boyu toplamı} = 3 + 3,5 + 5 = 11,5 \text{ m}$$

Birim kanal boyu için kayıp 0,15 mm SS

$$\text{Toplam basınç kaybı} = \Delta P = 11,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ mm SS} + 1 \times 2 \text{ mm SS} + 1 \times 2 \text{ mm SS}$$

$$\Delta P = 1,725 + 2 + 2 = 5,725 \text{ mm SS}$$

$$\Delta P = 5,725 \text{ mm SS}$$