T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLAÇ ÜRETİM HATLARININ İKLİMLENDİRME KOŞULLARININ MODELLENMESİ VE OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim Barış SELÇUK

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr. İmdat TAYMAZ

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLAÇ ÜRETİM HATLARININ İKLİMLENDİRME KOŞULLARININ MODELLENMESİ VE OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim Barış SELÇUK

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 11.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.	**Prof. Dr.**	**Dr.Öğretim Üyesi**
İmdat TAYMAZ	**Cenk ÇELİK**	**Kemal ÇAKIR**
Jüri Başkanı	**Üye**	**Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

İbrahim Barış SELÇUK
01.05.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. İmdat TAYMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR…….. i
İÇİNDEKİLER……. ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ iv
ŞEKİLLER LİSTESİ…… vi
TABLOLAR LİSTESİ……. ix
ÖZET…… x
SUMMARY…….. xi

BÖLÜM 1.
GİRİŞ……. 1

BÖLÜM 2.
İLAÇ ÜRETİMİNDE TEMİZ ODA TERMİNOLOJİSİ VE TASARIM KRİTERLERİ 2
2.1. Temiz Oda (Clean Rooms) 2
2.2. Temiz Oda Sınıfı (Classes for Clean Rooms) 2
2.3. GMP (Good Manufacturing Practice) (İyi Üretim Uygulamaları) 3
2.4. Temiz Oda Tasarım Şartları 3
2.5. Hava Değişim Sayısı 4

BÖLÜM 3.
İLAÇ FABRİKASI TEMİZ ODA TASARIMI 5
3.1. Hava Değişim Sayısı 10
3.2. Hourly Analysis Program Version 5.01 İ-Basic (HAP) Programı 12
3.2.1. Hourly Analysis Program Version 5.01 İ-Basic (HAP) programı kullanımı……. 12

3.2.2. Mevcut efervesan blister kaplı ilacın üretim aşamaları 18
3.3. Mevcut Efervesan Blister Kaplı İlacın Üretim Aşamalarında İklimlendirme Hesabı 19
3.3.1. Yaz için serpantin güçleri hesabı 24
3.3.2. Kış için serpantin güçleri hesabı 33
3.3.3. Yaz için serpantin güçleri hesabı 49
3.3.4. Kış için serpantin güçleri hesabı 58
3.3.5. Yaz için serpantin güçleri hesabı 71
3.3.6. Kış için serpantin güçleri hesabı 80
3.3.7. Yaz için serpantin güçleri hesabı 88
3.3.8. Kış için serpantin güçleri hesabı 95
3.4. Zone - 1 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu 113
3.5. Zone – 1 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu 114
3.6. Zone – 1 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu 114
3.7. Zone - 2 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu 115
3.8. Zone – 2 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu 115
3.9. Zone - 2 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu.....116
3.10. Zone - 3 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu 116
3.11. Zone – 3 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu 117
3.12. Zone – 3 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu 117
3.13. Zone - 4 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu 118
3.14. Zone – 4 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu 118
3.15. Zone - 4 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu..... 119

BÖLÜM 4.
TARTIŞMA VE SONUÇ 120

KAYNAKLAR..... 121
ÖZGEÇMİŞ 122

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHU : Air Handling Unit (Hava Kontrol Ünitesi)
G7 : Kaba Filtrasyon
F9 : Hassas Filtrasyon
GMP : Good Manufacturing Practice (İyi Üretim Uygulamaları)
HDS : Hava Değişim Sayısı
HDH : Hava Değişim Oranı
HAP : Hourly Analysis Program
HEPA : Yüksek Etkinlikte Partikül Yakalayıcı
HVAC : Heating Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Soğutma ve Havalandırma)
LAF : Laminer Air Flow (Laminer Hava Akımı)
NEBB : Netional Environmental Balancing Bureau
ISO 8 : Kalite Standardı
ISO 9 : Kalite Standardı
REM : Program satır başını görme demektir. Bildirim için kullanılır.
BI8 : Donma Termostatı
I : Isıtma
S : Soğutma
BV1 : Klima Çalışma Bilgisi
AV11 : Sıcaklık Kontrol Bilgisi
AO2 : Vantilatör Sürücü Sinyali
AO3 : Egzost Sürücü Sinyali
BV1 : Çalışma Sinyali
BV2 : Nem Alıcı Kumanda Sinyali
BO7 : Nem Alma Açma-Kapama
BO8 : Nem Alma Kumanda

AV12	: Nem Kontrol Sinyali
AI2	: Okunan Nem Değeri
AV2	: Set Edilen Nem Değeri
AV13	: Ön Soğutma Suyu Sıcaklık Değeri
AO1	: Ön Soğutma
S	: Ön Soğutma Bilgisi
M	: Vana Pozisyon Bilgisi
AV36	: Set Edilecek Debi Değeri
AV6	: Üfleme Debisi
AO2	: Vantilatör Sürücü Sinyali
AV37	: Dönüş Debi Set Değeri
AV7	: Dönüş Debisi
AO1	: Aspiratör Sürücü Değeri
AV38	: Egzost Debi Set Değeri
AV8	: Egzost Debisi
AO3	: Egzost Sürücü Değeri
AV9	: Taze Hava Debisi
AV10	: Hız Kontrol
BO10	: Klima Çalıştı Bilgisi
AV15	: Dış Ortam Dew Point
BV34	: Yaz Modu Kontrol Sinyali
BV35	: Kış Modu Kontrol Sinyali
RLQ	: Reset
AV5@1	: Dehum Giriş Set Değeri (Nem Alıcı)
AV6	: Hesaplanan Üfleme Set Değeri
Q8	: X Derece Sürekli Değişken
AV8	: Dew Point Set Değeri
@8	: Manuel Kontrol Set Değeri
AO7	: Analog Output 7
AO8	: Nem By - Pass Damperi
AV25	: Zone Ön Isıtma Değeri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. İlaç Fabrikası Temiz Oda Uygulaması 6
Şekil 3.2. İlaç Fabrikası Temiz Oda Uygulaması 9
Şekil 3.3. Tasarım Parametreleri 12
Şekil 3.4. Tasarım Sıcaklıkları 13
Şekil 3.5. Aylara Göre Sıcaklık Değerleri 14
Şekil 3.6. Genel Bilgiler 14
Şekil 3.7. Genel Bilgiler 15
Şekil 3.8. Genel Bilgiler 15
Şekil 3.9. Sistem Bileşenleri 16
Şekil 3.10. Bölge Bileşenleri 16
Şekil 3.11. Sistem Tasarım Raporu 17
Şekil 3.12. Sistem Özeti 18
Şekil 3.13. Mahal-1 (Blisterleme Odası) Sistem Çıktısı 21
Şekil 3.14. Mahal-2 (Film Kaplama Odası) Sistem Çıktısı 22
Şekil 3.15. Zone-1 Yaz Mevsimi İçin Psikometrik Değerler 25
Şekil 3.16. 20°C ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 27
Şekil 3.17. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 28
Şekil 3.18. 23°C ve %32 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 29
Şekil 3.19. 12°C İçin Soğutma Değerleri 29
Şekil 3.20. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 30
Şekil 3.21. 30,4°C ve %7,1 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 32
Şekil 3.22. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 33
Şekil 3.23. Zone-1 İçin Psikrometrik Değerler 34
Şekil 3.24. 20°C ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 36
Şekil 3.25. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 37
Şekil 3.26. Isıtıcı Serpantin Çıkışı Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 38

Şekil 3.27. Ortam Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 39
Şekil 3.28. Zone-1 Kanal Görünüm 40
Şekil 3.29. Blister Hava Akış Analizi 41
Şekil 3.30. Film Kaplama Hava Akış Analizi 41
Şekil 3.31. Blister-Film Kaplama Klima Santrali Akış Diagramı 42
Şekil 3.32. Mahal-1 (Tablet Baskı Odası) Sistem Çıktısı 45
Şekil 3.33. Mahal-2 (Granülasyon Odası) Sistem Çıktısı 46
Şekil 3.34. Mahal-3 (Tartım Odası) Sistem Çıktısı 47
Şekil 3.35. Zone-2 İçin Psikrometrik Değerler 50
Şekil 3.36. 15°C ve %36,4 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 52
Şekil 3.37. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 53
Şekil 3.38. 12°C İçin Soğutma Değerleri 54
Şekil 3.39. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 55
Şekil 3.40. 12°C İçin Soğutma Değerleri 56
Şekil 3.41. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 57
Şekil 3.42. Zone-2 İçin Psikrometrik Değerler 59
Şekil 3.43. 15°C ve %30 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 60
Şekil 3.44. Karışım Havası Değerleri 61
Şekil 3.45. Isıtıcı Çıkış Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 62
Şekil 3.46. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 63
Şekil 3.47. 24,4 °C ve %11,4rh de ki hava 32 °C ye ısıtılır. 64
Şekil 3.48. Zone-2 Kanal Görünümü 65
Şekil 3.49. Tartım Hava Akış Analizi 66
Şekil 3.50. Tablet Hava Akış Analizi 67
Şekil 3.51. Granülasyon Hava Akış Analizi 67
Şekil 3.52. Tablet-Granülasyon-Tartım Klima Santrali Hava Diagramı 68
Şekil 3.53. Mahal-1 (Koridor) Sistem Çıktısı 69
Şekil 3.54. Zone-3 İçin Psikrometrik Değerler 71
Şekil 3.55. 18°C ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 73
Şekil 3.56. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi,Özgül Nem Değerleri 74
Şekil 3.57. 19,7°C ve %27,4 Rh İçin Entalpi,Özgül Nem Değerleri 75
Şekil 3.58. 12°C İçin Soğutma Değerleri 75

Şekil 3.59. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 77
Şekil 3.60. Soğutucu Çıkışı Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 78
Şekil 3.61. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 79
Şekil 3.62. Zone-3 İçin Psikrometrik Değerler 80
Şekil 3.63. 18°C ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 82
Şekil 3.64. Zone-3 Kanal Görünümü 83
Şekil 3.65. Koridor Hava Akış Analizi 84
Şekil 3.66. Koridor Kliması Hava Akış Diagramı 84
Şekil 3.67. Mahal-1 (Ambalaj Alanı) Sistem Çıktısı 86
Şekil 3.68. Zone-4 Psikrometrik Değerler 88
Şekil 3.69. 22°C ve %50 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 90
Şekil 3.70. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi,Özgül Nem Değerleri 91
Şekil 3.71. 24.6°C ve %50.6 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 92
Şekil 3.72. 12°C İçin Soğutma Değerleri 92
Şekil 3.73. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 94
Şekil 3.74. Zone-4 İçin Psikrometrik Değerler 95
Şekil 3.75. 22°C ve %50 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri 97
Şekil 3.76. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 98
Şekil 3.77. 32°C İçin Psikrometrik Değerler 99
Şekil 3.78. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri 101
Şekil 3.79 . Zone-4 Kanal Görünümü 102
Şekil 3.80. Ambalaj Alanı Klima Santrali Hava Akış Diagramı 102
Şekil 3.81. Ambalaj Hava Akış Analizi 103
Şekil 3.82. Tüm Odalar Kanal Çizimleri 103
Şekil 3.83. PID Kontrol Çıktısına göre Isıtma-Soğutma Vana Kontrol Grafiği 104
Şekil 3.84. Sıcaklık Grafiği 105

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. ISO Standartlarına Göre Temiz Odaların Sınıflandırılması 2
Tablo 2.2. Classlara Göre Temiz Odaların Sınıflandırılması 3
Tablo 3.1. Zone-1 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları 24
Tablo 3.2. Zone-1 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları 33
Tablo 3.3. Zone-1 Kanal Boyutlandırma..... 40
Tablo 3.4. Zone-2 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları 49
Tablo 3.5. Zone-2 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları 58
Tablo 3.6. Zone-2 Kanal Boyutlandırma..... 65
Tablo 3.7. Zone-3 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları 71
Tablo 3.8. Zone-3 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları 80
Tablo 3.9. Zone-3 Kanal Boyutlandırma..... 83
Tablo 3.10. Zone-4 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları 88
Tablo 3.11. Zone-4 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları 95
Tablo 3.12. Zone-4 Kanal Boyutlandırma..... 101

ÖZET

Anahtar kelimeler: Klima santrali, iklimlendirme, ilaç, temiz oda

Temiz oda iklimlendirme sistemi tasarımı temiz oda sınıfına göre alanda bulunması gereken partikül miktarı, içeride üremesi muhtemel bakteri, mantar gibi organizmalar ve üretilecek ürün protokollerine uygun sıcaklık, nem ve çapraz kontaminasyon riskine karşı basınç farkının sağlanması için gerekli şartların sağlanması konfor klimasından çok farklı olarak hassas ve dikkatli parametre seçimi, mühendislik hesabı ve validasyon ölçümleri gerektirmektedir. Bu çalışmada ilacın Hammadde halinden kutulanacağı noktaya kadar geçtiği her bir proses noktalarının iklimlendirme esaslarına uygun Klima Santrali ve Nem Alıcı Cihaz hesapları anlatılmıştır. İlacın üretildiği alanların ısı kazançları hesaplanmış, Klima Santrali hesaplarında debi, Soğutucu Serpantin, Isıtıcı Serpantin kapasite hesapları yapılmıştır. Tüm mahaller modellenmiş olup uygun Klima Santrali dizaynlarının ardından havalandırma kanalları boyutlandırılmış ve modellenen alanların optimizasyonları için Isıtma-Soğutma Serpantin vanaları, Bypass, Taze Hava, Dönüş Havası damperleri, Buhar vanaları vb. ekipmanların kontrolü için kullanılan yazılım açıklanmıştır.

MODELING AND OPTIMIZATION OF AIR CONDITIONING CONDITIONS OF DRUG PRODUCTION LINES

SUMMARY

Keywords: Air handling unit, air conditioning, medicine, clean room

Clean room air conditioning system design according to the clean room class, the amount of particulates to be present in the field, the bacteria and fungus-like organisms that are likely to grow in the interior, and the necessary conditions for ensuring the pressure difference against the risk of temperature, humidity and cross contamination according to the product protocols to be produced are very different from the comfort air conditioner requires careful parameter selection, engineering calculation and validation measurements.In this study, Air Conditioning Unit and Dehumidifier accounts are explained according to the air conditioning principles of each process points where the drug passes from the raw material state to the point where it is going to be boxed. The heat gains of the areas where the drug is produced are calculated, the flow rate in the accounts of the A / C Plant, Coolant Serpentine and Heater Serpentine capacity calculations are made. All spaces are modeled and air ducts are dimensioned after the design of suitable air handling units and heating and cooling serpentine valves, Bypass, fresh air, return air dampers, steam valves, etc. for the optimization of modeled areas. The software used for the control of equipment is described.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Temiz oda iklimlendirme sistemi tasarımı klasikte yapılan iklimlendirme sistemi tasarımından çok daha karmaşık ve risk faktörü çok daha yüksetir. Konfor iklimlendirilmesinde kontrol kriterleri sıcaklık ve nem iken, temiz oda tasarımında ise sıcaklık, nem, canlı-cansız kirleticiler, hava akış yönleri ve basınç gibi kriterlerinin kontrolünün yanı sıra üretimde bulunan cihazların ihtiyacı olan soğuk su, buhar, basınçlı hava, kondens vb. ihtiyaçlarında karşılanması gerekmektedir. Temiz odaların kirlilik durumu oda içerisindeki partikül miktarlarına bağlı olarak değişir. Tasarım değerlerinde tanımlanan kirlilik sınfını oluşturabilmek için temiz oda tasarımının uygulamada kullanılacak ekipmanların ve uygulama yapacak grupların niteliğinin çok yüksek olmasının yanı sıra uygulama aşamasında ve uygulama sonrası yapılacak ayar, ölçüm ve test çalışmaları kalitesi deönem arz etmektedir. Temiz oda kurulumunda iklimlendirme tesisatının tasarım, uygulama ve test çalışmalarının yüksek kalitede olması montaj ve inşaat aşamasında temiz oda standartlarına uygun olmaması kaliteli bir temiz oda kurulumuna engeldir. Bu çalışmada öncelikli hedef temiz oda tasarım kriterleri ve terminolojisi hakkında genel bilgi verilecek sonrasında bir ilaç fabrikasında iklimlendirme sistemi tasarımında izlenecek yöntem tanıtıldıktan sonra, mahal soğutma yükleri, debi hesabı, uygun serpantin seçimi, kanal hesabı, hava akış analizleri ve sonuç olarak temiz oda uygulamalarında yapılması zorunlu kontroller, testler ve ayarlar açıklanacaktır (Bilge, 2004).

BÖLÜM 2. İLAÇ ÜRETİMİNDE TEMİZ ODA TERMİNOLOJİSİ VE TASARIM KRİTERLERİ

2.1. Temiz Oda (Clean Rooms)

Temiz oda içerisinde steril bir ürün imalatı için üretim yapılan tüm yüzeylerde kirletici faktörlerin en alt seviyede tutulması gerekmektedir. Gerek kurulum olarak gerek iklimlendirme ve özel filtre sistemi olarak tasarlanmış ve daimi olarak basınç altın da tutulan bu odalar temiz oda olarak tanımlanmaktadır (Kenter, 2018).

2.2. Temiz Oda Sınıfı (Classes for Clean Rooms)

Temiz odada yapılacak üretimin tipine bağlı olarak temiz oda sınıfı belirlenir ve HVAC tasarımı bu kabule göre gerçekleştirilir. Temiz odaların sınıflandırılmasında çok farklı standartlar kullanılsa da genel olarak kabul gören standart "Federal Standart No: 209E"dir. Bu standarda göre hazırlanmış temiz oda sınıflandırılması Tablo 2.2.'de gösterilmiştir (Kenter, 2018).

Tablo 2.1.ISO Standartlarına Göre Temiz Odaların Sınıflandırılması

ISO classification number (N)	Maximum concentration limits (particles/m³ of air) for particles µm					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1 000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2 930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Tablo 2.2. Classlara Göre Temiz Odaların Sınıflandırılması

	İnsansız Durum (at rest)		İnsanlı Durum (In operation)	
Tem. Sınıfı	0.5 mikron	5 mikron	0.5 mikron	5 mikron
A	3,500	1	3,500	1
B	3,500	1	350,000	2,000
C	350,000	2,000	3,500,000	20,000
D	3,500,000	20,000	tanımlanmamış	tanımlanmamış

2.3. GMP (Good Manufacturing Practice) (İyi Üretim Uygulamaları)

GMP, üretimin (ilaç gibi) tüm proseslerinin kalite standartlarında kontrolü ve sağlıklı imal edilmesinin nasıl yapılacağını anlatır. Bu çalışmadan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

1. Üretim personellerinin özellikleri
2. Üretim odalarının dizayn ve uygulama kriterleri
3. Üretim cihazlarının kontrolü
4. Üretim ve ürünün kontrolü
5. Paketleme ve etiketleme kontrolü
6. Laboratuar çalışmalarının kontrolü
7. Yapılan ölçümlerin ve kayıtların tutulması ve raporlama tekniği

2.4. Temiz Oda Tasarım Şartları

Temiz odalarda sıcaklık ve nem kontrolündeki amaç; üretilen üründen kaynaklanan özel koşullar dışında, temiz odada çalışan insanlar için konforlu bir ortam temin edebilmektir. Temiz odalarda özel giysiler içinde çalışan insanların terleyerek daha fazla kirleticiler üretmemesi için konfor koşullarının çok yüksek seviyede tutulması zorunluluktur.

Özel koşullar belirtilmediği sürece temiz odalardaki iç hava dizayn koşulları sıcaklık 22°C, bağ›l nem % 45 olarak ASHRAE ve NEBB (Netional Environmental Balancing Bureau) tarafından önerilmektedir (Kenter, 2018).

2.5. Hava Değişim Sayısı

Temizlik derecesi 10.000 ile 100.000 kirlilik sınıfı arasındaki odalarda önerilen hava değişim sayısı saatte 20 ile 30 arasında, temizlik sınıfı 1, 10 ve 100 grubunda saatte değişim sayısı 600 ile 700 arasında önerilmektedir (Kenter, 2018).

BÖLÜM 3. İLAÇ FABRİKASI TEMİZ ODA TASARIMI

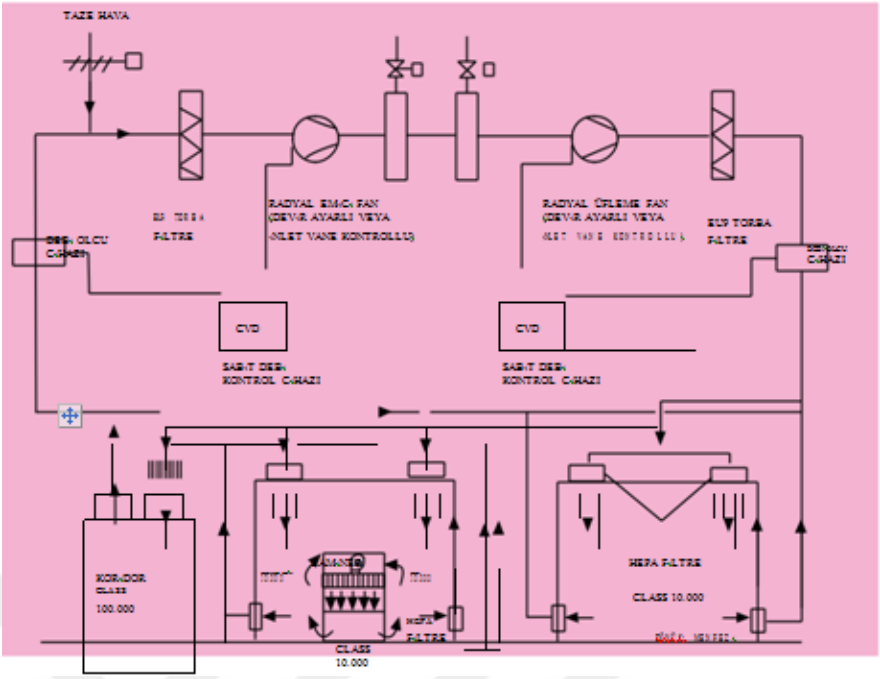
Temiz oda yapımı ciddi bir takım çalışmasını gerektirir. Bu takım içerisinde

1. İnşaat
2. Elektrik
3. Mimari
4. Mekanik

Üyelerinin yanı sıra, ilaç fabrikasının teknik işletmeler mühendisleri ve kalite güvence üyelerininde yer alması gerekir. Bu tasarım grubunun yapacağı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

1. Temiz odalarda üretilecek ürünün şekli ve yeterliliği işyeri sahibi tarafından belirlenir.

2. Mimari ekip üyeleri GMP gibi uluslararası standartların yanı sıra Sağlık Bakanlığı'nın temiz odalar ile ilgili yönetmelikleri hakkında bilgilendirilmelidir.



Şekil 3.1. İlaç Fabrikası Temiz Oda Uygulaması

3. Fabrika yetkililerinden alınacak malzeme bilgileri ve boyutları değerlendirilerek üretim ve ofis alanları, mimari ve statik öncü projeleri hazırlanır.

4. Üretim bölümlerinde kullanılan malzemeler birebir boyutlarına göre mimari projeye işlenir (Lay-Out)

5. Fabrika sorumlularınca üretim bölümlerinin temizlik derecesi ve bölümlerde Laminer Akış cihazının kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir.

6. İç hava tasarım koşulları (sıcaklık, nem) üretim sorumlularının görüşleri alınarak değerlendirilir.

7. Temiz oda içerisinde bulunan malzemelerin ihtiyaçları olan soğuk su, sıcak su, buhar, deiyonize su, azot, kondens ve çıkış havası gibi ihtiyaçların yeterlilik ve özellikleri imalatçı şirket kataloglarından tespit edilir.

8. Cihazların yaydıkları ısıların 24 saatlik dağılımı belirlenir.

9. Temiz oda kombinizasyonundaki her bir alanın ısı kaybı, kazancı ve bölgelere gönderilecek hava akış miktarları hesaplanır.

10. Oluşturulan hava akış miktarları temiz oda sınıfına uygun değişim sayıları ile karşılaştırılır. Hesaplanan hava akış değişim sayısı standartlarına uygun hava değişim sayısının altında kalıyor ise hava değişim sayıları revize edilir.

11. Mahaldeki pozitif basınç değerini yakalayabilecek dış hava miktarı belirlenir.

12. Temiz odada düşük bağıl nem değerleri istendiği takdirde, psikrometrik çalışmaların yapılıp kimyasal nem alıcı kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir.

13. Özel sızdırmaz asma tavanlarda hepa filtre ve aydınlatma armatürleri yerleşimi yapılır.

14. Tabana yakın bir bölgedeki emiş menfez yerleri belirlenir. Aşağıya doğru uzanan kanalların montajı için önlemler alınır.

15. Havalandırma kanalı tasarımı gerçekleştirilir. Emiş ve gidiş hattı basınç kaybı hesaplanır. Gidiş hattı üzerindeki hepa filtre basınç kaybı kirlilik değeri tespit edilerek seçilir.

16. Hesaplamalar sonucu tespit edilen kapasitelere uyan klima santrali seçimi yapılır. Klima santralleri fanları, santralde kullanılan filtrelerin (G4, F7, F9 ve HEPA) kirli haldeki basınç kayıpları esas alınarak uygulanmalıdır. Klima santrali fanları gerekli hava debisini karşılayabilmek için frekans kontrollü seçilmelidir.

17. Doğrudan dışarıya atılan hava (egzost) ilaç tozları içeriyorsa egzost edilen havadaki tozlar HEPA filtrede tutularak süzüldükten sonra dış ortama verilecek şekilde sistem tasarımı yapılmalıdır.

18. Temiz odalarda sıcaklık, nem ve basınç değerlerinin otomasyonda izlenmesi ve kayıt altına alınması zorunluluğundan dolayı otomasyon kontrol sistemi, bina otomasyonuna uygun projelendirilmelidir.

19. Sistemin sürekli kesintisiz ve problemsiz çalışacağı düşünülerek mekanik tesisat şartnamesi hazırlarken aşağıdaki hususlar mutlaka göz önünde tutulmalıdır.

– Tüm hava kanalları yüksek basınçta sızdırmazlık testine tabi tutulacağı için kanal imalatının özel sızdırmaz flanşlı ve standartlara uygun üretilmesi,

– Tesisat üzerinde döşenen tüm siyah boruların dikişsiz olması ve boyama işlemi gerçekleştirilmeden önce kumlanması,

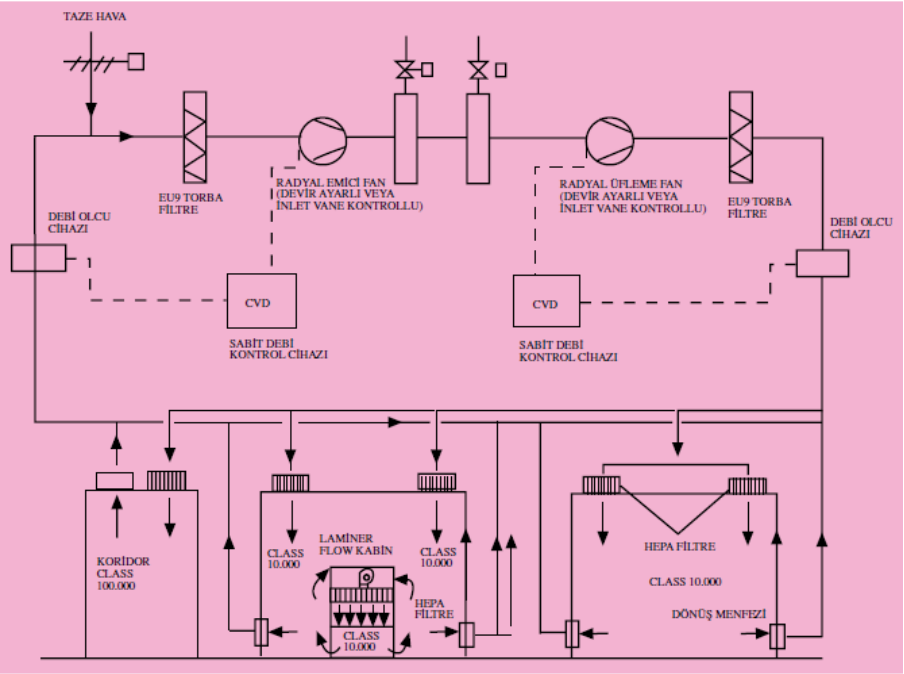
– Tesisat borularının iç kısımlarında oluşacak korozyonu en aza indirgemek için özel kimyasallar kullanılması,

– Bu çalışmada kullanılacak bütün ekipmanların üretim, kapasite testlerinin ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğu,

– Bütün imalatların sertifikalı firmalar tarafından yapılması, standartlara uygun testlerin yapılması,

– İlerleyen kısımlarda anlatılacak ayar, test ve ölçüm çalışmalarının da mekanik tesisat şartnamesinde yer alması gerekmektedir.

Yukarıda açıklanan tasarım koşullarına uygun dizayn edilmiş ve ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılan 10.000 partikül sınıfı temiz oda ile lokal 100 partikül sınıfı temiz bölgeyi temiz oda uygulaması şematik olarak Şekil 3.2.'de gösterilmiştir (Demirel, 2018).



Şekil 3.2. İlaç Fabrikası Temiz Oda Uygulaması

Bu çalışmada hammadde (toz) halden film kaplı tablet haline gelen bir ilacın hijyenik temiz odalarda üretim prosesleri sırasında üretim mahallerinin iklimlendirme hesapları ve dizaynları seçimi anlatılmaktadır.

Üretilecek olan ilaç toz hammadde olarak fabrikaya giriş yaparak üretilecek ilacın cinsine ve prosesine göre depodan çekilerek tartım sahasına getirilerek burada ilacın toz etken madde ve toz hammaddeleri LAF Kabinlerinde tartılarak üretime verilmek üzere paketlenir. Bu paketler ürün bekletme odalarında haftalık yapılan iş planına göre gün gün sırasıyla üretilmek için bekletilir. İklimlendirme hesaplarını yapacağımız ilacın etken ve hammadde paketleri hazırlanan protokollere uygun bir şekilde granülasyon alanına getirilir. Tablet baskı öncesi ürünü uygun hale getirmek için spray granülasyon yönetimi kullanılır. Bağlayıcı bir madde ile solüsyon hazırlandıktan sonra iç faz granül makinesine yüklenir, ilk olarak ön ısıtma işlemi

yapılarak hammaddeler ısıyla birlikte kaldırılır ve bu şekilde üzerlerine solüsyon spreylenerek nozulla granülasyon işlemi yapılır. Ürünün nemi kontrol edilir, nem istenilen değerdeyse kurutma işlemi tamamlanır. Son olarak soğutma aşamasına geçilir. Makineden çıkan ürün elenir daha sonra içerisine dış fazlar eklenir. Ve karıştırıcıya gönderilerek karıştırılır. Basılmak için hazırlanan ürün tablet baskı odasına getirilerek burada tablet makinesine dökülür ve makinenin zımbaları yardımıyla toz ürün sıkıştırılarak katılaştırılır. Burada tablet halindeki ürünler hassas terazi ile tartılır ve uygunlukları kontrol edilir. Tablet baskıdan çıkan ürünler söz konusu ilacın niteliğinden dolayı kullanıcıların midelerinde emilim sağlanması için film kaplama odasına getirilir. Film kaplama makinesine yerleştirilen ürünler özel bir solüsyonla özel sıcaklıklarda bu makinede karıştırılır. Film kaplanan tabletler blisterlenmek üzere blisterleme odasına aktarılır. Burada özel folyo kâğıtlar ve plastik ambalaj ile ürünler paketlenir. Ve son olarak ürünler ambalaj alanına geçirilerek burada prospektüs ve kutulama işlemleri kutulama makineleri yardımıyla yapılır. Söz konusu ilacın anlatılan üretim prosesleri için bölge bölge iklimlendirme zoneları oluşturulmuştur.

İlaç üretiminde ilacın sterilizasyonu için gerek şart olan ilacın üretildiği mahalin hava ile yıkanması durumu Hava Değişim Sayısı olarak adlandırılır. İlacın niteliğine göre değişiklik gösteren HDS, mahalin hesaplayacağımız ısı yüklerine göre bulacağımız HDS'den büyükse bu alınır (Demirel, 2018).

3.1. Hava Değişim Sayısı

Hava değişim sayısı tespitinde emniyetli tarafta kalmak için geçmişte yüksek HDH değerleri kullanmıştır. Yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olmasına neden olan ve artık son standart uygulamalarıyla bu kullanımlar kabul görmemektedir. Temiz odalardaki parçacık düzeyi birçok etkene bağlıdır. Bu sebeple, tasarım esnasında yapılan HDH değeri seçiminin, sadece temiz oda sınıfına bağlı olarak uygulanması doğru değildir. Bu seçimin, temiz odadaki prosesler ve alanda yürütülen faaliyetler göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalara göre olması gereklidir. HDH sayısının tek başına temiz oda sınıfına uygunluğu sağlaması bize kesin hüküm

sağlayamaz; esas kritik nokta, gereken havalandırma etkinliğini sağlayacak bütün ilgili faktörlerin dikkate alınmasıdır. Burada tasarıma temel alınacak olan hava akışının, örneğin mahaledeki soğutma yükünü, parçacık oluşumunu, egzost edilecek havayı ve dışarı kaçan havayı dengeleyecek şekilde olması, etkin bir havalandırma hızı sağlamak için gerekli tüm tasarım önlemlerinin alınması önemlidir. Bu açıdan, HDH değerlerinin hesaplanması gerekli görülmelidir ve bu hesaplamalar için uygun bir metot seçilmelidir. GMP kılavuzlarında son zamanlarda yapılan ve yukarıda anlatılan güncellemelerin gösterdiği gibi, temiz odalar için belirli bir HDH tayini yapmaktan vazgeçilmiştir. Steril ürünlerin üretimiyle ilgili güncelleştirilmiş kılavuzlarda, temiz oda sınıfları için verilen parçacık limitlerine ulaşılabilmesi için herhangi bir HDH değeri önerme ibaresi bulunmamaktadır. Buna binayen, en yeni GMP gerekliliklerine göre oluşturulacak tasarımlarda ve ileriki uygulamalarda sadece temiz oda sınıfına bağlı olarak bir HDH limiti kullanılması uygun değildir. Fakat GMP kılavuzlarında, temiz odadaki faaliyetlerin tamamlanmasından itibaren "dinlenme durumu (at rest)" şartlarına dönülmesi için 15-20 dakikalık bir toparlanma süresi olması gerektiği belirtilmektedir. Bu sebeple, tasarıma göre oluşturulacak HDH değerinin gerekli toparlanma süresini sağlayabilecek şekilde seçilmesi önem arz etmiştir ve dikkat edilmesi gereken bir husustur. Temiz odaların tasarımının, alanında bilgili olan ve benzer çalışmalarda gerekli tecrübeyi edinmiş ve temiz oda hesaplamalarını iyi bilen tasarım mühendislerine veya tasarımcı proje firmalarına yaptırılması, bütün tasarım kriterlerinin hesaplama yoluyla sağlıklı bir şekilde seçilmesini, havalandırma sisteminin yatırım ve işletme maliyetlerinin optimizasyonun ve sonuçta standartları tam olarak karşılayan en ekonomik çözümün gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak HDH ile alakalı olarak net ve kesin bir bilgi veren bir kaynak bulunmamaktadır fakat sektör bazlı deneyimlere dayalı tavsiyeler yer almaktadır.İlaç sektöründe CLASS C alanlarda HDH en az 20 alınır. HDH 20 değerinin altında olan alanlar için partikül sayımı yapıldığında problemler ve sapmalar doğabilmektedir. Hesaplanan zone bölgelerinde HAP programında ısı kazançlarına bağlı Hava değişim sayıları incelendiğinde 20 nin altında olduğu görülür bunun sebebi odalarda çok fazla ısı yayan bir cihaz olmaması ve oda da çalışan personel sayısının min. da

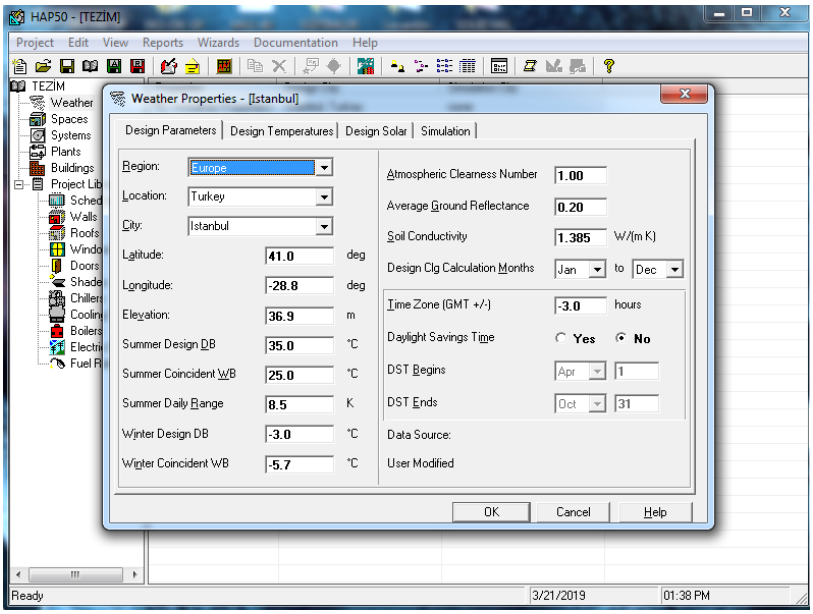
tutulmasıdır. Bu yüzden klima santrali debisi hesaplarken tavsiye edilen 20 hava değişim sayısını alarak hesap yapılacaktır (Kenter, 2018).

3.2. Hourly Analysis Program Version 5.01 İ-Basic (HAP) programı

HAP Programı saatlik analiz yöntemiyle istediğimiz sonuçları hassas bir biçimde hesaplamamıza olanak sağlayan bazı sistemlerde kritik mahali bulmak için birkaç mahali birden çok incelemememiz gerekliliğini ve dizaynı yapan kişinin min. Havalandırma değerlerini gözden kaçırmasını engelleyen hızlı ve hassas bir soğutma hesabı yapan programdır. ASHRAE Transfer Fonksiyonu Methodu kullanarak çalışır.

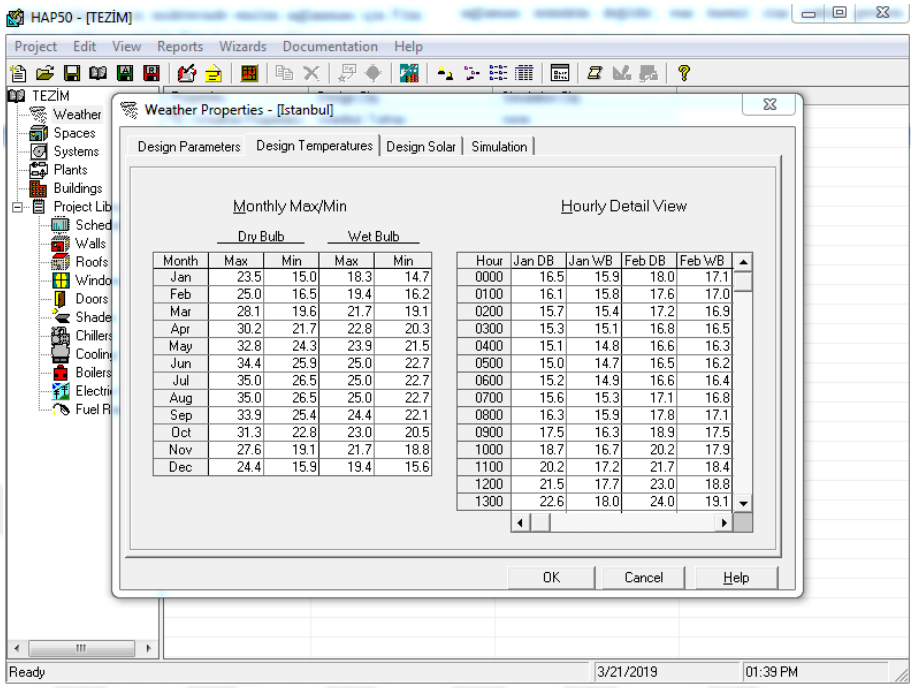
3.2.1. Hourly Analysis Program Version 5.01 İ-Basic (HAP) programı kullanımı

Program açılarak hangi ülke ve şehirde çalışılacaksa seçimler buna göre yapılır. Program içerisinde Sakarya olmadığından İstanbul seçilmiş fakat Yaz ve Kış için Sakarya ilinin Kuru Termometre ve Yaş Termometre değerleri girilmiştir.



Şekil 3.3. Tasarım Parametreleri

Girilen değerlere göre aylık ve saatlik Kuru Termometre ve Yaş Termometre değerleri sistem tarafından otomatik çıkartılır.

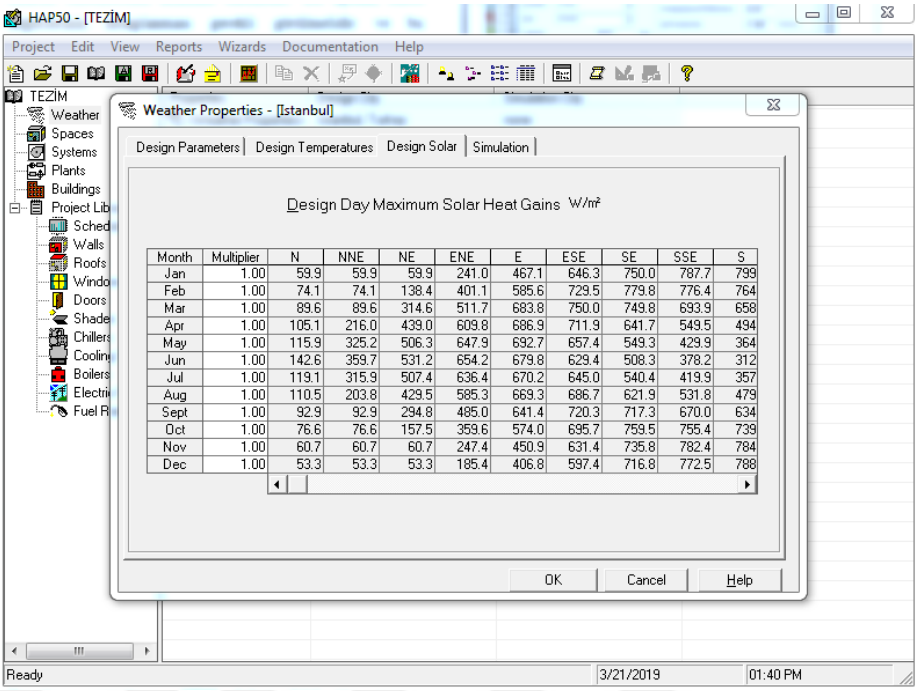


Month	Dry Bulb Max	Dry Bulb Min	Wet Bulb Max	Wet Bulb Min
Jan	23.5	15.0	18.3	14.7
Feb	25.0	16.5	19.4	16.2
Mar	28.1	19.6	21.7	19.1
Apr	30.2	21.7	22.8	20.3
May	32.8	24.3	23.9	21.5
Jun	34.4	25.9	25.0	22.7
Jul	35.0	26.5	25.0	22.7
Aug	35.0	26.5	25.0	22.7
Sep	33.9	25.4	24.4	22.1
Oct	31.3	22.8	23.0	20.5
Nov	27.6	19.1	21.7	18.8
Dec	24.4	15.9	19.4	15.6

Hour	Jan DB	Jan WB	Feb DB	Feb WB
0000	16.5	15.9	18.0	17.1
0100	16.1	15.8	17.6	17.0
0200	15.7	15.4	17.2	16.9
0300	15.3	15.1	16.8	16.5
0400	15.1	14.8	16.6	16.3
0500	15.0	14.7	16.5	16.2
0600	15.2	14.9	16.6	16.4
0700	15.6	15.3	17.1	16.8
0800	16.3	15.9	17.8	17.1
0900	17.5	16.3	18.9	17.5
1000	18.7	16.7	20.2	17.9
1100	20.2	17.2	21.7	18.4
1200	21.5	17.7	23.0	18.8
1300	22.6	18.0	24.0	19.1

Şekil 3.4. Tasarım Sıcaklıkları

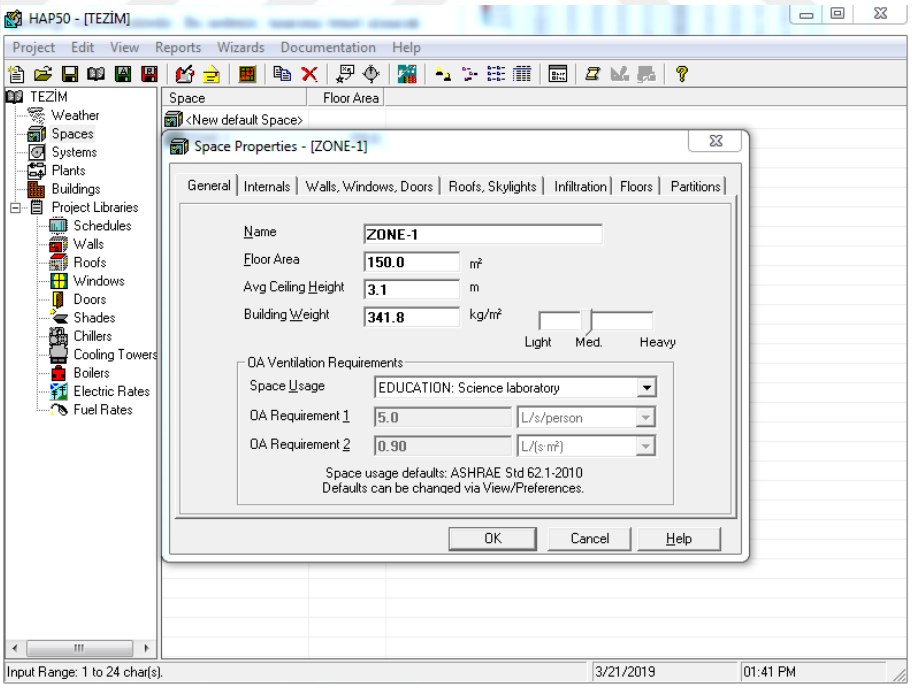
Dizayn gününe bağlı olarak güneşten gelen max. Isı kazançları W/m² program tarafından otomatik hesaplanır.



Month	Multiplier	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
Jan	1.00	59.9	59.9	59.9	241.0	467.1	646.3	750.0	787.7	799
Feb	1.00	74.1	74.1	138.4	401.1	585.6	729.5	779.8	776.4	764
Mar	1.00	89.6	89.6	314.6	511.7	683.8	750.0	749.8	693.9	658
Apr	1.00	105.1	216.0	439.0	609.8	686.9	711.9	641.7	549.5	494
May	1.00	115.9	325.2	506.3	647.9	692.7	657.4	549.3	429.9	364
Jun	1.00	142.6	359.7	531.2	654.2	679.8	629.4	508.3	378.2	312
Jul	1.00	119.1	315.9	507.4	636.4	670.2	645.0	540.4	419.9	357
Aug	1.00	110.5	203.8	429.5	585.3	669.3	686.7	621.9	531.8	479
Sept	1.00	92.9	92.9	294.8	485.0	641.4	720.3	717.3	670.0	634
Oct	1.00	76.6	76.6	157.5	359.6	574.0	695.7	759.5	755.4	739
Nov	1.00	60.7	60.7	60.7	247.4	450.9	631.4	735.8	782.4	784
Dec	1.00	53.3	53.3	53.3	185.4	406.8	597.4	716.8	772.5	788

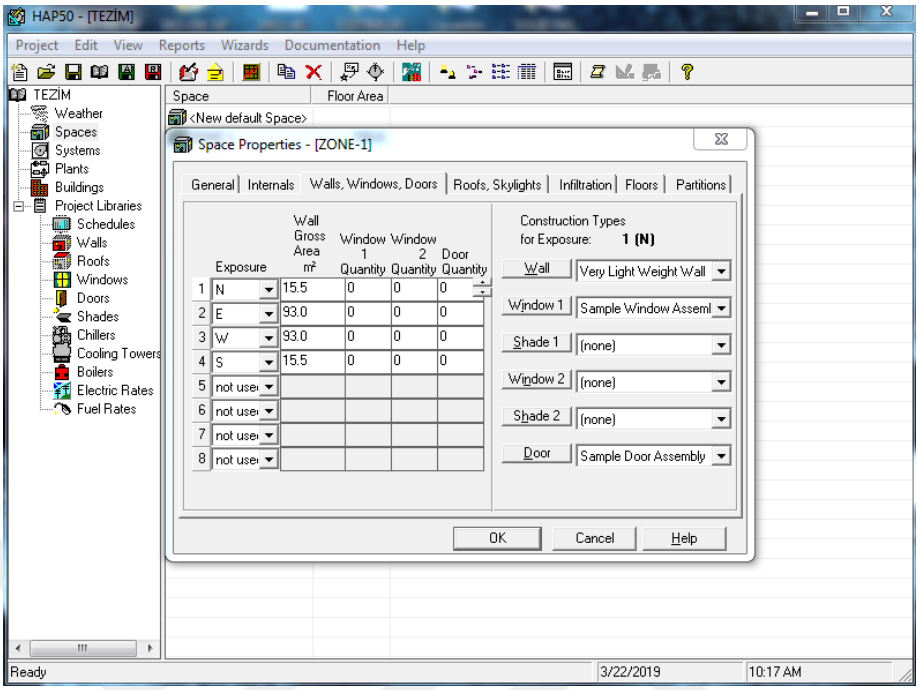
Şekil 3.5. Aylara Göre Sıcaklık Değerleri

Zone ismi girilerek space komutunda mahalin ölçüleri girilir.



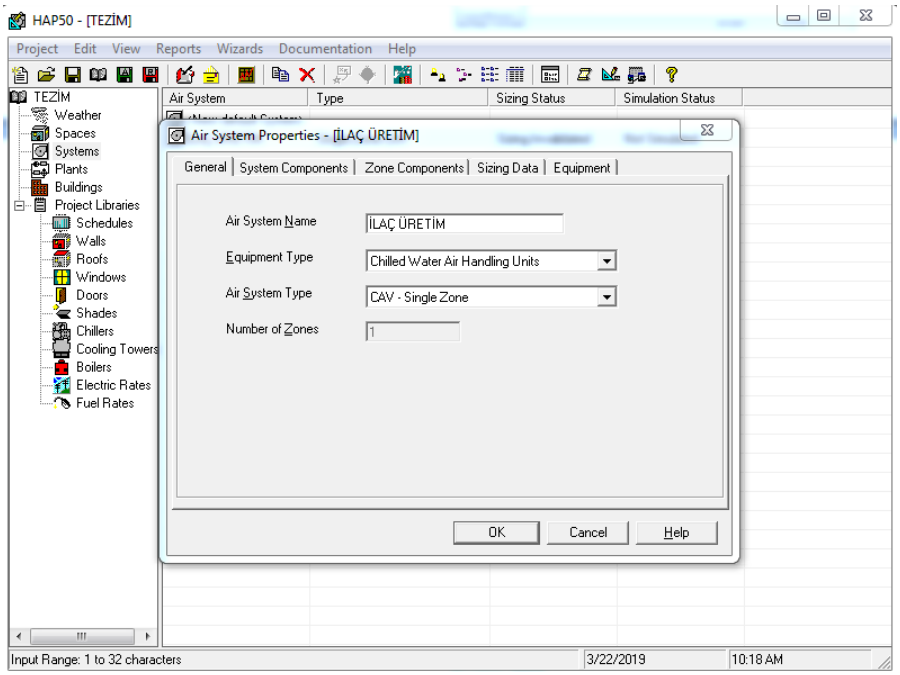
Şekil 3.6. Genel Bilgiler

Mahal içi bilgiler girilir. Mahalin yüzeyleri için bilgiler girilir.



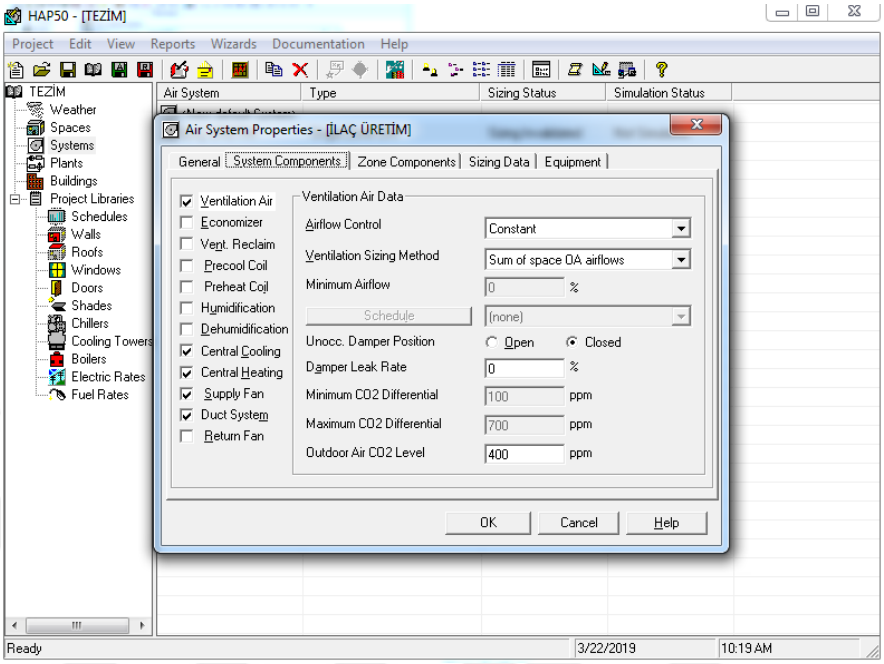
Şekil 3.7. Genel Bilgiler

Sistem kısmında zone seçilerek soğutmanın hangi sistem kullanılarak yapılacağı seçilir.



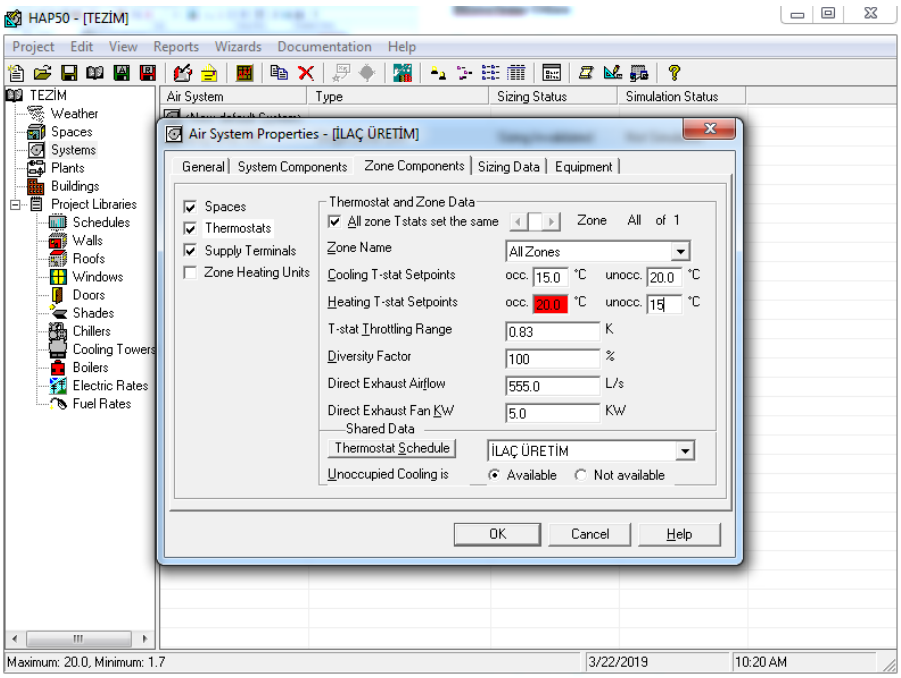
Şekil 3.8. Genel Bilgiler

Sistem bileşenleri seçilir. Üfleme havası, Ekonomizer olup olmayacağı, merkezi soğutma ve ısıtma, nem bilgisi vb.



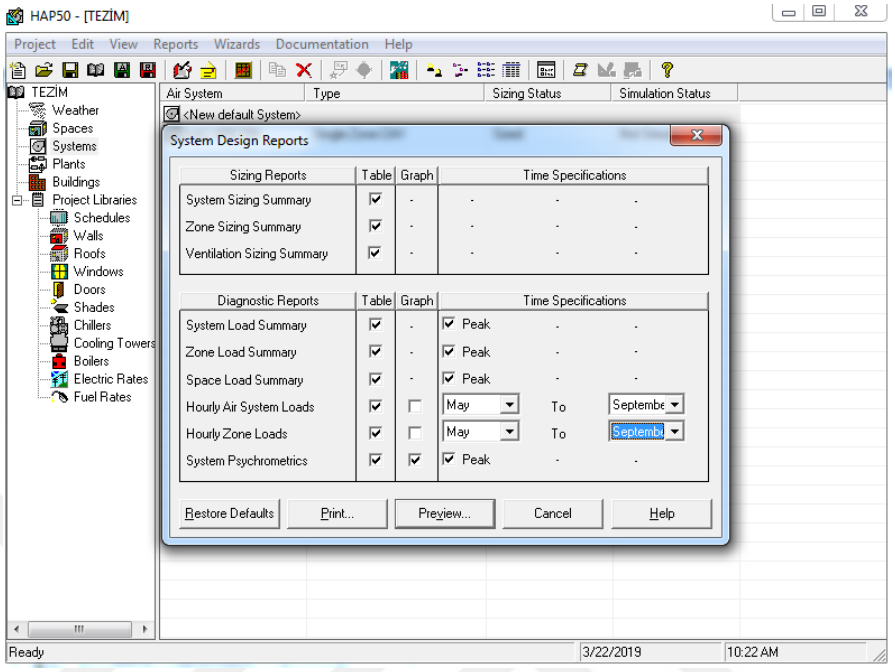
Şekil 3.9. Sistem Bileşenleri

Mahal içi set değerleri girilir.



Şekil 3.10. Bölge Bileşenleri

Sistem Raporu için zaman spesifikasyonları belirlenir. Yaz için yaz ayları kış için kış ayları seçilir.



Şekil 3.11. Sistem Tasarım Raporu

Seçim çıktısı alınarak toplam soğutma yüküne bakılır.

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZİM — 03/22/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 10:22AM

Air System Information

Air System Name	İLAÇ ÜRETİM		Number of zones	1	
Equipment Class	CW AHU		Floor Area	150.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Istanbul, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec	Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated	Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	27.1	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	16.7	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	6726	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	6726	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	6726	L/s	Coil ADP	14.6	°C
Sensible heat ratio	0.617		Bypass Factor	0.100	
m²/kW	5.5		Resulting RH	97	%
W/m²	180.3		Design supply temp.	14.4	°C
Water flow @ 5.6 K rise	1.17	L/s	Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	13.7	kW	Load occurs at	Des Htg	
Coil L/s at Des Htg	6726	L/s	W/m²	91.2	
Max coil L/s	6726	L/s	Ent. DB / Lvg DB	12.5 / 14.2	°C
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s			

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	6726	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	6696	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
Actual max L/(s·m²)	44.84	L/(s·m²)	Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	555	L/s	L/s/person	111.00	L/s/person
L/(s·m²)	3.70	L/(s·m²)			

Şekil 3.12. Sistem Özeti

Bu programın soğutma yükü hesabı için kullanılması tavsiye edilmektedir. Çok fazla bileşen ile çalışmaktadır saatlik baz da dahi sistemi yönetebilmektedir. VAV-CAV sistemine uygundur. İlaç sanayisinde 3 vardiya olarak tam zamanlı çalışıldığı ve 45 dk nın üzerinde yaşanan duruşlarda alan temizliği gerektiği için sistem hiçbir zaman durdurulmaz.

3.2.2. Mevcut efervesan blister kaplı ilacın üretim aşamaları

Temiz oda iklimlendirme sistemi tasarımı temiz oda sınıfına göre alanda bulunması gereken partikül miktarı, içeride üremesi muhtemel bakteri, mantar gibi organizmalar ve üretilecek ürün protokollerine uygun sıcaklık, nem ve çapraz kontaminasyon riskine karşı basınç farkının sağlanması için gerekli şartların sağlanması konfor klimasından çok farklı olarak hassas ve dikkatli parametre seçimi, mühendislik hesabı ve validasyon ölçümleri gerektirmektedir. Bu çalışmada hammadde, toz halden film kaplı tablet haline gelen bir ilacın hijyenik temiz odalarda üretim prosesleri sırasında üretim mahallerinin iklimlendirme hesapları ve dizaynları seçimi

anlatılmaktadır. Üretilecek olan ilaç toz hammadde olarak fabrikaya giriş yaparak üretilecek ilacın cinsine ve prosesine göre depodan çekilerek tartım sahasına getirilerek LAF kabinlerinde tartılarak üretime verilmek üzere paketlenir. Bu paketler ürün bekletme odalarında haftalık yapılan iş planına göre gün gün sırasıyla üretilmek için bekletilir. İklimlendirme hesaplarını yapacağımız ilacın etken ve hammadde paketleri hazırlanan protokollere uygun bir şekilde granülasyon alanına getirilir. Tablet baskı öncesi ürünü uygun hale getirmek için spray granülasyon yönetimi kullanılır. Basılmak için hazırlanan ürün tablet baskı odasına getirilerek burada tablet makinesine dökülür ve makinenin zımbaları yardımıyla toz ürün sıkıştırılarak katılaştırılır. Tablet baskıdan çıkan ürünler film kaplama odasına getirilir. Film kaplama makinesindeki ürünler özel bir solüsyonla makinede karıştırılır. Son olarak ürünler ambalaj alanına geçirilerek burada prospektüs ve kutulama işlemleri kutulama makineleri yardımıyla yapılır.

3.3. Mevcut Efervesan Blister Kaplı İlacın Üretim Aşamalarında İklimlendirme Hesabı

ZONE-1

Blisterleme Odası;

Hacim: 5m x 20m x 3,10m =310m³

Sıcaklık: Max.20°C

Nem: Max.%20 rh

Değişim Sayısı: 20

Taze Hava Oranı: %20

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=20 x 310

Q=6200 m^3/h

Film Kaplama Odası;

Hacim: 5m x 10m x 3,10m = 155 m^3

Sıcaklık: Max.20°C

Nem: Max.%40 rh

Değişim Sayısı: 20

Taze Hava Oranı: %20

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=20 x 155

Q=3100m^3/h

Zone-1 Klima Santrali Hesabı:

Zone Toplam Debi: 8060 m^3/h

Zone Sıcaklık İhtiyacı: Max.20°C

Zone Nem İhtiyacı: Max.%20 rh

Zone Taze Hava Oranı: %20

Klima Santrali seçiminde ilk yapılması gereken hesap mahaldeki ısı kazancı hesabıdır. Zone-1 bölgesinde 2 adet mahal bulunmaktadır.

Mahal-1 (Blisterleme Odası)

Mahal-2 (Film Kaplama Odası)

Zone-1 Isı Kazancı Hesabı

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZIM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 08:48AM

Air System Information

Air System Name	Blisterleme Odası		Number of zones	1	
Equipment Class	CW AHU		Floor Area	100.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	14.8	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	13.7	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	1282	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	1282	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	1282	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	13.5	kW
Coil L/s at Des Htg	1282	L/s
Max coil L/s	1282	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	1282	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	1300	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	56	L/s	L/s/person	28.00	L/s/person

Şekil 3.13. Mahal-1 (Blisterleme Odası) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı=12728 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi=1282 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 4615 m³/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=4615/310

= 14,8

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZIM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 09:26AM

Air System Information

Air System Name	Film Kaplama Odası		Number of zones	1	
Equipment Class	CW AHU		Floor Area	50.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	10.1	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	7.7	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	757	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	757	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	757	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	8.8	kW
Coil L/s at Des Htg	757	L/s
Max coil L/s	757	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	757	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	812	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	76	L/s	L/s/person	35.00	L/s/person

Şekil 3.14. Mahal-2 (Film Kaplama Odası) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı=8686 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi=757 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 2725 m^3/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=2725/155

=17,5

Zone-1 Toplam Isı Kazancı:12728+8686=21414 kcal/h

Blisterleme Odası Hava Değişim Sayısı: 14,8

Film Kaplama Odası Hava Değişim Sayısı: 17,5

Zone-1 Bölgesi Klima Santrali Debi Hesabı;

Debi=Hacim x Hava Değişim Sayısı

Blisterleme Odası Debisi= 310 x 20

=6200m^3/h

Film Kaplama Odası Debisi= 155 x 20

=3100 m^3/h

Zone-1 Debisi = 6200+3100

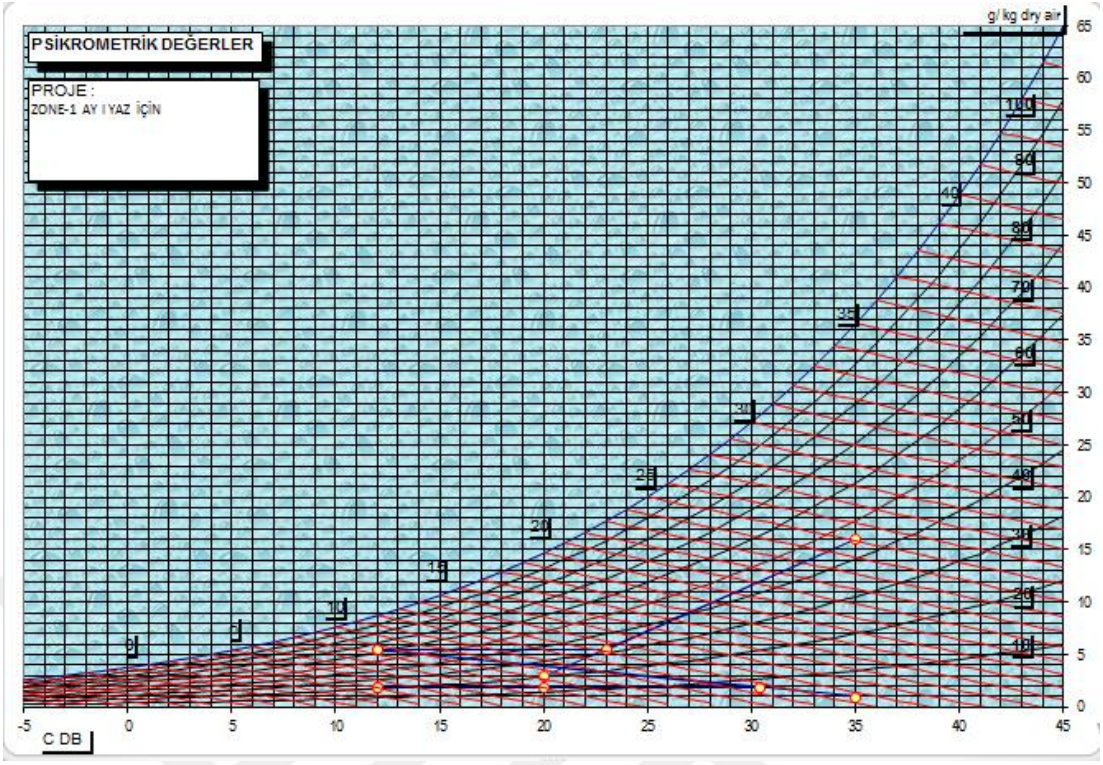
= 9300 m^3/h

9300 m³/h olarak bulduğumuz Zone-1 debisi için seçilecek olan Klima Santralinin ileride oluşabilecek olumsuz durumlara, hava kaçaklarına vb. Durumlara karşı problem yaşanmaması için emniyet payı ile birlikte 10.000m³/h seçilebilir. Bu aşamada debisi belli olan Klima Santralimizin serpantin güçlerini (ısıtma, soğutma), vantilatör ve aspiratör fanı güçlerini, üretilecek ilaca göre santralin içine yerleştirilecek filtreleri hesaba katarak ihtiyaçları karşılayacak bir seçim yapacağız. Aynı zamanda santralimiz ortam ihtiyacı gereği nemi düşük bir hava olacağından bir nem alıcı cihaz takviyesiyle uygun şartları sağlayacaktır (Kırbaş, 2013).

3.3.1. Yaz için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.1. Zone-1 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle	Tekstil yıkayıcı girişi bul			
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible	
	m³/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h	
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	10.000	12,0	22,0	16,865	1,234	-9,311	1,900					
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	10.000	20,0	13,2	24,940	1,200	-9,311	1,900	0,0	28	23.807	23.200	
Karışım / Mix Ekle	20.000	16,0					1,900					
Yaz İçin												
Ortam Havası	10.000	20,0	13,2	24,940	1,200	-9,311	1,900	0,0	28	23.807	23.200	
Üfleme Havası	10.000	12,0	22,0	16,865	1,234	-9,311	1,900					
Son Soğutucu Çıkış	10.000	12,0	22,0	16,863	1,234	-9,315	1,899	0,0	-60	-51.438	-53.360	
Son Soğutucu Giriş	10.000	30,4	7,1	35,437	1,159	-9,315	1,899					
Karışım	10.000	30,4	7,1	35,446	1,159	-9,290	1,903					
By Pass	2.000	12,0	63,3	25,946	1,227	5,273	5,500					
Nem Alıcı Çıkış	8.000	35,0	2,9	37,783	1,144	-17,610	1,003					
Ön Soğutucu Çıkış	10.000	12,0	63,3	25,946	1,227	5,273	5,500	0,0	-37	-31.541	-31.900	
Ön Soğutucu Giriş	10.000	23,0	31,6	37,121	1,181	5,273	5,500					
Karışım Havası	10.000	23,0	31,6	37,113	1,181	5,264	5,497					
Taze Hava	2.000	35,0	45,0	76,094	1,117	21,301	15,944					
Dönüş Havası	8.000	20,0	20,0	27,439	1,199	-3,719	2,885					



Şekil 3.15. Zone-1 Yaz Mevsimi İçin Psikometrik Değerler

%20 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 2000 m³/h olarak belirlendi.

Yaz için Sakarya İli

Kuru Termometre Sıcaklığı : 35°C

Yaş Termometre Sıcaklığı : 25°C

Psikometrik Diagramda 35-25, %45 rh bağıl nemlere denk gelir.

20 °C deki %20 rh bağıl nemdeki Zone-1 alanı içerisinden gelen %80 hava yani 8000 m³/h debi ile dışarıdan %20 taze hava yani 2000 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde adyabatik olarak karıştırılır.

Kuru ve Yaş termometre sıcaklıklarına göre özgül hacim bulunur.

W_1=2,8 gr nem/kgkuru hava

h_1=27,4 kJ/ kgkuru hava

v_1=1,199 kg/ m³

W_2=15,9 gr nem/kg kuru hava

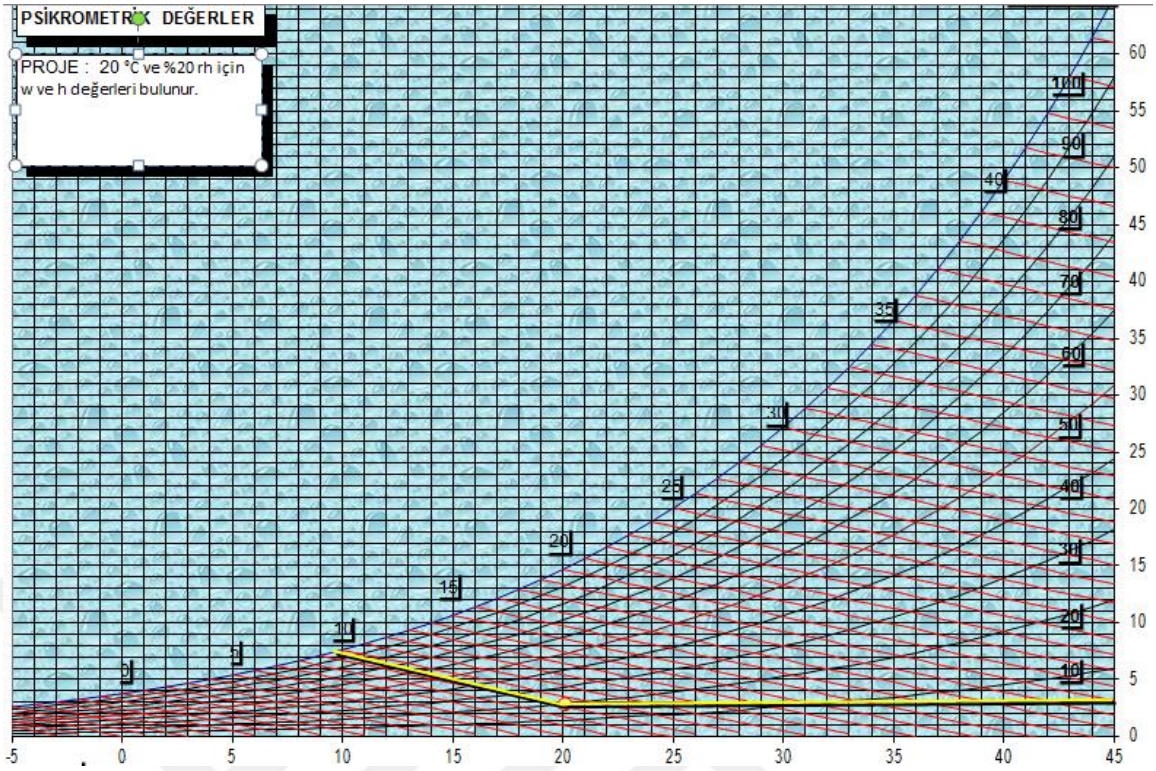
h_1=76 kJ/ kgkuru hava

v_1=1,117 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=8000 m³/h/1,199

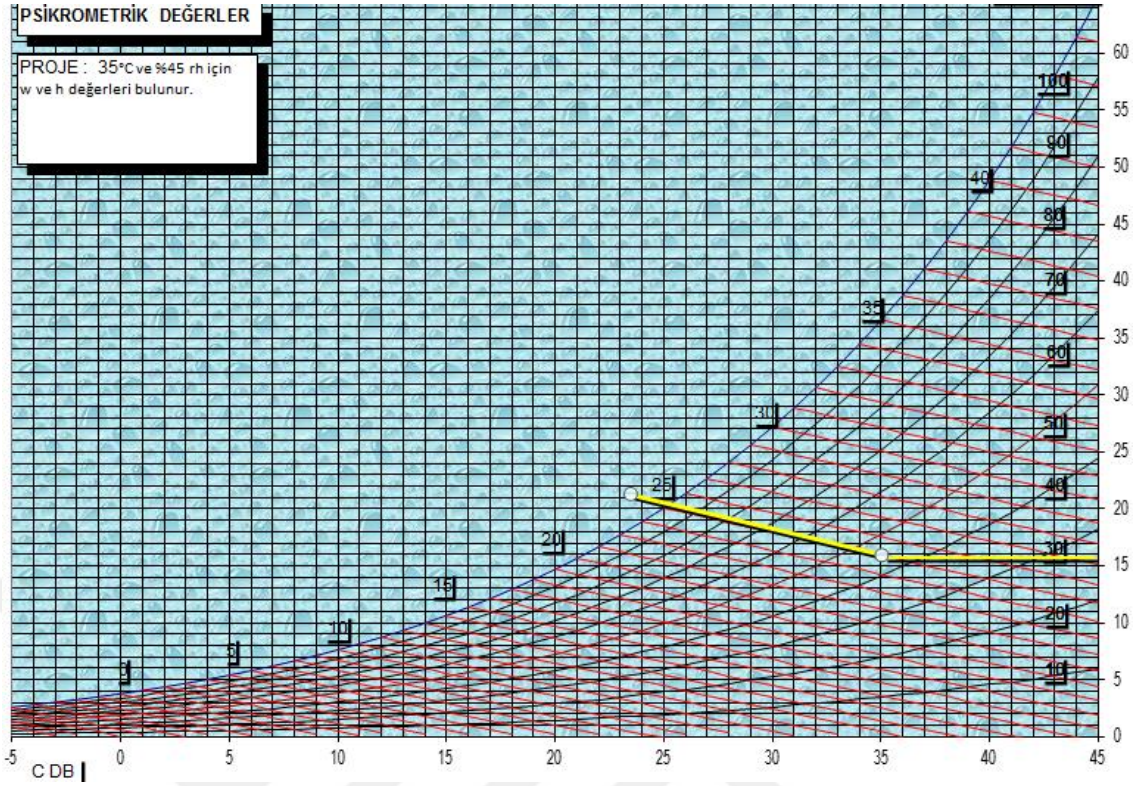
ma_1=6672



Şekil 3.16. 20℃ ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=2000 m³/h/1,117

ma_2= 1790



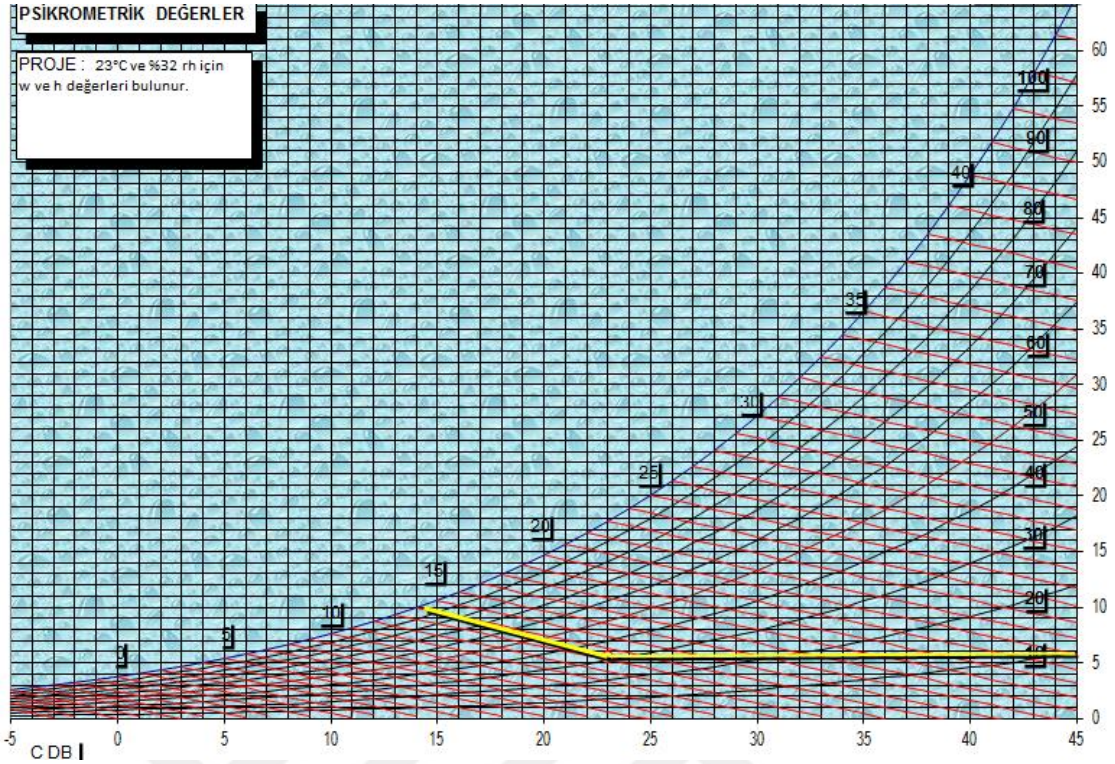
Şekil 3.17. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

$$\frac{6672}{1790} = \frac{15{,}9 - w_3}{w_3 - 2{,}8} = \frac{76 - h_3}{h_3 - 27{,}4}$$

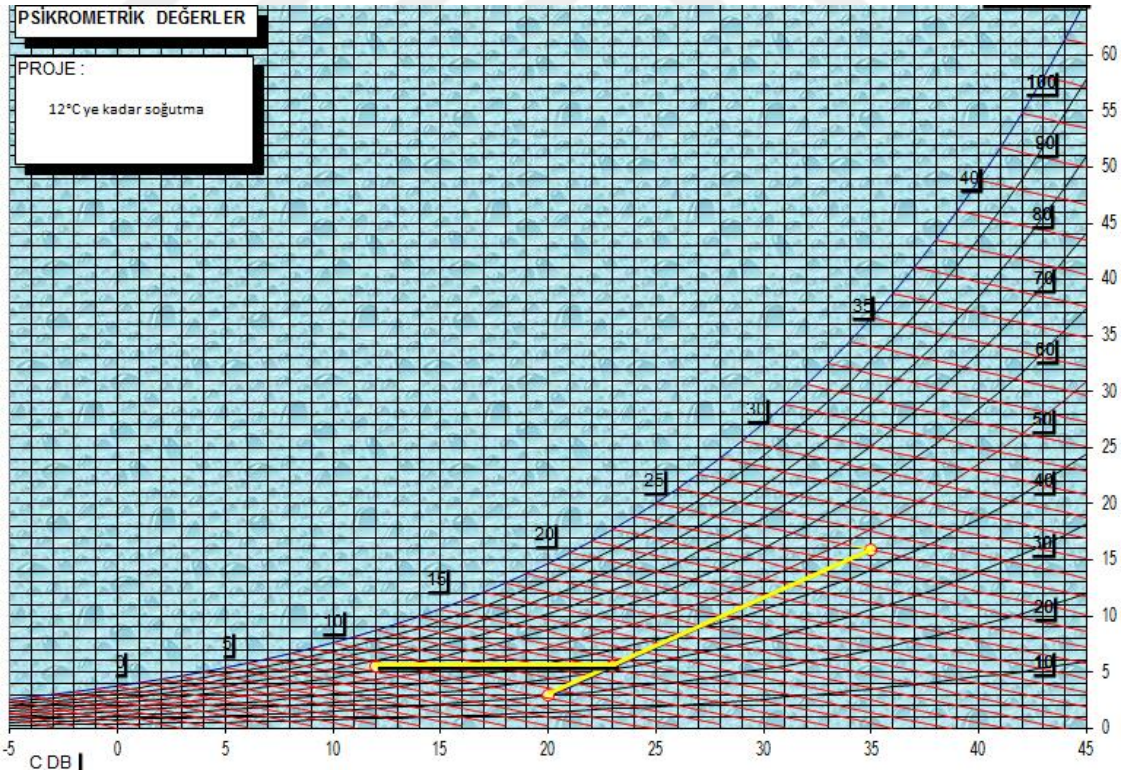
w_3= 5,57

h_3=37,69

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 23 °C ve % 32 rh bağıl nem bulunur.



Şekil 3.18. 23°C ve %32 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri



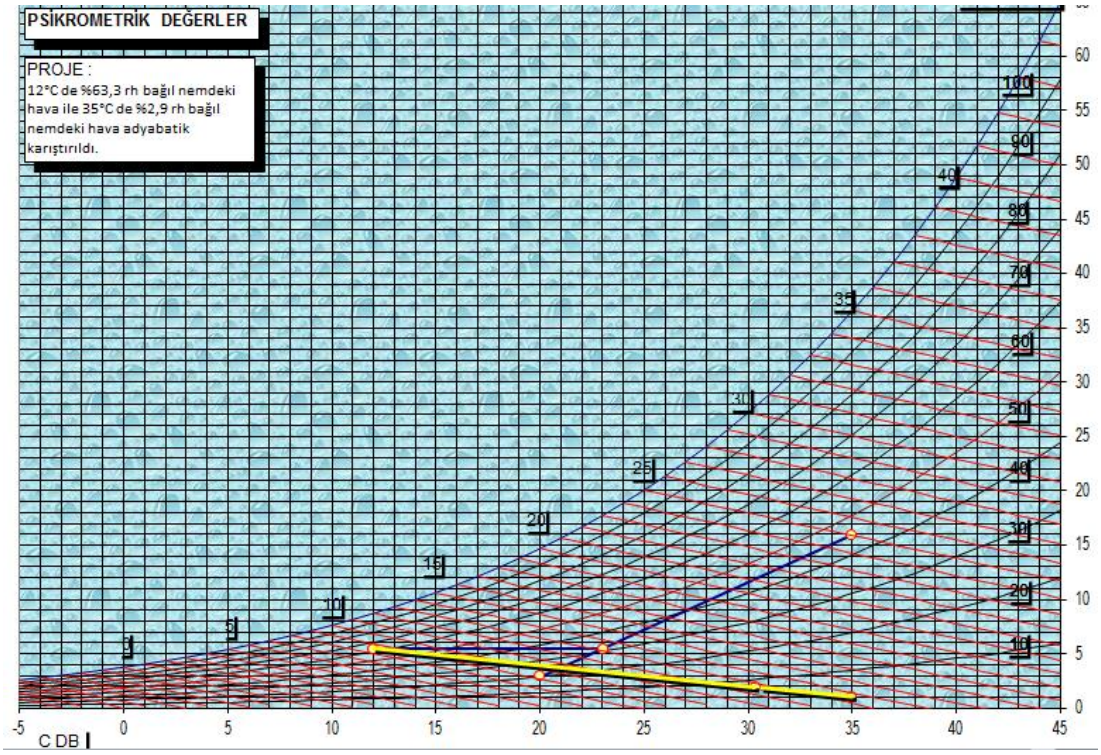
Şekil 3.19. 12°C İçin Soğutma Değerleri

Havayı 12°C ye kadar soğutmamızın sebebi fabrikamızda bulunan Chiller cihazlarının serpantinleri beslediği suyun giriş ve çıkış sıcaklık aralığındandır. 12°C ye kadar soğutulan hava % 63,3 rh bağıl nemlere yükseldi. Söz konusu mahalde istenen %20 rh bağıl nemi yakalamak için Nem Alıcı bir cihazdan yardım alacağız. Nem alıcı cihaz seçiminde cihaz çıkışı hava için optimum alınması gereken özgül nem değeri mahal özgül nem değerinin 1 g/kg düşüğüdür.

Mahal Değerleri;

20°C ve %20 rh bağıl nem 2,9 g/kg özgül neme denk gelir. Nem Alıcı cihazı seçerken cihazın fan motoru gücü ve tambur büyüklüğü dikkate alınır. 8000m³/h debi için Nem Alıcı cihaz havayı 35°C ye kadar ısıtarak havanın nemini 1,01 g/kg özgül neme kadar düşürecek şekilde seçildi. 35°C de 1,01 g/kg özgül nem %2,91 rh bağıl neme denk gelir.

8000m³/h debideki 35°C de %2,91 rh bağıl nemdeki hava ile 2000 m³/h debideki 12°C de %63,3 rh bağıl nemdeki hava adyabatik olarak karıştırılır.



Şekil 3.20. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

1 kj=0,24 kcal

Ön Soğutma Serpantin Hesabı;

37,121 kj/kg = 8,87 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Giriş)

25,946 kj/kg = 6,2 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Çıkış)

Soğutma Serpantin Hesabı;

8,87-6,2=2,67 kcal /kg

10.000 m^3/h /0,875x(8,87-6,2)= 30.514 kcal/h

30.514 kcal/h /860 =35,4 kW

Son Soğutma Serpantin Hesabı;

35,437 kj/kg = 8,46 kcal/kg (Son Soğutma Serpantin Giriş)

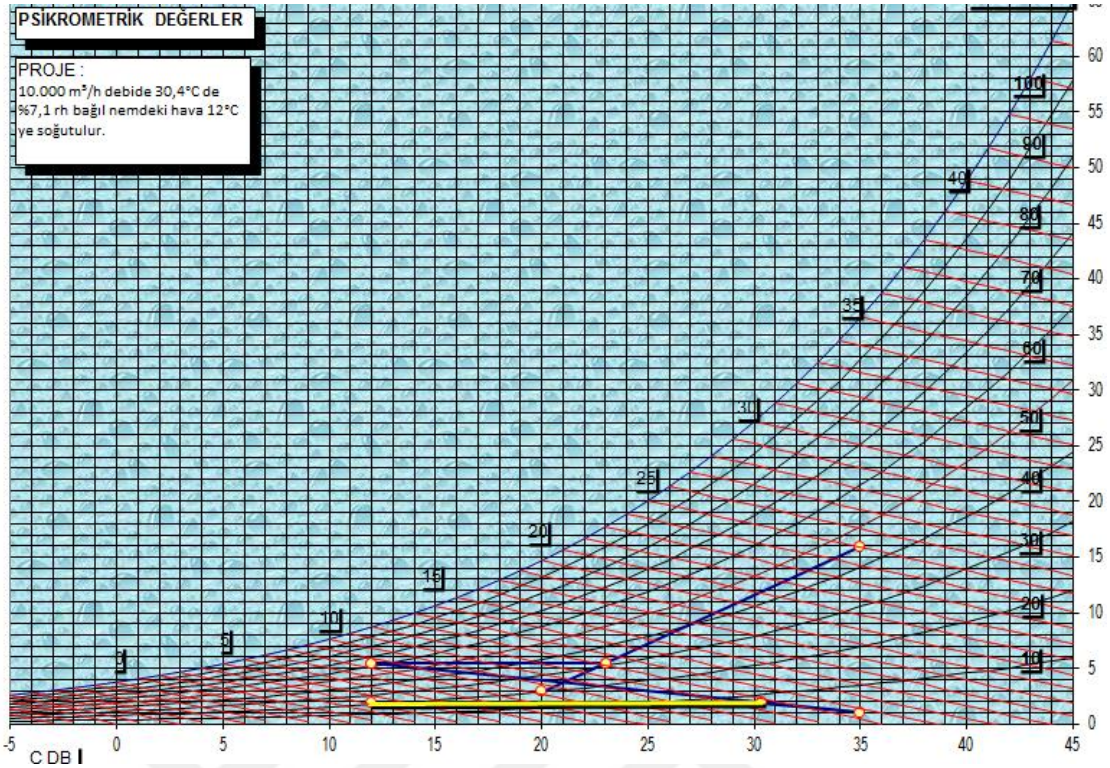
16,863 kj/kg = 4,03 kcal/kg (Son Soğutma Serpantin Çıkış)

8,46-4,03=4,43 kcal /kg

10.000 m^3/h /0,875x(8,46-4,03)= 50.628 kcal/h

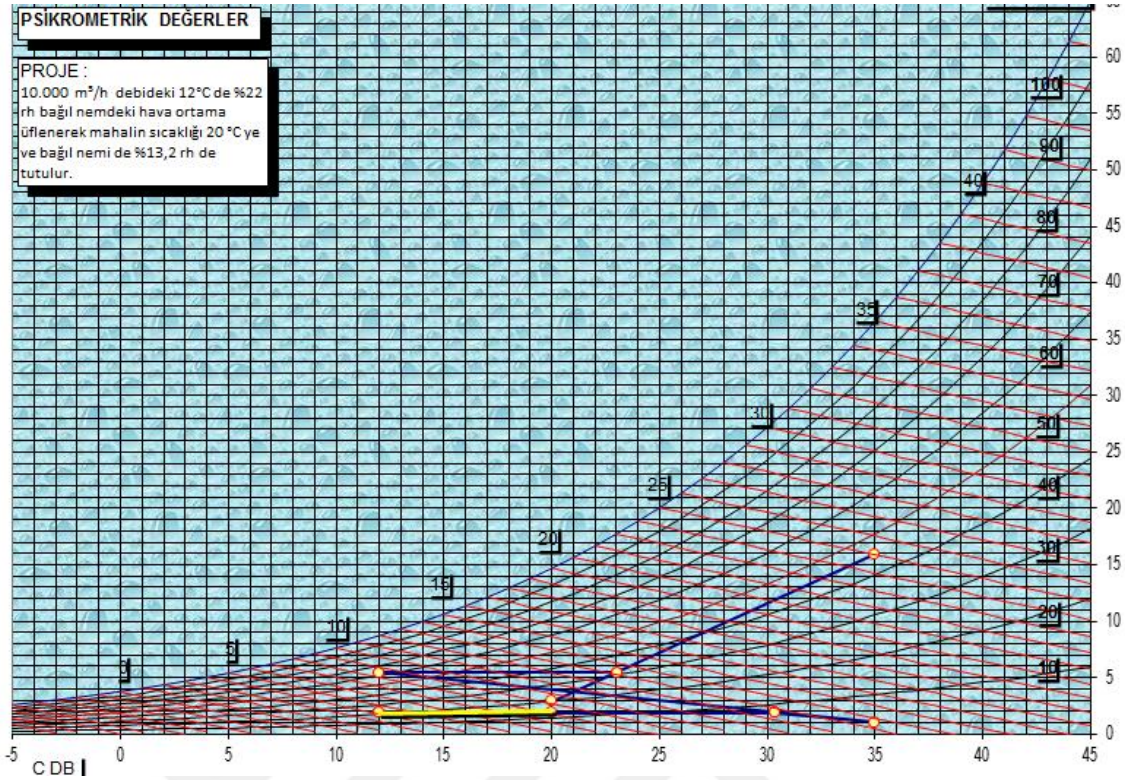
50.628 kcal/h/860=58,8 kW

10.000 m^3/h debideki 30,4°C de %7,1 rh bağıl nemdeki hava son soğutma serpantininden geçirilerek 12°C ye soğutulur.



Şekil 3.21. 30,4°C ve %7,1 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

10.000 m³/h debideki 12°C de %22 rh bağıl nemdeki hava ortama üflenerek mahalin sıcaklığı 20°C ye ve bağıl nemi de %13,2 rh de tutulur.

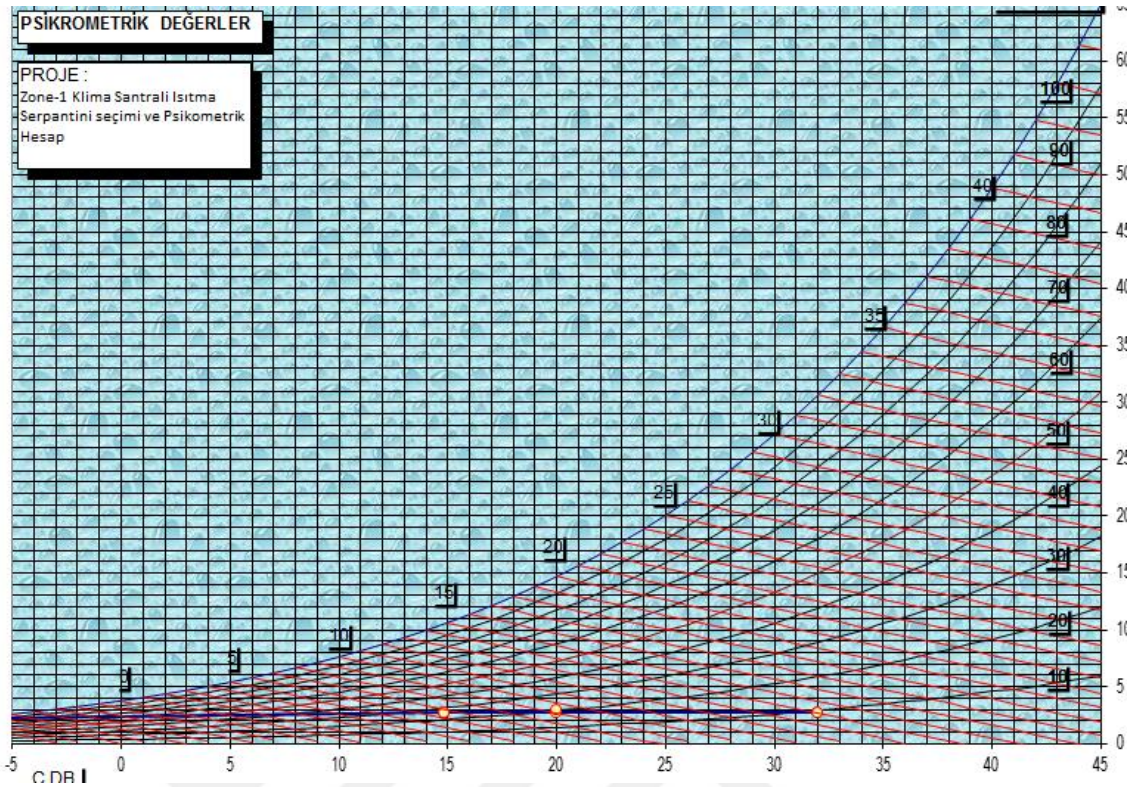


Şekil 3.22. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

3.3.2. Kış için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.2. Zone-1 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle		Tekstil yıkayıcı girişi bul		
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible	
	m³/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h	
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	10.000	32,0	9,3	39,173	1,152	-4,473	2,728					
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	10.000	20,0	18,9	27,042	1,199	-4,474	2,728	0,0	-39	-33.376	-34.800	
Karışım / Mix Ekle	20.000	26,0					2,728					
	Kış İçin											
Ortamdaki Hava	10.000	20,0	18,9	27,042	1,199	-4,474	2,728	0,0	-39	-33.376	-34.800	
Ortama Üflenen	10.000	32,0	9,3	39,173	1,152	-4,473	2,728					
Isıtıcı Çıkış	10.000	32,0	9,3	39,204	1,152	-4,414	2,740	0,0	59	50.696	49.880	
Isıtıcı Giriş	10.000	14,8	26,4	21,816	1,220	-4,414	2,740					
Karışım	10.000	14,8	26,4	21,818	1,220	-4,410	2,741					
Dönüş Havası	8.000	20,0	20,0	27,439	1,199	-3,719	2,885					
Taze Hava	2.000	-6,0	90,0	-0,639	1,317	-7,564	2,167					



Şekil 3.23. Zone-1 İçin Psikrometrik Değerler

%20 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 2000 m³/h olarak belirlendi.

Kış için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı :-6 °C

Bağıl Nem Oranı : %90 rh

20 °C deki %20 rh bağıl nemdeki Zone-1 alanı içerisinden gelen %80 hava yani 8000 m³/h debi ile dışarıdan %20 taze hava yani 2000 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde adyabatik olarak karıştırılır. Kuru termometre sıcaklıklığına ve bağıl neme göre özgül hacim bulunur.

W_1=2,8gr nem/kg kuru hava

h_1=27,4kJ/ kgkuru hava

v_1=1,199 kg/ m³

W_2=2,167gr nem/kg kuru hava

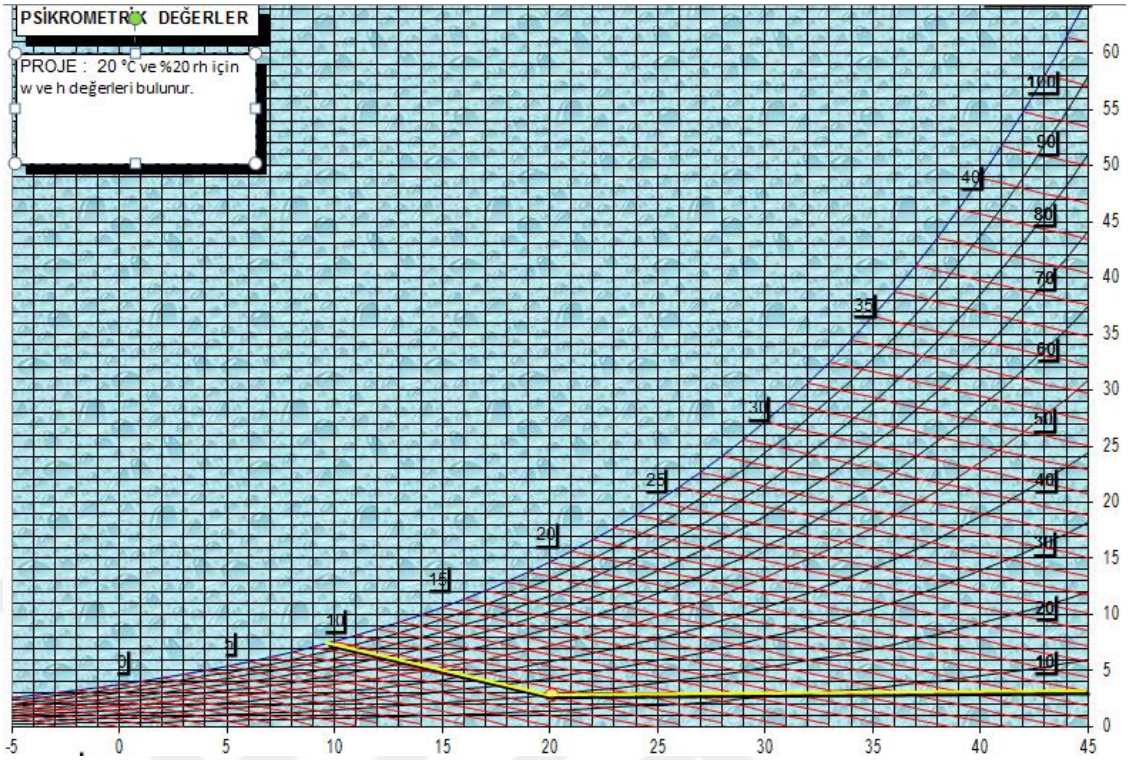
h_2=-0,639kJ/ kgkuru hava

v_2=1,317 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=8000 m³/h/1,199

ma_1= 6672



Şekil 3.24. 20℃ ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=2000 m³/h/1,317

ma_2= 1518

$$\frac{6672}{1518} = \frac{2{,}167 - w_3}{w_3 - 2{,}8} = \frac{-0{,}639 - h_3}{h_3 - 27{,}4}$$

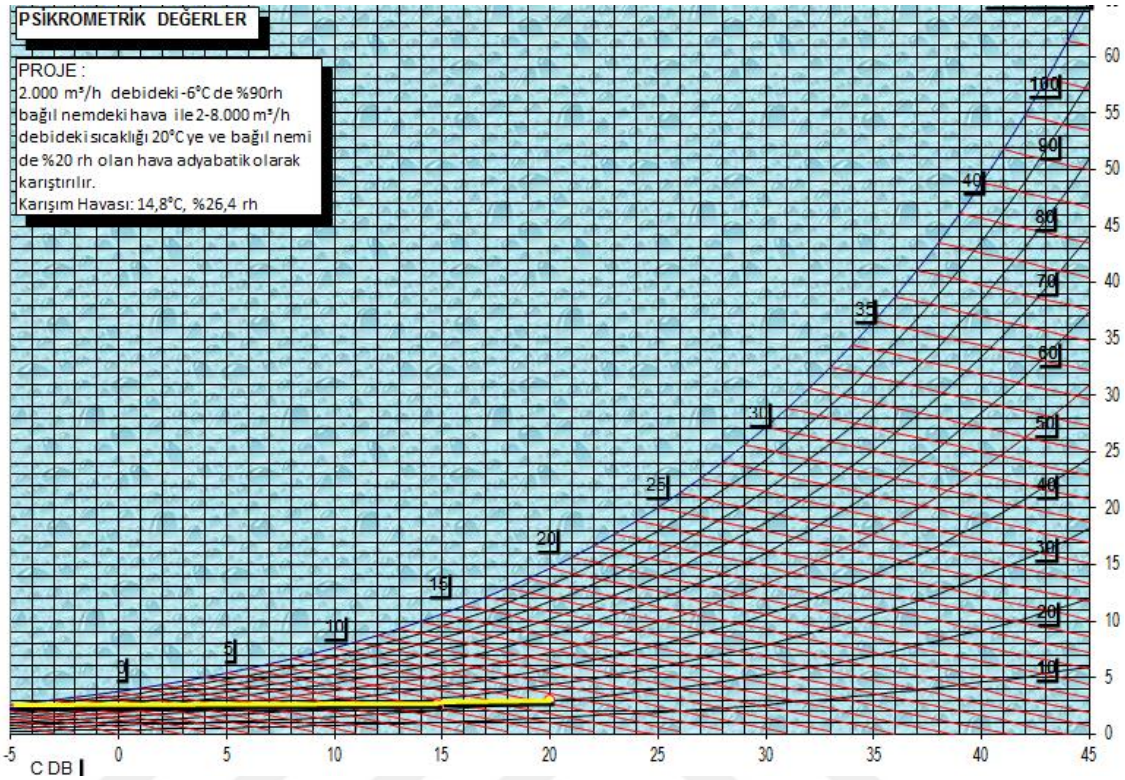
w_3= 2,68 gr nem/kg kuru hava

h_3=22,2 kJ/ kgkuru hava

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 14,8°C ve % 26,4 rh bağıl nem bulunur.

2.000 m³/h debideki-6°C de %90rh bağıl nemdeki hava ile 2-8.000 m³/h debideki sıcaklığı 20°C ye ve bağıl nemi de %20 rh olan hava adyabatik olarak karıştırılır.

Karışım Havası: 14,8°C, %26,4 rh



Şekil 3.25. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

1 kj=0,24 kcal

Isıtma Serpantin Hesabı;

21,816 kj/kg = 5,21 kcal/kg (Isıtma Serpantin Giriş)

39,204 kj/kg = 9,36 kcal/kg (Isıtma Serpantin Çıkış)

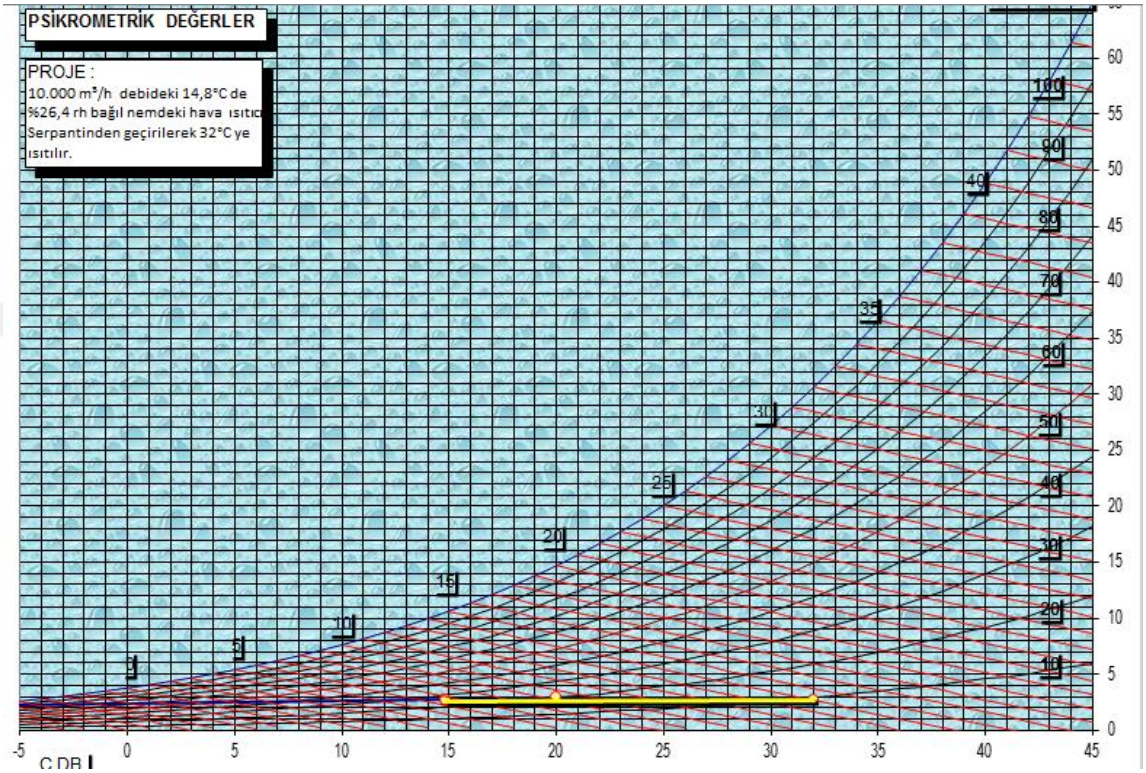
Soğutma Serpantin Hesabı;

9,36-5,21=4,15 kcal /kg

10.000 m³/h /0,875x(9,36-5,21)= 47.428 kcal/h

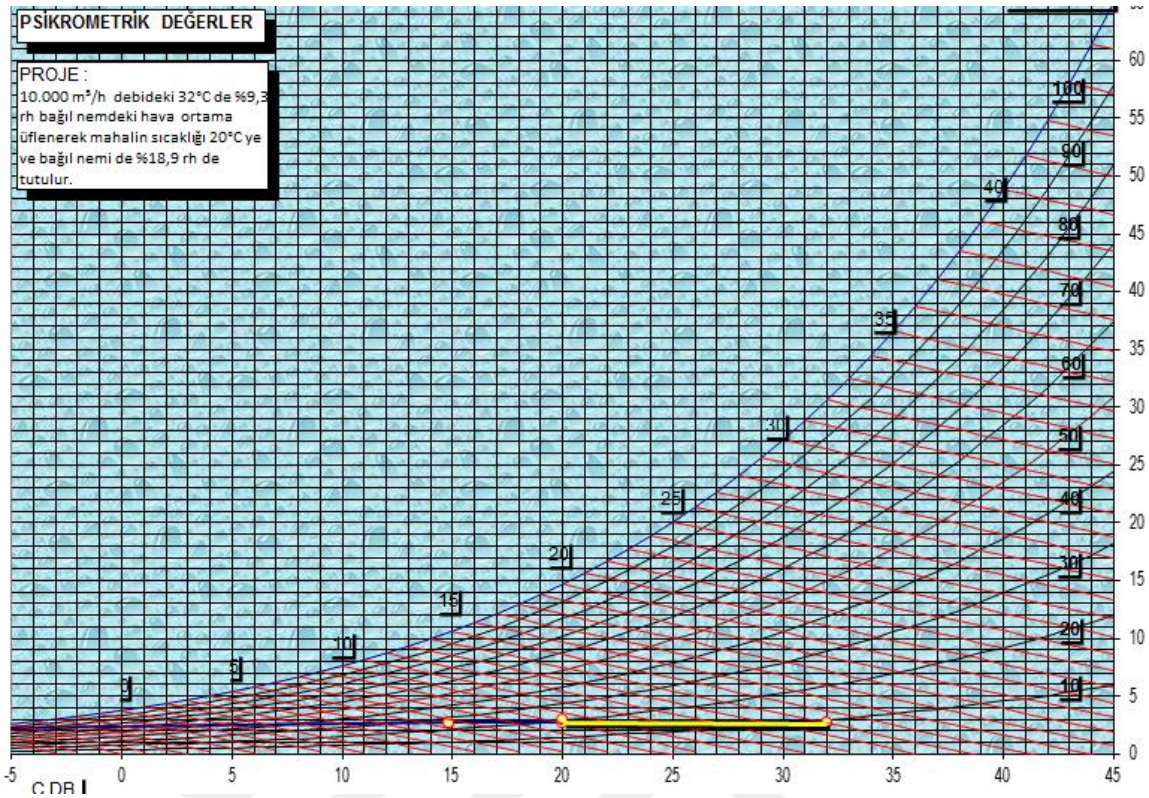
47.428 kcal/h /860 =55,1 kW

10.000 m³/h debideki 14,8°C de ve %26,4 rh bağıl nemdeki hava ısıtıcı serpantinden geçirilerek 32°C'ye ısıtılır.



Şekil 3.26. Isıtıcı Serpantin Çıkışı Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

10.000 m³/h debideki 32°C de %9,3 rh bağıl nemdeki hava ortama üflenerek mahalin sıcaklığı 20°C ye ve bağıl nemi de %18,9 rh de tutulur.



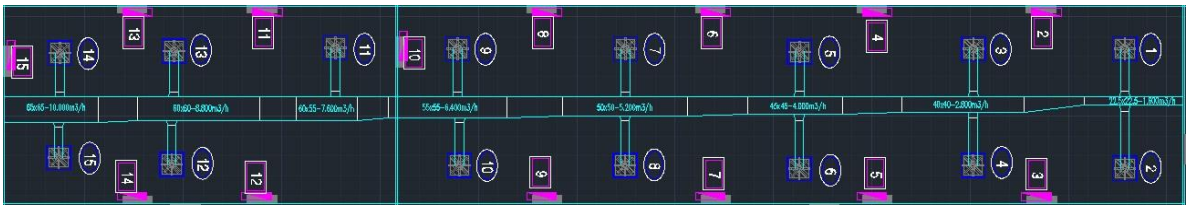
Şekil 3.27. Ortam Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

Zone-1 Mahali Havalandırma Kanal Ebatlandırması:

Tablo 3.3. Zone-1 Kanal Boyutlandırma

m³/h	m³/s	R(mSS/m)	V(m/s)	Ø(mm)	Ebat
10.000	2,77	0,081	8	650	650x650
8.800	2,44	0,081	7	600	600x600
7.600	2,11	0,081	7	550	600x550
6.400	1,77	0,081	7	500	550x550
5.200	1,44	0,081	6	475	500x500
4.000	1,11	0,081	6	425	450x450
2.800	0,77	0,081	5	350	400x400
1.600	0,44	0,081	6	425	225x225

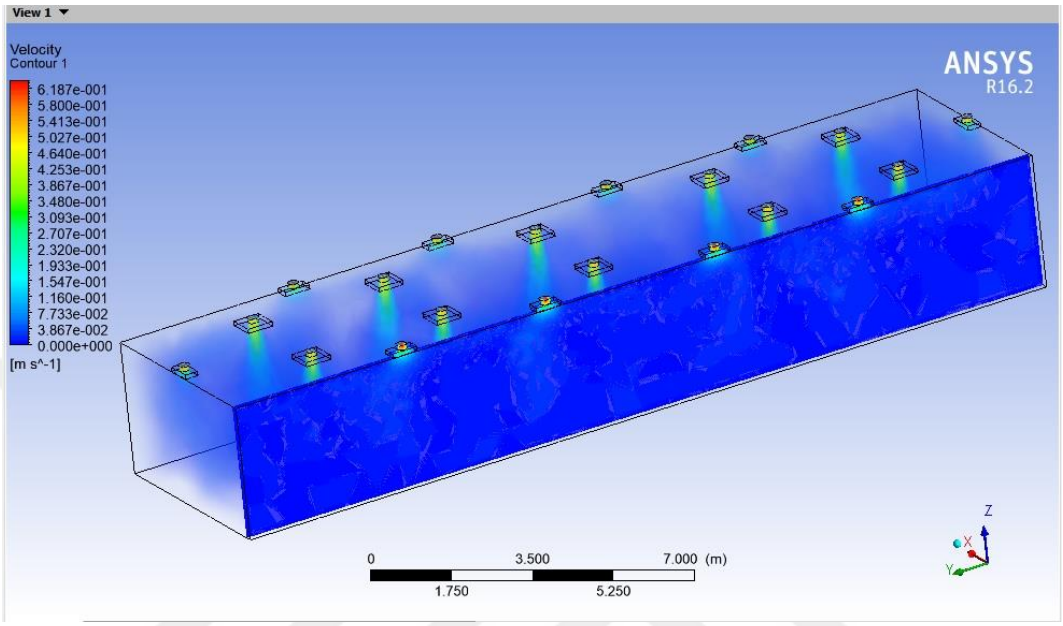
Zone-1 Mahali Havalandırma Kanal Çizimi;



Şekil 3.28. Zone-1 Kanal Görünüm

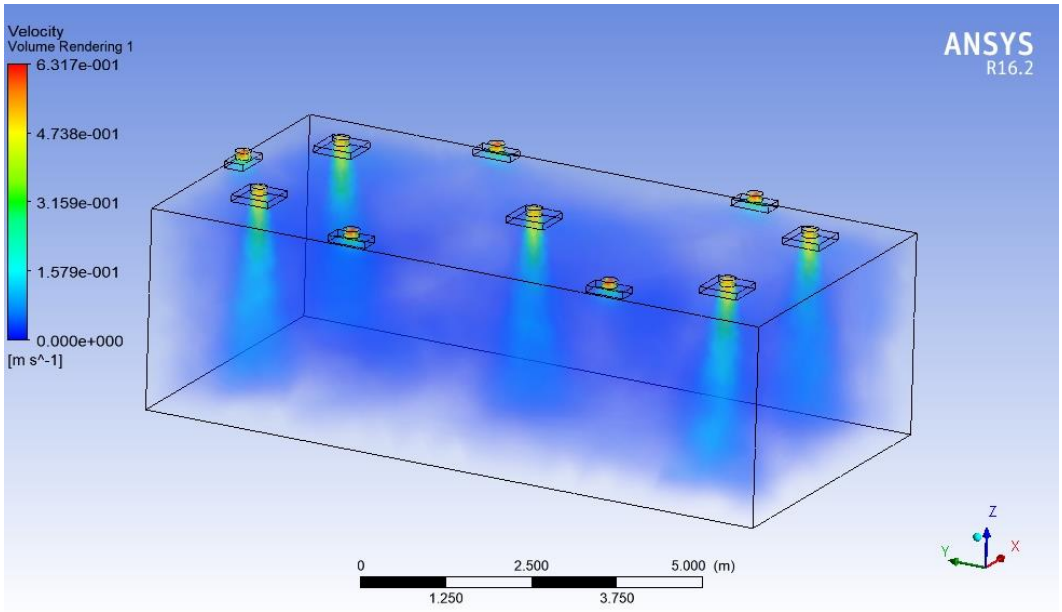
Zone-1 Hava Akış Analizleri

Blisterleme;

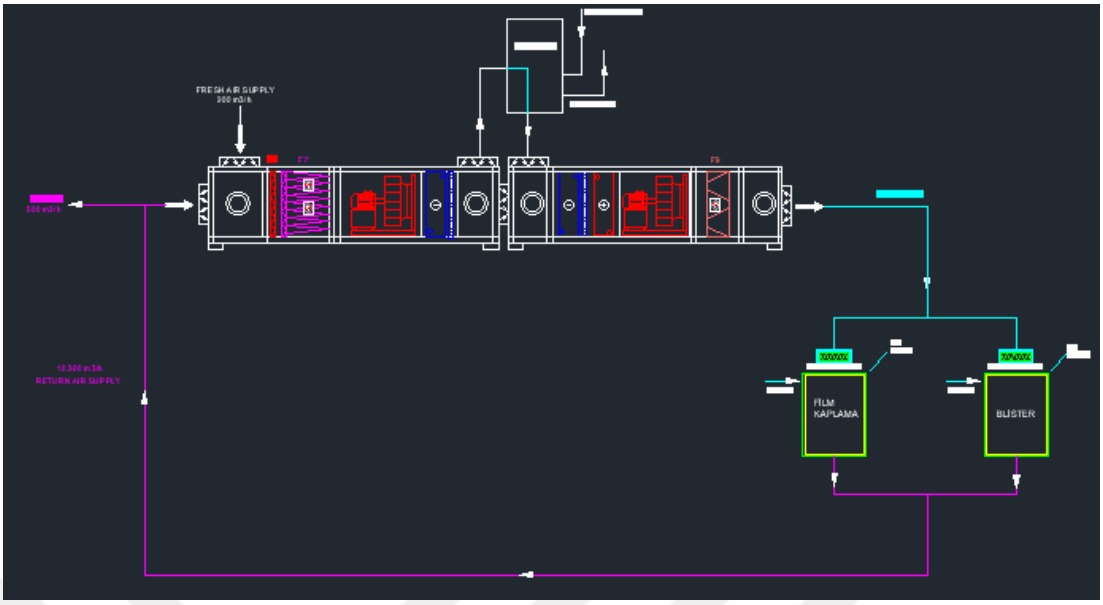


Şekil 3.29. Blister Hava Akış Analizi

Film Kaplama;



Şekil 3.30. Film Kaplama Hava Akış Analizi



Şekil 3.31. Blister-Film Kaplama Klima Santrali Akış Diagramı

Zone-2

Tablet Baskı Odası

Hacim: 5m x 10m x 3,10m =155m³

Sıcaklık: Max.15°C

Nem: Max.%50 rh

Değişim Sayısı: 30

Taze Hava Oranı: %20

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=30 x 155

Q=4650m³/h

Granülasyon Odası;

Hacim: 5m x 10m x 4m =200m³

Sıcaklık: Max.15°C

Nem: Max.%30 rh

Değişim Sayısı: 25

Taze Hava Oranı: %20

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=25 x 200

Q=5000m³/h

Tartım Odası;

Hacim: 5m x 10m x 4m =200m³

Sıcaklık: Max.15°C

Nem: Max.%30 rh

Değişim Sayısı: 25

Taze Hava Oranı: %20

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=25 x 200

Q=5000m³/h

Zone-2 Klima Santrali Hesabı;

Zone Toplam Debi: 14650 m³/h

Zone Sıcaklık İhtiyacı: Max.15°C

Zone Nem İhtiyacı: Max.%30 rh

Zone Taze Hava Oranı: %20

Klima Santrali seçiminde ilk yapılması gereken hesap mahaldeki ısı kazancı hesabıdır. Zone-2 bölgesinde 3 adet mahal bulunmaktadır.

Mahal-1 (Tablet Baskı Odası)

Mahal-2 (Granülasyon Odası)

Mahal-3 (Tartım Odası)

Zone-2 Isı Kazancı Hesabı

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZIM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 09:26AM

Air System Information

Air System Name	Tablet Baskı Odası		Number of zones	1	
Equipment Class	CWAHU		Floor Area	50.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	14.2	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	12.7	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	1147	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	1147	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	1147	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	12.8	kW
Coil L/s at Des Htg	1147	L/s
Max coil L/s	1147	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	1147	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	1170	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	42	L/s	L/s/person	21.00	L/s/person

Şekil 3.32. Mahal-1 (Tablet Baskı Odası) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı=12212 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi=1147 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 4129 m³/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=4129/155

=26,6

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZIM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 09:26AM

Air System Information

Air System Name	Granülasyon Odası		Number of zones	1	
Equipment Class	CWAHU		Floor Area	50.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	15,7	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	14.1	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	1266	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	1266	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	1266	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	13.8	kW
Coil L/s at Des Htg	1266	L/s
Max coil L/s	1266	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	1266	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	1300	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	46	L/s	L/s/person	23.00	L/s/person

Şekil 3.33. Mahal-2 (Granülasyon Odası) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı=13502 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi=1266 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 4557 m³/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=4557/200

=22,7

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZIM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 09:26AM

Air System Information

Air System Name	Tartım Odası		Number of zones	1	
Equipment Class	CW AHU		Floor Area	50.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates	
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads	

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	7,7	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	7	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	616	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	616	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	616	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	13.8	kW
Coil L/s at Des Htg	616	L/s
Max coil L/s	616	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	616	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	650	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	22	L/s	L/s/person	11.00	L/s/person

Şekil 3.34. Mahal-3 (Tartım Odası) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı=6622 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi=616 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 2217 m^3/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=2217/200

=11

Zone-2 Toplam Isı Kazancı:12212+13502+6622=32336 kcal/h

Tablet Baskı Odası Hava Değişim Sayısı: 26,6

Granülasyon Odası Hava Değişim Sayısı: 22,7

Tartım Odası Hava Değişim Sayısı: 11

Zone-2 Bölgesine bağlı Tablet Baskı Odası, Granülasyon Odası ve Tartım Odası ısı kazançlarına bağlı Hava değişim sayıları incelendiğinde 20 nin üstünde olduğu görülür fakat üretim mahallerinin çok tozlu olmasından kaynaklı klima santrali debisi hesaplarken tavsiye edilen 25-30 hava değişim sayısını alarak hesap yapılacaktır.

Zone-2 Bölgesi Klima Santrali Debi Hesabı;

Debi=Hacim x Hava Değişim Sayısı

Tablet Baskı Odası Debisi= 155 x 30

=4650m³/h

Granülasyon Odası Debisi= 200 x 25

=5000 m³/h

Tartım Sahası Debisi= 200 x 25

=5000 m³/h

Zone-2 Debisi= 6000+5000+4650

=14.650 m³/h

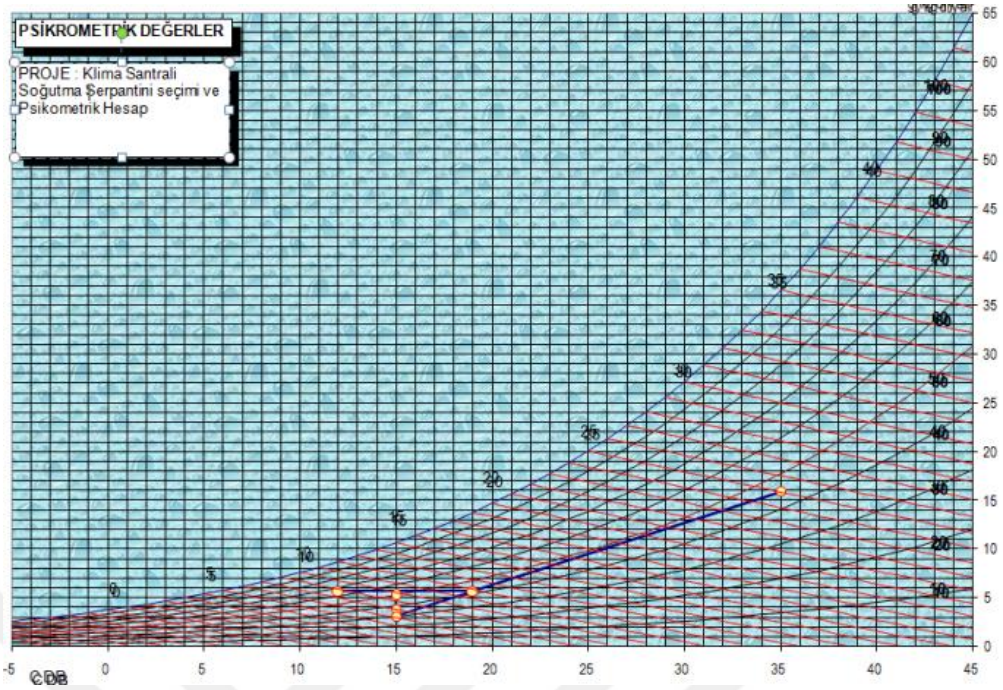
14.650 m³/h olarak bulduğumuz Zone-2 debisi için seçilecek olan Klima Santralinin ileride oluşabilecek olumsuz durumlara, hava kaçaklarına vb. Durumlara karşı problem yaşanmaması için emniyet payı ile birlikte 16.000m³/h seçilebilir.

Bu aşamada debisi belli olan Klima Santralimizin serpantin güçlerini (ısıtma, soğutma), vantilatör ve aspiratör fanı güçlerini, üretilecek ilaca göre santralin içine yerleştirilecek filtreleri hesaba katarak ihtiyaçları karşılayacak bir seçim yapacağız. Aynı zamanda santralimiz ortam ihtiyacı gereği nemi düşük bir hava olacağından bir nem alıcı cihaz takviyesiyle uygun şartları sağlayacaktır. Nem değeri olarak aynı Klima santraline bağlı fakat ortam nemini daha yüksek isteyen Tablet Baskı Odası içinse kendine ait Üfleme kanalına bir nemlendirici ünite bağlanarak gerek şart ortam sağlanacaktır.

3.3.3. Yaz için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.4. Zone-2 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle		Tekstil yıkayıcı girişi bul	
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible
	m³/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h
KT - RH (C/% KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	16.000	12,0	25,0	17,517	1,234	-7,619	2,158				
KT - RH (C/% KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	16.000	15,0	20,5	20,547	1,221	-7,619	2,158	0,0	17	14.285	13.920
Karışım / Mix Ekle	32.000	13,5					2,158				
	Yaz İçin										
Ortam Havası	16.000	15,0	20,5	20,547	1,221	-7,619	2,158	0,0	17	14.285	13.920
Ortama Üflenen	16.000	12,0	25,0	17,517	1,234	-7,619	2,158				
Son Soğutucu Çıkış	16.000	12,0	25,0	17,517	1,234	-7,619	2,158	0,0	-93	-80.201	-83.056
Son Soğutucu Giriş	16.000	29,9	8,3	35,594	1,161	-7,619	2,158				
Karışım	16.000	29,9	8,3	35,643	1,161	-7,598	2,162				
Nem Alıcı Çıkış	12.480	35,0	2,9	37,792	1,144	-17,566	1,007				
By-Pass	3.520	12,0	71,9	27,850	1,226	7,125	6,255				
Ön Soğutucu Çıkış	16.000	12,0	71,9	27,850	1,226	7,125	6,255	0,0	-38	-32.559	-32.480
Ön Soğutucu Giriş	16.000	19,0	45,9	34,971	1,196	7,125	6,255				
Karışım	16.000	19,0	45,9	34,975	1,196	7,128	6,256				
Taze Hava	3.200	35,0	45,0	76,094	1,117	21,301	15,944				
Dönüş Havası	12.800	15,0	36,4	24,783	1,217	0,188	3,834				
Karışım	14.650	15,0	36,4	24,773	1,217	0,173	3,830				
Tablet Dönüş	4.650	15,0	50,0	28,435	1,215	4,687	5,279				
Tar. + Gra. Dönüş	10.000	15,0	30,0	23,070	1,219	-2,491	3,157				



Şekil 3.35. Zone-2 İçin Psikrometrik Değerler

%20 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 3600 m³/h olarak belirlendi.

Yaz için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı: 35°C

Yaş Termometre Sıcaklığı: 25°C

Psikometrik Diagramda 35-25, %45 rh bağıl nemlere denk gelir.

15°C deki %30 rh bağıl nemdeki Zone-2 alanı içerisinden gelen %80 hava yani 12.800 m³/h debi ile dışarıdan %20 taze hava yani 3200 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde adyabatik olarak karıştırılır.

Kuru ve Yaş termometre sıcaklıklarına göre özgül hacim bulunur.

W_1 =3,834 gr nem/kg kuru hava

h_1= 24,783 kJ/ kg kuru hava

v_1=1,217 kg/ m³

W_2= 15,944 gr nem/kg kuru hava

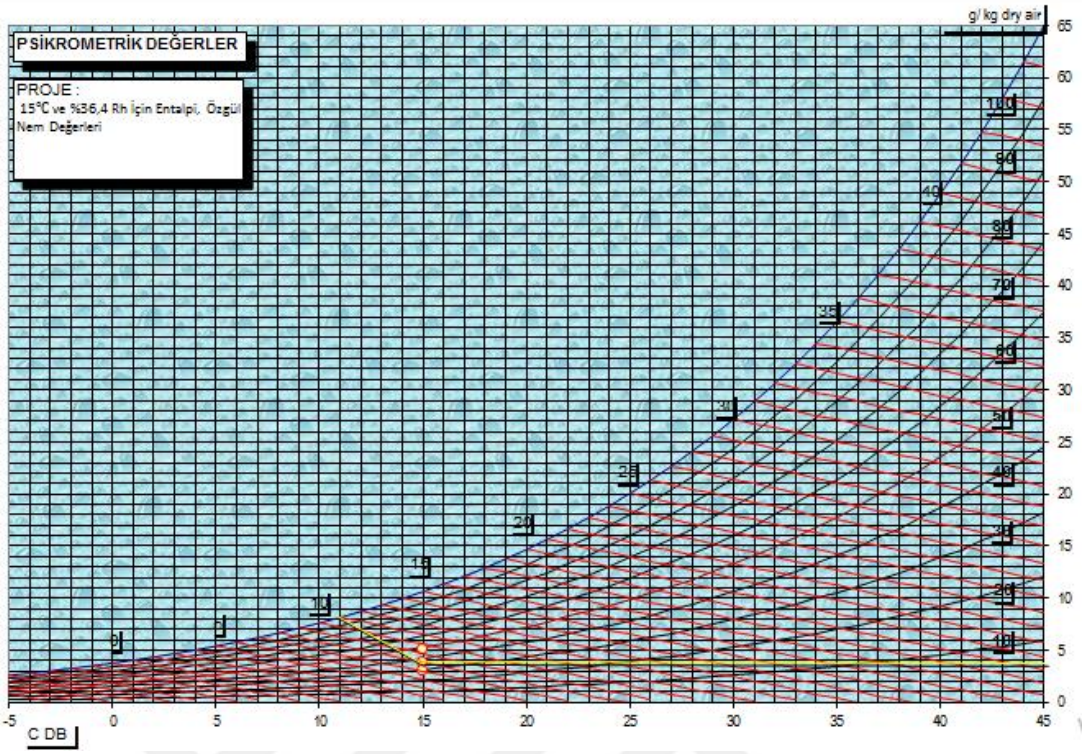
h_2 =76,094 kJ/ kg kuru hava

v_2=1,117 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=12800 m³/h/1,219

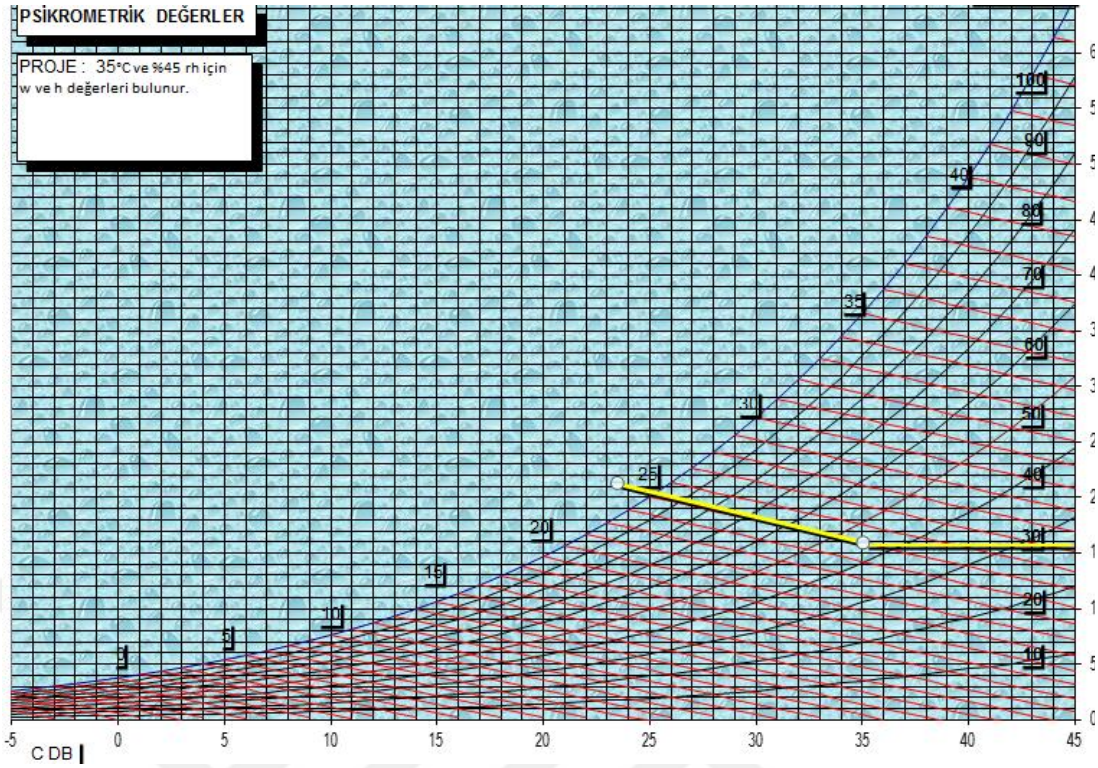
ma_1= 10500



Şekil 3.36. 15°C ve %36,4 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=3200 m^3/h/1,117

ma_2= 2864



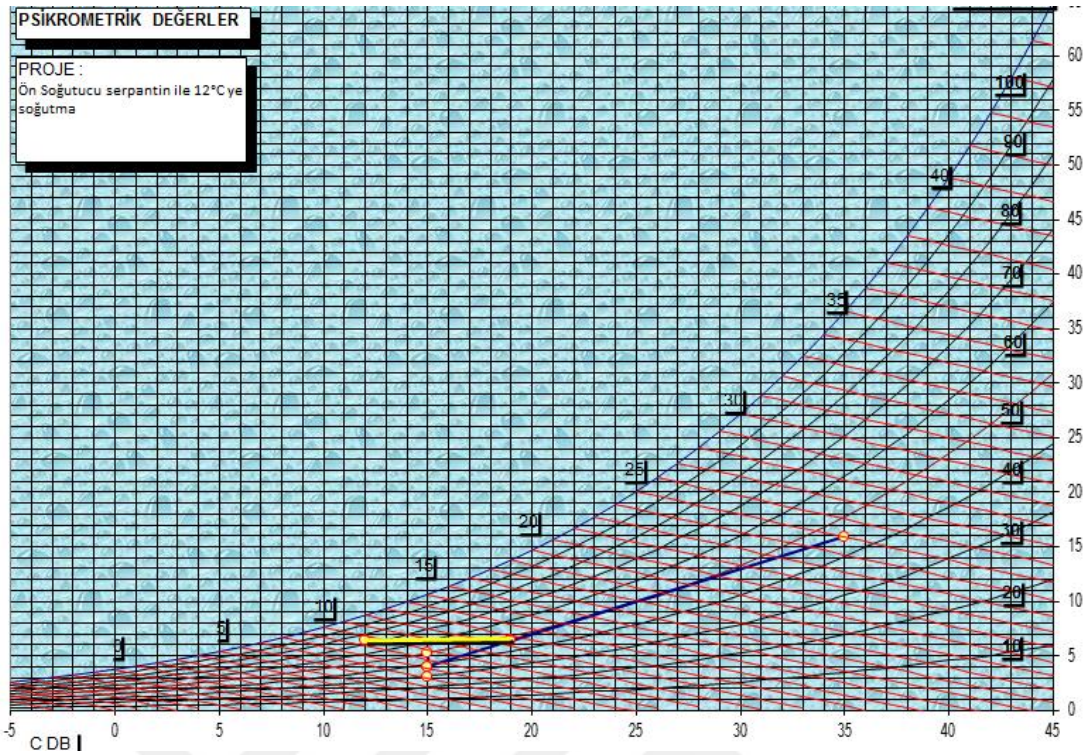
Şekil 3.37. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

$$\frac{10500}{2864} = \frac{15{,}944 - w_3}{w_3 - 3{,}834} = \frac{76{,}094 - h_3}{h_3 - 24{,}783}$$

w_3= 6,429

h_3= 35,7

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 19°C ve % 46 rh bağıl nem bulunur.



Şekil 3.38. 12°C İçin Soğutma Değerleri

12°C ye kadar soğutulan hava % 71,9 rh bağıl nemlere yükseldi. Söz konusu mahalde istenen %30 rh bağıl nemi yakalamak için Nem Alıcı bir cihazdan yardım alacağız. Nem alıcı cihaz seçiminde cihaz çıkışı hava için optimum alınması gereken özgül nem değeri mahal özgül nem değerinin 1 g/kg düşüğüdür.

Mahal Değerleri;

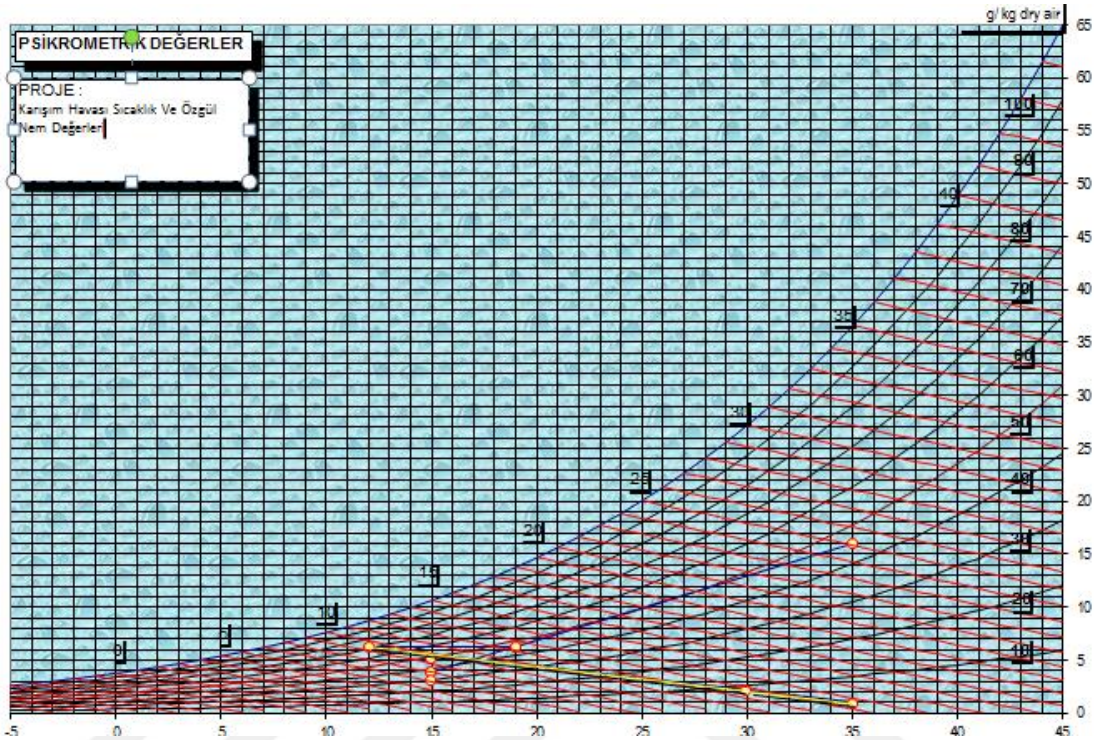
15°C ve %30 rh bağıl nem 3,17 g/kg özgül neme denk gelir.

Nem Alıcı cihazı seçerken cihazın fan motoru gücü ve tambur büyüklüğü dikkate alınır.

12.000 m³/h debi için Nem Alıcı cihaz havayı 35°C ye kadar ısıtarak havanın nemini 1,00 g/kg özgül neme kadar düşürecek şekilde seçildi.

35°C de 1,00 g/kg özgül nem %2,88 rh bağıl neme denk gelir.

12.800 m³/h debideki 35°C de %2,88 rh bağıl nemdeki hava ile 3200 m³/h debideki 12°C de %71,9 rh bağıl nemdeki hava adyabatik olarak karıştırılır.



Şekil 3.39. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

1 kj=0,24 kcal

Ön Soğutma Serpantin Hesabı;

34,971 kj/kg = 8,39 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Giriş)

27,850 kj/kg = 6,68 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Çıkış)

Soğutma Serpantin Hesabı;

8,39-6,687=1,71 kcal /kg

16.000 m³/h /0,875x(8,39-6,68)= 31.268 kcal/h

31.268 kcal/h /860 = 36.3 kW

Son Soğutma Serpantin Hesabı

35,594 kj/kg = 8,54 kcal/kg (Son Soğutma Serpantin Giriş)

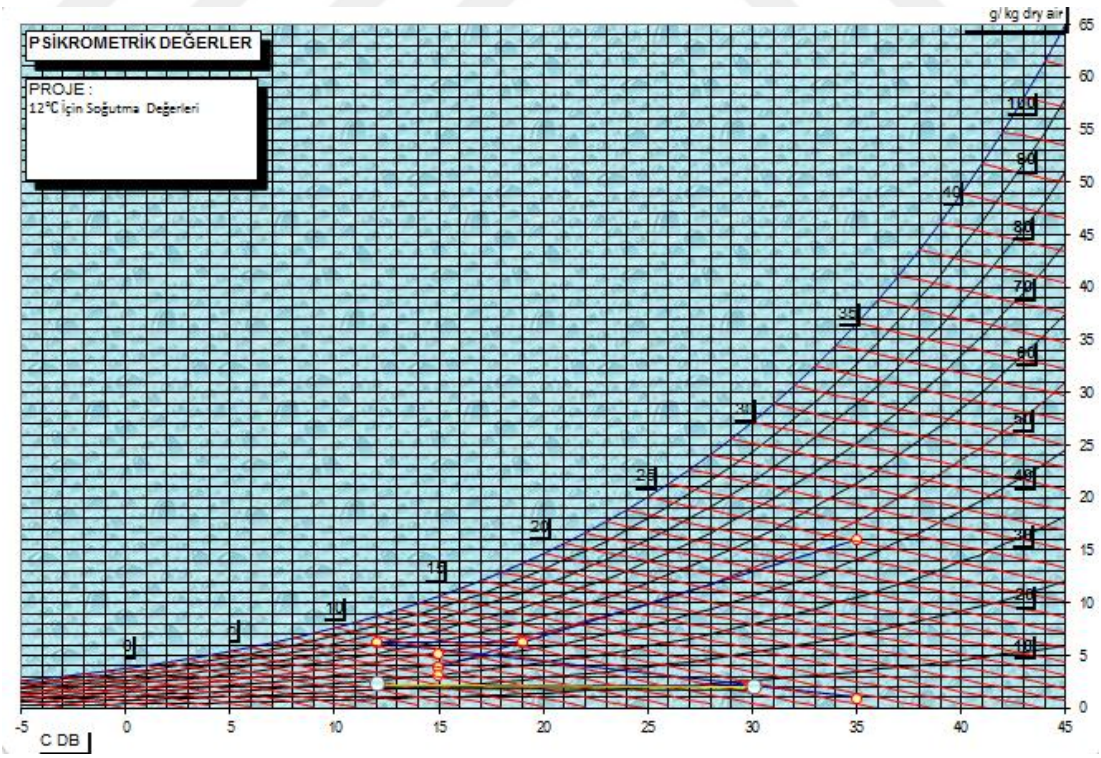
17,517 kj/kg = 4,20 kcal/kg (Son Soğutma Serpantin Çıkış)

8,54-4,20=4,34 kcal /kg

16.000 m³/h /0,875x(8,54-4,20)= 79.360 kcal/h

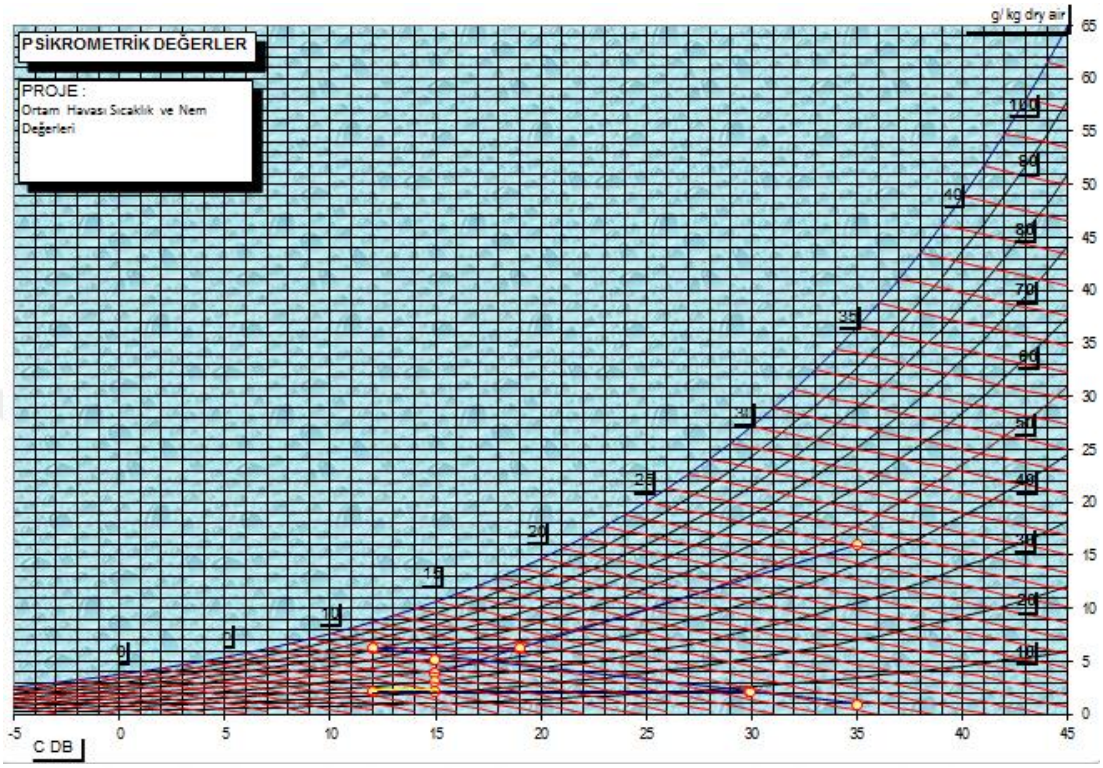
79.360 kcal/h/860=92,2 kW

16.000 m³/h debideki 29,9°C de %8,3 rh bağıl nemdeki hava son soğutma serpantininden geçirilerek 12°C ye soğutulur.



Şekil 3.40. 12°C İçin Soğutma Değerleri

16.000 m³/h debideki 12°C de %25 rh bağıl nemdeki hava ortama üflenerek mahalin sıcaklığı 15°C ye ve bağıl nemi de %20,5 rh de tutulur.

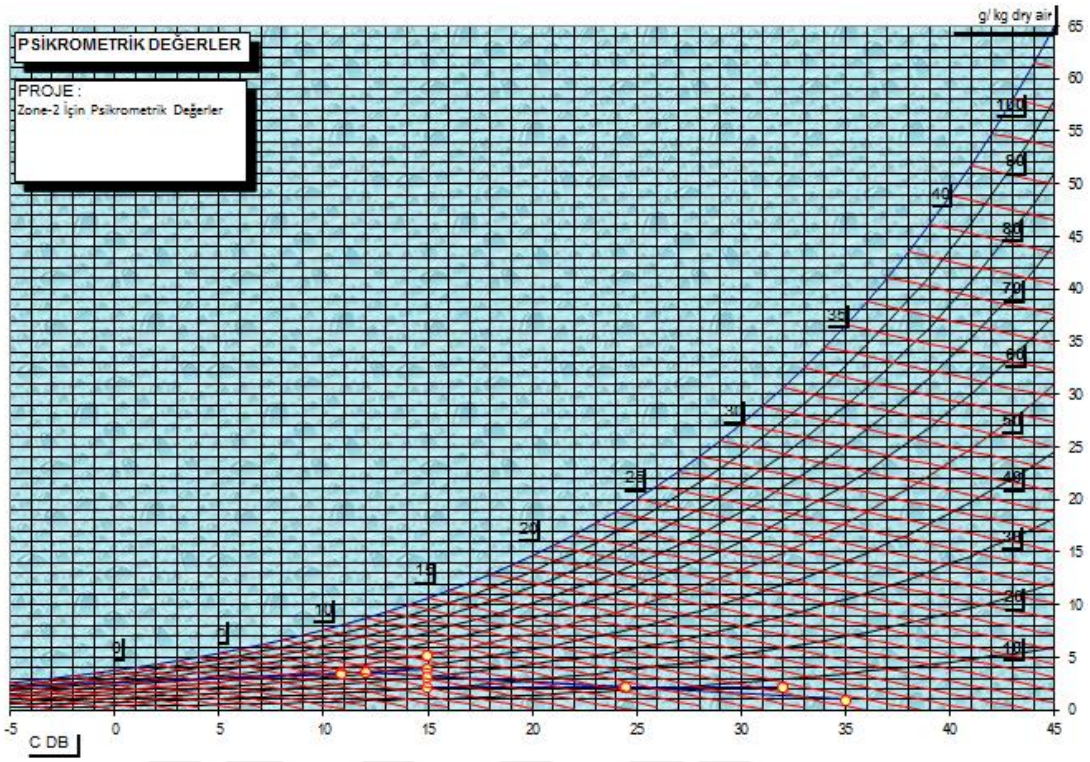


Şekil 3.41. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

3.3.4. Kış için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.5. Zone-2 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle			Tekstil yıkayıcı girişi bul	
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible	
	m³/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h	
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	16.000	32,0	7,3	37,686	1,153	-7,689	2,147					
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	16.000	15,0	20,4	20,518	1,221	-7,689	2,147	0,0	-88	-75.644	-78.880	
Karışım / Mix Ekle	32.000	23,5					2,147					
	Kış İçin											
Ortamdaki Hava	16.000	15,0	20,4	20,518	1,221	-7,689	2,147	0,0	-88	-75.644	-78.880	
Ortama Üflenen	16.000	32,0	7,3	37,686	1,153	-7,689	2,147					
Son Isıtıcı Çıkış	16.000	32,0	7,3	37,686	1,153	-7,689	2,147	0,0	40	34.681	35.264	
Son Isıtıcı Giriş	16.000	24,4	11,4	30,011	1,182	-7,689	2,147					
Karışım	16.000	24,4	11,4	30,048	1,182	-7,683	2,148					
By Pass	7.350	12,0	40,5	20,907	1,231	-1,064	3,502					
Nem Alıcı Çıkış	8.650	35,0	2,9	37,765	1,144	-17,699	0,997					
Ön Isıtıcı Çıkış	16.000	12,0	40,5	20,907	1,231	-1,064	3,502	0,0	7	5.740	5.568	
Ön Isıtıcı Giriş	16.000	10,8	43,8	19,693	1,236	-1,064	3,502					
Karışım	16.000	10,8	43,8	19,689	1,236	-1,070	3,501					
Taze Hava	3.200	-5,0	90,0	-0,639	1,317	-7,564	2,167					
Dönüş	12.800	15,0	36,4	24,783	1,217	0,188	3,834					
Karışım	14.650	15,0	36,4	24,773	1,217	0,173	3,830					
Tablet Dönüş	4.650	15,0	50,0	26,435	1,215	4,687	5,279					
Tar. + Gra. Dönüş	10.000	15,0	30,0	23,070	1,219	-2,491	3,157					



Şekil 3.42. Zone-2 İçin Psikrometrik Değerler

%20 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 3200 m³/h olarak belirlendi.

Kış için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı :-6 °C

Bağıl Nem Oranı : %90 rh

15 °C deki %30 rh bağıl nemdeki Zone-1 alanı içerisinden gelen %80 hava yani 12.800 m³/h debi ile dışarıdan %20 taze hava yani 3200 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde karıştırılır.

Kuru termometre sıcaklığına ve bağıl neme göre özgül hacim bulunur.

W1= 3,834 gr nem/kg kuru hava

h_1=24,783 kJ/ kgkuru hava

v_1= 1,217 kg/ m³

W_2=2,167gr nem/kg kuru hava

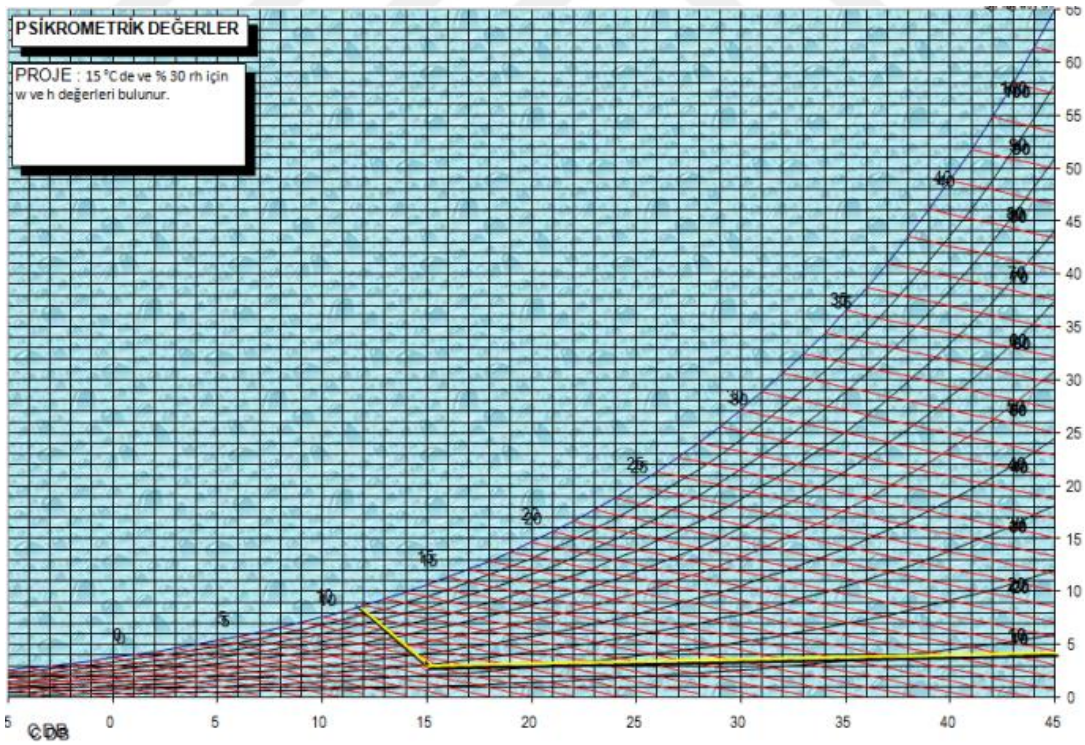
h_2=-0,639kJ/ kg kuru hava

v_2=1,317 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=12.800 m³/h/1,219

ma_1= 10.500



Şekil 3.43. 15°C ve %30 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=3200 m³/h/1,317

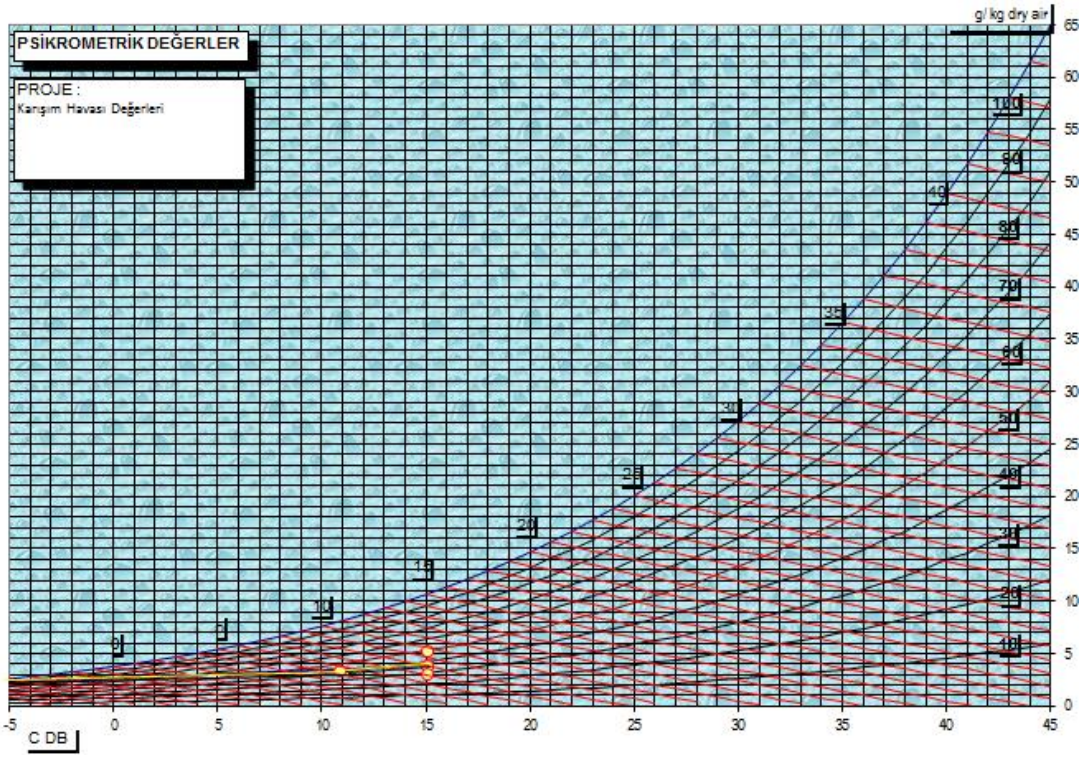
ma_2= 2429

$$\frac{10500}{2429} = \frac{2,167 - w_3}{w_3 - 3,157} = \frac{-0,639 - h_3}{h_3 - 23}$$

w_3= 2,97 gr nem/kg kuru hava

h_3=18,55 kJ/ kg kuru hava

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 10,8°C ve % 43,8 rh bağıl nem bulunur.



Şekil 3.44. Karışım Havası Değerleri

1 kj=0,24 kcal

Isıtma Serpantin Hesabı;

19,693 kj/kg = 4,72 kcal/kg (Isıtma Serpantin Giriş)

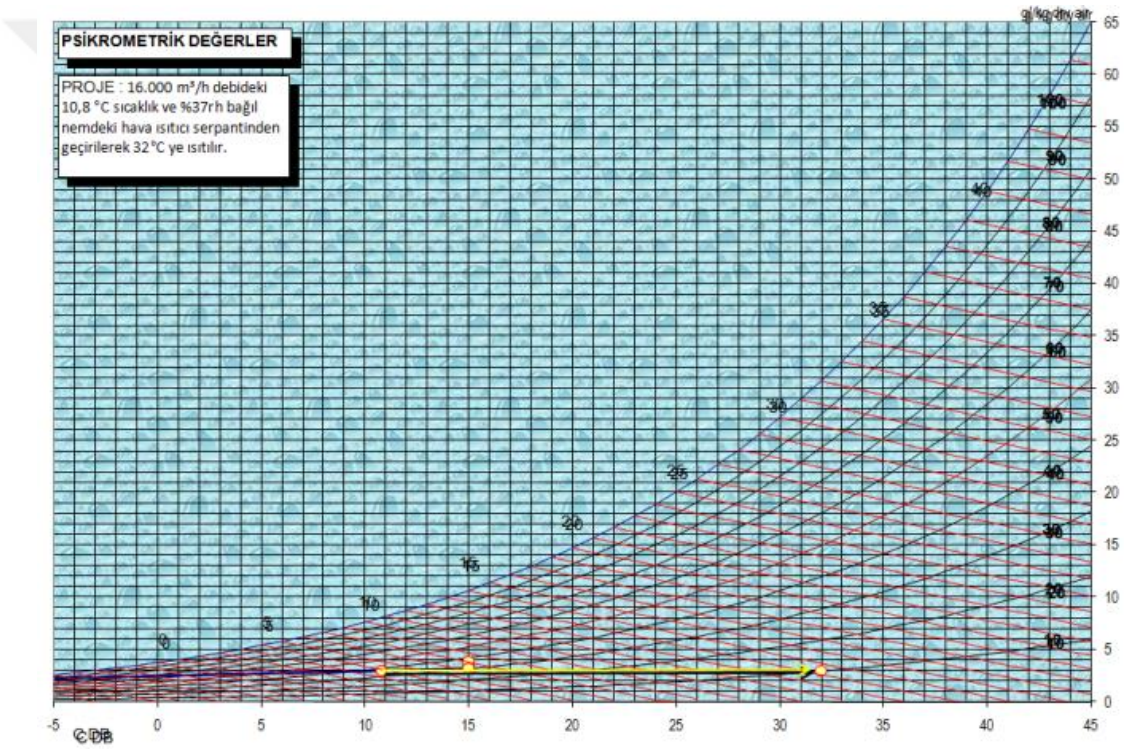
20,907 kj/kg = 5,01 kcal/kg (Isıtma Serpantin Çıkış)

Isıtma Serpantin Hesabı;

5,01-4,72=0,29 kcal /kg

16.000 m³/h /0,875x(5,01-4,72)= 5.302 kcal/h

5.302 kcal/h /860 =6,16 kW



Şekil 3.45. Isıtıcı Çıkış Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

12°C ye kadar ısıtılan hava % 40,5 rh bağıl nemlere geldi. Söz konusu mahalde istenen %30 rh bağıl nemi yakalamak için Nem Alıcı bir cihazdan yardım alacağız. Nem alıcı cihaz seçiminde cihaz çıkışı hava için optimum alınması gereken özgül nem değeri mahal özgül nem değerinin 1 g/kg düşüğüdür.

Mahal Değerleri;

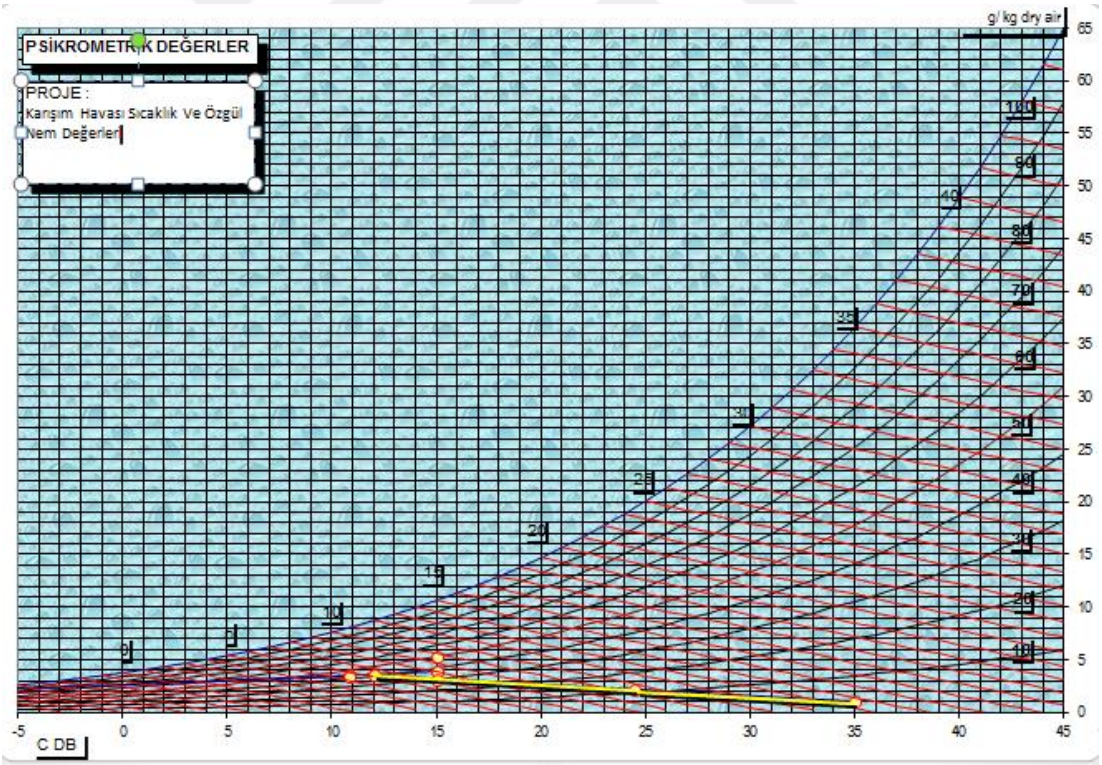
15°C ve %30 rh bağıl nem 3,17 g/kg özgül neme denk gelir.

Nem Alıcı cihazı seçerken cihazın fan motoru gücü ve tambur büyüklüğü dikkate alınır.

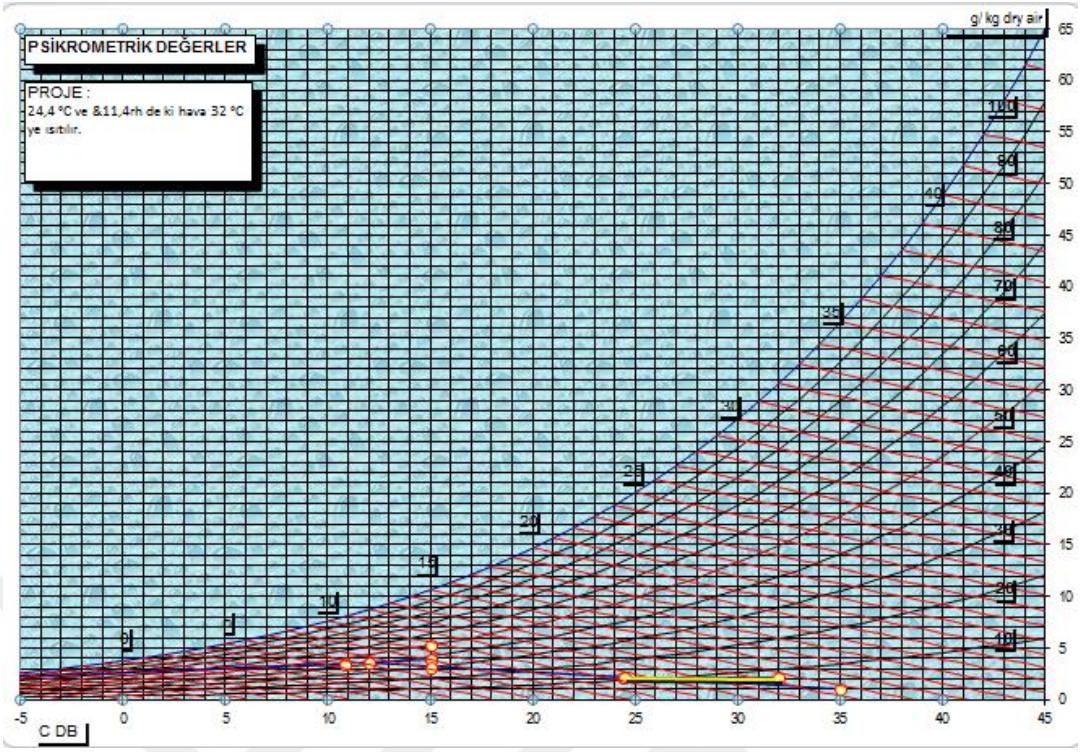
8.650 m³/h debi için Nem Alıcı cihaz havayı 35°C ye kadar ısıtarak havanın nemini 1,00 g/kg özgül neme kadar düşürecek şekilde seçildi.

35°C de 1,00 g/kg özgül nem %2,88 rh bağıl neme denk gelir.

8.650 m³/h debideki 35°C de %2,88 rh bağıl nemdeki hava ile 7.350 m³/h debideki 12°C de %40,5 rh bağıl nemdeki hava adyabatik olarak karıştırılır.



Şekil 3.46. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri



Şekil 3.47. 24,4 °C ve %11,4rh de ki hava 32 °C ye ısıtılır.

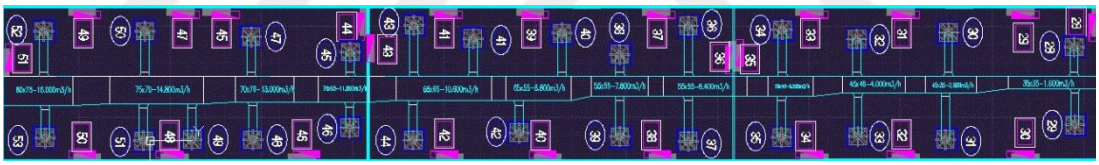
Yaz mevsimi kritik hava koşullarında 12.480 m³/h debi kapasiteli bir nem alıcı cihaz gerekliydi kış mevsimi içinse 8.650 m³/h debi kapasiteli bir nem alıcı cihaz hesapladık bu durumda en yüksek kapasite göz önünde bulundurulur ve 12.480 m³/h debi kapasiteli bir nem alıcı cihaz kullanımı uygun bulunmuştur.

Zone-2 Mahali Havalandırma Kanal boyutlandırması Hesabı

Tablo 3.6. Zone-2 Kanal Boyutlandırma

m³/h	m³/s	R(mSS/m)	V(m/s)	Ø(mm)	Ebat
9.000	2,5	0,081	8	650	650x550
7.800	2,1	0,081	7	600	550x550
6.600	1,83	0,081	7	550	550x450
5.400	1,5	0,081	7	500	450x450
4.200	1,16	0,081	6	475	450x400
3.000	0,83	0,081	6	425	400x350
1.800	0,5	0,081	5	350	350x300

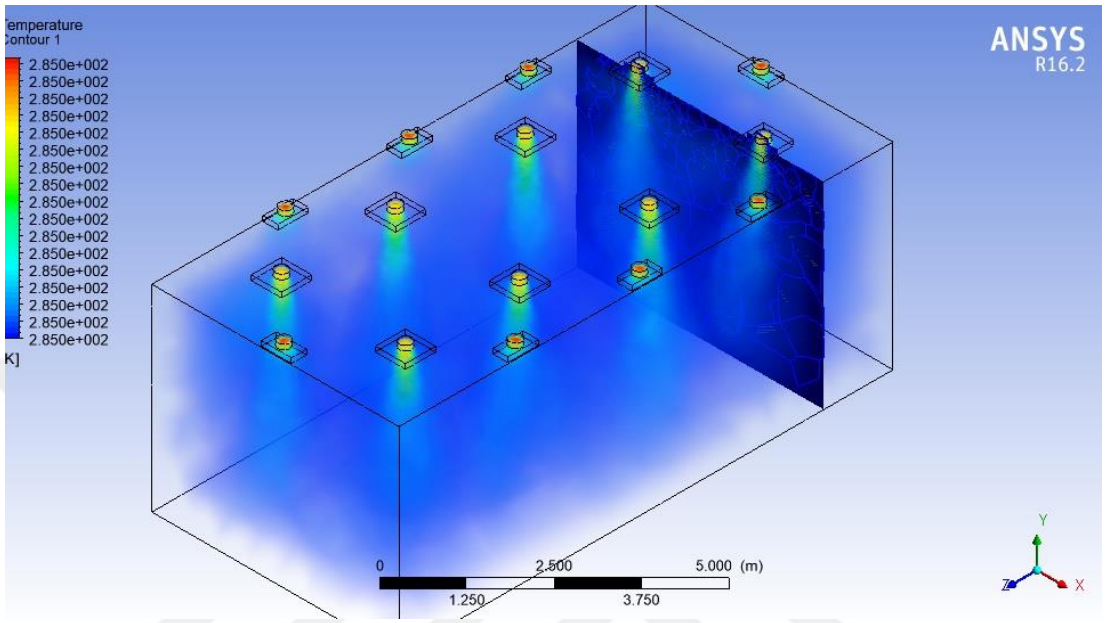
Zone-1 Mahali Havalandırma Kanal Çizimi;



Şekil 3.48. Zone-2 Kanal Görünümü

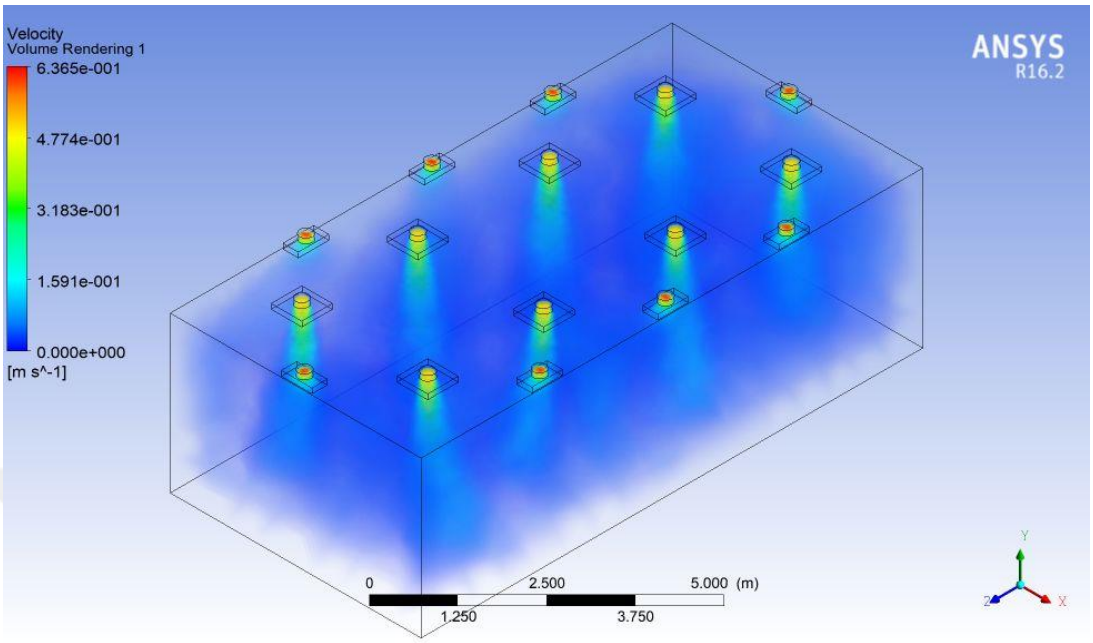
Zone-2 Hava Akış Analizleri

Tartım Odası;



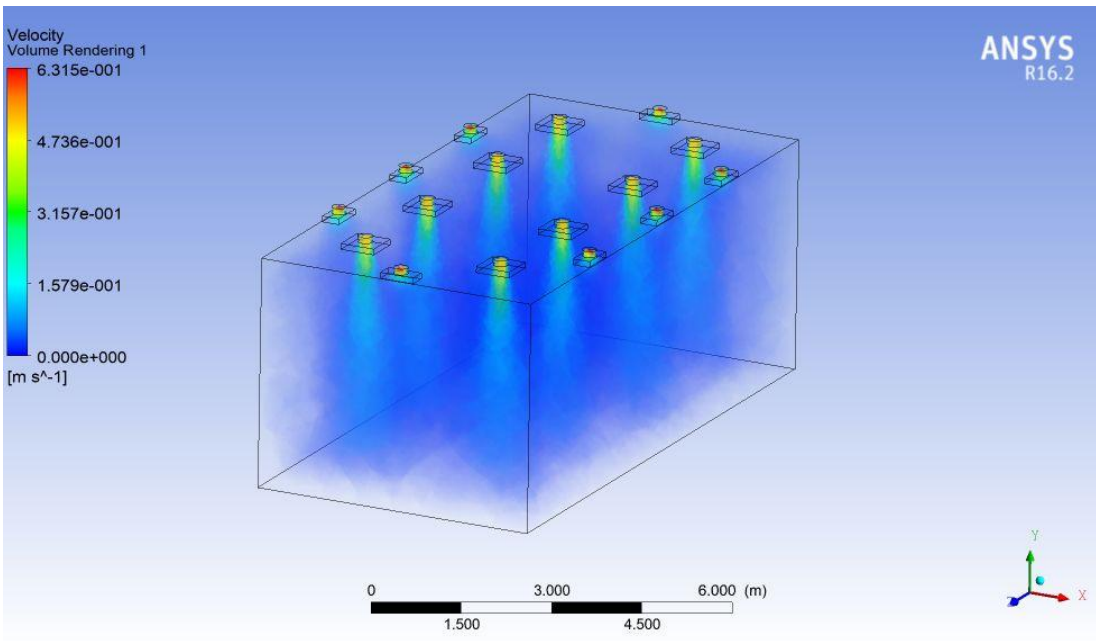
Şekil 3.49. Tartım Hava Akış Analizi

Tablet Odası;

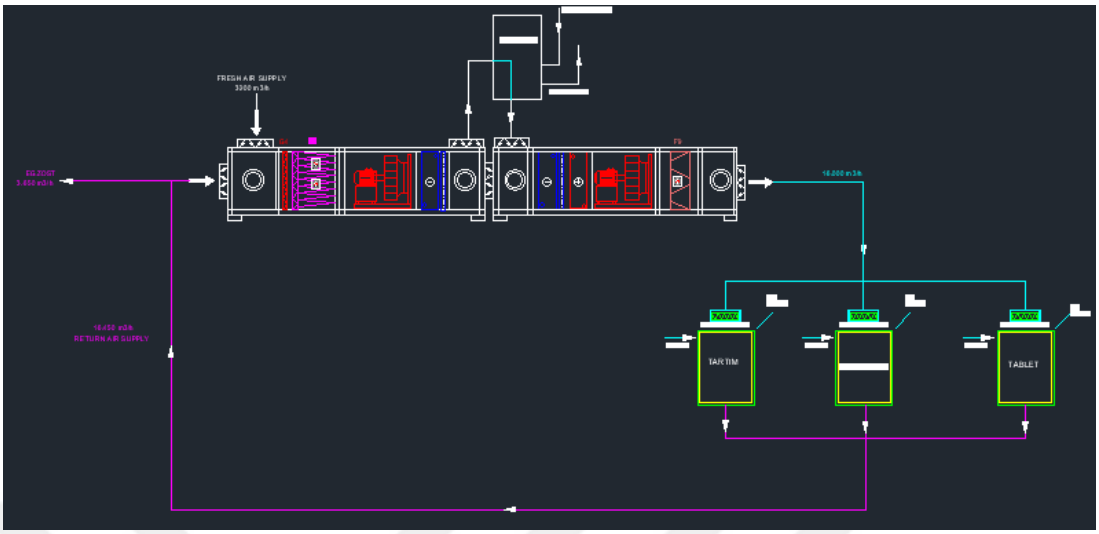


Şekil 3.50. Tablet Hava Akış Analizi

Granülasyon Odası;



Şekil 3.51. Granülasyon Hava Akış Analizi



Şekil 3.52. Tablet-Granülasyon-Tartım Klima Santrali Hava Diagramı

ZONE-3

Koridor;

Hacim: 4m x 30m x 3,10m =372 m³

Sıcaklık: Max.18°C

Nem: Max.%20 rh

Değişim Sayısı: 20

Taze Hava Oranı: %80

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=20 x 372

Q=7.440 m³/h

Mahal-1 (Koridor)

Zone-3 Isı Kazancı Hesabı;

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZİM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 11:59AM

Air System Information

Air System Name	KORİDOR		Number of zones	1	
Equipment Class	CW AHU		Floor Area	372.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	9,75	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	9,50	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	764,6	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	764,6	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	764,6	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	13.7	kW
Coil L/s at Des Htg	764,6	L/s
Max coil L/s	764,6	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	764,6	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	754,2	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	500	L/s	L/s/person	200.00	L/s/person

Şekil 3.53. Mahal-1 (Koridor) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı=8.391 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi= 764,6 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 2752 m³/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=2752/372

=7,4

Zone-3 Toplam Isı Kazancı: 8.391 kcal/h

Koridor Hava Değişim Sayısı: 7,4

Zone-3 Bölgesine bağlı Koridor ısı kazancına bağlı Hava değişim sayıları incelendiğinde 20 nin altında olduğu görülür, ISO 8 Temiz alanımızda üretimde çapraz kontaminasyonun önlenmesi için gerek şart olan hava akış yönleri koridordan odalara doğru olmalıdır. Bu yüzden klima santrali debisi hesaplarken koridorun pozitif basınçta tutmak ve odaları kirletmemek için temiz tutulmasını sağlamak için tavsiye edilen 20 hava değişim sayısını alarak hesap yapılacaktır.

Zone-3 Bölgesi Klima Santrali Debi Hesabı;

Debi=Hacim x Hava Değişim Sayısı

Koridor= 372 x 20

=7.440 m^3/h

Zone-3 Debisi= 7.440 m^3/h

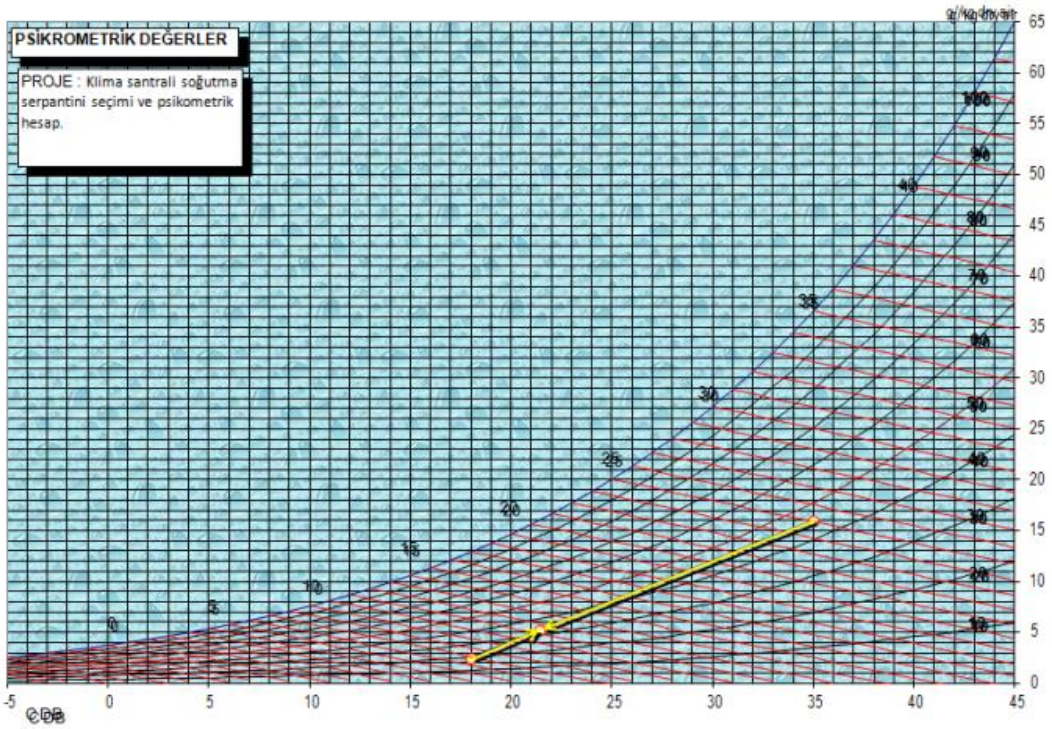
7.440 m^3/h olarak bulduğumuz Zone-3 debisi için seçilecek olan Klima Santralinin ileride oluşabilecek olumsuz durumlara, hava kaçaklarına vb. Durumlara karşı problem yaşanmaması için emniyet payı ile birlikte 9.000 m^3/h seçilebilir.

Bu aşamada debisi belli olan Klima Santralimizin serpantin güçlerini (ısıtma, soğutma), vantilatör ve aspiratör fanı güçlerini, üretilecek ilaca göre santralin içine yerleştirilecek filtreleri hesaba katarak ihtiyaçları karşılayacak bir seçim yapacağız. Aynı zamanda santralimiz ortam ihtiyacı gereği nemi düşük bir hava olacağından bir nem alıcı cihaz takviyesiyle uygun şartları sağlayacaktır.

3.3.5. Yaz için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.7. Zone-3 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle		Tekstil yıkayıcı girişi bul	
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible
	m³/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	9,000	12.0	23.5	17.190	1.234	-8.440	2.029				
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	9,000	18.0	16.0	23.250	1.208	-8.437	2.030	0.0	19	16,074	15,660
Karışım / Mix Ekle	18,000	15.0					2.029				
	Yaz İçin										
Ortam	9,000	18.0	16.0	23.250	1.208	-8.437	2.030	0.0	19	16,074	15,660
Üfenen Hava	9,000	12.0	23.5	17.190	1.234	-8.440	2.029				
Son Soğutucu Çıkış	9,000	12.0	23.5	17.190	1.234	-8.440	2.029	0.0	-44	-37,443	-38,367
Son Soğutucu Giriş	9,000	26.7	9.4	32.033	1.173	-8.440	2.029				
Nem Alıcı Çıkış	9,000	26.7	9.4	32.070	1.173	-8.396	2.036				
Nem Alıcı Giriş	5,760	35.0	2.9	37.765	1.144	-17.699	0.997				
By-Pass	3,240	12.0	44.8	21.863	1.230	0.357	3.881				
Ön Soğutucu Çıkış	9,000	12.0	44.8	21.873	1.230	0.372	3.885	0.0	-23	-20,089	-20,097
Ön Soğutucu Giriş	9,000	19.7	27.4	29.674	1.198	0.372	3.885				
Karışım Havası	9,000	19.7	27.4	29.672	1.198	0.370	3.885				
Dönüş Havası	8,100	18.0	20.0	24.555	1.207	-5.414	2.545				
Taze Hava	900	35.0	45.0	76.094	1.117	21.301	15.944				



Şekil 3.54. Zone-3 İçin Psikrometrik Değerler

.

%10 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 900 m³/h olarak belirlendi.

Yaz için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı: 35°C

Yaş Termometre Sıcaklığı: 25°C

Psikometrik Diagramda 35-25, %45 rh bağıl nemlere denk gelir.

18°C deki %20 rh bağıl nemdeki Zone-3 alanı içerisinden gelen %90 hava yani 8.100 m³/h debi ile dışarıdan %10 taze hava yani 900 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde adyabatik olarak karıştırılır.

Kuru ve Yaş termometre sıcaklıklarına göre özgül hacim bulunur.

W_1=2,545 gr nem/kg kuru hava

h_1=24,555 kJ/ kg kuru hava

v_1=1,207 kg/ m³

W_2=15,944 gr nem/kg kuru hava

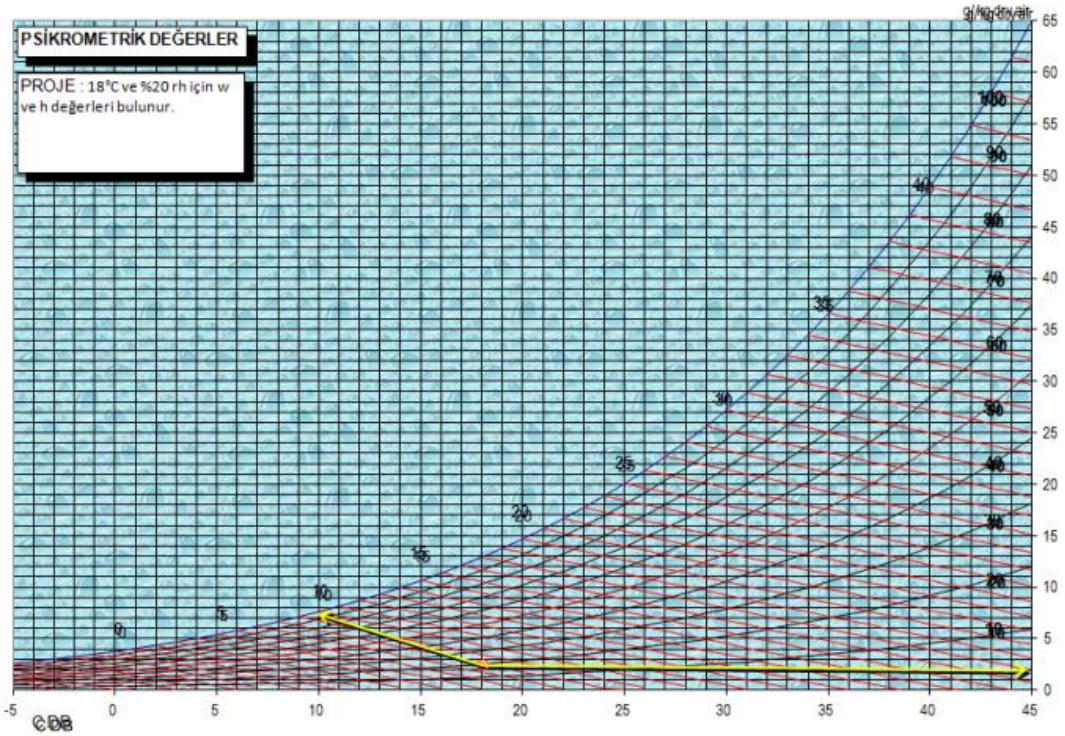
h_2=76,094 kJ/ kg kuru hava

v_2=1,117 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=8.100 m³/h/1,207

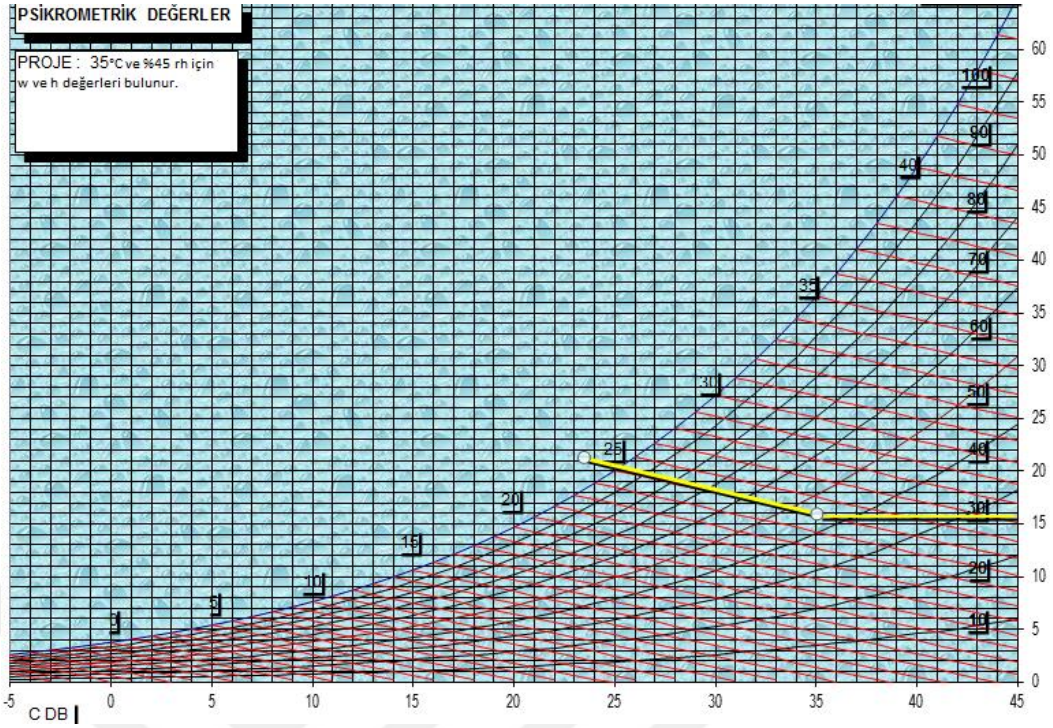
ma_1= 6.710



Şekil 3.55. 18°C ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_1=900 m³/h/1,117

ma_1= 805



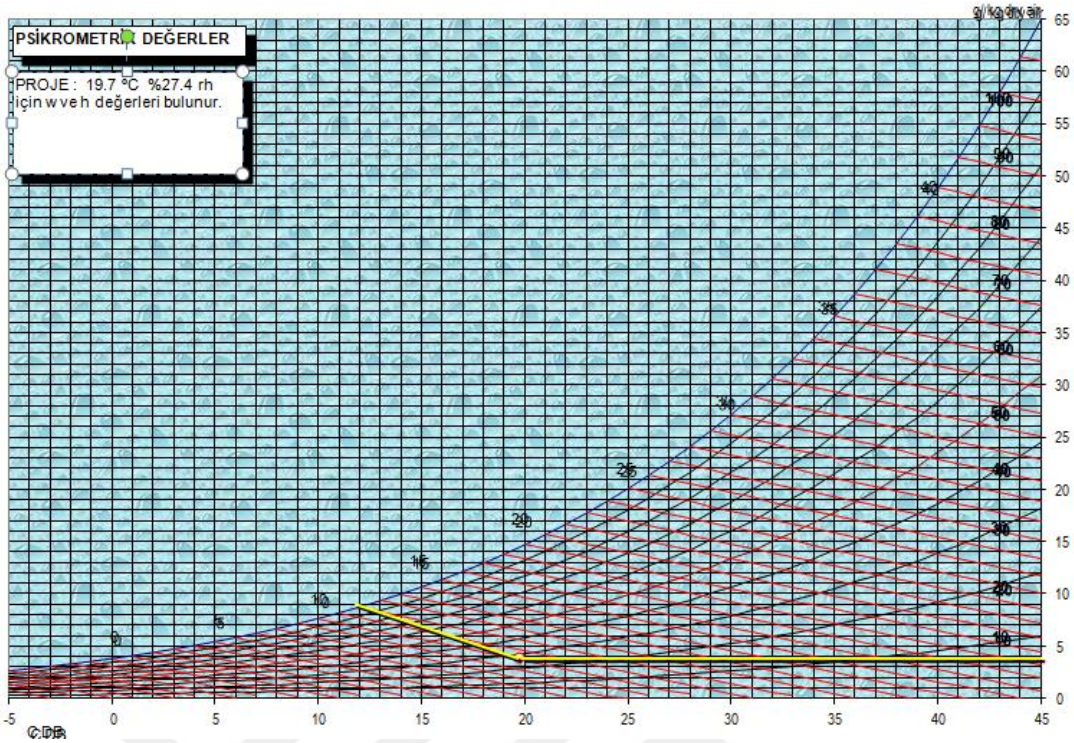
Şekil 3.56. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi,Özgül Nem Değerleri

$$\frac{6.710}{805} = \frac{15,944 - w_3}{w_3 - 2,545} = \frac{76,094 - h_3}{h_3 - 24,555}$$

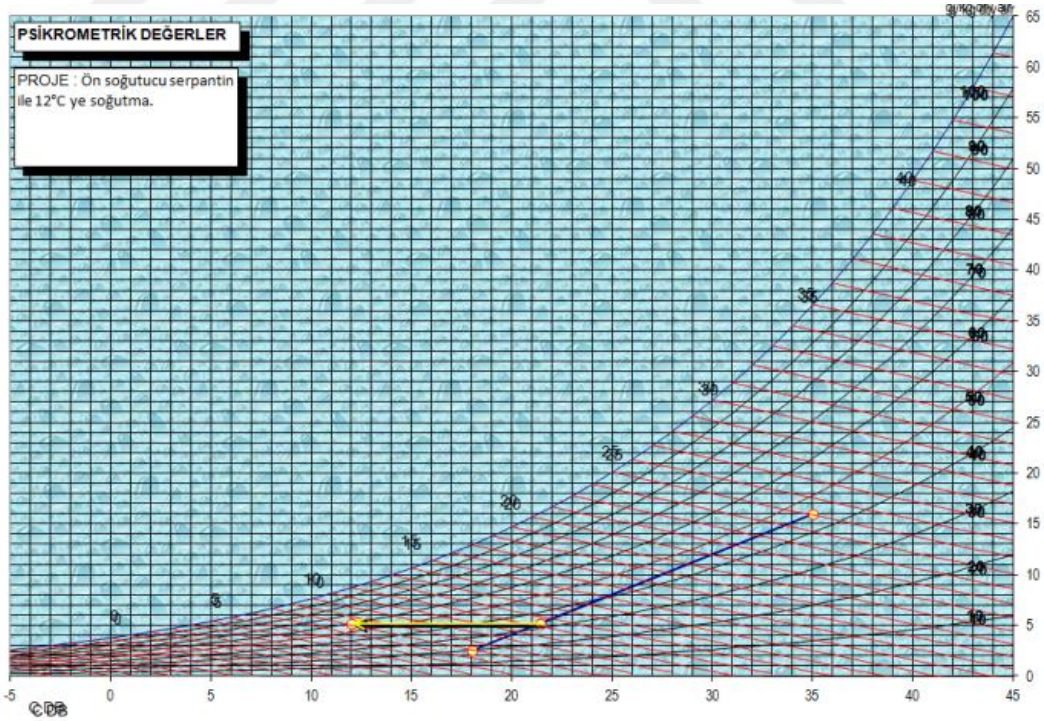
w_3= 3,98 gr nem/kg kuru hava

h_3=30 kJ/ kg kuru hava

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 19,7°C ve % 27,4 rh bağıl nem bulunur. (Kırbaş, 2013).



Şekil 3.57. 19,7°C ve %27,4 Rh İçin Entalpi,Özgül Nem Değerleri



Şekil 3.58. 12°C İçin Soğutma Değerleri

12°C ye kadar soğutulan hava % 44,8 rh bağıl nemlere yükseldi. Söz konusu mahalde istenen %20 rh bağıl nemi yakalamak için Nem Alıcı bir cihazdan yardım alacağız. Nem alıcı cihaz seçiminde cihaz çıkışı hava için optimum alınması gereken özgül nem değeri mahal özgül nem değerinin 1 g/kg düşüğüdür.

Mahal Değerleri;

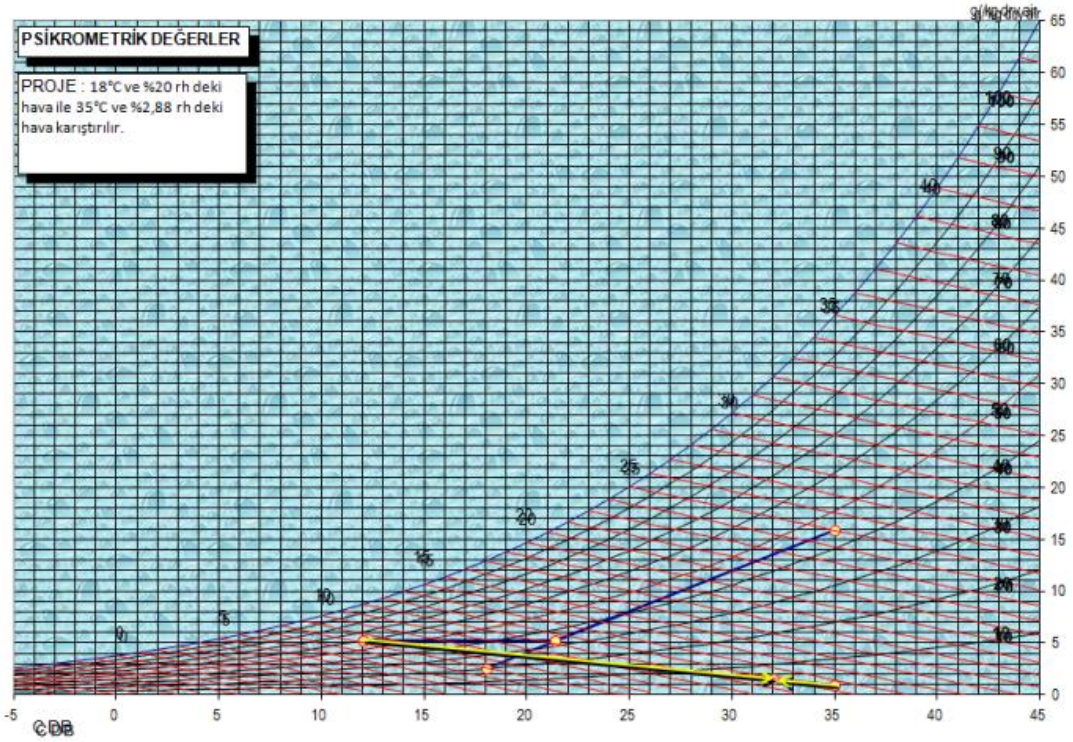
18°C ve %20 rh bağıl nem 2,56 g/kg özgül neme denk gelir.

Nem Alıcı cihazı seçerken cihazın fan motoru gücü ve tambur büyüklüğü dikkate alınır.

9.000 m³/h debi için Nem Alıcı cihaz havayı 35°C ye kadar ısıtarak havanın nemini 1,00 g/kg özgül neme kadar düşürecek şekilde seçildi.

35°C de 1,00 g/kg özgül nem %2,88 rh bağıl neme denk gelir.

5.760 m³/h debideki 35°C de %2,88 rh bağıl nemdeki hava ile 3.240 m³/h debideki 12°C de %65,8 rh bağıl nemdeki hava adyabatik olarak karıştırılır.



Şekil 3.59. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

1 kj=0,24 kcal

Ön Soğutma Serpantin Hesabı;

29,674 kj/kg = 7,12 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Giriş)

21,873 kj/kg = 5,25 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Çıkış)

Soğutma Serpantin Hesabı;

7,12-5,25=1,87 kcal /kg

9.000 m^3/h /0,875x(7,12-5,25)= 19.234 kcal/h

19.234 kcal/h /860 =22,3 kW

Son Soğutma Serpantin Hesabı;

32,033 kj/kg = 7,68 kcal/kg (Son Soğutma Serpantin Giriş)

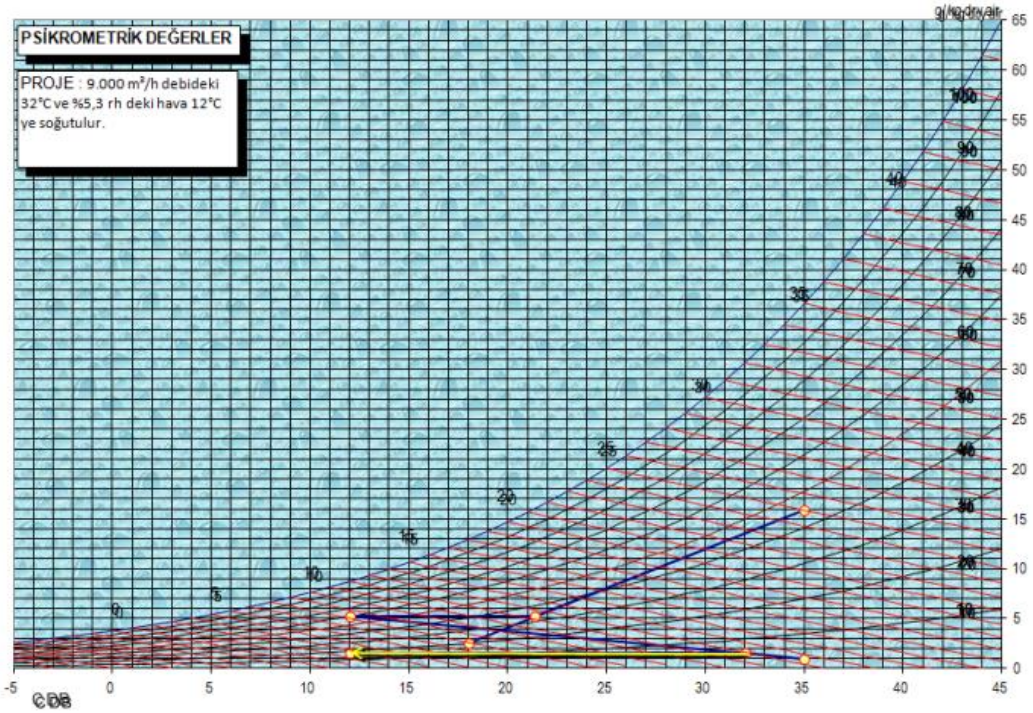
17,586 kj/kg = 4,12 kcal/kg (Son Soğutma Serpantin Çıkış)

7,68-4,12=3,56 kcal /kg

9.000 m³/h /0,875x(7,68-4,12)= 36.617 kcal/h

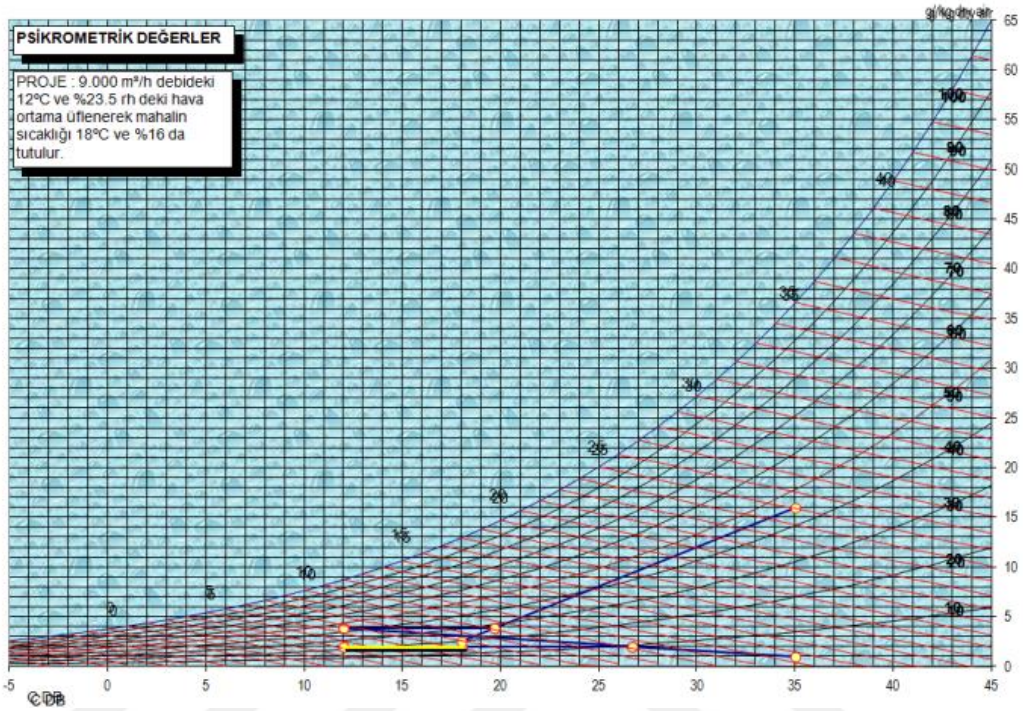
36.617 kcal/h/860=42,5 kW

9.000 m³/h debideki 26,7°C de %9,4 rh bağıl nemdeki hava Son Soğutma Serpantininden geçirilerek 12°C ye soğutulur.



Şekil 3.60. Soğutucu Çıkışı Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

9.000 m³/h debideki 12°C de %23,5 rh bağıl nemdeki hava ortama üflenerek mahalin sıcaklığı 18°C ye ve bağıl nemi de %16 rh de tutulur.

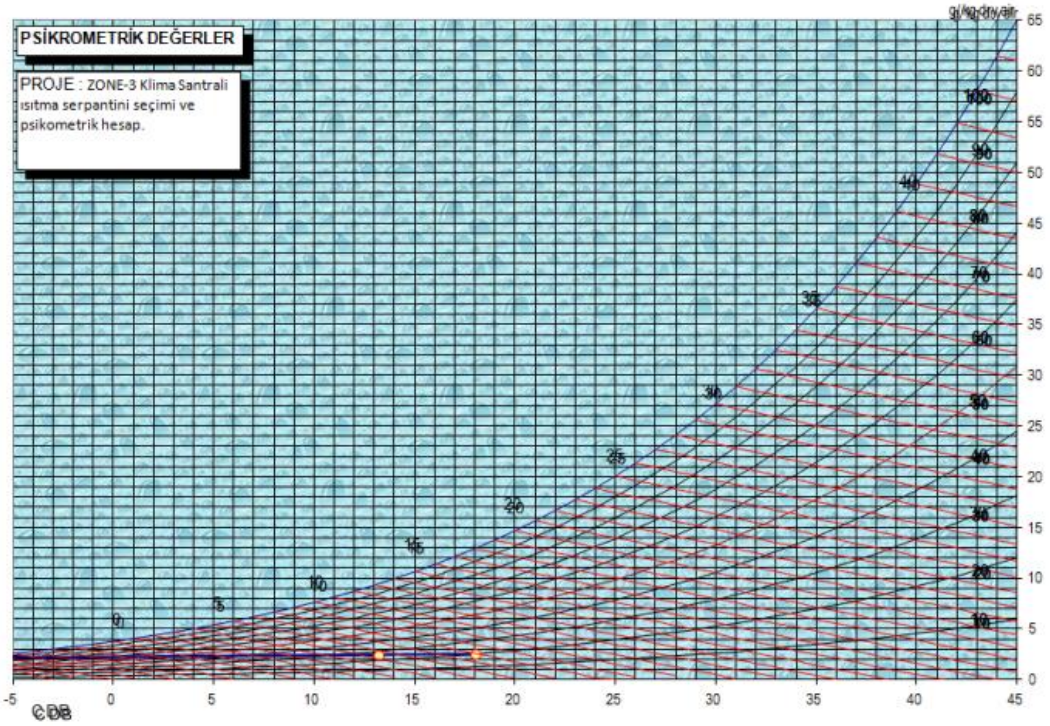


Şekil 3.61. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

3.3.6. Kış için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.8. Zone-3 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle		Tekstil yıkayıcı girişi bul		
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible	
	m^3/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h	
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	9,000	32.0	8.5	38.595	1.152	-5.640	2.502					
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	9,000	18.0	19.7	24.448	1.208	-5.640	2.502	0.0	-41	-35,043	-36,540	
Karışım / Mix Ekle	18,000	25.0					2.502					
	Kış İçin											
Ortamdaki Hava	9,000	18.0	19.7	24.448	1.208	-5.640	2.502	0.0	-41	-35,043	-36,540	
Ortama Üflenen	9,000	32.0	8.5	38.595	1.152	-5.640	2.502					
Isıtıcı Serpantin Çıkış	9,000	32.0	8.5	38.595	1.152	-5.640	2.502	0.0	50	43,387	42,804	
Isıtıcı Serpantin Giriş	9,000	15.6	22.9	22.021	1.218	-5.644	2.502					
Karışım Havası	9,000	15.6	22.9	22.034	1.218	-5.615	2.507					
Dönüş Havası	8,100	18.0	20.0	24.555	1.207	-5.414	2.545					
Taze Hava	900	-6.0	90.0	-0.639	1.317	-7.564	2.167					



Şekil 3.62. Zone-3 İçin Psikrometrik Değerler

%10 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 900 m³/h olarak belirlendi.

Kış için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı :-6 °C

Bağıl Nem Oranı : %90 rh

18 °C deki %20 rh bağıl nemdeki Zone-3 alanı içerisinden gelen %90 hava yani 8.100 m³/h debi ile dışarıdan %10 taze hava yani 900 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde karıştırılır.

Kuru termometre sıcaklığına ve bağıl neme göre özgül hacim bulunur.

W_1=2,545 gr nem/kg kuru hava

h_1=24,555 kJ/ kgkuru hava

v_1=1,207 kg/ m³

W_2=2,167gr nem/kg kuru hava

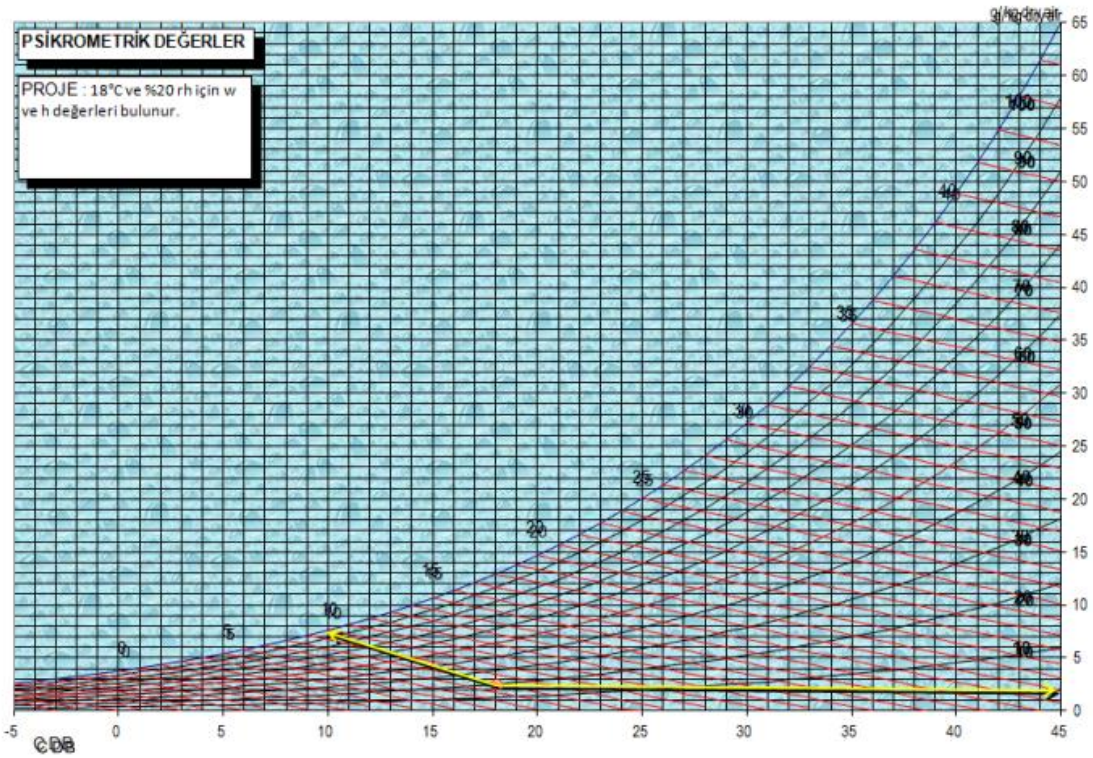
h_2=-0,639kJ/ kgkuru hava

v_2=1,317 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=9.000 m³/h/1,207

ma_1= 7.456



Şekil 3.63. 18°C ve %20 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=900 m³/h/1,317

ma_2= 683

$$\frac{7456}{900} = \frac{2{,}167 - w_3}{w_3 - 2{,}545} = \frac{-0{,}639 - h_3}{h_3 - 24{,}555}$$

w_3= 2,49 gr nem/kg kuru hava

h_3=21,8 kJ/ kg kuru hava

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 15.6°C ve % 22.9 rh bağıl nem bulunur.

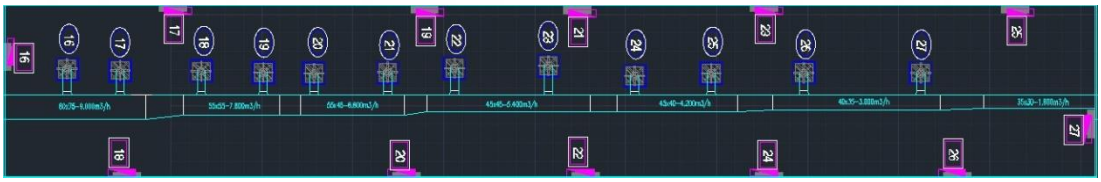
Ansys programında Üfleme Kutularından belirlenen debideki ve sıcaklıktaki havanın oda içerisine akışını göstermektedir.

Zone-3 Mahali Havalandırma Kanal Ebatlandırması;

Tablo 3.9. Zone-3 Kanal Boyutlandırma

m³/h	m³/s	R(mSS/m)	V(m/s)	Ø(mm)	Ebat
9.000	2,5	0,081	8	650	650x550
7.800	2,1	0,081	7	600	550x550
6.600	1,83	0,081	7	550	550x450
5.400	1,5	0,081	7	500	450x450
4.200	1,16	0,081	6	475	450x400
3.000	0,83	0,081	6	425	400x350
1.800	0,5	0,081	5	350	350x300

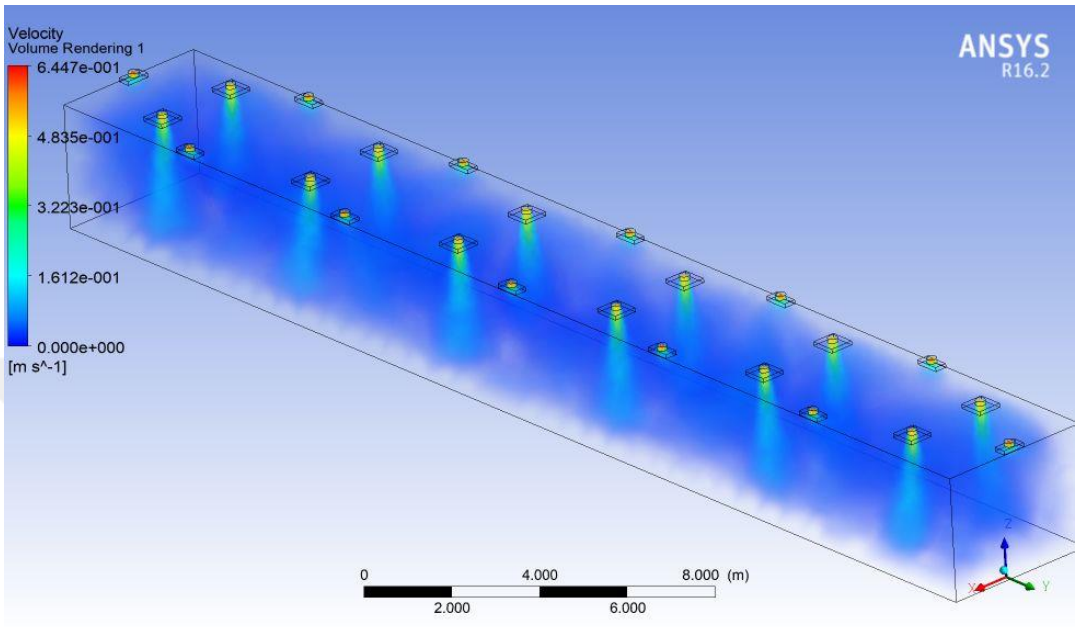
Zone-3 Mahali Havalandırma Kanal Çizimi;



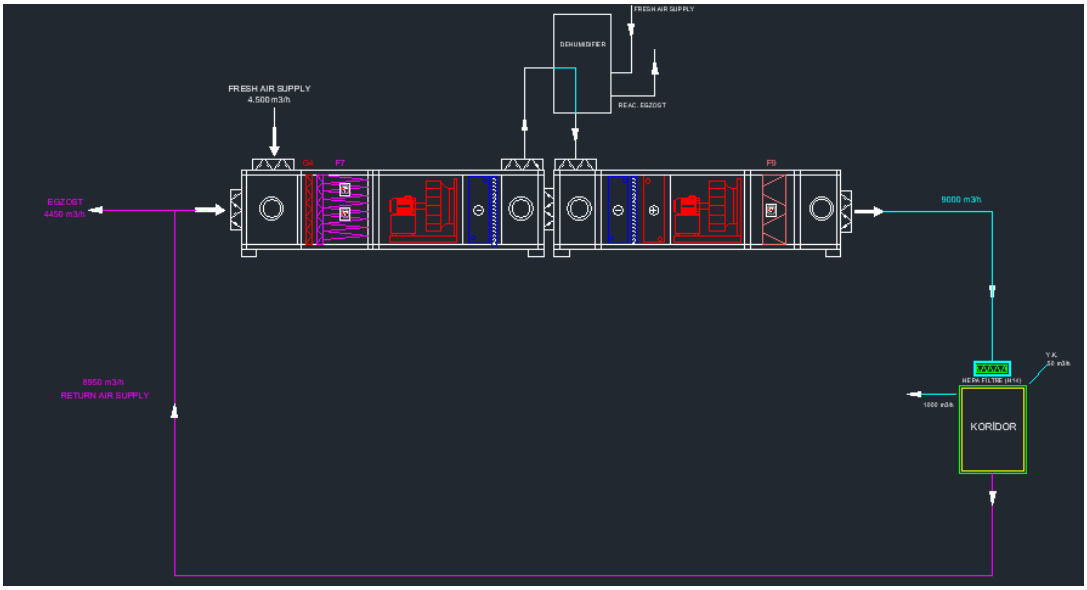
Şekil 3.64. Zone-3 Kanal Görünümü

Zone-3 Hava Akış Analizi

Koridor;



Şekil 3.65. Koridor Hava Akış Analizi



Şekil 3.66. Koridor Kliması Hava Akış Diagramı

ZONE-4

Ambalaj;

Hacim: 14m x 15m x 3,10m =651 m³

Sıcaklık: Max.22°C

Nem: Max.%60 rh

Değişim Sayısı: 10

Taze Hava Oranı: %20

Debi=Değişim Sayısı x Hacim

Q=10 x 651

Q=6.510 m³/h

Mahal-1 (Ambalaj);

Zone-4 Isı Kazancı Hesabı;

Air System Sizing Summary for İLAÇ ÜRETİM

Project Name: TEZİM — 05/27/2019
Prepared by: NEUTEC ILAC SAN. VE TIC. A.S. — 11:59AM

Air System Information

Air System Name	AMBALAJ		Number of zones	1	
Equipment Class	CW AHU		Floor Area	651.0	m²
Air System Type	SZCAV		Location	Sakarya, Turkey	

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec		Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated		Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	11,40	kW	Load occurs at	Jul 1500	
Sensible coil load	11,10	kW	OA DB / WB	35.0 / 25.0	°C
Coil L/s at Jul 1500	1666	L/s	Entering DB / WB	16.9 / 16.0	°C
Max block L/s	1666	L/s	Leaving DB / WB	14.8 / 14.7	°C
Sum of peak zone L/s	1666	L/s	Coil ADP	14.6	°C
			Bypass Factor	0.100	
			Resulting RH	97	%
			Design supply temp.	14.4	°C
			Zone T-stat Check	1 of 1	OK
			Max zone temperature deviation	0.0	K

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load	14.6	kW
Coil L/s at Des Htg	1666	L/s
Max coil L/s	1666	L/s
Water flow @ 11.1 K drop	0.29	L/s

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	1666	L/s	Fan motor BHP	0.00	BHP
Standard L/s	1566	L/s	Fan motor kW	0.00	kW
			Fan static	0	Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	600	L/s	L/s/person	300.00	L/s/person

Şekil 3.67. Mahal-1 (Ambalaj Alanı) Sistem Çıktısı

Soğutma Yükü= Isı Kazancı x 860

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Isı Kazancı= 9.830 kcal/h

1 m3/h = 0.277778 L/s; 1 L/s = 3.6 m3/h

Debi= 1666 x 3.6

Mahal-1 (Blisterleme Odası) Debisi= 6000 m³/h

Isı Kazancına Göre Hava Değişim Sayısı=6000/651

=9,21

Zone-4 Toplam Isı Kazancı: 9.830 kcal/h

Ambalaj Alanı Hava Değişim Sayısı: 9,21

Zone-4 Bölgesine bağlı Ambalaj ısı kazancına bağlı Hava değişim sayıları incelendiğinde 10 nun altında olduğu görülür, ISO 9 alan için klima santrali debisi hesaplarken ISO 8 alana göre nispeten daha düşük standartlarda fakat korunaklı bir akış sağlanmalıdır. Bunun için tavsiye edilen 10 hava değişim sayısını alarak hesap yapılacaktır.

Zone-4 Bölgesi Klima Santrali Debi Hesabı;

Debi=Hacim x Hava Değişim Sayısı

Ambalaj Alanı= 651 x 10

=6.510 m^3/h

Zone-4 Debisi= 6.510 m^3/h

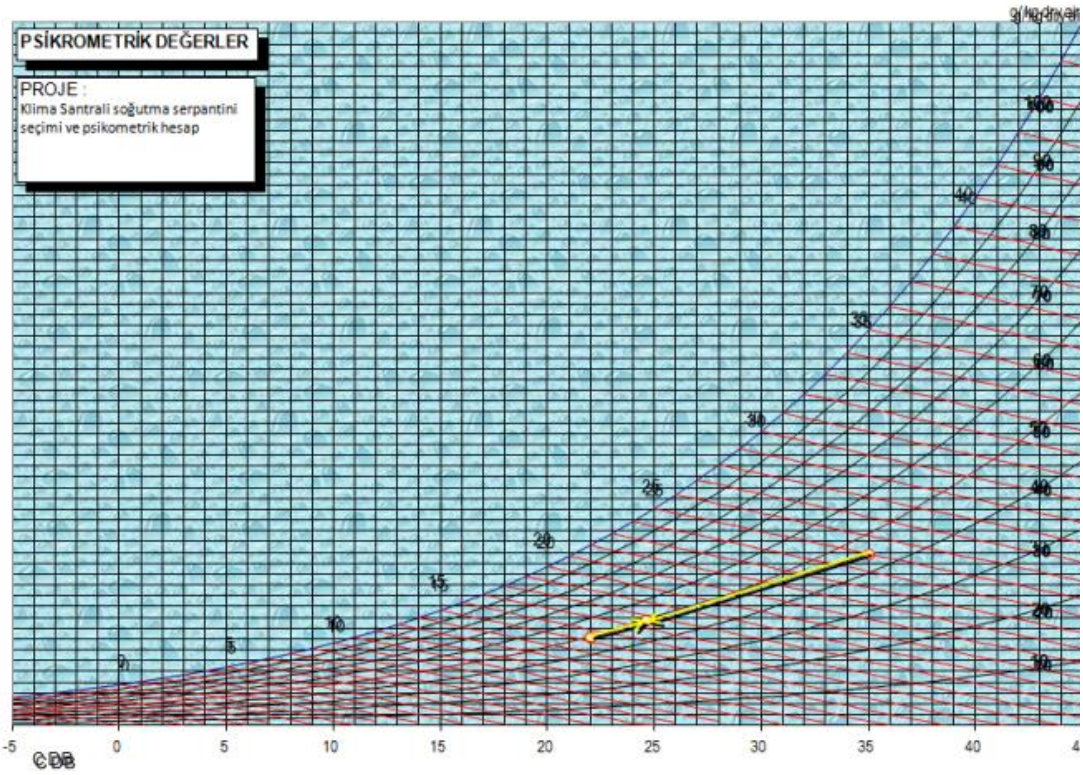
6.510 m^3/h olarak bulduğumuz Zone-4 debisi için seçilecek olan Klima Santralinin ileride oluşabilecek olumsuz durumlara, hava kaçaklarına vb. Durumlara karşı problem yaşanmaması için emniyet payı ile birlikte 8.000m^3/h seçilebilir.

Bu aşamada debisi belli olan Klima Santralimizin serpantin güçlerini (ısıtma, soğutma), vantilatör ve aspiratör fanı güçlerini, paketlenecek ilaca göre santralin içine yerleştirilecek filtreleri hesaba katarak ihtiyaçları karşılayacak bir seçim yapacağız. Aynı zamanda santralimiz ortam ihtiyacı gereği nemi düşük bir hava olacağından bir nem alıcı cihaz takviyesiyle uygun şartları sağlayacaktır.

3.3.7. Yaz için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.10. Zone-4 Yaz İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle		Tekstil yıkayıcı girişi bul		
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible	
	m³/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h	
KT - RH (C/% KT-YT (C/C) Ekle Giriş / In	8,000	12.0	99.0	33.873	1.221	11.879	8.642					
KT - RH (C/% KT-YT (C/C) Ekle Çıkış / Out	8,000	22.0	52.5	44.090	1.180	11.880	8.643	0.0	28	23,840	23,200	
Karışım / Mix Ekle	16,000	17.0					8.642					
Yaz İçin												
Ortamdaki Hava	8,000	22.0	52.5	44.090	1.180	11.880	8.643	0.0	28	23,840	23,200	
Üfleme Havası	8,000	12.0	99.0	33.873	1.221	11.879	8.642					
Ön Soğutucu Çıkış	8,000	12.0	99.0	33.873	1.221	11.879	8.642	-10.5	-41	-35,073	-29,232	
Ön Soğutucu Giriş	8,000	24.6	50.6	49.597	1.167	13.710	9.762					
Karışım	8,000	24.6	50.6	49.613	1.167	13.720	9.769					
Taze Hava	1,600	35.0	45.0	76.094	1.117	21.301	15.944					
Dönüş Havası	6,400	22.0	50.0	43.029	1.180	11.142	8.225					



Şekil 3.68. Zone-4 Psikrometrik Değerler

%20 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 1600 m³/h olarak belirlendi.

Yaz için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı: 35°C

Yaş Termometre Sıcaklığı: 25°C

Psikometrik Diagramda 35-25, %45 rh bağıl nemlere denk gelir.22°C deki max.%60 rh bağıl nemdeki Zone-3 alanı içerisinden gelen %90 hava yani 6.400 m³/h debi ile dışarıdan %10 taze hava yani 1.800 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde adyabatik olarak karıştırılır.

Kuru ve Yaş termometre sıcaklıklarına göre özgül hacim bulunur.

W_1=8,225 gr nem/kg kuru hava

h_1=43.029 kJ/ kg kuru hava

v_1=1,180 kg/ m³

W_1=15,944 gr nem/kg kuru hava

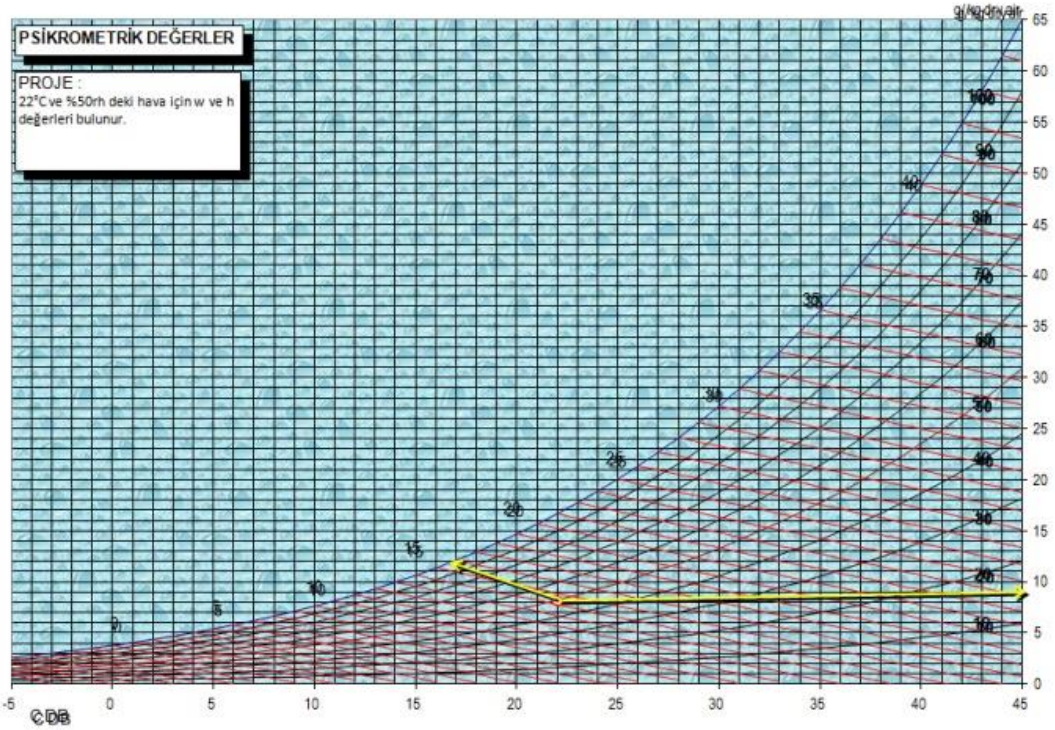
h_2=76,094 kJ/ kg kuru hava

v_2=1,117 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=6.400 m³/h/1,180

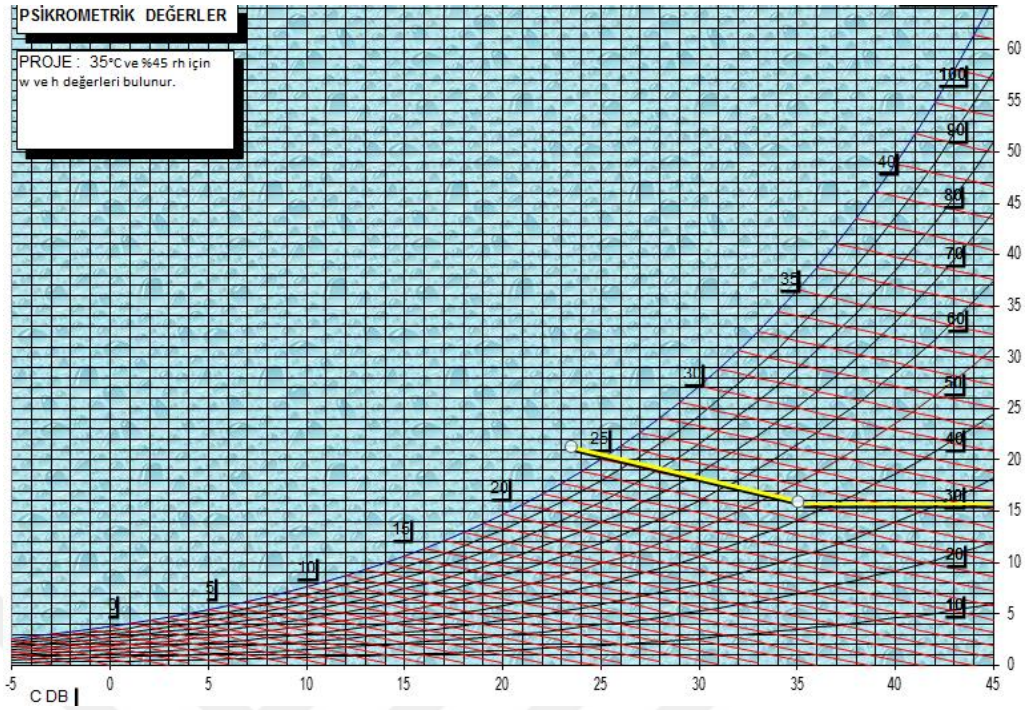
ma_1= 5.423



Şekil 3.69. 22°C ve %50 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=1.800 m³/h/1,117

ma_2= 1.538



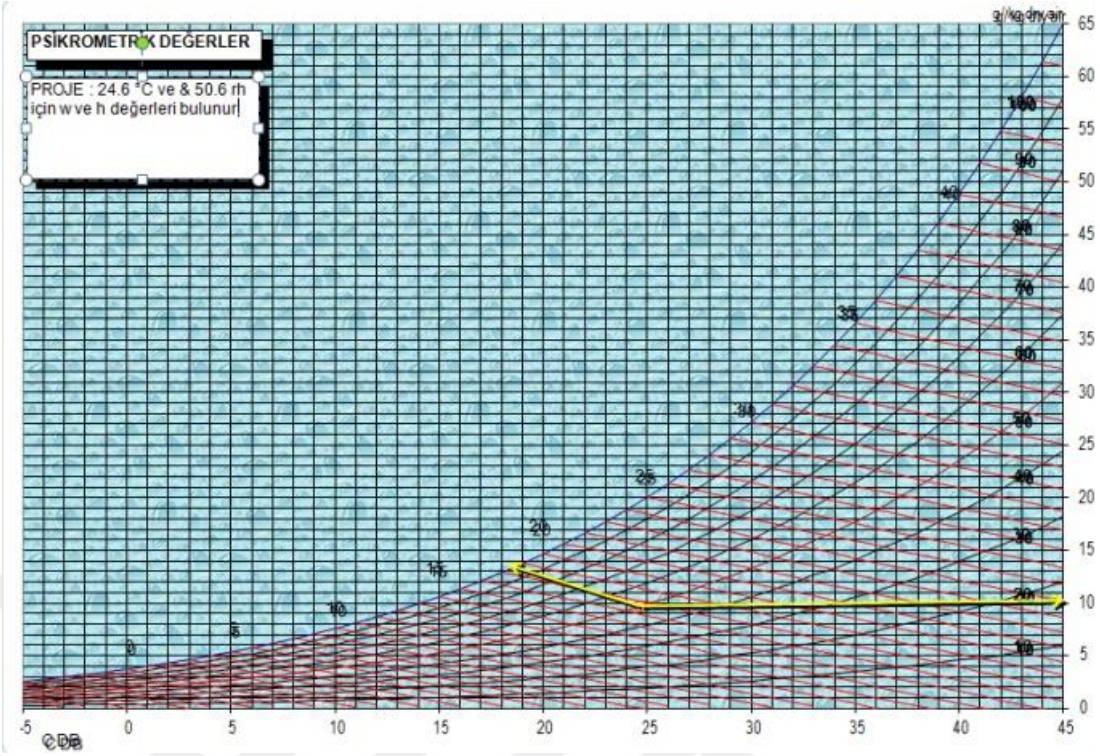
Şekil 3.70. 35°C ve %45 Rh İçin Entalpi,Özgül Nem Değerleri

$$\frac{5.423}{1.538} = \frac{15,944 - w_3}{w_3 - 8,225} = \frac{76,094 - h_3}{h_3 - 43,029}$$

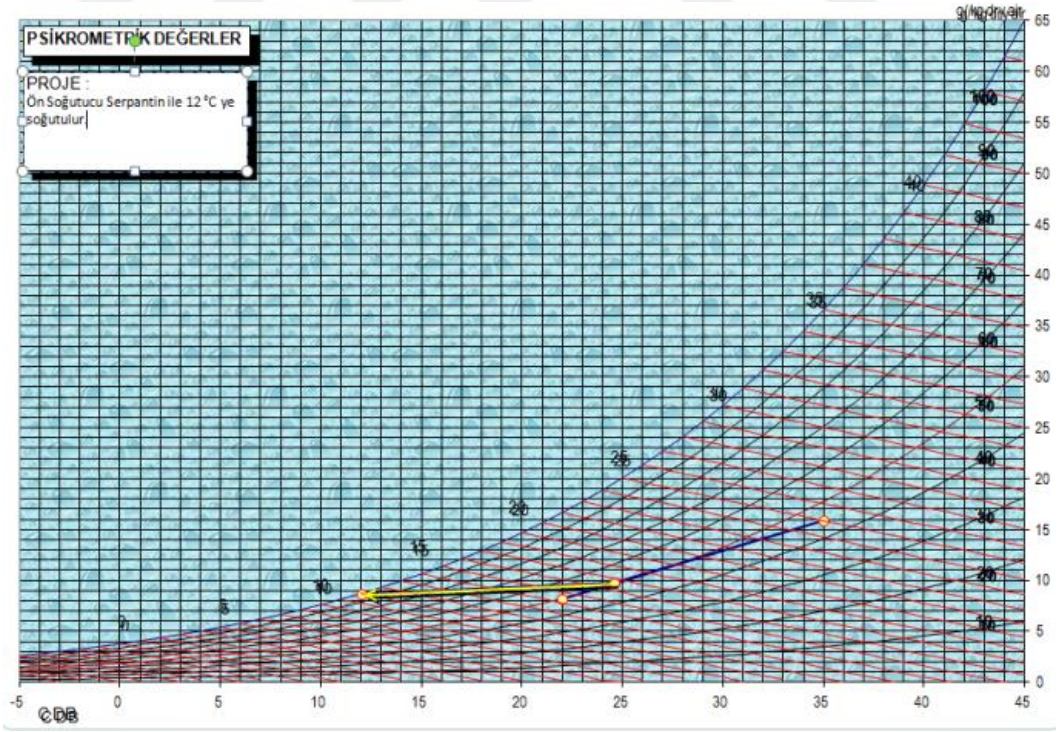
w_3= 9,93 gr nem/kg kuru hava

h_3=68,77 kJ/ kg kuru hava

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 24,6°C ve % 50,6 rh bağıl nem bulunur.



Şekil 3.71. 24.6°C ve %50.6 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri



Şekil 3.72. 12°C İçin Soğutma Değerleri

12°C ye kadar soğutulan hava % 99 rh bağıl nemlere yükseldi. Söz konusu mahalde istenen max.%60 rh bağıl nemi aşamayacağımızı hesaplarda gösterdik.

1 kj=0,24 kcal

Ön Soğutma Serpantin Hesabı;

49,597 kj/kg = 11,9 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Giriş)

33,873 kj/kg = 8,1 kcal/kg (Ön Soğutma Serpantin Çıkış)

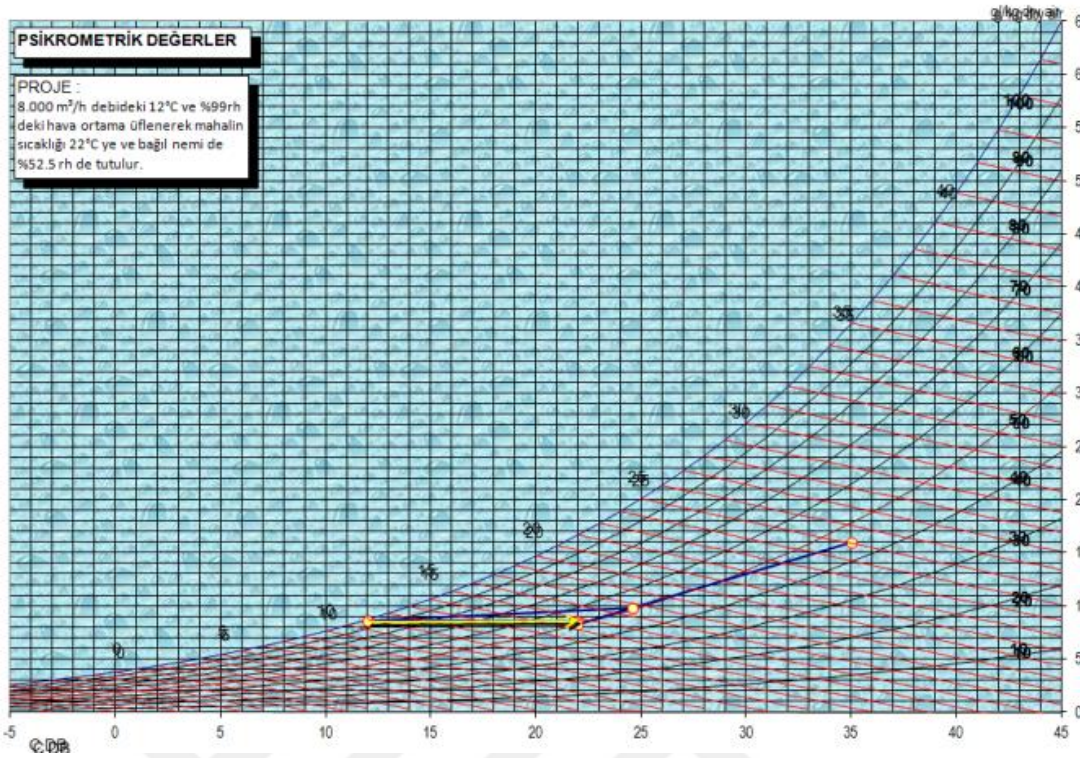
Soğutma Serpantin Hesabı;

11,9-8,1=3,8 kcal /kg

8.000 m^3/h /0,875x(11,9-8,1)= 34.742 kcal/h

34.742 kcal kcal/h /860 =40,39 kW

8.000 m^3/h debideki 12°C de %99 rh bağıl nemdeki hava ortama üflenerek mahalin sıcaklığı 22°C ye ve bağıl nemi de %52,5 rh de tutulur.

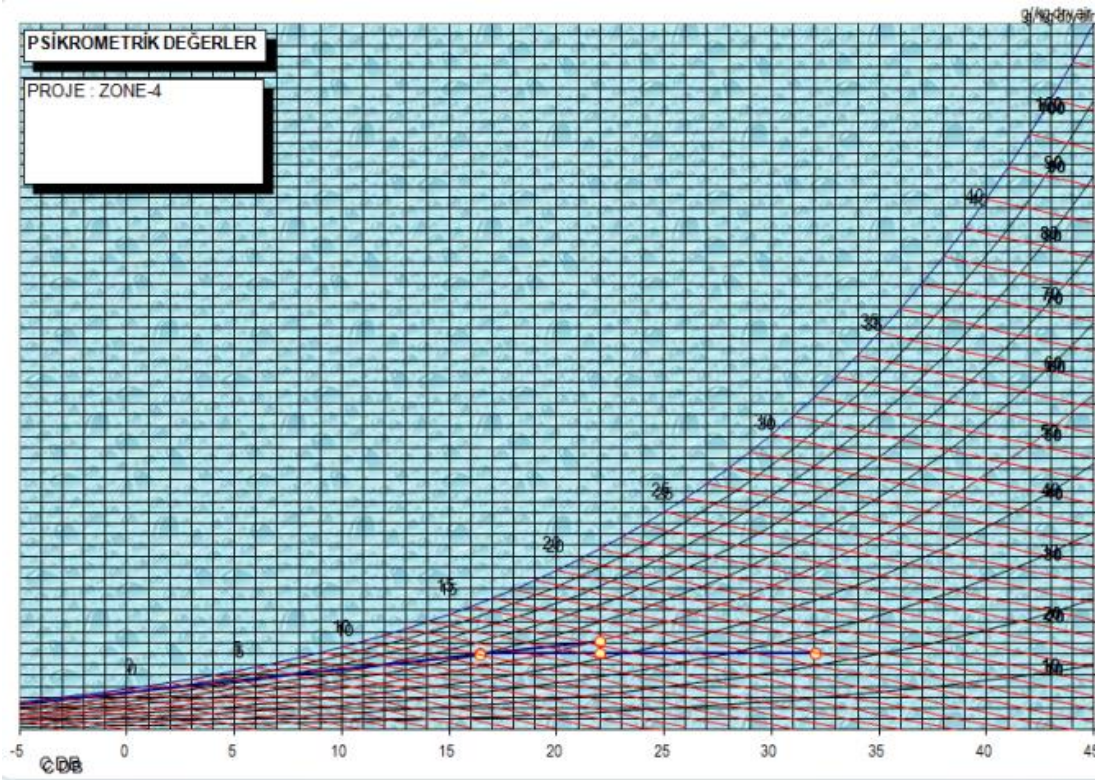


Şekil 3.73. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

3.3.8. Kış için serpantin güçleri hesabı

Tablo 3.11. Zone-4 Kış İklimlendirme Değerleri Sonuçları

çıkışı giriş yap	Heat	Humidify (adyabatik)		eşdeğer çiğ/nem bul		izentropi eğrisi çiz		izentropik ilerle		Tekstil yıkayıcı girişi bul		
in/out EKLE	Debi	T (KT)	RH / YT	h	r	Tçiğ	w	Δx	Q total		Q sensible	
	m^3/h	C	% / C	kj/kg	kg/m3	Dew	g/kg	kg/h	kW	kcal/h	kcal/h	
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle **Giriş / In**	8,000	32.0	23.8	50.148	1.144	8.800	7.017					
KT - RH (C/%) KT-YT (C/C) Ekle **Çıkış / Out**	8,000	22.0	42.7	39.961	1.183	8.800	7.017	0.0	-26	-22,269	-23,200	
Karışım / Mix Ekle	16,000	27.0					7.017					
Kış İçin												
Ortamdaki Hava	8,000	22.0	42.7	39.961	1.183	8.800	7.017	0.0	-26	-22,269	-23,200	
Ortama Üflenen	8,000	32.0	23.8	50.148	1.144	8.800	7.017					
Ön Isıtıcı Çıkış	8,000	32.0	23.8	50.148	1.144	8.800	7.017	0.0	43	36,609	36,192	
Ön Isıtıcı Giriş	8,000	16.4	60.6	34.257	1.205	8.801	7.018					
Karışım	8,000	16.4	60.6	34.248	1.205	8.793	7.014					
Taze Hava	1,600	-6.0	90.0	-0.639	1.317	-7.564	2.167					
Dönüş Havası	6,400	22.0	50.0	43.029	1.180	11.142	8.225					



Şekil 3.74. Zone-4 İçin Psikrometrik Değerler

%20 Taze Hava ile çalışan Klima Santralimizde taze hava debisi 1.600 m³/h olarak belirlendi.

Kış için Sakarya İli;

Kuru Termometre Sıcaklığı :-6 °C

Bağıl Nem Oranı : %90 rh

22 °C deki Max. %60 rh bağıl nemdeki Zone-4 alanı içerisinden gelen %80 hava yani 6.400 m³/h debi ile dışarıdan %20 taze hava yani 1.600 m³/h debili hava Klima Santrali karışım hücresinde karıştırılır. Kuru termometre sıcaklığına ve bağıl neme göre özgül hacim bulunur.

W_1=8,225 gr nem/kg kuru hava

h_1=43,029 kJ/ kg kuru hava

v_1=1,180 kg/ m³

W_1=2,167gr nem/kg kuru hava

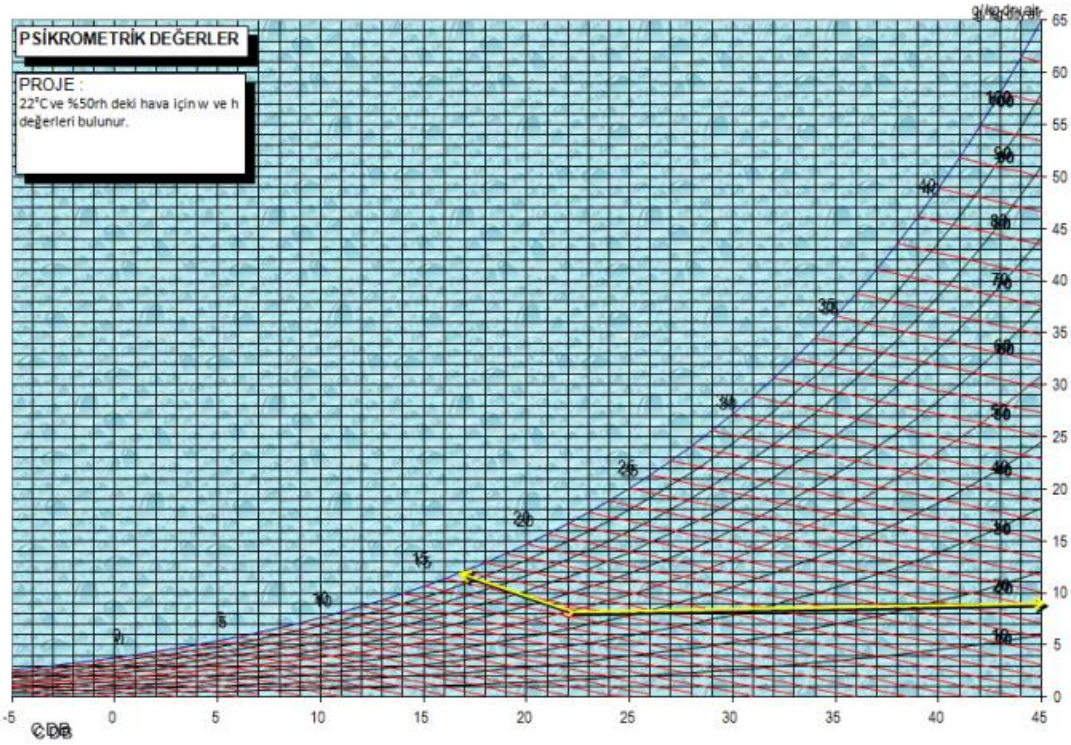
h_2=-0,639kJ/ kg kuru hava

v_2=1,317 kg/ m³

$$\frac{ma_1}{ma_2} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1}$$

ma_1=6.400 m³/h/1,180

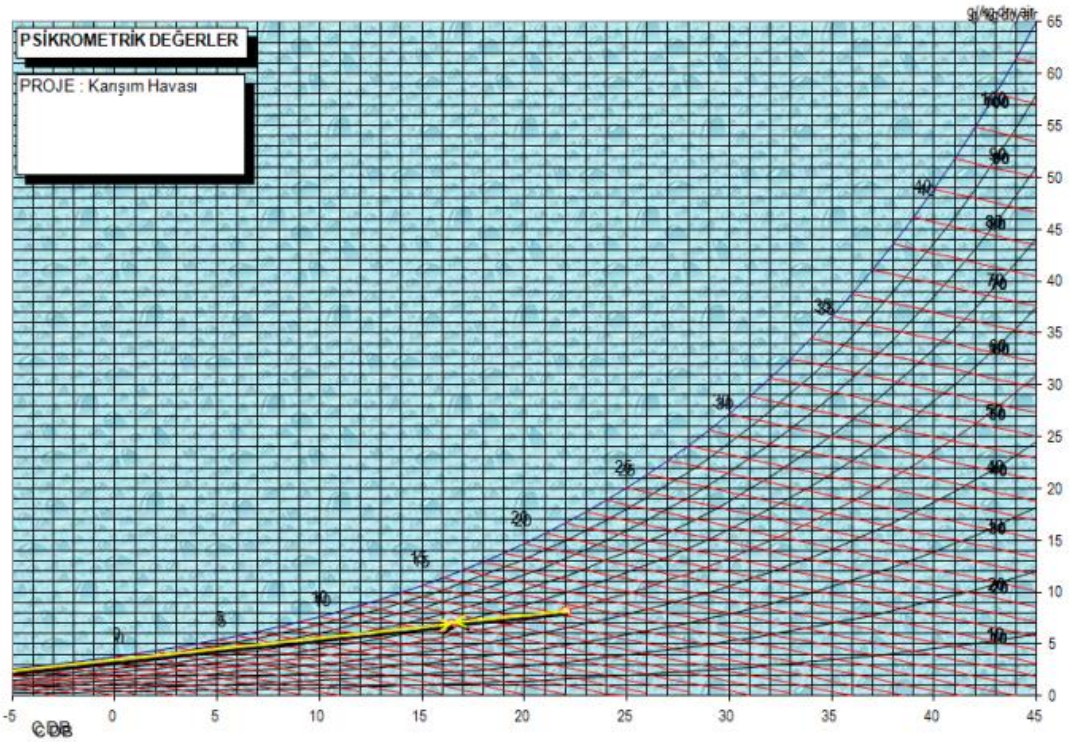
ma_1= 5.423



Şekil 3.75. 22°C ve %50 Rh İçin Entalpi, Özgül Nem Değerleri

ma_2=1.800 m³/h/1,317

ma_2= 1.366



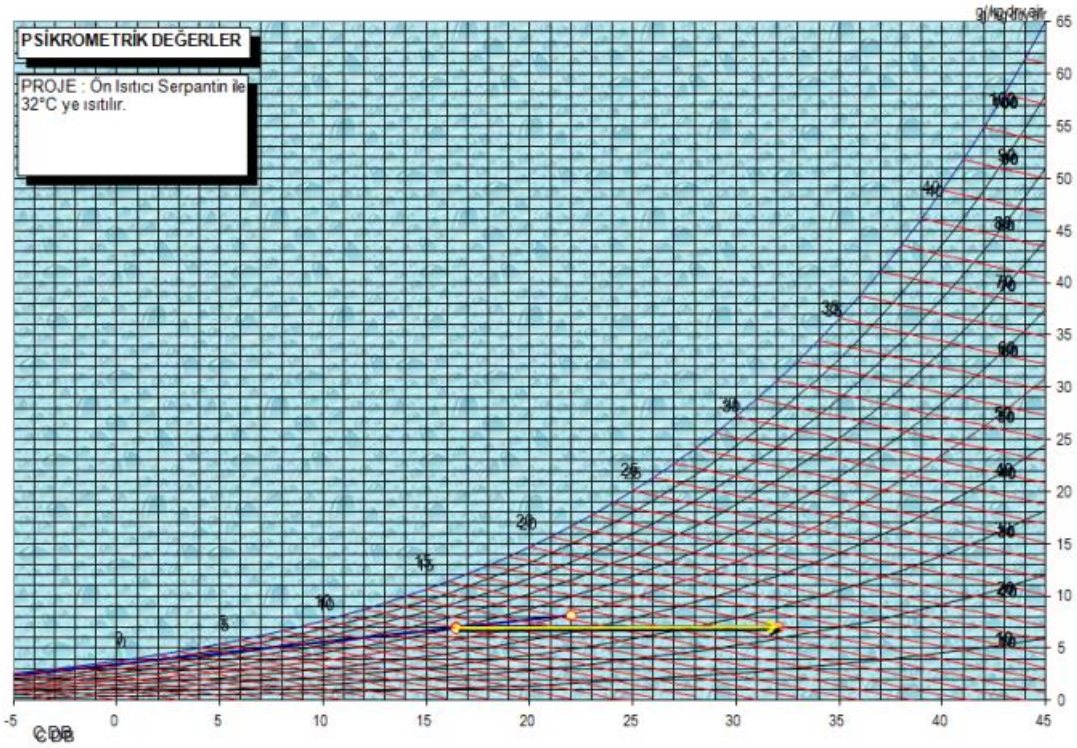
Şekil 3.76. Karışım Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

$$\frac{5.423}{1.366} = \frac{2,167 - w_3}{w_3 - 8,225} = \frac{-0,639 - h_3}{h_3 - 43,029}$$

w_3= 7,80 gr nem/kg kuru hava

h_3=34,23 kJ/ kg kuru hava

Psikometrik diagramda özgül nem değeri ile entalpiyi kesiştirdiğimizde 16,4°C ve % 60,6 rh bağıl nem bulunur.



Şekil 3.77. 32°C İçin Psikrometrik Değerler

32°C ye kadar ısıtılan hava % 23,8 rh bağıl nemlere azaldı. Söz konusu mahalde istenen Max.%60 rh bağıl nemi aşamayacağımızı hesaplarda gösterdik.

1 kj=0,24 kcal

Ön Isıtma Serpantin Hesabı;

34,257 kj/kg = 8,2 kcal/kg (Ön Isıtma Serpantin Giriş)

50,148 kj/kg = 12 kcal/kg (Ön Isıtma Serpantin Çıkış)

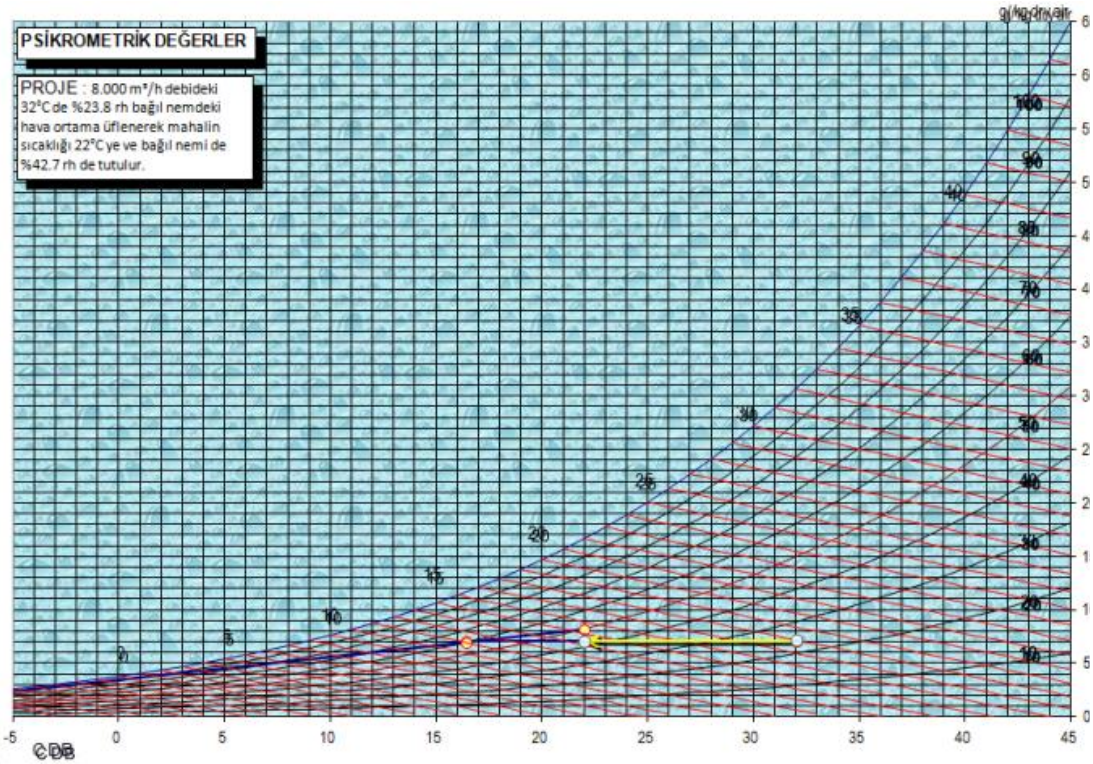
Soğutma Serpantin Hesabı;

12-8,2=3,8 kcal /kg

8.000 m^3/h /0,875x(12-8,2)= 34.742 kcal/h

34.742 kcal /h /860 =40,39 kW

8.000 m^3/h debideki 32°C de %23,8 rh bağıl nemdeki hava ortama üflenerek mahalin sıcaklığı 22°C ye ve bağıl nemi de %42,7 rh de tutulur. (Kırbaş, 2013).



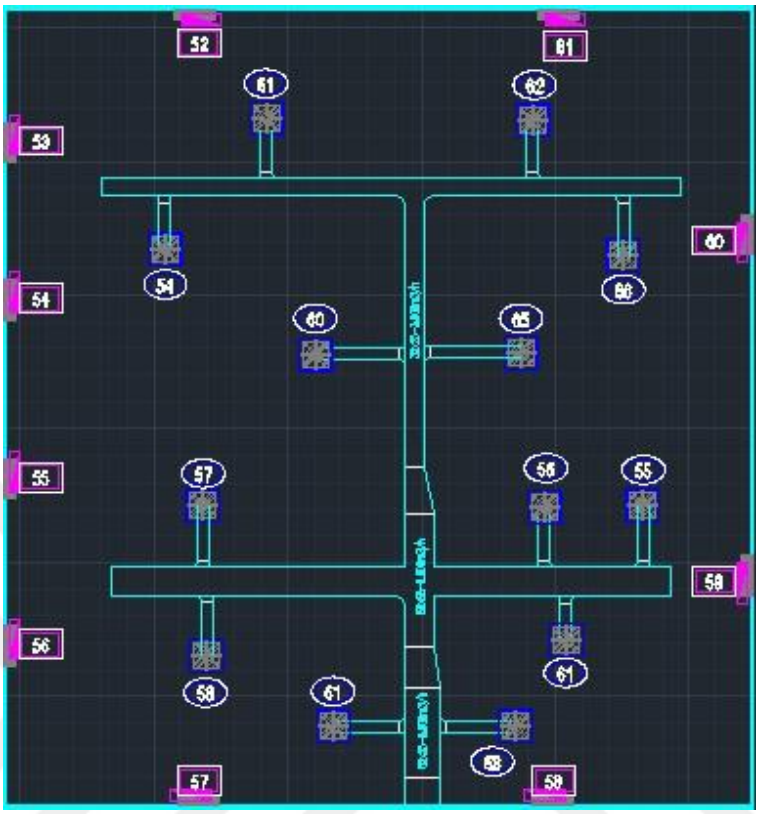
Şekil 3.78. Ortam Havası Sıcaklık Ve Özgül Nem Değerleri

Zone-4 Mahali Havalandırma Kanal Ebatlandırması;

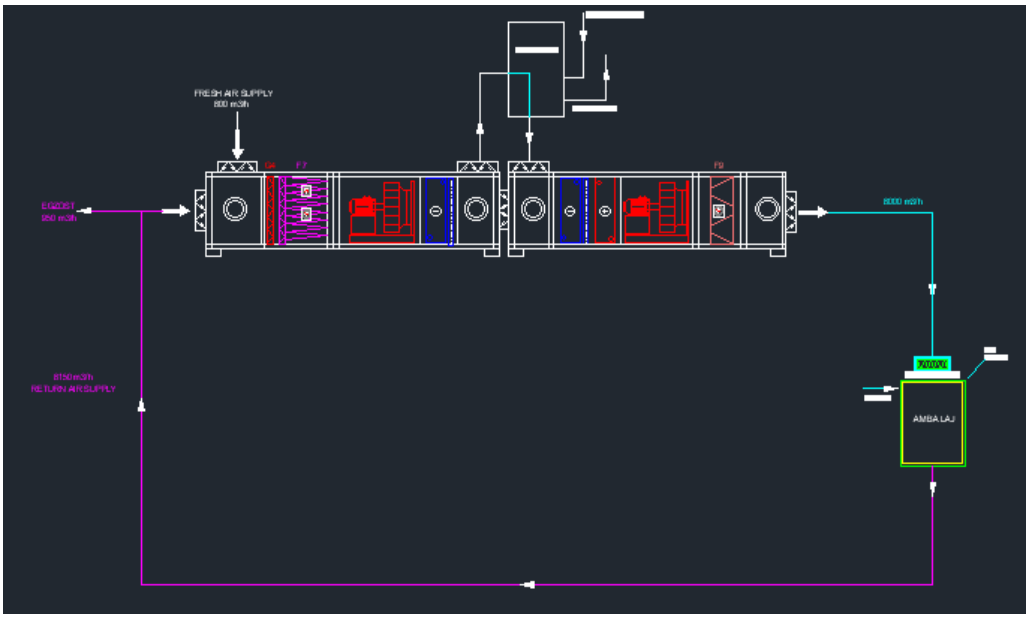
Tablo 3.12. Zone-4 Kanal Boyutlandırma

m³/h	m³/s	R(mSS/m)	V(m/s)	Ø(mm)	Ebat
8.00	2,22	0,067	7	650	650x550
6.800	1,88	0,067	7	600	550x550
1.200	0,33	0,067	4,5	325	350x250
1.800	0,5	0,067	5	375	350x350
1.300	0,36	0,067	4,5	325	350x250
1.300	0,36	0,067	4,5	325	350x250

Zone-4 Mahali Havalandırma Kanal Çizimi;



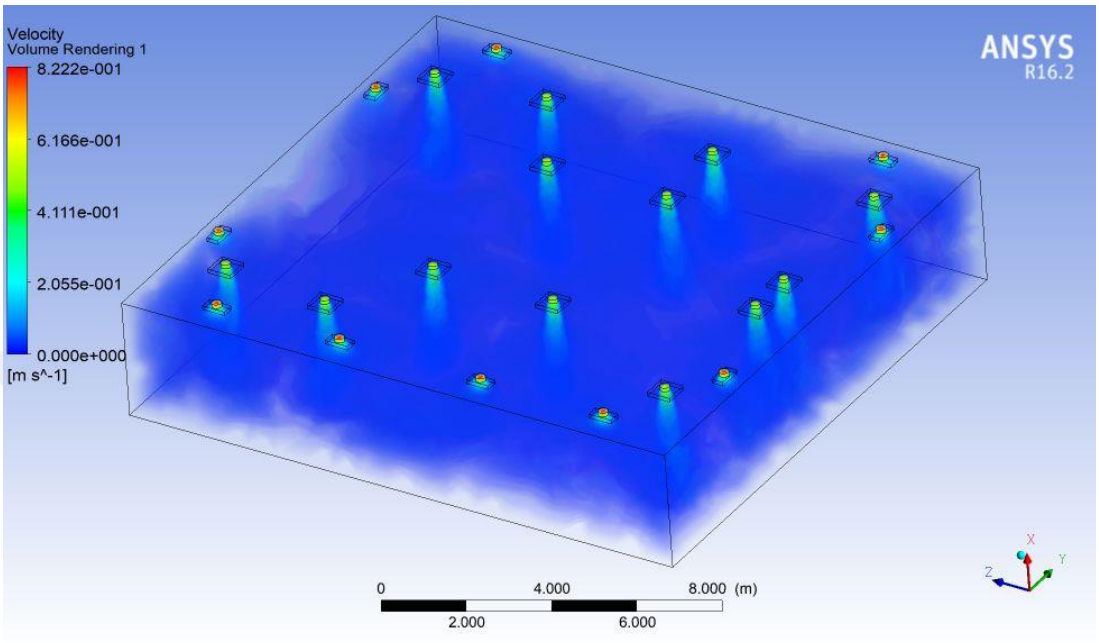
Şekil 3.79 . Zone-4 Kanal Görünümü



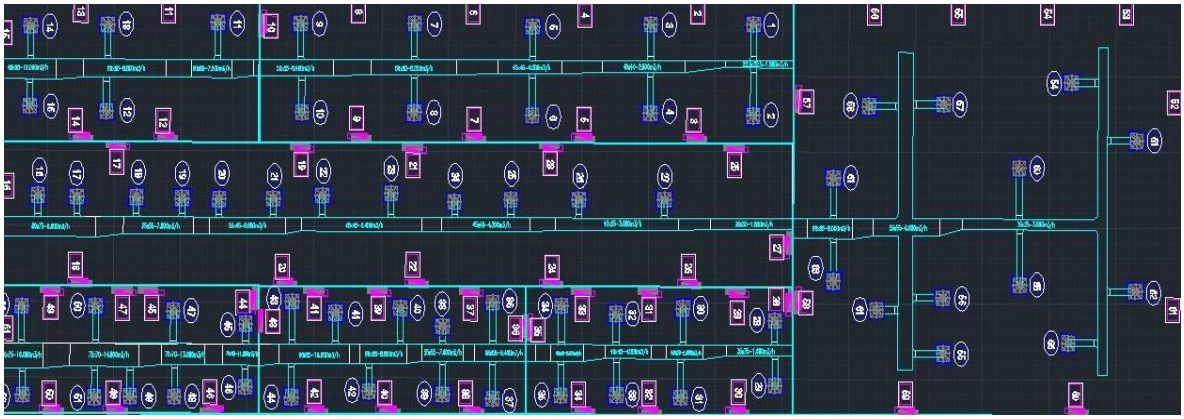
Şekil 3.80. Ambalaj Alanı Klima Santrali Hava Akış Diagramı

Zone-4 Hava Akış Analizi;

Ambalaj;



Şekil 3.81. Ambalaj Hava Akış Analizi



Şekil 3.82. Tüm Odalar Kanal Çizimleri

Klima Santralleri Ve Nem Alıcı Çalışma Optimizasyonu

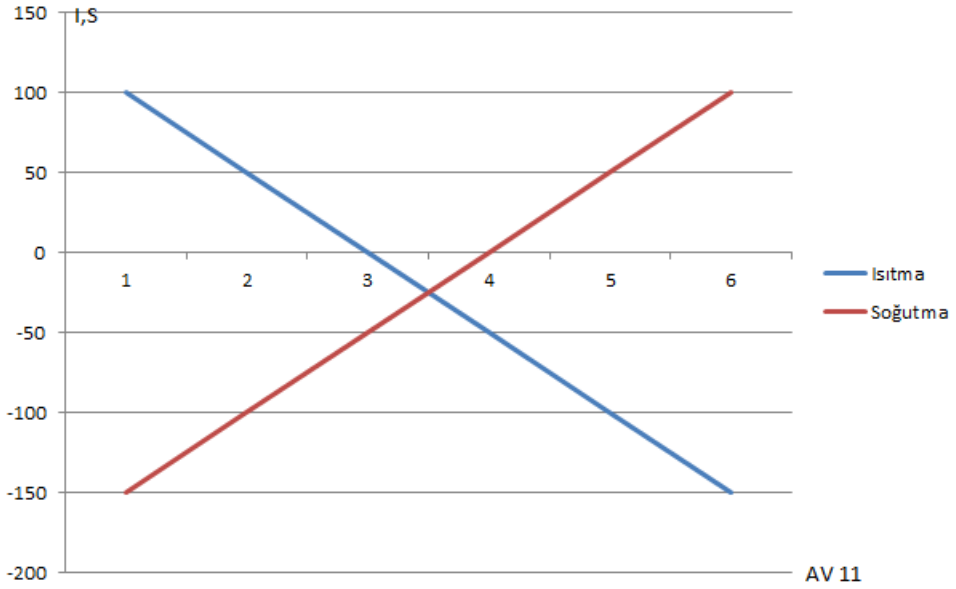
İlaç üretiminde gerekli nem, sıcaklık ve basınç ayarlamalarında hesabı yapılmış olan klima santrali vantilatör, aspiratör fan motorları ve ısıtma, soğutma batarya giriş-çıkış su miktarlarının optimizasyonu için otomasyon yazılımı kullanılır.

Otomasyon, klima santralinin fan sürücülerinin frekanslarını dışarıdaki taze havanın sıcaklık ve nem oranına göre ve mahalden emilen havanın sıcaklık ve nemine göre yazılım vasıtasıyla ısıtma ve soğutma batarya girişlerindeki motorlu vanalar üzerinden aç-kapa işlemi ile sağlar.

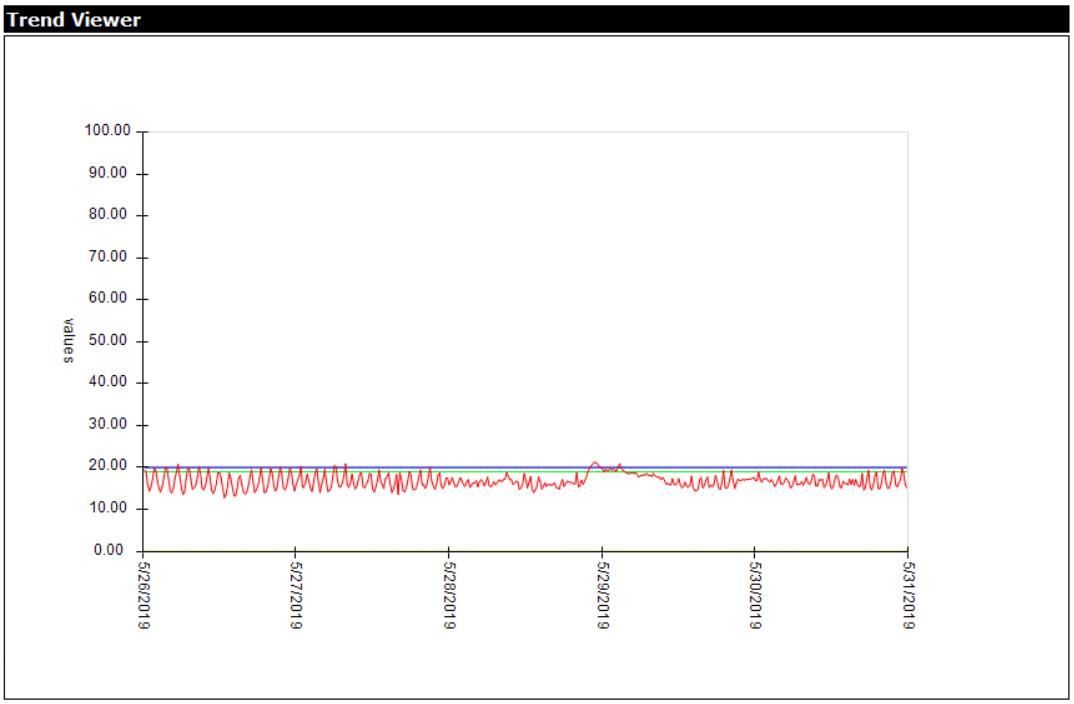
Kullanılan yazılım dili STL (Structure Text Language) ile klima santrali otomasyonudur.

Her bir zone için hesap edilen Klima Santrali ve Nem Alıcılar için aşağıdaki yazılımlar üretilmiştir;

1. Isıtma-Soğutma
2. Nem Alıcı
3. Üfleme, Dönüş, Egzost ve Taze Hava Debisi
4. Yaz-Kış Modu Optimizasyonu



Şekil 3.83. PID Kontrol Çıktısına göre Isıtma-Soğutma Vana Kontrol Grafiği



Şekil 3.84. Sıcaklık Grafiği

Isıtma-Soğutma Optimizasyonu;

```
10:  REM ISITMA-SOĞUTMA KONTROLÜ

20:  REM VANALAR

30:  IF BI8 = 1   THEN  I = 100, S = 0, GOTO 110

40:  IF BV1 = 1  THEN  I = 0, S = 0, GOTO 110

50:  REM ISITMA

60:  I = ( 40 – AV11 ) * 2,5

70:  I = MAX ( I, 0)

80:  REM SOĞUTMA
```

```
90:   S = ( AV11 – 60 ) * 2,5

100:  S = MAX ( S, 0 )

110:  REM CIKISLARI GONDER

120:  AO2 = I : AO3 = S

130:  END
```

Programın Çalışması;

1) Program başlatılır.

2) Vanalar tanımlanır.

3) Eğer donma termostatı 1 ise koşulsuz ısıtmayı % 100 yap ve soğutmayı kapat, program sonuna git.

4) Çalışma sinyali gelmiyorsa ısıtma ve soğutmayı kapanır.

5) Isıtma tanımlanır.

6)AV11 (PID Kontrol Çıktısı) komutuna göre I (Isıtma) oransal olarak açılır.

7) I = MAX (I, 0) 0-100 arasında gelecek değere göre çalışır.

8) Soğutma tanımlanır.

9) AV11 (PID Kontrol Çıktısı) komutuna göre S (Soğutma) oransal olarak açılır.

10) S = MAX (S, 0) 0-100 arasında gelecek değere göre çalışır.

11) Açıklama

12) AO2 = I'ya eşitlenir. AO3 = S 'ye eşitlenir. Daha sonra AO (Analog Output) sembollere eşitlenerek program kapanır. Ve ısıtma-soğutma işlemi bu analoglar üzerinden tamamlanır.

Nem Alıcı Optimizasyonu;

```
10 :   REM NEM KONTROLU

20 :   REM FARK BASINÇ

30 :   IF BV1 = 1   THEN    START   BO7   ELSE  STOP   BO8

40 :   IF BV1 = 0   THEN    M = 0 , S = 0 , GOTO   130

50 :   IF BV2 = 0   THEN    STOP  BO8

60 :   REM NEM ALMA CİHAZI

70 :    M = AV12 * BO7

80 :    M = MAX ( M , 0 )

90 :    IF  AI2 > AV2 – 1  AND  BO7  AND BV2  THEN  START BO8

100 :  IF  AI2 < AV2 – 3  THEN STOP  BO8

110 :  REM ON SOĞUTMA

120 :  S = AV13 * BO7

130 :  S = MAX ( S, 0 )

140 :  REM CIKISLARI GONDER

150 :  IF   BO7 = 0  THEN STOP  BO8
```

160 : AO1 = S * BO7

170 : END

Programın Çalışması;

1) Nem Kontrolü Tanımlanır.

2) Fark Basınç tanımlanır.

3) Eğer BV1 = 1 ise nem alıcıyı çalıştır. Değilse nem alıcıyı kapat.

4) Eğer BV1 = 0 ise M = 0 , S = 0 program sonuna git.(Santral çalışmıyorsa nem alma çalışmasın)

5) Eğer BV2 = 0 ise, BO8'i kapat. (Nem alıcı kumanda sinyali yoksa nem alma kumandayı devre dışı bırakılır.)

6) Açıklama

7) M = AV12 * BO7 (Nem Alma Kontrol Sinyali (Loop çıktısı) nem alıcı çalışma durumuyla çarpılır.) Kontrol sinyali 0'dan 100'e kadar bir değeri temsil etmelidir. BO7 sıfır ise M = 0'dır.(M: Buhar Vanası Pozisyon Bilgisi)

8) M= MAX (M, 0) 0-100 arasında gelecek değere göre çalışır.

9) Eğer okunan nem değeri (AI2), AV2'den büyükse nem set değerinden nem alıcı, nem alıcı çalışma sinyali ve nem alıcı kumandayı başlatır. (BO7, BO8, BV2)

10) Eğer analog input 2, AV2'den küçükse nem alıcı kontrol sinyalini kapatır.(BO8)

11) Açıklama

12) S=AV13 * B07 Ön Soğutma Suyu Sıcaklık Değeri (Loop Çıktısı) nem alıcı çalışma durumuyla çarpılır.) Kontrol sinyali 0'dan 100'e kadar bir değeri temsil etmelidir. BO7 sıfır ise S = 0'dır.

13) S= MAX (S, 0) 0-100 arasında gelecek değere göre çalışır.

14) Açıklama

15) Eğer Nem Alma Çalışma Durumu kapalıysa Nem Almayı kapatır.

16) AO1=S * B07 (Ön Soğutma Bilgisi ile Nem Alma Çalışma durumuyla çarpılır.) Kontrol sinyali 0'dan 100'e kadar bir değeri temsil etmelidir. BO7 sıfır ise M = 0'dır.(M: Buhar Vanası Pozisyon Bilgisi) BO7 sıfır ise AO1 = 0'dır.

Üfleme, Dönüş, Egzost ve Taze Hava Debisi Optimizasyonu;

```
10 :   REM UFLEME DEBISI

20 :   K = K + 1 : IF  K  > 100  THEN  K = 100

30 :   AV36 = ( ( K – 1 ) * AV36 +AI2  )  /  K

40 :  A = SQR ( AV36 )

50 :  AV6 = A * 1.289 * 3600 * 0,36 * 0,94

60 :  AO2 = AV10 * BO10

70 :  REM DONUS DEBISI

80 :   L = L + 1 :  IF  L > 100 THEN  L = 100

90 :   AV37 = ( ( L – 1 ) * AV37 + AI1  )  /  L

100 :  B = SQR ( AV37 )
```

```
110 :  AV7 = B * 1,289 * 3600 * 0,4275 * 1,145

120 : A01 = AV11 * BO8

130 : REM EGZOST DEBISI

140 : M = M + 1 : IF  M > 100  THEN   M = 100

150 : AV38 = ( ( M – 1 ) * AV38 + AI3  )  /  M

160 : C = SQR ( AV38 )

170 : AV8 = C * 1,289 * 3600 * 0,012266

180 : AO3 = AV12 *BO10

190 : REM TAZE HAVA DEBISI

200  : Z = AV6 – AV7

210 : AV9 = MAX ( 0 , Z )

220 : END
```

Programın Çalışması;

1) AI2 (Hava akış sensöründen okuduğumuz değeri AV36'ya yapılandırılacak şekilde set reset işlemi yapılır. Bu durum A ile gösterilir.

2) AV6 = A* 1,289 * 3600 * 0,36 * 0,94 bu formül sensörden okunan hava akış değeri ile klima santralinin ekipmanlarıyla birleştiğinde, örneğin (kanal çapları, plak fan çapları, kabin iç basınç değeri) çıkan sonuç debisini verir.

3) A02’de sürücüye vereceğimiz hız bilgisi dijital halinin alanıdır. AV10 (Kontrol sinyali) x BO10 (Klima çalıştı bilgisi) bize sürücüye gidecek hız bilgisini verir.

4) AI2 (Hava akış sensöründen okuduğumuz değeri AV36’ya yapılandırılacak şekilde set reset işlemi yapılır. Bu durum A ile gösterilir.

5) AV6 = A* 1,289 * 3600 * 0,36 * 0,94 bu formül sensörden okunan hava akış değeri ile klima santralinin ekipmanlarıyla birleştiğinde, örneğin (kanal çapları, plak fan çapları, kabin iç basınç değeri) çıkan sonuç debisini verir.

6) A02’de sürücüye vereceğimiz hız bilgisi dijital halinin alanıdır. AV11 (Kontrol sinyali) x BO10 (Klima çalıştı bilgisi) bize sürücüye gidecek hız bilgisini verir.

7) AI2 (Hava akış sensöründen okuduğumuz değeri AV36’ya yapılandırılacak şekilde set reset işlemi yapılır. Bu durum A ile gösterilir.

8) AV6 = A* 1,289 * 3600 * 0,36 * 0,94 bu formül sensörden okunan hava akış değeri ile klima santralinin ekipmanlarıyla birleştiğinde, örneğin (kanal çapları, plak fan çapları, kabin iç basınç değeri) çıkan sonuç debisini verir.

9) A02’de sürücüye vereceğimiz hız bilgisi dijital halinin alanıdır. AV12 (Kontrol sinyali) x BO10 (Klima çalıştı bilgisi) bize sürücüye gidecek hız bilgisini verir.

10) Z (Standart değer) = AV6 (Üfleme debisi) – AV7 (Dönüş debisi)

11) Program sonu

YAZ-KIŞ MODU OPTİMİZASYONU

10 : REM DP OUTDOOR KONTROL

20 : REM DP OUTDOOR SICAKLIK

30 : AV15 = AV18

```
40 :  IF  AV15  >  10.5  THEN   GOTO  50 ELSE  GOTO  200

50 :  START  BV34  :  STOP  BV35  :  STOP  BV36  : RLQ  AV6@8  :   REM ZONE A
KONTROL SINYALI

60 :  RLQ  AV5@1  :  AV5@8  =  AV25  : REM YAZ   KIS  MEVSIMINE GORE
BELIRLENIR

70 :  AV8 = 8.5  : REM DEW POINT SET DEGERI / AV8

80 :  AV1@8  = 20.5  :  REM DONUS HAVASI SICAKLIK SET DEGERI / AV1

90 :  PLCA.AO7  = 100 :  REM NEM ALICI GIRIS DAMPERI / 2. PLC OUTPUT – 7

100 :  PLCA.AO8  = 100 :  REM NEM ALICI BY - PASS DAMPERI / 2. PLC OUTPUT -8

110 :  END

120 :  IF AV15 > 10 THEN  GOTO 130 ELSE GOTO  190

130 : START BV35 : STOP BV36 : STOP BV34 : REM ZONE B KONTROL SINYALI

140 :  RLQ AV5 : AV5@8 = AV25 : REM YAZ KIS MEVSIMINE GORE BELIRLENIR

150 :  AV1@8 = 20 : REM DONUS  HAVASI SICAKLIK SET DEGERI / AV1

160 :  PLCA.AO7 = 0 : REM NEM ALICI GIRIS DAMPERI / 2. PLC OUTPUT – 7

170 :  PLCA.AO8 = 0 : REM NEM ALICI BY - PASS DAMPERI / 2. PLC OUTPUT – 8

180 :  END

190: STOP  BV36   :  STOP  BV34   :  STOP   BV35   :  STOP  BO8   :   REM  ZONE  C
KONTROL SINYALI
```

```
200  : REM AV5@1  :  REM YAZ KIS MEVSIMINE GORE BELIRLENIYOR

210  :  AV8 = 6  :  REM DEW POINT SET DEGERI / AV8

220  :  AV1@8 = 20  : REM DONUS HAVASI SICAKLIK SET DEGERI / AV1

230  : PLCA.AO7 = 0 : REM NEM ALICI GIRIS  DAMPERI / 2.PLC OUTPUT-8

240  :PLCA.AO8 = 0 : REM NEM ALICI BY – PASS DAMPERI / 2. PLC OUTPUT -8

250  :  END
```

Programın Çalışması;

3.4. Zone - 1 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -3 girilir.

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 20.5 derece

6) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini 100 aç

8) Program sonu

3.5. Zone – 1 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -3 girilir.

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 20.5 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini 100 aç

8) Program sonu

3.6. Zone – 1 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Kış modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -3 girilir

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 20 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini kapat

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini kapat

8) Program sonu

3.7. Zone - 2 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -2 girilir.

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 15 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini aç

8) Program sonu

3.8. Zone – 2 Ara geçişi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -2 girilir.

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 20.5 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini 100 aç

8) Program sonu

3.9. Zone - 2 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Kış modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -2 girilir

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 15.5 derece

6) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini kapat

7) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini kapat

8) Program sonu

3.10. Zone - 3 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -5 girilir

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 15.5 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini aç

8) Program sonu

3.11. Zone – 3 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -5 girilir.

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 20.5 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini 100 aç

8) Program sonu

3.12. Zone – 3 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Kış modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -5 girilir

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 15.5 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini kapat

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini kapat

8) Program sonu

3.13. Zone - 4 Yaz Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -13 girilir

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 15.5 derece

6) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A'da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini aç

8) Program sonu

3.14. Zone – 4 Ara Geçişi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10.5 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Yaz modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -13 girilir.

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 20.5 derece

6) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini aç

7) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini 100 aç

8) Program sonu

3.15. Zone - 4 Kış Mevsimi Klima Santrali Çalışma Modu

1) Dış ortam dew point set değeri 10 derecenin üzerinde ise sonraki satıra git

2) Kış modu kontrol sinyali çalışsın

3) Ön ısıtma değeri ile kurgulayarak dehum giriş set değeri ayarlanır

4) Mahal dew point set değeri -13 girilir

5) Dönüş havası sıcaklık set değeri 15.5 derece

6) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı giriş damperini kapat

7) PLC A’da bulunan analog output kontrollü nem alıcı by-pass damperini kapat

8) Program sonu

BÖLÜM 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İlaç üretiminde protokol gereği iklimlendirmedeki nem, sıcaklık vb. şartların konfordan daha farklı olduğunu, ısı yüküne bağlı olmadan GMP standartlarına uygun bir şekilde üretim yapılması gerektiği görülmüştür. Ayrıca ilaç üreten odaların üzerinde bulunan üfleme, emiş kutularının lokasyonları belirlenirken ansys üzerinden yapmış olduğumuz analizler göz önüne alınarak homojen bir şekilde oda üzerinde dağıtılmıştır. Üretim odalarındaki havaların birbirlerine karışmamaları için bu tasarım büyük önem arzetmektedir. Bu sayede çapraz kontaminasyon önlemiş olur. Koridorda bulunan hava, diğer odalara hava basan taraf olduğu için pozitif (+), kalan odalar ise negatif (-) olarak adlandırılır.

Klima santrallerinin dizaynında ısıtma ve soğutma serpantinlerinin optimum çalışabilmesine göre değil, max kritik sıcaklık ve nem değerlerine göre çalışabilmesini sağlayıp risk analizi sonucuna göre hesaplanması gerekir. Klima santrallerinde bulunan G4, F7, F9 ve üfleme kutularında bulunan Hepa filtreler büyük önem arzetmektedir. Hava kalitesinin iyi derece olması istenirse bu filtreler kesinlikle kullanılmalıdır.

Klima Santralleri üzerinde bulunan Soğutma Serpantini motorlu vanaları, Isıtma Serpantini motorlu vanaları, Taze Hava Damperi, Dönüş Hava Damperi, Üfleme Emiş Damperleri, Nem Alma Damperleri ve Nem Alma buhar serpantin motorlu vanaları kontrolü için otomasyon yazılımları kullanılmaktadır. Temiz oda da ilaç üretimi için gerek şart iklimlendirme kriterlerinin sağlanması durumlarına göre tüm ekipmanlar yazılımla yönetilir. Bu yazılımın geliştirilmesi ve enerjiden tasarruf sağlanması için Yaz-Kış Modu yazılımı yazılmıştır. Klima Santrali ekipmanlarının çalışma durumları ve Yaz Kış mod uygulaması sayesinde santrallerin optimizasyonu sağlanmış olmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Ahsrae El Kitabı, 2015.

[2] Bilge, M., Klima Santralleri, Teknik Kitaplar Dizisi No:01, Isıtma Soğutma Klima Araştırma ve Eğitim Vakfı, 2004.

[3] Beşeri Tıbbi Ürünler İmalathaneleri Uygulamaları Kılavuzu, Sağlık Bakanlığı Yayınları, 2018/02.

[4] Doğan, H., Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği. Seçkin Yayıncılık, 2013.

[5] Doğan, H., Havalandırma ve İklimlendirme Esasları, Seçkin Yayıncılık, Ankara 2002.

[6] Hap v4.6 for System Desing Loads Training Seminar, Türk Tesisat Mühendisleri Odası.

[7] Karakoç, H., Gökşin, A., Nemlendirme Tekniği, Havak Teknik Yayınları, 2010.

[8] Köktürk, U., İklimlendirme ve Klimatoloji Tekniği, Cilt 4, 1998.

[9] Kırbaş, C., Psikrometrik Diyagram ve Uygulamaları, Makine Mühendisleri Odası, Ankara, 2013.

[10] Özkul, N., İklimlendirme, Yük. Tek. Öğr. Okulu Yayını No: 42, Ankara, 1981.

[11] Kenter, M., Clean Room News Dergisi, Temiz Oda İklimlendirme Sistemlerinin Tasarımı, 2018.

[12] Demirel, Ö., İlaç Sanayinde Temiz Oda Dizaynı ve Temiz Oda Sınıfı İle Mikroorganizma Sayısı Arasındaki İlişkiler, 2018.

[13] Sağlık Bakanlığı: İyi İmalat Uygulamaları (GMP) Kılavuzu-Ek1:Steril Tıbbi Ürünlerin Üretimi

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Barış ŞELÇUK, 01.06.1989'da Sakarya'da doğdu. İlköğretim, orta öğretim ve lise eğitimini Sakarya'da bitirdi. 2007 senesinde Sakarya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2007 senesinde başladığı Trakya Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü 2012 senesinde tamamladı. 2015 senesinde Sakarya Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans çalışmalarına halen devam etmektedir.