

## BÖLÜM VII ISI TRANSFERİ VE SOĞUTMA YÜKÜNÜN HESABI

### VII-1) Isı Transferinin Tanımlanması ve Türleri:

Isı transferi konusu bugün mühendisliğin tüm dallarında uygulama sahası bulmakta ve fakat denilebilir ki Makina Mühendisliğinde bu daha da geniş olmaktadır. Makina Mühendisi, ısı transferi ilmini ısıtma, soğutma, klima, havalandırma konularından başka içten yanmalı motorlarda, buhar üretiminde, ısı değiştirgeçlerinin dizaynında ve makina mühendisliğinin daha pek çok dallarında geniş ölçüde kullanmaktadır.

Isı transferi teorisi geniş ölçüde ileri fizik ve ileri matematik uygulamaları ile irdelenebilmekte, çoğu problemlere ancak basitleştirmek suretiyle ve bazı kabuller yapmak suretiyle matematiksel bir çözüm getirilebilmektedir. Isı transferi teorisine girmek bu metnin gayesi dışında olup burada sadece ısı transferi türlerinin okuyucuya hatırlatılması ile yetinilecektir.

Soğutma işleminin gerçekleştirilmesinde soğutma sisteminin birçok yerinde ısı alış-verişi olayı meydana gelir ve soğutma sahasında ısı transferi başlı başına en geniş yeri tutmaktadır. Soğuk odaların ısı tecritinden evaporatör ve kondenser dizaynına, soğuk odada muhafaza edilen çeşitli tür maddelerden kompresör gövdesindeki ısı akımlarına kadar soğutma sisteminin hemen her elemanında ısı transferi olayı meydana gelmektedir. Önce, soğutulan ortamın kendisi ısı transferi olayına maruz kalır ki bunun nedeni, soğutulan ortamın normal olarak civar hacimlerden daha soğuk olması ve ısının civar hacimlerden soğutulan ortama doğru bir akış meydana getirmesidir. Soğutulan hacme giren ısı, soğuk odanın kendi içinde bulunan veya meydana gelen ısı ile (soğutulan mal, aydınlatma, motor, insanlar, vs) ve kapı açılmalarında meydana gelen dış hava sirkülasyonunun ısıyla birleşir ve çoğalır. Evaporatör/soğutucu tarafından alınıp soğutucu akışkan/soğutkan maddeye geçirilen ve "Soğutma Yüğü" diye adlandırılan bu toplam ısı, Buhar sıkıştırma çevriminde kompresör tarafından sıkıştırma işlemiyle kondensere sevk edilir. Kondenser, evaporatörden alınan ısı ile kompresörün sıkıştırma işlemi sırasında harcanan enerjinin ısı karşılığı toplamını soğutma çevriminden uzaklaştırır. Görüldüğü gibi, ısı transferi sistemin birçok elemanında defalarca meydana gelmektedir. Ayrıca, soğutucu akışkanın sistemin değişik yerlerinde sıvı veya gaz halde oluşu ve konum değişikliğine uğraması sırasında "Kütle Transferi" olayı ile de karşılaşılır ki yoğuşma (kondenzasyon) ve buharlaşma (Evaporasyon) diye adlandırılan bu olaylar kütle transferinin sekiz değişik türünden sadece ikisidir.

Isı transferi olayı 3 değişik şekilde olmaktadır ve bunlar:

- A) Kondüksiyon (iletim)
- B) Konveksiyon (Taşıma)
- C) Radyasyon (Işıma), diye adlandırılmaktadır.

Isı, bir enerji türüdür ve ısının transferi de gene Termodinamiğin 1 ve 2. kanunları altında meydana gelmektedir. Her üç ısı transferi türünde de bir sıcaklık farkı gerekirken, ısı yüksek sıcaklık tarafından alçak sıcaklık tarafına doğru akmakta ve bir kaynağı terkeden ısı miktarı onu alan elemanların ısı artışına eşdeğer olmaktadır.

A) *Kondüksiyon Isı Transferinde* ısı, kütlelerin bir yerinden başka bir yerine atomsal seviyede, kinetik enerji şeklinde taşınarak iletilir. Bu olayın, gaz kütlelerinde moleküllerin elastik çarpışması ile; sıvılarda ve yalıtkan katı malzemelerde kafes sisteminin boyuna salınımları ile; metallerde ise aynen elektrik akımı gibi serbest elektronların hareketiyle meydana geldiği varsayılmaktadır. Fransız fizikçileri Fourier ve

Biot 1822 yılında kondüksüyon ısı transferini,

$$\frac{dQ}{dr} = -A \cdot A \cdot \frac{dt}{dx} \text{ şeklinde ifade etmiştir,}$$

Burada, birim zamanda ( $dx$ ), belirli bir alandan ( $A$ ) belirli bir yönde ( $x$ ) geçen ısı nın, sıcaklık ( $t$ ) gradiyenti  $\left(\frac{dt}{dx}\right)$  ile doğru orantılı ve geçiş alanına ( $A$ ) dikey olduğu, ısı geçiş yönünün sıcaklığın azaldığı yöne doğru (- işaretinin anlamı) olduğu ifade edilmektedir. Sıcaklık gradiyentinin eğimi ısı geçirme (kondüktivite) katsayısına ( $X$ ) göre değişmektedir. Zamana bağlı olarak sıcaklıkların değişime uğraması, ısının birden fazla yönde hareket etmesi ve ısı geçirme katsayısının kütle içinde değişik değerler taşıması gerçek ısı transferi uygulamalarında daima olasıdır. Ayrıca, kondüksüyon ısı geçirme katsayısı sıcaklık değişimlerinden de etkilenmektedir. Ancak, bu gibi problemlerin matematiksel çözümü çoğu zaman çok karmaşık ve bazan da belirsizdir. Bu nedenle, soğutma sistemlerinin projelendirilmesinde sıcaklıkların zamana bağlı olarak değişmediği, ısı geçirme katsayılarının belirli bir malzeme için tüm kütlede sabit kaldığı varsayılarak hareket edilmektedir. Bu şartlarda, bir katı malzeme veya hareket-siz durumdaki akışkandan kondüksüyon yolu ile geçen ısı transferi;

$$Q = -A \cdot A \cdot \frac{t_1 - t_2}{x} \text{ olacaktır.}$$

Soğutma uygulamalarında en çok rastlanan malzemeler için yaklaşık kondüktif ısı geçirgenlik katsayıları ( $X$ ) aşağıda verilmektedir.

Tablo. VII-1)  $X$  Değerleri Kcal/h. °C. m<sup>2</sup>  
( $x=100$  cm kalınlık için ve normal oda sıcaklıklarında)

Malzemenin Cinsi	(X)	Malzemenin Cinsi	(X)
Silica Aerojel	0.018	Biriket-Dolu-CuruTdan-Sert	0.75
Poliüretan	0.020	Biriket-Dolu-Kum ve kireç harç	0.90
Camyünü, Styropor, Mantar	0.035	Kireç Harç	0.75
Ruberoit	0.12	Cam-Ortalama	0.75
Kereste-Yumuşak (Cam, İradin, Köknar, İhlamur, Sunta)	0.12	Döşeme-Karo Mozayik, Fayans	0.90
Kereste-Sert (Gürgen, Dişbudak, Ceviz, Kayın)	0.15	Döşeme-Grobeton veya Tesviye betonu	1.10
Bittim veya Katranlı kanaviçe	0.15	Döşeme-Şap betonu	1.20
Biriket-Dolu-Hafif Betondan $\gamma = 800$ Kg/m <sup>3</sup>	0.35	Döşeme Blokajı, Mozaik, vs.	1.50
Biriket-Dolu-Hafif Betondan $\gamma = 1200$	0.45	Çimento Harç	1.20
Biriket-Dolu-Hafif Betondan $\gamma = 1600$	0.68	Beton-120	1.30
Biriket-IP.*LJ!<Llt hafif agrega $\gamma = 1000$	0.50	Beton-160	1.75
Biriket-Dalikli, hafif agrega $\gamma = 1400$	0.60	Ağır tabii Taşlar (Granit, Mermer vs.)	3.00
Biriket-:D>life". hafif agrega Üç sıra boşlukta	0.48	Kurşun (saf)	3 1.50
Tuğla-Delikli $\gamma = 1000$ Kg/m <sup>3</sup>	0.40	Çelik (Ortalama)	39.0
Tuğla-Delikli $\gamma = 1200$ Kg/m <sup>3</sup>	0.45	Demir (Saç, profil, vs)	40-45
Tuğla-Delikli $\gamma = 1400$ Kg/m <sup>3</sup>	0.52	Demir (%99.9 saflıkta)	60
Tuğla-Dolu-Hafif $\gamma = 1200$ Kg/m <sup>3</sup>	0.45	Pirinç (%99.9 Bakır, %30 Çinko)	90
Tuğla-Dolu-Hafif $\gamma = 1400$ Kg/m <sup>3</sup>	0.52	Çinko (%99.8 Saflıkta)	97.5
Tuğla-Dolu-Normal $\gamma = 1800$	0.68	Alüminyum (%99 Saflıkta)	170
Tuğla-Dolu-Ağır $\gamma = 1900$	0.90	Alüminyum C&99.7 Saflıkta)	196
Kiremit $\gamma = 2000$	0.90	Bakır (%99.9 Saflıkta)	326
Dış cephe Kapl. Tuğlası	1.12	Gümüş (Saf)	360

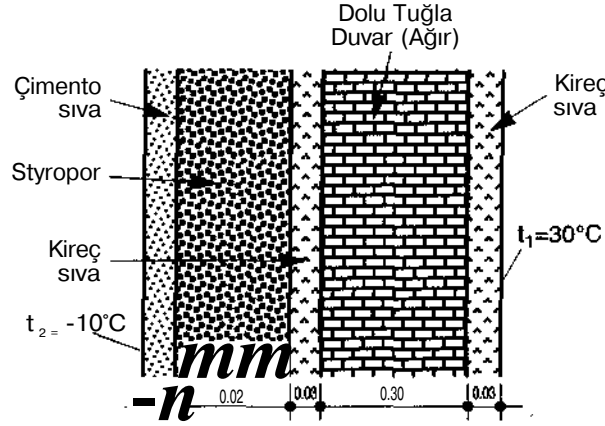
Tablonun, kondüktif ısı geçirgenliği en düşük olan malzemeden (Silica Aerogel) başlayarak gittikçe artan değerleri haiz malzemelere göre sıralanmış olduğu dikkati çekecektir. Ayrıca, verilen değerlerin ortalama değerler olduğu ve bazı malzemelerin değişik imalat yöntemlerinin kondüktif ısı geçirgenliğinde farklılıklar göstereceği hatta tutulmalıdır.

Örnek: Homojen, Beton-160 malzemeden 30 cm. kalınlığındaki düz duvarın iç yüzey sıcaklığı 20°C ve dış yüzey sıcaklığı -20°C olarak saptanmış olsun. 5.0 x 3.0 mt. boyutları havi bu duvardan saatteki kondüktif ısı geçişi ne kadardır?  $\lambda = 1.75$  Kcal/h: m<sup>2</sup>. °C/m. olup;

$$Q = 1.75 \times 5.0 \times 3.0 \times \frac{20 - (-20)}{0.30 \text{ mt}} = 3500 \text{ Kcal/h bulunur.}$$

Dikkat edilmesi gereken bir husus, sıcaklıkların iç ve dıştaki hava sıcaklıkları değil ve fakat duvarın yüzeyinin sıcaklığı olduğudur.

Çoğu kez ısı geçişinin meydana geldiği kütle, sadece tek cins malzeme yerine değişik malzemelerden yapılmış tabakalardan oluşmaktadır. Örneğin bir soğuk odanın duvarları tuğla veya biriketten yapıldıktan sonra iki yüzü sıva ile sıvanır ve iç yüzeye styropor veya cam yünü gibi bir malzeme döşenir ve onun da üzeri sıva, fayans veya ikinci bir duvar ile kaplanır. Böyle bir duvardan kondüktif ısı transferi, her tabakadan ayrı ayrı ısı transferi denklemi yazılıp geçen ısının her tabakada aynı olacağı bilindiğinden kolayca aşağıdaki şekilde indirgenir.



$$Q = A \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{\frac{x_1}{\lambda_1} + \frac{x_2}{\lambda_2} + \frac{x_3}{\lambda_3} + \dots}$$

Örnek: Üstteki şekilde gösterilen duvarın 3x3 mt. alanından geçen kondüktif ısı miktarı?

$$Q = (3 \times 3) \frac{30 - (-10)}{\frac{0.03}{1.20} + \frac{0.02}{0.035} + \frac{0.03}{0.75} + \frac{0.30}{0.90} + \frac{0.30}{0.75}}$$

$$= 360 \text{ Kcal/h olur.}$$

Görüldüğü gibi, çok ince olmasına rağmen, tecrit malzemesi styropor ısı geçişinin azaltılmasında en büyük etken olmaktadır.

Isı transferi her zaman düz ve paralel yüzeyler arasında olmayabilir. Bazan silindirik yüzeylerle çevrili kütlelerde, hatta daha karmaşık yüzeyler arasında ısı transferi ile karşılaşılır. Homojen malzeme veya malzeme tabakalarından meydana gelmiş düzgün silindirik yüzeyler arasında kondüksiyonla ısı transferi hesaplanırsa aşağıdaki sonuçlara kolayca ulaşılabilir.

$$\text{Homojen silindir için (Tek tabaka malzeme)} : Q = \frac{2 \cdot x \cdot X \cdot (t_1 - t_2)}{l_n \cdot i_k} \cdot L$$

$$\text{Çok tabakalı / katmanlı silindir için} : Q = \frac{2 \cdot n \cdot (t_1 - t_2)}{\frac{l_n}{A_1} + \frac{l_n}{A_2} + \dots + \frac{l_n}{A_n}} \cdot L$$

L = Silindir boyu (mt)

$d_n$  = Silindirin iç çapı

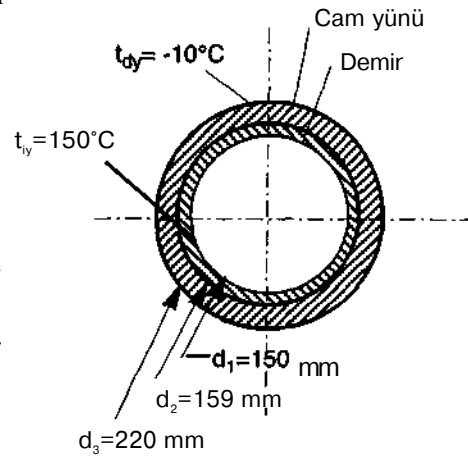
$d_2$  = Silindir dış çapı ( $d_3, d_4, \dots, d_n$  içten dışa doğru tabakaların çapları)

Örnek: Yandaki şekilde gösterilen 5mt. boyundaki cam yünü ile tecritli borudan kondüksiyonla geçen ısı miktarı nedir?

$$Q = \frac{2 \cdot n \cdot [150 - (-10)]}{\frac{l_n}{150} + \frac{l_n}{0.035}} \cdot 5$$

$$Q = \frac{5024}{0.001 + 9.2} = 546 \text{ Kcal / h bulunur}$$

Gene burada da görüldüğü gibi demir boru, ısı geçişinde hemen hiçbir engel göstermemekte ve cam yünü tecrit ısı geçişine büyük bir engel olarak ortaya çıkmaktadır.



B) Konveksiyon ısı transferinde ısı, aynen bir yükün taşınmasındaki gibi, madenin kendi hareketi vasıtasıyla farklı sıcaklıklardaki bir yerden diğer bir yere taşınır, transfer edilir. Yani ısı mekanik bir olay sonucu olarak taşınır/transfer edilir ve bu olay makroskopiktir (Halbuki kondüktif ısı transferinde olay mikroskopiktir, atomsal seviyededir). Buradan da anlaşılacağı gibi konveksiyonla ısı transferi sıvı ve gazlarda (Akışkanlarda) meydana gelmektedir ve bu nedenle de akışkanlar dinamiği ve kanunlarıyla çok yakından ilgilidir. Isının taşınmasını sağlayan hareketli bölümlerin hareketi

tini sağlayan etki ise cebri/zorlayıcı (Cebri konveksiyon) olabileceği gibi sistemin kendi bünyesinde meydana gelen tabii şartlarla da oluşabilir (Tabii-Naturel konveksiyon). Cebri konveksiyon şeklinde akışkanın hareketini tahrik edici, zorlayıcı bir dış etki mevcuttur. Örneğin, bir boruda suyu pompa ile basmak veya vantilatör ile havayı harekete geçirmek gibi. Tabii konveksiyonda ise akışkanın hareketi, genellikle farklı sıcaklıkların sonucu olarak ortaya çıkan densite farklılıklarından dolayı oluşur. Ayrıca, akışkanın kendi içinde meydana gelen kondüksiyon ısı transferi ve iç ısı üretimi de konveksiyon ısı transferini etkiler. Diğer etkenler, yüzeyin şekli, ölçüsü, pürüzlülüğü, karakteri, akışkanın akış hızı ile yönü, viskozitesi, densitesi, ısınma ısısı, kondüktif ısı geçirgenliği, genleşme katsayısı, sıcaklıklar, gravitasyonel kuvvetler şeklinde sayılabilir. Değişkenlerinin bu kadar fazla oluşu nedeniyle konvektif ısı transferinin matematiksel analizi çok komplike ve karmaşıktır. Ampirik çözümler ise, değişken sayısının çok fazla olması, bir çalışma (işletme) koşulunun diğerinden çok fark etmesi nedeniyle sıhhatli bir çözüm sağlayamamaktadır.

Konveksiyonla ısı transferinin matematiksel olarak ifadesini ilk defa İngiliz bilim adamı Neu/ton  $Q = a \cdot A \cdot \Delta T$  şeklinde yapmıştır. Burada "a", konvektif ısı transfer katsayısı veya film katsayısı olup birim alandan birim sıcaklık farkında konveksiyonla taşınan ısı miktarını ifade etmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi konveksiyonla ısı transferinde çok sayıda değişken mevcut olup Neu/ton tarafından verilen matematiksel ifadenin basit görünümüne aldanmamak gerekir. Zira önce konvektif ısı geçirme katsayısı (a) yukarıda sayılan tüm değişkenlerden etkilenmektedir (yüzeyin şekli, boyutları ve pürüzlülüğü ile akışkanın hızı ve yönü, viskozitesi, densitesi, ısınma ısısı, kondüktif ısı geçirgenliği ve yüzey ile akışkanın sıcaklık dağılımları gibi), sonra da yüzey alanı (A) ile sıcaklık farkının ( $\Delta T$ ) tespitinde kolayca yanılığa düşmek mümkündür.

Diğer yandan, akışkanlar hareketleri sırasında iki değişik karakter göstermektedir; Bunlardan birisinde akışkan zerrelere birbirilerine ve kendisini çevreleyen yüzeylere paralel olarak hareket ederken (Laminar Akış), diğerinde akışkan zerrelere değişik yönlerde hareket etmektedir (Türbülant Akış). Osborne Reynolds bu konudaki çalışmaları ile farklı akışkanların değişik şartlardaki akışlarında dahi bir benzerlik olabileceğini ve bu benzerliğin belirli bir değişken grubunun matematiksel bağlantısı aynı olduğu taktirde varsayılabilirliğini 1833 yılındaki ünlü tebliğinde belirtmiştir. O'nun adına izafeten Reynolds katsayısı diye adlandırılan bu boyutsuz katsayının değişkenler grubu ve bunların matematiksel ilişkisi  $Re = \frac{v_m \cdot D \cdot \rho}{\mu}$  şeklindedir. Burada

$v_m$  akımın karakteristik hızı (mean velocity), D akışı çevreleyen yüzeylerin karakteristik çapı (örneğin borudan akış şeklinde boru çapı),  $\rho$  densite  $\left( \frac{m}{g} \right)$ ,  $\mu$  akışkanın dinamik viskozitesidir. Aynı Reynolds katsayısına haiz akışların aynı akış karakterine sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca, Reynolds katsayısının nümerik değeri belirli bir sınıra altında kaldığı sürece akışın laminar olduğu ve bu değer üzerine çıktığında akışın türbülant olduğu da Reynolds tarafından keşfedilmiş ve sonradan yapılan araştırmalarla bu kritik değişimin  $Re \approx 2300$  civarındaki değerinde meydana geldiği saptanmıştır ki buna kritik Reynolds katsayısı denilmektedir. Ancak, Laminar akıştan türbülant akışa geçiş Reynolds katsayısının belirli değerinde bir anda olmamaktadır ve oldukça geniş bir geçiş (transition) şeridinden sonra tam gelişmiş bir türbülant

akım meydana gelmektedir. Bu geçiş şeridinin, Reynolds katsayısının 2000 ile 3000 (bazı hallerde 4000'e kadar) olduğu değerler arasında meydana geldiği deneylerle saptanmıştır.

Konvektif ısı transferi akışkanın laminar veya türbülant akış şekline bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, akışın tabii veya cebri akış oluşuna göre de konvektif ısı transferi büyük ölçüde değişikliğe uğramaktadır. Unutulmamak gerekir ki tabii akış şeklinde, akım laminar olabileceği gibi türbülant da olabilir, nasıl ki cebri akışta da laminar veya türbülant akış durumu olabilecektir. Konvektif ısı transferi de bu akış şekillerine göre "laminar tabii konveksiyon", "Türbülant tabii konveksiyon", "Laminar Cebri konveksiyon", "Türbülant cebri konveksiyon" şekillerinden birisine uyarak meydana gelecektir.

Bj) Tabii konveksiyon, farklı sıcaklıkların meydana getirdiği densite farklılıkları ve bunun sonucu akışkanın içinde kaldırma/yüzdürme kuvvetleri meydana gelmesi ile oluşur. Bu kuvvetlerin fazla olması halinde akış türbülant akıma dönüşecektir. Akışkan zerrelerinin densite farklılıkları nedeniyle hareket etmesi sonucu meydana gelen tabii konveksiyonla ısı transferinin genel denklemi, birimler analizi yöntemiyle kolaylıkla aşağıdaki eşitlik olarak bulunmaktadır.

$$\frac{\alpha \cdot l}{\lambda} = \left( \frac{\beta \cdot g \cdot \rho^2 \cdot \Delta t}{\mu^2} \right)^m \left( \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} \right)^n$$

Burada "C" yüzeyin şekil ve durumuna göre değişen bir katsayı, "I" yüzeyin yüksekliği, "P" akışkanın ısıl genişleme katsayısı, "g" yerçekimi ivmelemesi, "p" akışkanın densitesi, "At" akışkan ile yüzey sıcaklıkları farkı, "i" akışkanın dinamik viskozitesi,  $c_p$  akışkanın ısınma (özümlü) ısısıdır. "m ve n" üstel değerleri ise parantezin içindeki değerlere göre değişen katsayılarıdır. Ayrıca, bahse konu parantez içi değerler de gene boyutsuz bir sayı veren değişken değerler grubu olup bunlar ısı transferi biliminde sık sık karşılaşılan Grashof (Gr) ve Prandtl (Pr) katsayılarıdır. Keza eşitliğin diğer tarafındaki grup da böyle boyutsuz bir katsayı olup bu da Nusselt (Nu) katsayısı diye anılır. Çok sık rastlanan ve ısı transferi biliminde çok önemli yeri olan bu boyutsuz katsayılar aşağıda bir kere daha verilmektedir.

$$Re = \frac{v_m \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \text{Reynolds katsayısı}$$

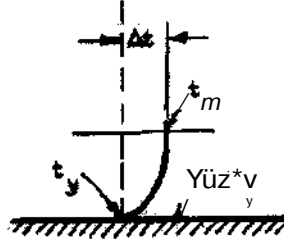
$$Gr = \frac{D^3 \cdot \rho^2 \cdot \beta \cdot g \cdot \Delta t}{\mu^2} = \text{Grashof katsayısı}$$

$$Pr = \frac{H \cdot c_p}{\lambda} = \text{Prandtl katsayısı}$$

$$Nu = \frac{a \cdot D}{\lambda} = \text{Nusselt katsayısı}$$

Yukarıdaki eşitliklerde "D" karakteristik bir boyut (l) anlamına kullanılmış olup silindirik şekillerde çapı ifade etmektedir. Dikkati çekmesi gereken diğer bir husus Pr katsayısının akışkanın sadece fiziksel özelliklerine bağlı bir katsayı olduğudur.

Dengeli şartlarda, akışkanın sıcaklığı, temas ettiği yüzeyin sıcaklığı ile aynı kabul edilirse, akışkanın kendi gövde sıcaklığı yüzeyden belirli bir uzaklıkta sabit bir seviyeye ulaşmış olacağından yüzey sıcaklığı ile akışkan gövde sıcaklığı farkı tabii konveksiyonda sıcaklık farkı ( $\Delta t$ ) olarak kabul edilebilir,  $\Delta t = t_y - t_a$ . Bu esastan gidilerek yapılan bazı çalışmaların sonuçları basitleştirilmiş birkaç uygulama için yukardaki şekilde verilmektedir.



$t_a$ : Akışkan gövde sıcaklığı  
 $V$  Yüzey sıcaklığı

a) Düşey yüzeyler (boru veya düz yüzey), akışkan hava, normal oda sıcaklıklarında ve atmosfer basıncında:

$$a = 1.214 \left( \frac{\Delta t}{L} \right)^{1/4} ; \text{Laminar akış, tabii konveksiyon}$$

$$a = 1.13 (\Delta t)^{1/3} ; \text{Türbülant Akış, tabii konveksiyon}$$

$L$  : mt,  $\Delta t$  : °C,  $a$  : Kcal/h.m<sup>2</sup>.°C

b) Yatay yüzeyler: Akışkan-hava, normal oda sıcaklıklarında ve atmosfer basıncında

b1) Isıtılmış yatay kare yüzey, ısı yukarı doğru geçiyor (veya soğutulmuş yatay kare yüzey, ısı aşağı doğru geçiyor)

$$a = 1.13 \left( \frac{\Delta t}{L} \right)^{1/4} ; \text{Laminar akış, tabii konveksiyon}$$

b2) Isıtılmış yatay kare yüzey, ısı aşağı doğru geçiyor (veya soğutulmuş yatay kare yüzey, ısı yukarı doğru geçiyor)

$$a = 0.5 \left( \frac{\Delta t}{L} \right)^{1/4} ; \text{Laminar akış, tabii konveksiyon}$$

b3) Isıtılmış yatay kare yüzey ısı yukarı doğru geçiyor (veya soğutulmuş yatay yüzey ısı aşağı doğru geçiyor)

$$a = 1.31 (\Delta t)^{1/3} ; \text{Türbülant akış, tabii konveksiyon}$$

c) Yatay borularla dıştaki gazların ısıtılması hali :

$$\frac{\alpha \cdot d}{X} = 0.525 f \frac{d^3}{p} \cdot t^g \frac{A t}{S L} \cdot \left( \frac{Gr \cdot Pr}{L} \right)^{0.25} = 0.525 (Gr \cdot Pr)^{0.25}$$

"T" film sıcaklığı değerlerinde alınacağını  $\left( t_r = \frac{t_y + t_w}{\lambda} \right)$  ifade etmektedir. Bu ampirik formül

Gr x Pr (Parantez içi) çarpımı 10 000'in üzerindeki değerleri için geçerli olmakta ve ergimiş metaller için ise geçerli olmamaktadır.

B<sub>2</sub>) Cebri Konveksiyon, gerek soğutmacılıkta ve gerekse diğer mühendislik dallarında en çok yararlanılan ve dolayısıyla en önemli yeri tutan bir ısı transferi şeklidir. Cebri konveksiyon'un genel denkleminde Nusselt katsayısı ile Prandtl katsayısı gene yer alır, Grashof katsayısının yerini Reynolds katsayısı alır ve aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

$$\frac{a \cdot l}{\lambda} = C \left( \frac{v \cdot l \cdot \rho}{\mu} \right)^m \cdot \left( \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} \right)^n$$

veyahutta  $Nu = C \cdot (Re)^m \cdot (Pr)^n$  olur. Burada C, m ve n katsayıları tabii konveksiyondakinden tamamen farklıdır. Bazı basitleştirilmiş uygulamalar için deneyle bulunan sonuçlara göre aşağıdaki ampirik formüller verilmektedir.

a) Boru içinden geçen akışkanın ısıtılması veya soğutulması

$$\frac{a \cdot d}{\lambda} = 0.023 \left( \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} \right)^{0.8} \cdot \left( \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} \right)^n \quad \begin{array}{l} \text{Isıtma için} : n = 0.4 \\ \text{Soğutma için} : n = 0.3 \end{array}$$

Fiziki değerler akışkan giriş-çıkış ortalama sıcaklık değerlerinde alınmalı,  $Re > 2300$  (Türbülant akış) sınırının üstünde uygulanmalı, viskozitesi çok yüksek akışkanlar için ve ergimiş metaller için uygulanmamalıdır, Ayrıca  $Re > 10000$  ve akışkan viskozitesi suyun viskozitesinin 2 katı civarında ise  $n = 0.333$  alınmalıdır. Viskosite birimi "Newton x San / m<sup>2</sup>" (suyun viskozitesi  $\mu = 0.001 \text{ N} \cdot \text{San}/\text{m}^2$ ), a : Kcal/h . °C . m<sup>2</sup>, d : mt, X: Kcal/h . m<sup>2</sup> . °C/mt, v : m/san., p: kg/m<sup>3</sup>, cp : Kcal/kg alınacaktır.

b) Boru demetine dikey akışkanın ısıtılması :

$$\frac{a \cdot d}{\lambda} = 0.33 \left( \frac{v_m \cdot d \cdot \rho}{\mu} \right)^{0.6} \cdot \left( \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} \right)^{1/3}$$

Fiziki değerler gene ortalama film sıcaklığında alınmalıdır.  $v_m$  boru demetindeki en dar kesitten ortalama geçiş hızıdır.

C) *Radyasyon (Işıma)*: Bu bir elektromagnetik dalga hareketidir. Radyasyon dalgaları da radyo dalgaları, x-ışınları, ışık dalgaları gibi bir dalga hareketi olup farklılığı dalga boyu uzunluğunun değişik olmasındandır. Radyasyonla dalga hareketinin enerjisi içerisinden geçtiği hacim tarafından alınmadığı takdirde bu hacmin sıcaklığında bir değişme olmaz. Buna örnek olarak güneş ışınlarının uzayı katederek dünyaya ulaşması gösterilebilir. Dünya atmosferinin dışındaki boşlukta güneş radyasyonu alacak herhangi bir gaz kütlesi olmayıp radyasyon enerjisi atmosfere kaybolmadan ulaşmakta ve uzay boşluğunun sıcaklığı mutlak sıfır mertebesinde değişmeden kalmaktadır.



Halbuki konveksiyon ve kondüksüyon ile ısının transferi hallerinde ısı, içinden geçtiği ortamın sıcaklığını mutlaka arttırmaktadır.

Isının radyasyonla transferinde, kaynakta ısı önce elektromagnetik dalgalara dönüşür, sonra bu dalga hareketi bağlantıyı sağlayan hacimden geçer, daha sonra karışıt yüzeyde kısmen veya tamamen tekrar ısı enerjisine dönüşür. Radyasyon yoluyla transfer olan ısı, düştüğü yüzey tarafından kısmen absorbe edilir ( $\alpha_c$ ), kısmen geri yansıtılır ( $\rho$ ) ve kısmen de transit şekilde geçirilir ( $T_p$ ).

Bu üç değerin toplamı bir bütün olmak gerekir ( $a_r + p_r + x_r = 1$ ). Cam ve benzeri elemanlarda transmissivite ( $x$ ) oldukça yüksektir. Üzerine gelen/düşen radyasyon enerjisinin tüm dalga boylarında tamamını absorbe eden bir cisim tam siyah olarak adlandırılır ki böyle bir cismin absorptivitesi tam ( $\alpha_c = 1$ ) olacaktır ve fakat tabiatta böyle bir cisim mevcut değildir. Diğer yandan tüm cisimler sıcaklığına ve yapısına göre radyasyon enerjisi neşrederler ve bu özelliğe emmissivite ( $e$ ) denilir. Emmissivitesi yüksek cisimlerin absorptivitesi de yüksek olmaktadır. Bir cismin birim yüzey alanından birim zamanda neşrettiği radyasyon enerjisine "radyant huzme sıklığı" denilmektedir. 1879 yılında deneysel sonuçlara dayanarak J. Stefan tam siyah bir cismin neşrettiği radyasyon enerjisinin, cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvvetiyle orantılı olduğunu kanıtlamıştır. Beş sene sonra L. Boltzmann aynı sonucu termodinamik yoldan matematiksel olarak göstermiştir. Onların adına izafeten Stefan-Boltzmann Kanunu diye anılan ve tam siyah bir cismin birim zamanda neşrettiği radyasyon enerjisini veren eşitlik  $Q = a \cdot A \cdot T^4$  şeklinde gösterilir, "a", Stefan-Boltzmann sabitesi diye anılır, ki metrik sistemdeki nümerik değeri  $4.9 \times 10^{-8}$  Kcal/h . m<sup>2</sup> . (°C)<sup>4</sup> olmaktadır. ( $5.67 \times 10^{-8}$  w/m<sup>2</sup> . K<sup>4</sup>). İngiliz birimleri ile ise  $0.1714 \times 10^{-8}$  BTU/h . ft<sup>2</sup> (°F)<sup>4</sup> olmaktadır. Ancak, tabiatta mevcut cisimler tam siyah tarifini sağlayamadığından, emmissivitenin sıcaklık ve dalga boyundan etkilenmediği varsayılarak Stefan-Boaltzmann Kanunu  $Q = e \cdot a \cdot A \cdot T^4$  şeklinde gösterilebilir. Fakat, emmissivite değeri bilhassa cismin sıcaklığından oldukça etkilenmektedir. Aşağıdaki tabloda bazı cisimlerin emmissivite değerleri verilmektedir.

Tablo. VII-2) Cisimlerin emmissivite (e) değerlerine örnekler

Muhtelif Cisimler (Oda Sıcaklığında)	e	Metalik Cisimler (Yüzeyi parlatılmış)	Emmissivite ( e )		
			40° C	260-C	540° C
Demir Oksit, Karbon, Yağ	0.80	Alüminyum	0.04	0.05	0.08
Kauçuk, Ahşap, Kağıt	0.85 - 0.90	Bakır	0.04	0.05	0.08
Ruberoit, emaye, lak, porselen, kuartz, tuğla, mermer, cam	0.91 ila 0.94	Altın	0.02	0.02	0.03
		Gümüş	0.01	0.02	0.03
Pürüzlü asbest levha, isli lamba camı, su, buz	0.95 - 0.99	Çelik	0.07	0.10	0.14

Karşılıklı iki cismin etraflarına gönderdiği radyasyon enerjisi ayrı ayrı bu cisimlerin sıcaklıklarının dördüncü kuvvetiyle orantılı olacaktır. Ayrıca, gönderdikleri radyasyon enerjisinin bu iki cisimden alçak sıcaklıkta olanı tarafından alınan "net radyasyon" miktarı bu iki cismin birbirine göre olan konumlarına da bağlıdır. Çok geniş alanlı tam siyah iki yüzeyden daha sıcak olanı "T<sub>1</sub>" mutlak sıcaklığında diğeri "T<sub>2</sub>" mutlak sıcaklığında ise bu yüzeylerden birisinin (A) büyüklüğündeki alanına sıcak cisimden soğuk cisime radyasyonla geçen net enerji miktarı:

$$Q = a \cdot A \cdot F^2 (T_1^4 - T_2^4) \text{ olmaktadır.}$$

Burada  $F^{\wedge}$  yüzeylerin birbirine göre olan geometrik konumunun etkisini hesaba alan bir katsayıdır ve "Konum Katsayısı" diye adlandırılır. Bu iki yüzey birbirine paralel ise  $F^{\wedge} = 1$  olacaktır.

Örnek : Paralel konumdaki tam siyah ve boyutları çok büyük iki düzlemden birisi  $100^{\circ}\text{C}$  diğeri  $300^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ise düşük sıcaklıktaki düzlemin birim alanı tarafından alınan net radyasyon ısı ne kadardır?

$$T_1 = 300 + 273 = 573^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = 100 + 273 = 373^{\circ}\text{K}$$

$Q = 4.9 \times 10^{-8} \times (5734 \cdot 3734) \cdot 4333 \text{ Kcal/h.m}^2$  olur. Konum katsayıları, radyasyonla ısı alışverişi yapan iki yüzeyin boyut, şekil ve birbirine göre olan geometrik durumlarına göre 0 ile 1 sayıları arasında değişecektir. Alttaki tablo bir fikir vermek amacıyla gösterilmiştir:

Tablo. VII-3) Kare veya Dairesel Şekilli Paralel Düzlemlerin Konum Katsayıları

Düzlemlerin boy veya çapının mesafelerine oranı	Düzlemleri birbirine bağlayan yan duvarlar yok ise		Düzlemleri birbirine bağlayan radyasyonu yansıtıcı fakat ısı iletmeyen duvarlar mevcut ise	
	Karesel	Dairesel	Karesel	Dairesel
0	0	0	0	0
1.0	0.194	0.175	0.534	0.512
2.0	0.408	0.380	0.692	0.669
3.0	0.542	0.515	0.772	0.753
4.0	0.632	0.609	0.814	0.804
5.0	0.693	0.672	0.844	0.836
6.0	0.736	0.716	0.867	0.858
7.0	0.770	0.750	0.881	0.873

Örnek: Alttaki şekilde gösterilen bir fırının tabanı ile tavanı arasında radyasyonla geçen net ısı miktarı ne kadardır. Yüzeyler tam siyah kabul edilecektir.

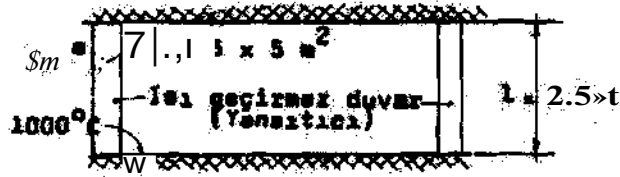
$$T_1 = 1000 + 273 = 1273^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = 500 + 273 = 773^{\circ}\text{K}$$

$$A = 5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$$

$$F_{x_2} = 0.692 \text{ (Yukarıdaki tablodan } d/l = 5/2.5 = 2 \text{ için)}$$

$$Q_{r,2} = 4.9 \times 0.692 \times 25 \times \frac{(1273^4 - 773^4)}{10^8} = 1.923 \text{ 494 Kcal/h}$$



Tam siyah olmayan cisimlerin radyasyonla ısı alışverişinde yüzeylerin emissif değerleri hesaba alınmak suretiyle konum katsayıları saptanabilir. Dalga boyu ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmediğini varsayarak (Gray radiators) Hottel, yüzeylerin emissif değerlerini de hesaba alarak iki düzlem arasındaki radyasyonla ısı geçişinde konum katsayısının genel denklemini aşağıdaki şekilde vermiştir.

$$F_{1-2}^{gr} = \frac{1}{\frac{1}{F_{s-2s}} + \left( \frac{1}{U} - \frac{1}{F_{s-2s}} \right) + \frac{A_1}{A_2} \left( \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)}$$

Düzlemlerin  $A_1$  ve  $A_2$  alanlarına sahip olduğu ve her birisinin emissif değerlerinin sırasıyla  $\epsilon_1$  ve  $\epsilon_2$  olduğu kabul edilmiştir.  $F_{1-2}^{gr}$  tam siyah olmayan cisimlere ait konum katsayısını,  $F_{s-2s}$  ise tam siyah durumundaki konum katsayısını ifade etmektedir.

Örnek : 25 cm. çapında ve 12.5 cm. mesafeli iki paralel diskden birisinin emissivitesi 0.8 ve sıcaklığı  $815^\circ\text{C}$ , diğ erinin emissivitesi 0.6 ve sıcaklığı  $538^\circ\text{C}$  ise net radyasyon ısı geçişi ne kadardır?

$d_1/d_2 = 25/12.5 = 2$  olup  $F_{1-2}^{gr} = 0.669$  olur (Yukarıdaki tablo VII-3'den).

$T_1 = 815 + 273 = 1088^\circ\text{K}$  ve  $T_2 = 538 + 273 = 811^\circ\text{K}$

$$F_{1-2}^{gr} = \frac{1}{\frac{1}{0.669} + \left( \frac{1}{0.8} - 1 \right) + \left( \frac{1}{0.6} - 1 \right)} \cdot 0.415; \dot{Q}_{1-2} = 4.9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 0.25^2 \times 0.415 \times \frac{1088^4 - 811^4}{10} = 966 \text{ Kcal/h}$$

Daha karmaşık şekil ve değerler ile cisimlerin arasındaki boşluktaki gazların radyasyon alışverişine iştirak etmesi gibi konumlardaki radyasyon problemlerine değ inilmesi bu metnin gayesi dışına çıktığından bu kadarla yetinilecektir.

**D) Kütle Transferi** veya difüzyon diye adlandırılan olay bir moleküler hareket değişimi şeklinde görünmektedir. Örneğ in buharlaşma olayı bir kütle transferi olup burada sıvı haldeki madde moleküllerinin birbirine göre olan uzaklık ve hareket şekilleri buhar haline geçişte değ işime uğ ramaktadır.

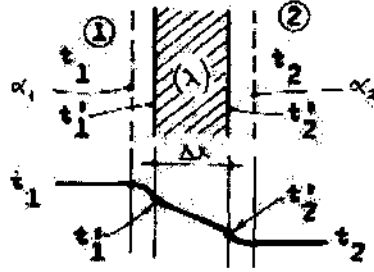
Soğutma tekniğinde en çok rastlanan kütle transferi türleri Buharlaşma ve Yoğuşma olaylarıdır. Her iki olayda da iki karakteristik görünüm birbirinden ayrılmaktadır. Yoğuşma olayında; Damla teşekkülü ile yoğuşma ve Film teşekkülü ile yoğuşma olabilmektedir. Buharlaşmada ise; Film teşekkülü ile veya Nükleer buharlaşma şeklinde meydana gelmektedir. Bu tür kütle transferi ile konvektif ısı transferi birbirine pek çok yönden benzerlik göstermektedir ve kütle transferindeki, birim yüzeyden birim zamanda meydana gelen kütle transferini gösteren katsayısı, konveksiyonla ısı geçirme katsayısındaki gibi boyutsuz katsayı gruplarının bir fonksiyonu olarak görünmektedir.

Soğutma uygulamalarında; Buharlaşma olayı değ işik tür soğutucu/evaporatörlerde, yoğuşma olayı ise yoğuşturucu/Kondenserlerde sık sık karşılaşılan kütle transferi olaylarıdır. Her iki tür kütle transferi katsayılarının tespitine sık sık ihtiyaç duyulur ve bunların teorik yoldan hesaplanması yerine çoğ u zaman deneysel değ erlerin kullanılır.

ması, daha sağlıklı sonuç vermesi bakımından tercih edilmekte, teorik hesap tarzından ise değişkenlerin etkilerini mukayese etmek yönünden yararlanılmaktadır.

E) *Isı Transferi olayı* çoğunlukla yukarıda sayılan Kondüksiyon (iletim), Konveksiyon (Taşıma) ve Radyasyon (Işıma) tarzındaki 3 değişik ısı transferi şekline sadece birisi yerine iki veya her üç türü birlikte oluşarak ve bazan kütle transferini de içerecek tarzda meydana gelmektedir. Soğutma yüklerinin hesabında da ısı geçirgenlik katsayıları kondüksiyon, konveksiyon ve bazan da radyasyon ısı geçirgenlik katsayılarının birleşimi şeklinde uygulanmaktadır. Örneğin ısı tecrit yapılmış bir soğuk oda duvarından geçen ısı, iç ve dış yüzeylerde konvektif ısı transferiyle, duvarın kendi gövdesinde ise kondüksiyon yoluyla geçmektedir. Normal muhit sıcaklıklarında radyasyonla ısı alışverişi ihmal edilebilir seviyelerde kaldığından soğuk oda soğutma yüklerinin hesabında dikkate alınmayabilir. Ancak, dış cepheli bir hacim güneş ışınlarına maruz kalıyorsa radyasyon ısı yükünün de hesaba alınması gerekir. Basitleştirilmiş hesap usulünde, güneş radyasyon yükü, iç-dış sıcaklık farkına ilaveten itibari ek bir sıcaklık farkı uygulanmak suretiyle hesaba alınmaktadır.

Birim alandan birim zamanda geçen ısı miktarı, dengelenmiş şartlar altında, ısı transferi türü ne olursa olsun aynı olacağından, konveksiyon ile transfer edilen ısı, daha sonra kondüksiyon yoluyla iletildiğinde birbirine eşit olacaktır. Altta şekilde, © hacminden ısı (D hacmine geçerken, önce Ax kalınlığındaki duvarın iç yüzeyine konveksiyonla geçecek oradan da duvarın bünyesinde kondüksiyonla ilerliyerek dış yüzeye ulaşır oradan d) numaralı hacime tekrar konveksiyonla iletilecektir. Dengelenmiş şartlarda ( $t_1$  ve  $t_2$  sabit ve tüm hacimde aynı, duvarın bünyesinde ısı üretimi yok) ısı transferi birim zamanda ve alanda aynı olacağından;



$$Q_{\alpha_1} = Q_{\lambda} = Q_{\alpha_2} = Q \text{ olacaktır.}$$

$$Q_{\alpha_1} = \alpha_1 \cdot A (t_1 - t_1') \text{ veyahutta, } \frac{Q}{\alpha_1 \cdot A} = t_1 - t_1'$$

$$Q_{\lambda} = \lambda \cdot A \left( \frac{t_1' - t_2'}{\Delta x} \right) \text{ veyahutta, } \frac{Q \cdot \Delta x}{\lambda \cdot A} = t_1' - t_2'$$

$$Q_{\alpha_2} = \alpha_2 \cdot A (t_2' - t_2) \text{ veyahutta, } \frac{Q}{\alpha_2 \cdot A} = t_2' - t_2$$

Sağ taraftaki eşitlikler toplanırsa:

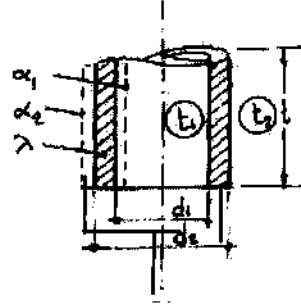
$$\frac{Q}{A} \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Delta x}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) = t_1 - t_2 \dots \dots \dots \text{ bulunacaktır ve buradan ,}$$

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Delta x}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \dots\dots\dots \text{bulunur ki, } \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Delta x}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

birleştirilmiş ısı transferi katsayısı (Ku) diye adlandırılır ve yukarıdaki örnekte bu değer kondüksiyon ve konveksiyon ısı transferi katsayılarının birlikte etkisini vermektedir.

Aynı şekilde, siüendirik yüzeylerle çevrili bir elemanın birleştirilmiş ısı transferi katsayısı, dış yüzey alanı esas alınarak hesaplandığında;

$$K_{u,d} = \frac{1}{\frac{d_2}{\alpha_1} + \frac{d_2 \cdot U_1 \cdot d_2}{AK} + \frac{1}{\alpha_2}}$$



bulunacaktır ve "1" boyundaki borudan ısı transferi;

$$Q = K_{u,b} \cdot l \cdot \frac{T_1 \cdot d_1}{4} \cdot (t_1 - t_2) \text{ olacaktır.}$$

Örnek : Alttağı yapıya sahip, 2.80 mt. yüksekliğinde ve 4.50 mt. boyundaki bir duvardan saatte geçen ısı ne kadardır?

$$K_u = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{x_1}{\lambda_1} + \frac{x_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{x_n}{\lambda_n} + \frac{1}{A} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$K_u = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.20}{0.48} + \frac{0.10}{0.035} + \frac{0.11}{0.68} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.01}{0.90} + \frac{1}{7}}$$

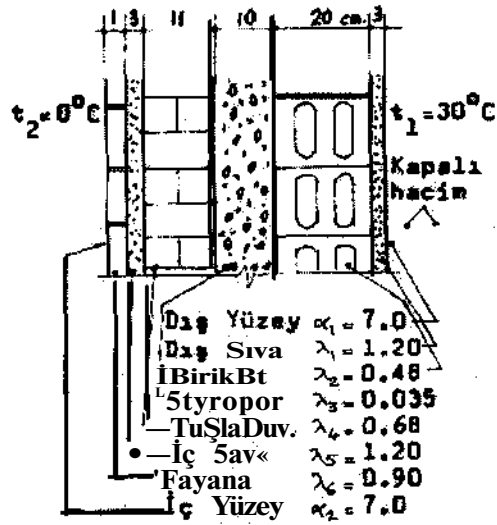
$K_u = 0.264 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  bulunur.

Bu duvardan saatte geçen ısı miktarı ise;

$$Q = K_u \cdot A \cdot \Delta t = 0.264 \times (2.80 \times 4.50) \times (30-0)$$

$Q = 99.79 \text{ Kcal/h}$  bulunur.

Yapılan hesaplar yaklaşık değerlere dayanılarak yapılmış olup seçilecek olan soğutucu veya ısıtıcı cihazlar da imalatçının buna en yakın olan tipine uyularak seçilecektir. Bulunan değer tama iblağ edilerek hesaplarda  $Q = 100 \text{ Kcal/h}$  alınır.



Soğuk oda soğutma yüklerinin hesaplanmasında kullanılmak üzere değişik duvar, tavan ve döşeme konstrüksiyonları için hesaplanmış hazır Ku değerlerini veren tablolar birçok soğutma literatüründe verilmektedir. Ancak, çoğu zaman verilen ısı geçirme katsayısı ile tarif edilen yapı konstrüksiyonunun bağdaştırılmasında yanlışlığa düşüldüğü için bu tür bir seçim tablosu bu metinde verilmeyecektir ve her değişik tür konstrüksiyon için Ku değerinin hesaplanması önerilmektedir. Vitrin, dolap ve kabin gibi elemanların kısmen cam olan yüzeyleri için kullanılacak Ku değerleri ise aşağıda verilmektedir. Tek Cam :  $P^{\wedge} = 5.5 \text{ Kcal/h} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2$  Çift Cam :  $K^{\wedge} = 2.3 \text{ Kcal/h} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2$  alınmalıdır. Soğuk oda duvarlarının yüzeylerine ait konvektif ısı geçirgenlik (a) katsayıları ile duvar arasında kalan hava boşluklarına ait ısı geçirgenlik katsayıları (A) aşağıda verilmektedir.

*Yüzeyin "a" değerleri "Kcal/h . °C . m<sup>2</sup>" olarak (Yansıtmayan, opak yüzeyleri için)*

Bina iç yüzeyleri (Duvar, iç ve dış pencereler)	: 7
Bina Dış yüzeyleri (Dış havaya maruz kalan yüzeyler)	: 20 (12 km/h rüzgar)
Bina Dış yüzeyleri (Dış havaya maruz kalan yüzeyler)	: 30 (25 km/h rüzgar)
Döşeme ve tavan (Isı yukarıdan aşağıya geçiyor)	: 5
Döşeme ve tavan (Isı aşağıdan yukarı geçiyor)	: 8

**Tablo. VII-4) Hava Aralıkları için Isı Geçirgenlik (A) katsayıları "Kcal/h.°C.m<sup>2</sup>" (Değerler, Hava aralımındaki sıcaklık farkı 5.5°C olduğuna göre verilmiştir)**

Hava Ar. Konumu	Ortalama Sıcaklık	Hava Aralığının Derinliği (cm)				
		1	2	4	9	15
1. Düşey (Isı yüzeye dik geçiyor)	32°C	6.4	5.8	5.6	5.7	5.8
	10°C	5.5	4.8	4.8	4.8	4.9
	-18°C	4.3	3.9	4.0	4.0	4.0
2. Yatay (Isı aşağıdan yukarı geçiyor)	32°C	6.8	6.5	6.3	6.1	6.0
	10°C	5.9	5.6	5.5	5.3	5.3
	-18°C	5.0	4.8	4.6	4.4	4.4
3. Yatay (Isı yukarıdan aşağıya geçiyor)	32°C	6.4	5.7	5.2	4.9	4.9
	10°C	5.4	4.8	4.2	3.9	3.9
	-18°C	4.3	3.7	3.2	3.0	3.0

Güneş ışınlarını alan yüzeyler için basitleştirilmiş hesap şekli tercih edildiğinde, itibari bir sıcaklık farkı uygulanmak suretiyle solar radyasyondan gelen soğutma yükü bulunabilir. Aşağıdaki tablo değişik cepheler için ve yüzey renkleri (absorptivite) için

**Tablo. VII-5) Güneş Işınları Etkisinin Sıcaklık Farkı Eşdeğerleri**

Yüzey Cinsi	Duvarın Cehesi			Düz Çatı
	Doğu	Güney	Batı	
Koyu renkli yüzeyler	5	3	5	11
Orta renkli yüzeyler	4	3	4	9
Açık renkli yüzeyler	3	2	3	5

güneş ışınları etkisinin sıcaklık farkı olarak değerlerini vermektedir.

Örnek : Dış cephesi Batıya bakan bir tuğla duvar (orta renk) için güneş ışınları sebebiyle birim yüzeyden alınan ısı miktarı ne kadardır?

( $K_u = 0.2 \text{ Kcal/h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2$ ) Tablo: VII-5'den Güneş'ten gelen Sıcaklık Farkı :  $4^\circ\text{C}$ .  
 $Q = 0.2 \times 1 \text{ m}^2 \times 4^\circ\text{C} = 0.8 \text{ Kcal/h}$  olacaktır.

Soğutma uygulamalarında ısı ve kütle transferi olayı Evaporatör, Kondenser ve daha pek çok soğutma elemanında meydana gelmektedir. Genel anlamda "Isı değiştirgeci" ve bazan da İngilizce adıyla Heat Exchanger diye tanımlanan bu elemanlardan ısı transferi hesaplanırken birleştirilmiş ısı transferi katsayısı (KJ'nun saptanması kadar sıcaklık farkının doğru olarak saptanması da çok önemlidir.

Evvelce de işaret edildiği gibi,  $K_u$  değerinin hesapla bulunması yerine genellikle deneysel yollar, daha sıhhatli sonuç vermesi yönünden tercih edilmektedir. Verilen bir (KJ değerinin ısı değiştirgecinde hangi yüzeye uygulanacağı belirtilmelidir. Aşağıdaki tabloda bazı ısı değiştirgeci uygulamaları için  $K_u$  değerleri verilmektedir. Bu değerlerin kullanılmasında, tarif edilen uygulamanın aynen benzerliğinde dikkatli olunmalıdır.

Tablo. VII-6) Isı Değiştirgeçleri için Örnek Isı Geçirme Katsayıları

İS! Değiştirgeci Tipi ve Uygulama Şekli	ht : Hava tarafı st : Su/salamura tarafı Soğutkarıtarafıalamna uygulanacaktır	Kcal/h . $^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2$
- Su içine/Tank'a daldırılmış Kondenser (demir boru).....		200 - 250 st
- Yağmurlu atmosferik kondenserler:		
a) Eşit/paralel akışlı.....		250 - 300 st
b) Karşı akışlı (Bleeder tipi).....		650 - 900 st
c) Karşı akışlı (Block).....		750-1000 st
d) Dik Boru (Linde tipi).....		1000 st
- Demet şeklinde dik borulu boru/dış zarf tipi (Shell and tube) sulu kondenser.....		900 - 1500 st
- Çift borulu ve karşı akımlı sulu kondenser.....		600 - 700 st
- Su'dan Su'ya ısı değiştirgeci, pirinç boru, tek geçişli, boru/dış zarf tipi.....		1500-1700 st
- Buhar'dan su'ya ısı değiştirgeci, bakır boru.....		2500 bt
- Sulu kondenser boru/dış zarf tipi (küçük kapasiteli) 0.3 - 1 m/su geçiş hızı-küçük değer küçük hız için.....		900 - 1600 rt
- Sulu kondenser boru/dış zarf tipi ( büyük kapasiteli) 0.3 - 1 m/s su geçiş hızı-küçük değer küçük hız için.....		1300 - 2000 rt
- Hava soğutmalı kondenser-Tabii konveksiyonlu.....		5 ht
- Hava soğutmalı kondenser-Cebri konveksiyonlu hava geçiş hızı 5 m/s için.....		20 ht
- Hava soğutucu evaporatör		
a) Tabii konveksiyonlu.....		5 ht
b) Cebri konveksiyonlu.....		15 ht
- Su soğutucu evaporatör		
a) Düz boru/dış zarf tipi, kuru tip/D-x salamura soğutucu.....		293 - 683 st
b) Islak tip (Flooded) düz boru/dış zarf salamura soğutucu (F12,22, Amonyak).....		635 - 927 rt
c) Islak tip (Flooded) kanatlı boru/dış zarf salamura soğutucu (F12,22,500).....		440 - 830 rt
d) Islak tip (Flooded) kanatlı boru/dış zarf salamura soğutucu (Amonyak).....		220 - 488 rt
e) Kuru tip/D-x içten kanatlı boru/dış zarf-su soğutucu (F12,22).....		781-1220 st
f) Çift boru (gömlekli) Amonyak ile su soğutucu.....		244 - 732 st

Isı değiştirgecindeki toplam ısı transferi, bilinen  $Q = A \times At \times K_u$  denklemi yardımıyla hesaplanabilir.

Örnek: 200 cm. boyunda 64 adet 5/8" dış çapta bakır boru kullanılan bir boru/dış zarf tipi kondenserde, 40°C yoğuşum ve 30/35°C kule suyu sıcaklıklarındaki toplam ısı transferi ne kadardır?

$$\text{Alan } A = 64 \times 2.00 \times n \times 0.016 = 6.43 \text{ m}^2 \text{ olacaktır.}$$

$$At_{Ln} = (At_j - At_2) / L, At_a / At_2 = [(40 - 30) - (40 - 35)] / L. [(40 - 30) / (40 - 35)] = 7.21^\circ\text{C}$$

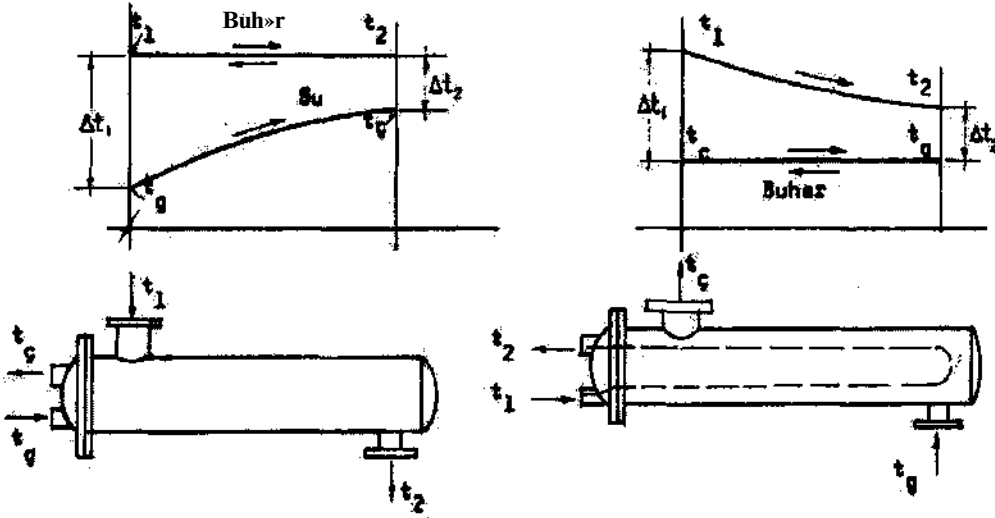
$$K_u = 1250 \text{ Kcal/h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \text{ (Tablo VII 6'dan ortalama değer)}$$

$$Q = 6.43 \times 7.21 \times 1250 = 57950 \text{ Kcal/h bulunur.}$$

Isı değiştirgeçlerinin sıcaklık farkının saptanmasında Logaritmik sıcaklık farkı ( $At^{\wedge}$ ) değerlerinin kullanılması daha sıhhatli sonuçları vermektedir (Yukarıdaki örnekte olduğu gibi).

$$At_{Ln} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2} \text{ olarak tarif edilmektedir.}$$

Buradaki  $At_i$  ve  $At_j$  değerleri değişik tür ısı değiştirgeçleri için aşağıdaki şekillerde belirtilmektedir (şekil. VIII-1)



a) Sınıf-11 ısı Değiştirgeci

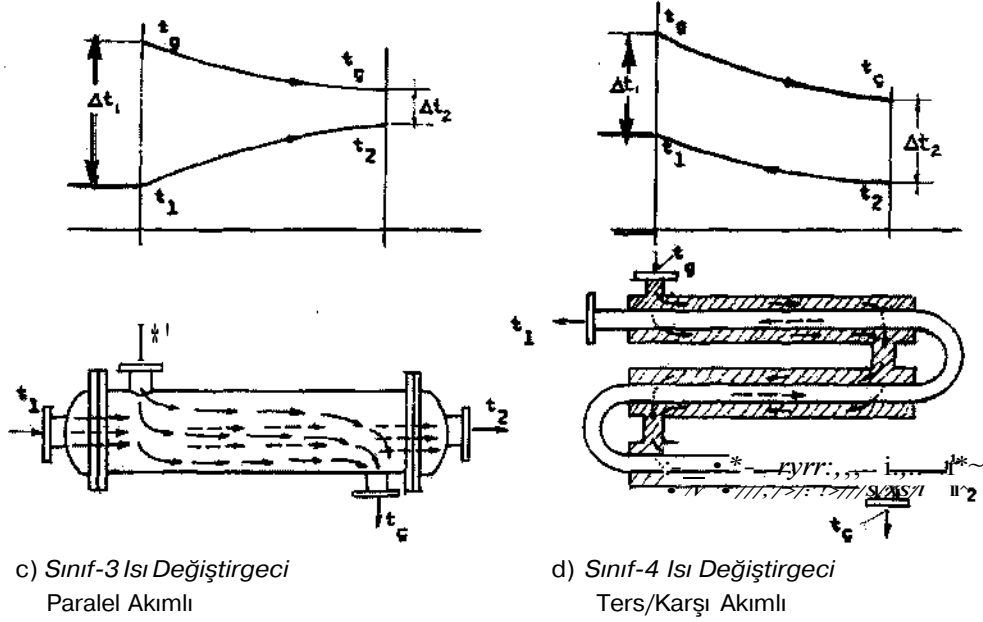
Yoğuşturucu: Buhar Kondenserinin suyla soğutulması, Soğutkan Kondenserinin suyla soğutulması, vb.

b) Sınıf-2 ısı Değiştirgeci

Buharlaştırıcı: Kaynar su ile buhar üretimi, ıslak tip (flooded) su soğutucu, vb.

şekil. VII-1) Isı Değiştirgeçleri için Örnek Isı Geçirme Katsayıları





Şekil. VH-1/devamı) Isı Değiştirgeci türleri

Örnek:  $-20^{\circ}\text{C}$  salamura ile  $+10^{\circ}\text{C}$  soğuk suyu  $0^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutan çapraz/karşı akımlı bir ısı değiştirgeci için logaritmik sıcaklık farkı nedir? Salamura çıkış sıcaklığı  $-15^{\circ}\text{C}$  olmaktadır.

$$At_x = 0 - (-20) = 20^{\circ}\text{C} \quad At_2 = 10 - (-15) = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{Ln} = \frac{25 - 20}{\ln \frac{25}{20}} = \frac{5}{0.22314} = 22,4^{\circ}\text{C} \text{ olur.}$$

Giriş ve çıkış sıcaklık farklarının aynı olduğu ( $At_1 = At_2$ ) durumlarda  $At_{Ln}$  formülündeki belirsizlik için  $At_{Ln} = At_x = At_2$  alınmalıdır.

## VII-2) Soğutma Yükünün Hesabı :

Soğutma yükünün hesabındaki gaye soğutma sistemi elemanlarını (Kompresör, kondenser, Evaporatör, Termostatik ekspansiyon valfi, soğutucu akışkan boruları ve diğer soğutma aksamı) doğru ve ekonomik bir şekilde seçebilmektedir. Soğutma elemanlarının doğru seçimi ile sistemin verimli, bekleneni verecek tarzda ve aksamadan senelerce çalışması sağlanmış olabilecektir.

Soğutma yükünü meydana getiren ısı kazançlarını dört grupta toplamak mümkündür :

- I) Soğutulan hacmi çevreleyen duvar, döşeme ve tavandan geçen ısı, transmisyon ısısı.
- II) Soğutulan hacime dışarının daha yüksek ısı tutumundaki havasının girmesiyle meydana gelen ısı yükü, infiltrasyon ısısı

III) Soğutulan hacme konulan malların ısı

IV) Soğutulan hacmin içerisindeki ısı kaynaklarından gelen ısı (insanlar, aydınlatma, motor, vs.)

I) Transmisyon Isısının Hesabı : Bu bölümün baş tarafında ve (E) bölümünde etrafıca belirtilmiş olan esaslara göre hesaplanır. Transmisyon ısısının mümkün olduğunca düşük tutulmasında pek çok yarar olacağı açıktır ve bunun sağlanabilmesi, duvarlarla tavan ve döşemenin ısı geçirme katsayısının düşük tutulması ile mümkün olabilecektir. Zira, ısı geçiş alanları ve iç-dış sıcaklıklar uygulamanın şekline göre belirlidir ve değişmesi söz konusu değildir. Transmisyon ısısının hesaplanabilmesi için aşağıdaki donelerin önceden saptanmasına gerek vardır :

- 1) Tecrit kalınlığı ve cinsi
- 2) Yapı konstrüksiyonu
- 3) Soğutulacak hacmin fiziksel ölçüleri
- 4) Soğutulacak hacmin ve dışındaki hacimlerin sıcaklıkları ile güneş ışınlarının etkisi

Tecrit kalınlığının artırılması ile ısı geçirgenlik katsayısının düşürülmesi ve soğutma yükünün azaltılması sağlanabilirse de tecrit kalınlığını aşırı derecede arttırmak hem ilk kuruluş masraflarının artması hem de oda faydalı hacminin azaltılması yönünden uygun olmayacaktır. Bu nedenle, çoğunlukla belirli iç sıcaklık seviyelerine göre tertiplenmiş tablolarda tavsiye edilen tecrit kalınlıkları verilmektedir (Tablo. VII-7).

**Tablo. VII-7) Soğuk Odalar için Tavsiye Edilen Minimum Tecrit Kalınlıkları**

Soğuk Oda İç Sıcaklığı (°C)	Serin/Kuzey Bölgeler		Sıcak/Güneşli/Güney Bölgeler	
	Poliüretan (*)	Mantar Eşdeğer (**)	Poliüretan (*)	Mantar Eşdeğer (**)
+10/+16	25 mm	50 mm	50 mm	75 mm
+4I+10	50 mm	75 mm	50 mm	100 mm
AI+4	50 mm	100 mm	75 mm	125 mm
-9/-4	75 mm	125 mm	75 mm	150 mm
-18/-9	75 mm	150 mm	100 mm	175 mm
-26/-18	100 mm	175 mm	100 mm	200 mm
-40/-26	125 mm	225 mm	125 mm	250 mm

(\*) Poliüretan tecrit malzemesi için (Ortalama  $X = 0.020 \text{ Kcal/h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 / \text{m}$ )

(\*\*) Mantar, cam yünü, styropor için (Ortalama  $A, = 0.035 \text{ Kcal/h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 / \text{m}$ )

Ayrıca, kullanılacak tecrit malzemesinin kondüktif ısı geçirgenliğinin de transmisyon ısı kazancına etkisi büyüktür ve seçilecek tecrit malzemesinin kalınlığı kadar ısı geçirgenlik katsayısının da göz önünde bulundurulması gerekir. Önemli olan diğer bir husus, tecrit malzemesinin ısı geçirgenlik katsayısının değişik sıcaklık seviyelerinde

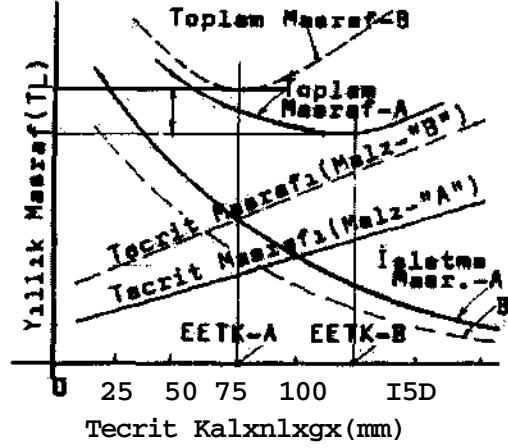
değişik değerler vermekte olduğu ve bu katsayının sıcaklık seviyeleri yükseldikçe artmakta olduğudur. Nihayet, en az diğerleri kadar önemli olan husus ekonomik unsurdur ve gerçek uygulamadaki en uygun seçimin yapılması için yukarıda sayılan tüm etkenlerin birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bu maksatla, mahalli malzeme, işçilik, enerji ve diğer etken maliyetler çıkarılıp aşağıdaki şekilde gösterilen örnekteki gibi bir grafik yapmak suretiyle en ekonomik tecrit kalınlığını saptamak gerekecektir. (Bak: Şekil. VII-2).

Bu grafikte, tecrit malzemesinin belirli bir türü (A) için en ekonomik tecrit kalınlığı saptanabilecektir. Benzeri grafiklerin, değişik türden, farklı ısı geçirgenliğini ve maliyetleri haiz tecrit malzemeleri için de yapılması ve yıllık masrafı en düşük olarak bulunan tecrit malzemesi cins ve kalınlığının seçilmesi uygun olacaktır. Üstteki örnekte verilen malzemelerden "B" malzemesinin en ekonomik tecrit kalınlığı, "A" malzemesininkinden daha az olduğu halde bu malzeme kullanıldığında ortaya çıkacak toplam masraflar tutarı "A" malzemesine göre daha yüksek seviyede olacağından "A" malzemesinin tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Böyle bir grafik tanzim edilmesi küçük kapasiteli odalar için gerekmez ve Tablo VII-7'deki değerlerin kullanılmasıyla sıhhatli bir seçim yapılmış olur.

Yapı konstrüksiyonu da gerek soğutma yükünün azaltılması, gerekse kuruluş ve işletme masraflarını etkilemesi yönünden çok önemlidir. Bu husus Mimar ve Statiker ile beraberce etüt edilip saptanmalıdır. Isıl hesaplarda, uygulanacak gerçek yapı konstrüksiyonuna göre ısı geçirme katsayıları hesaplanıp kullanılmalıdır.

Soğutulacak hacmin fiziksel ölçüleri tasarım halindeki bir hacim için mimari planlardan alınır, mevcut bir bina için ise yerinde yapılacak gerçek ölçümlerle saptanır. Duvar, döşeme ve tavan yüzeylerinin hesaplanmasında odanın tecritsiz çıplak iç boyutlarının kullanılması yeterli bir yaklaşım sağlayacaktır. Ancak, tecrit kalınlığı az ve duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenliği fazla ise bu taktirde dıştan dışa ölçülerin kullanılması daha emniyetli olacaktır. Bu nedenle Dolap, Vitrin ve Kabin tipi soğutucularda dış ölçüler kullanılmalıdır. Keza, küçük boyutlu odalar için de, özel bir durum mevcut değilse gene tüm dış yüzey ısı geçiş alanı olarak alınabilir.

Soğutulacak hacmin iç ve dış kısımlarındaki sıcaklıkların saptanması ise üzerinde önemle durulması gereken bir husustur ve soğutma yükünü oldukça etkiler. Memleketimizin değişik yerleri için kullanılması gereken dış sıcaklıklar aşağıdaki



Şekil. VII-2) En Ekonomik Tecrit Kalınlığının (EETK) saptanması

Tablo VII-8'de verilmektedir. Buna ilaveten, güneş ışınlarına maruz kalan dış yüzeylere Tablo VII-5'te gösterilen sıcaklık farklarının, iç-dış sıcaklık farkına eklenmesi gerekir.

**Tablo VII-8) Şehirlerin Yazın Dış Hava Sıcaklıkları**

Şehir Adı	Kuru Term "C	Yaş Terim °C	Şehir Adı	Kuru Term °c	Yaş Terim "C
Adana (Şehir)	38	26	İstanbul	33	24
Adıyaman	38	22	İzmir	37	25
Afyon	34	21	Kars	30	20
Ağrı	34	25	Kastamonu	34	22
Amasya	31	21	Kayseri	36	23
Ankara	35	21	Kırklareli	35	25
Antalya	39	28	Kırşehir	35	21
Artvin	30	26	Kocaeli (İzmit)	36	25
Aydın	39	26	Konya	34	22
Balıkesir	38	27	Kütahya	33	21
Bilecik	34	23	Malatya	38	21
Bingöl	33	21	Manisa	40	26
Bitlis	34	22	Kahramanmaraş	36	22
Bolu	34	24	Mardin	38	23
Burdur	36	21	Muğla	37	22
Bursa	37	25	Muş	32	20
Çanakkale	34	25	Nevşehir	28	17
Çankırı	34	25	Niğde	34	20
Çorum	29	19	Ordu	30	22
Denizli	38	24	Rize	30	26
Diyarbakır	42	23	Sakarya (Adapazarı)	35	25
Edirne	36	25	Samsun	32	25
Elazığ	38	-21	Siirt	40	23
Erzincan	36	22	Sinop	30	25
Erzurum	31	23	Sivas	33	20
Eskişehir	34	24	Tekirdağ	33	25
Gaziantep	39	23	Tokat	29	20
Giresun	29	25	Trabzon	31	25
Gümüşhane	33	23	Tunceli	37	22
Hakkari	34	20	Ş.Urfa	43	24
Hatay (Antakya)	37	28	Uşak	35	22
Hatay (İskenderun)	37	29	Van	33	21
İsparta	34	21	Yozgat	32	20
İçel (Mersin)	35	29	Zonguldak	32	25
İçel (Tarsus)	36	28			

Soğuk odalara komşu hacimlerin sıcaklıkları veya mahalli dış hava sıcaklığıyla olan farkı ile toprak döşeme üzerinde oturan hacimlerin döşeme sıcaklıkları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo. VII-9) Komşu Hacim ve Döşeme Sıcaklıkları

Komşu Hacimin Tarifi	Sıcaklığı (°Q)	Dış Sıc. İle Komşu Hac. Sıc. Farkı
Toprak döşeme sıcaklığı-Çok soğuk iklimler	+7	—
Toprak döşeme sıcaklığı-Soğuk iklimler	+15	—
Toprak döşeme sıcaklığı-Serin iklimler	+20	—
Toprak döşeme sıcaklığı-Sıcak iklimler	+25	—
Klimatize edilen veya soğutulan s. oda hacimleri	Oda Dizayn Sıcaklığı	
Toprak seviyesinin altında kalan klimasız, soğutulmamış hacimler ile toprakla temastaki duvarlar	—	-10
Klimatize edilmeyen normal kullanma maksatlı hacimler	—	-5
Cebri şekilde havalandırılmayan hacimler; depo, atölye, vs.	—	0
Kompresör makina dairesi (Sulu kondenser)	—	0
Kompresör makina dairesi (Havalı kondenser)	—	+5
Mutfak, çamaşırhane, kazan dairesi, ısı santrali, vs.	—	+10
Çok aşırı sıcak hacimler, aşırı ısı neşreden yerler	—	+15

Örnek : Ankara'daki bir uygulama için soğuk odaya bitişik bir mutfakta sıcaklık :  
Dış sıcaklık (35°C) + Sıc. farkı (10°C) = 45°C alınmalıdır.

tç sıcaklıkların saptanmasında, soğutulacak hacmin kullanma maksadı göz önünde bulundurulur. Bazı özel kullanma maksatları söz konusu olduğunda bu maksada uygun olan sıcaklık esas alınır. Soğuk oda uygulamalarında, soğuk odada muhafaza edilecek maddelerin gerektirdiği oda sıcaklığı iç sıcaklık olarak alınmalıdır. Aşağıdaki tabloda değişik tür gıda maddelerinin oda/iç sıcaklıkları verilmektedir. Aynı tabloda, muhafaza edilen maddelerin ısınma ısısı, donma ısısı, muhafaza relatif rutubeti, donma noktası, bünyesindeki su miktarı, soğuk odada bozulmadan muhafaza edilebileceği takribi zaman süreci de verilmektedir. Verilen değerler ortalama değerler olup yetiştirme yer ve türlerine göre farklar olabilecektir. Bilhassa yurdumuzda yetiştirilen

yaş meyve ve sebze ürünlerinin muhafaza sürelerinde büyük farklılıklar gözlenmektedir. Bu nedenle, dış kaynaklı bir tablo olan Tablo. VII-10'da gösterilmiş olan muhafaza sürelerinden, uygulamada önemli farklılıklar ortaya çıkması çok olasıdır.

Tablo. VII-10) Gıda Maddeleri için Uzun Süreli S. Oda Muhafazası Doneleri

Gıda Maddesinin Cinsi-Tanımı	Muhafaza sıcaklığı (°C)	Oda Nem'i R.R. (%)	Takribi muhafaza süresi (*)	İçindeki su mikt. %Ağ.	Donma Nokt. (X)	Isınma Isısı Kcal/kg . °C		Donma Isısı Kcal/kg	Ön soğutm. odalar için	
						Donmadan önce	Donmadan sonra		Soğuma süresi Saat	Yükleme kats. (")
Ahududu-Taze	0(-)	90-95	2-3 G	84	-0.5	0.87	0.45	67.8	—	—
Armut-Kış-Sert	-15/-0.5	90-95	2-7 H	83	-1.6	0.87	0.45	66.5	24	1.25
Armut-Normal-Yeşil	0	90-95	1-2 H	74	-1	0.79	0.42	59.4	24	1.25
Ananas-Olgun-Taze	+7	85-90	2-4 H	85	-1	0.88	0.46	68.3	3	1.50
Ayva	0(-)	90	2-3 A	85	-2	0.88	0.46	68.1	24	1.50
Bal	s+10	—	1S(+)	18	—	0.34	0.26	13.6	—	—
Balık-taze	• v <sub>+2</sub>	90-95	5-15 G	60-80	-2.2	0.7-0.9	—	5 <sup>o</sup> /63.8	—	—
Balık-Dondurulmuş	. <sup>23</sup> / <sub>-29</sub>	90-95	6-12 A	62-85	—	—	°. <sup>38</sup> /0.45	5 <sup>o</sup> /68.3	—	—
Balık-Salamura (Tuzlu)	+4 / 10	90-95	10-12 A	—	—	0.76	0.41	56	—	—
Balkabağı	+1 <sup>o</sup> / +13	70-75	2-3 A	91	-1	0.93	0.48	72.8	18	1.43
Bamya-Taze	+7 / +10	90-95	7-10 G	90	-2	0.92	0.47	72	18	1.43
Bezelye-Yeşil	0	95	1-3 H	74	-0.6	0.80	0.42	59.2	20	1.50
Bira-Fıçı	+2 / 4	—	3-8 H	90	-2	0.92	0.47	72.1	—	—
Bira-Şişe/Kutu	+2 / 4	s65	3-6 A	90	—	—	—	—	—	—
Böğürtlen Üzümlü	0(-)	95	3G	85	-1	0.88	0.46	68.0	20	1.50
Brüksel Lahanası	0	90-95	3-5 H	85	-1	0.88	0.46	68.3	24	1.25
Ciğer-Taze	0 / +1	90	1-5 G	70	-1.7	0.76	—	56.0	18	1.43
Ciğer-Dondurulmuş	. <sup>12</sup> / <sub>-18</sub>	90-95	2-4 A	70	-1.7	—	0.41	56	—	—
Çikolata-Çeşitleri	"18 / +1	40	6-12 A	1	-	0.21	0.20	0.8	—	—
Çilek-Taze	0 H	90-95	5-7 G	90	-0.8	0.92	0.47	72.1	—	—
Domates-Yeşil	+13 / +21	85-90	1-3 H	93	-0.6	0.95	0.48	74.5	34	1.00
Domates-Kızarmış	+7 / +10	85-90	4-7 G	94	-0.5	0.95	0.48	75.2	34	1.00
Dondurma	" <sup>25</sup> / <sub>-29</sub>	—	3-20 A	63	-5.6	0.71	0.39	50.4	8	1.33
Darı-Patlamamış	° / 4	85	4-6 H	10	—	0.28	0.23	8.1	—	—
Elma-Golden	-V <sub>+4</sub>	90	3-8 A	84	-1.1	0.88	0.45	67.2	24	1.50

**Tablo. VII-101 devam) Gıda Maddeleri için Uzun Süreli S. Oda Muhafazası Doneleri**

Gıda Maddesinin Cinsi-Tanımı	Muha-faza sı-caklığı (°C)	Oda Nem'i R.R. (%)	Takribi muha-faza sü-resi (*)	İçin-deki su mikt. %Ağ.	Don ma Nokt. CO	Isınma Isısı Kcal/kg . °C		Donma isisi Kcal/kg	Ön soğutm. odalar için	
						Donma-dan önce	Donma-dan sonra		Soğu-ma süresi Saat	Yükle-me kats. (**)
Ekmek-Ambalajlı	-18	—	3-13H	32-27	—	0.48	0.31	25.6/29.6	—	—
Enginar	0(-)	90-95	1-2 H	84	-1.6	0.87	0.45	67.2	18	1.43
Erik	0(-)	90-95	3-4 H	86	-0.8	0.89	0.46	68.9	20	1.50
Et-Siğir-Taze	0/+1	88-92	1-6 H	62/77	-2	°-7/0.8	—	49.6/61.6	18-24	1.50
Et-Siğir-Donmuş	°-18/-23	90-95	9-12 A	—	—	—	°-39/0.43	49.6/61.6	—	—
Et-Siğir-Donmuş	-12	90-95	4-10 A	—	—	—	°-39/0.43	49.6/61.6	—	—
Et-Kuzu-Taze	°/1	85-90	5-12 G	60-70	-2	°%76	—	48/56	5	1.33
Et-Kuzu-Donmuş	°-18/-23	90-95	8-10 A	—	—	—	°-38/0.41	48/56	—	—
Et-Kuzu-Donmuş	-12	90-95	3-6 A	—	—	—	°-38/0.41	48/56	—	—
Et-Domuz-Taze	°/1	85-90	3-7 G	32-44	-2	°%55	—	43/53	14-18	1.50
Et-Domuz-Donmuş	°-18/-23	90-95	4-6 A	—	—	—	°%33	—	—	—
Et-Dana-Taze	°/1	90-95	5-10 G	64-70	-2	°%76	°-39/0.41	51/56	6	1.33
Greyfurt	+1°/+16	85-90	4-6 H	89	-1.1	0.92	0.47	71.3	22	1.43
Havuç-Ambalajlı	0	98-100	4-6 H	88	-1.4	0.91	0.46	70.5	24	1.25
Hindiba	0	95	2-3 H	93	0(-)	0.95	0.48	74.5	18	1.43
Hindistan Cevizi	°/2	80-85	1-2 A	47	-1	0.58	0.34	37.6	—	—
Hurma	0	65-75	6-12 A	20	-16	0.36	0.26	16.2	—	—
Ispanak	0	95	10-14 G	93	0(-)	0.95	0.48	74.5	18	1.43
İncir-Kuru	°/4	50-60	9-12 A	23	—	0.39	0.27	18.4	—	—
İncir-Taze	OH	85-90	7-10 G	78	-2.5	0.83	0.44	62.5	—	—
İstakoz	+5°/+10	Deniz suyunda	Uzun süre	79	-2.2	0.84	0.44	63.2	—	—
Japon inciri	-1	90	3-4 A	78	-2.2	0.84	0.43	62.7	—	—
Kabuklu deniz hayvanları-Taze	+0.5	95-100	5-8 G	80-87	-2.5	°%90	-	64-70	—	—
Kabuklu deniz hayvanları-Donmuş	°-18/-29	90-95	3-8 A	—	—	—	°%46	64-70	—	—
Kara Lahana	0	90-95	1-2 H	87	0.5	0.89	0.46	69.5	18	1.43
Karides	°-1	95-100	12-14 G	76	-2.2	0.81	0.43	60.8	—	—
Karpuz	+4°/+10	80-90	2-3 H	93	-0.4	0.95	0.48	74.5	24	1.10

Tablo. VII-IOldevam) Gıda Maddeleri için Uzun Süreli S. Oda Muhafazast Doneleri

Gıda Maddesinin Cinsi-Tanımı	Muha-faza sı-caklığı (°C)	Oda Nem'i R.R. (%)	Takribi muha-faza sü-resi (*)	İçin-deki su mıkl. %Ağ.	Don ma Nokt. CC)	Isınma Isısı Kcal/kg . °C		Donma Isısı Kcal/kg	Ön soğutan, odalar için	
						Donma-dan önce	Donma-dan sonra		Soğuma süresi Saat	Yükleme kats. (**)
Kabak	+4.5	85-95	5-14 G	94	-0.5	0.96	0.48	75.3	18	1.43
Kayısı-Zerdali	0	90	1-2 H	85	-1.1	0.88	0.46	68	20	1.50
Karnabahar	0	95	2-4 H	92	-1	0.94	0.48	73.7	24	1.25
Kavun	+7 / +10	90-95	3-4 H	93	-1	0.95	0.48	74.5	24	1.10
Kavun-Kışlık	+7 / +10	90-95	4-8 H	93	-1	0.95	0.48	74.5	24	1.10
Kereviz	0	95	2-4 A	94	-0.5	0.95	0.48	75.6	18	1.43
Kiraz-Sert	-1	90-95	2-3 H	80	-2	0.84	0.44	64.0	—	—
Kuruyemişler-Çiğ	+10	65-75	8-12 A	3-6	—	0.24	0.22	2+4 / 4.8	—	—
Kurutulmuş Biber	+4.5	65-75	6-9 A	12	—	0.30	0.24	9.5	—	—
Kuşkonmaz	+2	95	2-3 H	93	-0.6	0.95	0.48	74.5	24	1.10
Kuş Üzümü-Taze	0(-)	90-95	10-14 G	85	-1	0.88	0.45	67.2	20	1.50
Krema/Kaymak	-26	—	Birkaç Ay	73	—	0.78	0.42	58.2	—	—
Lahana	0	90-95	3-4 A	92	-1	0.94	0.47	73.9	24	1.25
Limon	+10	85-90	1-6 A	89	-1.4	0.92	0.47	71.2	20	1.00
Mandalin	+3	85-90	2-3 H	87	-1.1	0.90	0.46	69.7	22	1.43
Mantar-Taze	0	90	3-4 G	91	-1	0.93	0.47	72.8	18	1.43
Margarin	+2	60-70	1S(+)	16	—	0.33	0.25	12.8	—	—
Marul	0	95	2H	95	OH	0.96	0.48	76.2	18	1.43
Maydanoz	0	95	1-2 A	85	-1	0.88	0.46	68.0	—	—
Maya (Hamur)	OH	—	—	71	—	0.77	0.42	56.8	—	—
Mısır-Taze	0	95	4-8 G	74	0.6	0.79	0.42	59.2	24	1.25
Meyve Kuruları	0	50-60	9-12 A	14-26	—	0.31 / 0.41	0.26	11-21	—	—
Meyve-Dondurulmuş	+18 / -23	90-95	6-12 A	—	—	—	—	—	—	—
Muz	+15	85-95	8-10 G	75	-1	0.8	0.43	60.5	12	10.0
Nebati Yağlar	+21	—	1 S	0	—	—	—	—	—	—
Nar	0	90	2-4 H	82	-3	0.86	0.45	65.7	—	—
Pancar (Kök)	0	95	4-6 A	88	-1	0.91	0.47	70.5	24	1.25



**Tablo. VU-IOldevam) Gıda Maddeleri için Uzun Süreli S. Oda Muhafazası Doneleri**

Gıda Maddesinin Cinsi-Tanımı	Muha-faza sı-caklığı (°C)	Oda Nem'i R.R. (%)	Takribi muha-faza sü-resi (*)	İçin-deki su mikt. %Ağ.	Don ma Nokt. (°O)	Isınma Isısı Kcal/kg . °C		Donma Isısı Kcal/kg	Ön soğutan, odalar için	
						Donma-dan önce	Donma-dan sonra		Soğuma süresi Saat	Yükle-me kats. (**)
Patates-Taze	+1°/+13	90	2A	81	-0.6	0.85	0.44	65.0	—	—
Patates-Son Ürün	+3°/+10	90-95	5-8 A	78	-0.7	0.83	0.44	62.4	—	—
Patlıcan	+7°/+10	90-95	7-10 G	93	-1	0.95	0.48	74.5	18	1.43
Portakal	°/9	85-90	3-12 H	87	-1	0.90	0.46	69.7	22	1.43
Portakal Suyu	•v <sub>+2</sub>	—	3-6 H	89	—	0.92	0.47	71.3	—	—
Peynir	-1°/+4	65-70	6-12 A	30-60	• <sup>18</sup> / <sub>-15</sub>	0.50	0.31	30.0	—	—
Pırasa	0	95	1-3 A	85	-0.7	0.88	0.46	68.1	18	1.43
Salatalık	+1°/+13	90-95	10-14 G	96	-0.5	0.97	0.49	76.8	24	1.00
Sarımsak-Kuru	0	65-70	6-7 A	61	-1	0.69	0.39	48.8	—	—
Sebze-Paketlenmiş	+18°/+23	—	6-12 A	—	—	—	—	—	—	—
Sebze Tohumu	°/+10	50-65	10-12 A	7-15	—	0.29	0.23	8.8	—	—
Soğan-Kuru	0	65-75	1-8 A	88	-1	0.91	0.47	70.4	24	3.3
Soğan-Taze	0	95	3-4 H	89	-0.9	0.92	0.47	71.3	—	—
Sosis	0	85	1-3 H	56	-1.7	0.65	0.37	44.8	2	1.00
Süt-Pastörize	0°/+1	—	2-4 G	87	-0.6	0.90	0.46	70.0	10	1.18
Süt Tozu	+7°/2	Düşük	6-9 A	2-3	—	0.22	0.22	2.4	—	—
Şalgam Kökü	0	95	4-5 A	92	-1	0.94	0.48	73.7	24	1.25
Şeftali	O(-)	90	2-4 H	89	-1	0.92	0.47	71.3	24	1.60
Şekerlemeler	°/9	50	6-12 A	6-10	—	—	—	—	—	—
Şerbetçi Otu	• <sup>1</sup> / <sub>-7</sub> /0	50-60	3-4 A	—	—	—	—	—	—	—
Tatlı Patates	+13°/16	85-90	4-7 A	69	-M	0.76	0.41	55.2	—	—
Tavşan Eti-Taze	0°/+1	90-95	1-5 G	68	—	0.75	-	54.5	—	—
Tavşan Eti-Donmuş	+18°/-23	90-95	6A	—	—	—	0.41	54.3	—	—
Tavuk/Hindi-Taze	0	85-90	1 H	74	-3	0.80	—	59.3	5	1.00
Tavuk/Htndi-Donmuş	-18°/-23	90-95	8-12 A	—	—	—	0.42	59.3	—	—
Taze Fasulye	+4°/+7	90-95	8-10 G	89	-0.7	0.92	0.47	71.3	20	1.50

**Tablo. VH-10devam) Gıda Maddeleri için Uzun Süreli S. <Oda Muhafazası Doneleri**

Gıda Maddesinin Cinsi-Tanımı	Muhafaza sıcaklığı (°C)	Oda Nem'i R.R. (%)	Takribi muhafaza süresi D	İçindeki su mikt. % Ağ.	Donma Nokt. (°C)	Isınma Isısı Kcal/kg . °C		Donma Isısı Kcal/kg	On soğutma odaları için	
						Donmadan önce	Donmadan sonra		Soğuma süresi Saat	Yükleme kats. (**)
Tereyağı	+4	75-85	1 A	16	-2	0.33	—	12.8	—	—
Tereyağı	-23	70-85	1 S	16	—	—	0.25	12.8	—	—
Turp-Kış	0	95-100	2-4 A	95	-0.7	0.97	0.49	76.1	—	—
Üzüm-Taze	-1	90-95	3-6 A	82	-2.1	0.86	0.44	65.0	20	1.25
Vişne	-1/0	90-95	3-7 G	84	-1.7	0.88	0.45	67.2	—	—
Yeşil Biber	+7/+10	90-95	2-3 H	92	-0.7	0.94	0.48	73.7	—	—
Yumurta	+2/0	80-85	5-6 A	66	-2.2	0.73	0.40	52.8	10	1.18
Yumurta-Donmuş/Bütün	s-18	—	1 S(+)	74	—	0.80	0.42	59.2	24	1.50
Yumurta-Donmuş/Sansız	s-18	—	1 S(+)	55	—	0.64	0.38	44.2	—	—
Yumurta-Donmuş/Beyaz	s-18	—	1 S(+)	88	—	0.91	0.47	70.5	—	—
Zeytin Taze	+7/10	85-90	4-6 H	75	-1.7	0.80	0.42	60.0	—	—

(\*) Muhafaza süreleri: G (Gün), H (Hafta), A (Ay), S (Sene).  
Takribi muhafaza süresi, soğuk odada tutulabilecek net süreler olup nakletme, satış, vs gibi alıcının kullanılacağı an'a kadar geçecek zaman süreci nazarı dikkate alınmıştır.

(-) İşaretili sıcaklıklar, gösterilen değer in 0.1 ile 0.5°C altında olacağı anlamını taşımaktadır.

(+) İşaretili süreler tabloda gösterilenden daha da uzun süre muhafaza edilebileceğini ifade etmektedir.

(\*\*) Mal ısı yüküne çarpan olarak uygulanacaktır. Bu katsayılar uzun süreli soğuk muhafaza odalarına uygulanamaz.  
Tabloda boş olarak bırakılan (Nümerik değer verilmemiş olan) değerler için kaynak bulunamadığı ifade edilmektedir.

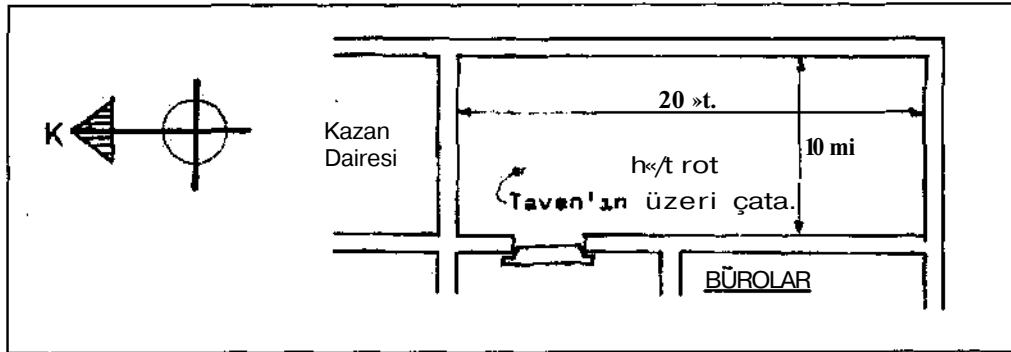
Tablo VII-10'da gösterilen değerlerin uzun süreli soğuk depo muhafazası esasına göre verilmiş olduğu, ayrıca gıda maddelerinden çoğunun değişik cins, yetiştirme yeri ve şekline göre gösterilen değerlerde bazı farklılıklar olabileceği kabul edilmelidir. Aynı tabloda ön soğutma odaları için malın "Soğuma Süresi" ile "yükleme katsayısı" değerleri verilmektedir. Uygulamadaki deneyler sonucu elde edilen bu değerlerden soğuma süresi olarak verilenler malın hasat, toplanma, kesim durumundaki sıcaklıktan tabloda gösterilen muhafaza sıcaklığı seviyesine kadar düşürülmesi için gereken soğuma süresidir. Yüklem katsayısının anlamı ise; ön soğutma odalarına konulan malın ilk andaki sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki büyük farklılık nedeniyle ilk yüklemmeden hemen sonra soğutma cihaz ve ekipmanı üzerinde aşırı bir ısı yükü meydana gelir. Halbuki oda soğutma yükü hesaplanırken mal yükünün zamana göre eşit şekilde dağıldığı kabul edilir. Bu durumu gerçektekine yaklaştırabilmek üzere, hesaplanan mal yüküne bir "yüklem katsayısı" uygulanıp soğutma ekipmanının daha büyük seçilmesi sağlanır ve dolayısıyla ön soğutma odasına konulan malın ilk saatlerde oda sıcaklığının aşırı derecede yükseltilmesi ve soğuma süresini uzatması önlenir.

Yükleme katsayısının sadece ön soğutma uygulamalarında ve maldan gelen ısı yüküne uygulandığına dikkat edilmelidir. Diğer yandan yukarıdaki tabloda gösterilen gıda maddelerinden pek çoğuna uzun süreli soğuk depo muhafazası yöntemiyle değer kazandırılmasının halen memleketimizde ekonomik olmayacağı açıktır. Kısa süreli muhafaza/Günlük muhafaza/servis soğuk odaları (24 ile 72 saat arası) için ise aşağıdaki Tablo. VII-11 değerleri kullanılmalıdır.

**Tablo. VII-11) Günlük/Kısa Süreli Muhafaza Odaları için İç Şartlar**

Gıda Maddesinin Cinsi	İç Sıcaklık (°C)	Oda Sıc/Evaporasyon Sıc. Farkı (°C)	
		Cebri Hava Sirk. Evap.	Tabii Hava Sirküls. Evap.
Sebzeler	0/+2	3.5-5	8-10
Meyveler	0/+2	5-6.5	10-12
Et (Bölünmüş)	0/+2	5-6.5	10-12
Et (Bütün)	0/+2	6.5-11	12-15.5
Tavuk-Hindi	-1/+1.5	3.5-5	8-10
Tavuk-Hindi (Paketlenmiş)	-1/+1.5	5-6.5	10-12
Balık	+1.5/+4.5	3.5-5	8-10
Yumurta	-0.5/+1.5	3.5-5	8-10
Tereyağı-Peynir	+1.5/+4.5	5-6.5	10-12
Tereyağı-Peynir (Paketli)	+1.5/+4.5	6.5-11	12-15.5
Şişelenmiş Meşrubat	+4.5A-7	11 ve yük	15-20.5
Dondurulmuş Gıda Mad.	-18	5-6.5	10-12

Örnek: Aşağıdaki soğuk oda için transmisyon ısı yükünün hesaplanması:



**Diğer Veriler:**

Mahal : Ankara

Mal Cinsi: Elma

Duvar cinsi ve rengi : 23 cm. Dolu Tuğla, dışı 3 cm. sıva, açık renk badana

Çatı cinsi ve rengi : 10 cm. Betonarme üzeri 2 kat kanaviçe asfalt yalıtımlı

Önce, iç ve dış sıcaklıklar ile tecrit kalınlığı saptanmalıdır.

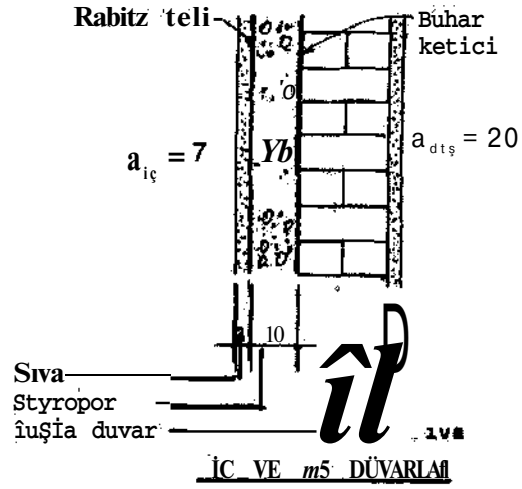
- 1) Ankara için dış sıcaklık 35°C kt, 21°C yt (Tablo. VII-8)
- 2) Doğu cephesi için Güneş ışınları etkisi At = 3°C (Tablo. VII-5)  
Güney cephesi için Güneş ışınları etkisi At = 2°C (Tablo. VII-5)  
Çatı için Güneş ışınları etkisi At = 11°C (Tablo. VII-5)
- 3) Komşu hacimlerin sıcaklıkları (Tablo VII-9'dan)  
Kazan Dairesi : 35°C dış sic. + 10°C - 45°C  
Büro : 35°C dış sic. - 5 = 30°C  
Döşeme sıcaklığı : + 15°C
- 4) İç sıcaklık Tablo VII-10'dan - 1 ile + 4°C verilmiştir + 2°C alınabilir.
- 5) Tecrit kalınlığı : Tablo VII-7'den styropor kullanılmak üzere ve serin bölge kabul edilerek 100 mm alınır.

Daha sonra ısı geçirme katsayıları hesaplanır :

1) İç Duvarlar:

$$K_{u1} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.10}{0.035} + \frac{0.23}{0.90} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{1}{7}}$$

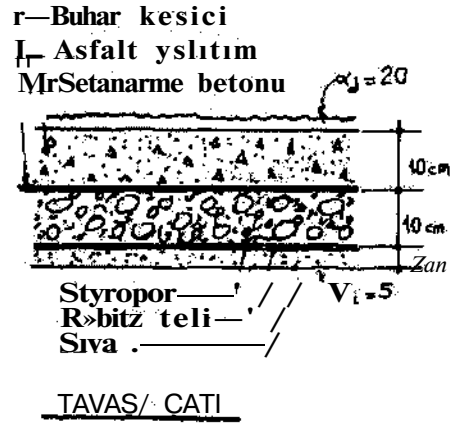
$$K_{u1} = 0.29 \text{ Kcal/h}^{\circ}\text{C.m}^2$$



2) Dış Duvarlar:

$$K_{u2} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.10}{0.035} + \frac{0.23}{0.90} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{1}{20}}$$

$$K_{u2} = 0.30 \text{ Kcal/h}^{\circ}\text{C.m}^2$$



3) Tavan/Çatı:

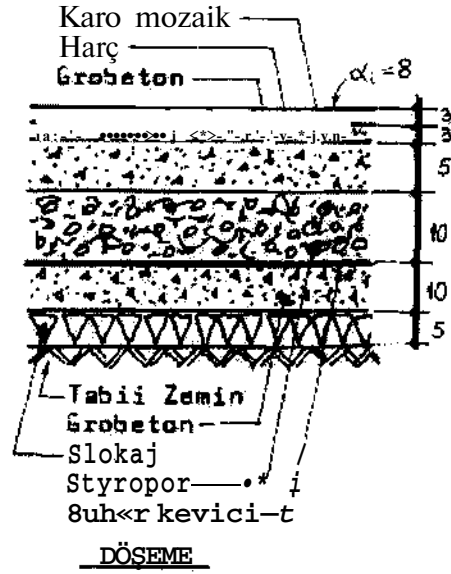
$$K = \frac{1}{5 \cdot 1.20 + 0.035 + 1.75 + 0.15 + 20}$$

$$K_{u3} = 0.30 \text{ Kcal/h.}^\circ\text{C.m}^2$$

4) Döşeme:

$$K_u = \frac{1}{\frac{0.05}{1.5} + \frac{0.10}{110} + \frac{0.10}{0.035} + \frac{0.05}{1.10} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.03}{0.9} + \frac{1}{8}}$$

$$K_{u4} = 0.31 \text{ Kcal/h.}^\circ\text{C.m}^2$$



Bu değerler bulunduktan sonra ısı geçiş yüzeyleri ve transmisyon ısı geçişleri aynı anda hesaplanabilir.

Yüzey Cinsi	Eni. Yük. (mt.)	Boyu (mt.)	Ad	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	Ku Kcal/h. °C m <sup>2</sup>	At (°)	Isı Trans. Kcal/h
Dış Duvar (Doğu)	4	20	1	80	0.30	(35 - 2 + 3°)	864.0
Dış Duvar ı(Güney)	4	10	1	40	0.30	(35 - 2 + 2°)	420.0
İç Duvar	4	20	1	80	0.29	(30 - 2°)	649.6
İç Duvar	4	10	1	40	0.29	(45° - 2)	498.8
Tavan - Çatı	10	20	1	200	0.30	(35 - 2 + 11)	2640.0
Döşeme	10	20	1	200	0.31	(15 - 2)	806.0
<b>Toplam Transmisyon ısı geçişi (Kcal/h)</b>							<b>5878/4</b>

II) İnfiltrasyon - Hava Değişimi Isısının Hesabı: Soğuk oda kapısının her defa açılıp kapatılışında bir miktar harici sıcak hava soğuk odaya girerek ek bir soğutma yükü oluşturur. Harici havada daha fazla olan su buharı da bu soğutma yükünün bir parçasını oluşturur. Bu yükün sağlıklı bir şekilde saptanması, gerçek kullanma durumunun bilinmesi ile mümkündür. Bu ise çoğu zaman kullananın tutumu ve ihtiyacına göre değişmektedir. Bu sebeple, infiltrasyon yükünü tam olarak hesaplamak güçtür. Uygulamada yapılan deneyler infiltrasyon yükünü meydana getiren oda hava de-

ğişiminin oda hacmine bağlı olduğunu göstermiştir. Aşağıdaki tablo oda iç hacmine göre soğuk odaların günlük hava değişim değerlerini vermektedir.

Tablo. VII-12) S. Oda Kapı Açılmalarından Meydana Gelen Hava Değişimi (\*)

Oda iç Hacmi (m3)	24 saatte hava değişimi		Oda iç Hacmi (m3)	24 saatte hava değişimi	
	Oda sic. 0°C üstünde	Oda sic. 0°C altında		Oda sic. 0°C üstünde	Oda sic. 0°C altında
5	50.1	38	500	3.7	2.8
10	31.1	24.2	625	3.3	2.5
15	25.3	19.6	750	2.9	2.3
20	21.2	16.9	1000	2.5	1.9
25	18.7	14.9	1250	2.2	1.7
30	16.7	13.5	1800	1.66	1.42
40	14.3	11.7	2400	1.43	1.22
50	12.8	10.2	3000	1.35	1.11
75	10.1	8.0	4000	1.23	0.99
100	8.7	6.7	5000	1.17	0.93
125	7.7	6.0	6000	1.11	0.86
150	7.0	5.4	8000	1.05	0.85
200	5.9	4.6	10000	0.97	0.83
250	5.3	4.1	12000	0.91	0.81
375	4.2	3.2	14000	0.87	0.80

(\*) Aşırı kullanma halinde, verilen değerleri 2 ile çarpın. Uzun süreli muhafaza odaları için verilen değerleri 0.6 ile çarpın.

Tablo. VII-12'de verilen hava değişimi değerlerine göre soğuk odaya giren harici havanın ısı tutumu ile soğuk oda şartlarındaki havanın ısı tutumu farkı ve havanın özgül ağırlığı uygulanmak suretiyle infiltrasyon ısı hesaplanabilir.

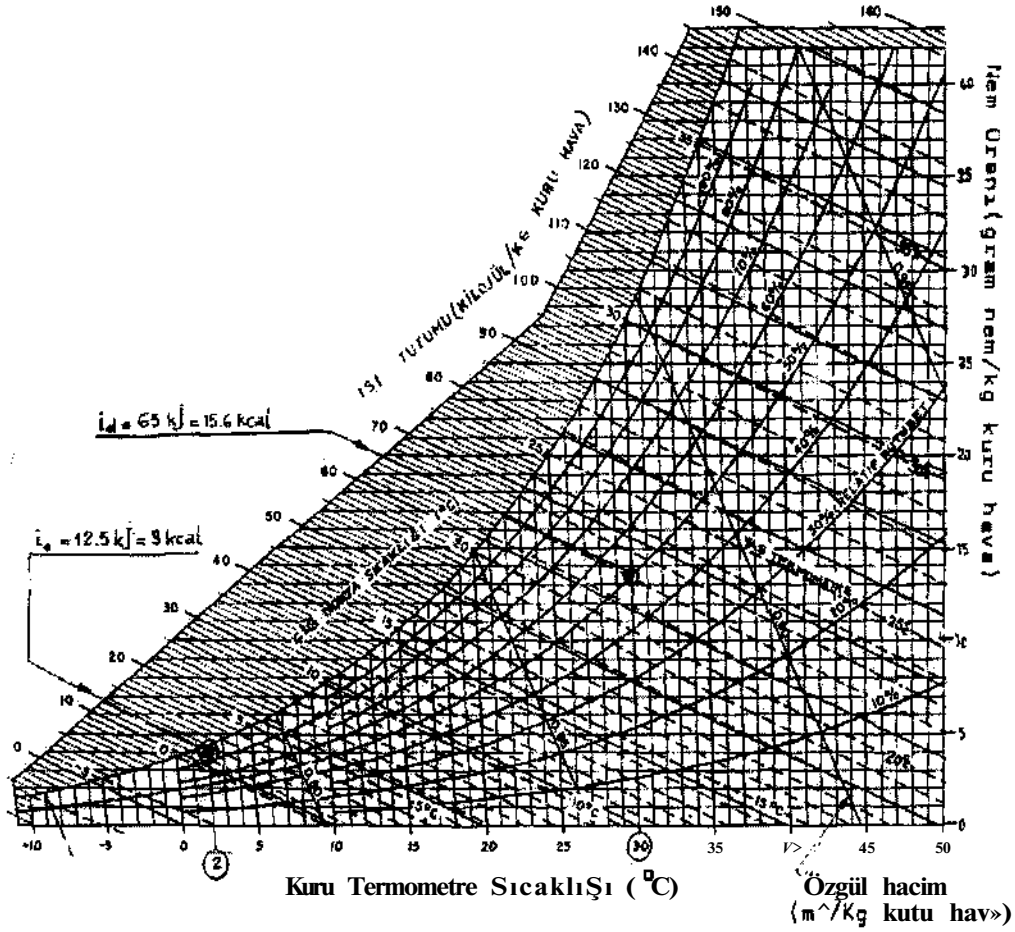
$$\text{İnfiltrasyon ısı} = \text{Hava Değişimi} \times \text{Oda Hacmi} \times (i_d - i_0) \times y$$

Örnek: Yukarıda verilen transmisyon ısı kazancı örneğindeki oda için infiltrasyon ısısının hesabı.

Tecritli oda hacmi =  $19.74 \times 9.74 \times 3.66 = 703.7$  m3 olup Tablo. VII-12'den normal kullanma kabul edilerek hava değişimi yaklaşık olarak 3.0 bulunur. Oda ısı tutumu +2°C ve %90 RH için  $i_0 = 3$  Kcal/Ag'dır (Şekil : VII-3'deki hava psikrometrik diyagramından alınabilir). Harici hava ise, soğuk oda giriş kapısına komşu hacimden girecektir ve bu hacim havasının ısı tutumu, 30°C, %50 RH için  $i_d = 15.6$  Kcal/kg bulunur. Bu şartlarda havanın özgül ağırlığı da  $y = 1.143$  kg/m<sup>3</sup> olmaktadır.

$$\text{Böylece, } QI = 703.7 \times 3 \text{ değişim} \times (15.6 - 3) \times 1.143$$

$$QI = 30400 \text{ Kcal/24 saat bulunur.}$$



Şekil. VH-3) Psikrometrik diyagramı

Soğuk oda, herhangi bir maksat ve sebeple bir havalandırma sistemiyle havalandırılıyorsa, bu taktirde havalandırma sisteminin hava debisi ile infiltrasyon hava değişimi karşılaştırılarak büyük olan değerleri kullanmak suretiyle infiltrasyon ısı kazancı hesaplanır.

Soğuk oda yükünün küçümsenmeyecek bir bölümünü teşkil eden infiltrasyon ısı, harici havanın soğuk odaya girmesini yavaşlatmak suretiyle azaltılabilir. Bu maksatla, oda girişine hava perdesi, ön giriş holü, otomatik açılıp kapanan kapı konulması gibi önlemler alınmaktadır.

**III) Mal Isısının Hesabı.**-oSoğuk odaya, muhafaza edilmek üzere konulan değişik türden malların meydana getirdiği ısı zaman zaman soğutma yükünün en önemli ve en büyük bölümünü teşkil edebilmektedir. Ayrıca, soğuk odaya konulan mal cinsi önceden belli olabildiği halde birim zamandaki hareket miktarı kullanıcının ihtiyaç ve isteğine göre değişebilmektedir. Bu sebeple, soğuk oda yükünün hesabı ile buna bağlı olarak soğutma makina ve aksamının seçiminin mal hareketinin uygulamada-

ki durumuna mümkün olduğunca yakın bir uyum içerisinde yapılması çok büyük önem taşımaktadır. Mal hareketinin aşırı şekilde ve uygulamadaki durumundan çok daha fazla olarak alınması, gereksiz yere büyük kapasiteli soğutma ekipmanı seçilip kullanılmasına sebep olacak, gerçek durumdakinden daha düşük alınması ise soğutma ekipmanının yetersiz kalmasına sebep olacaktır. Günlük kısa süreli muhafaza maksatlı soğuk odalarda mal hareketinin, uzun süreli muhafaza odalarına göre çok daha fazla olacağı açıktır. Hızlı şok şeklinde soğutma/dondurma maksatlı hacimlerde ise mal hareketi çok hızlı olup ihtiyaca göre dizayn safhasında belirlenmiştir ve bu değerler aynen alınmalıdır. Diğer yandan, önemli olan bir başka husus, minimum soğuma veya donma süresinin ihtiyari olmadığı ve bunun hem mal cinsine, hem kütle büyüklüğüne ve havanın mal etrafındaki hareket hız ve dağılımına hem de soğuk odaya girdiği ve soğutulacağı nihai sıcaklığa bağlı olduğudur. Bu konuda teorik ısı transferi analizi, 3 boyutlu-zaman değişkenli bir durum gösterdiğinden (Transient ısı transferi) çok karmaşık ve ancak bazı sınırlı konular için Fourier serileriyle yapılabilmektedir. Gurnie-Lurie diyagramları nihayetsiz boyutlu levhalar ile silindirik ve küresel şekiller için zaman değişkenli ısı transferinin zamana bağlı olarak kütledeki sıcaklık dağılımlarını vermektedir. Buradan, bahsedilen şekilleri havi elemanların soğuma sürelerini hesaplamak mümkündür. Bundan başka, soğuma sürelerinin hesaplanması için bazı ampirik formüller de verilmiştir. Bir başka kaynak, donma sürelerinin hesaplanması için yararlı olan Tao ve Planck grafikleri olup bunlardan birincisi transient ısı transferi denkleminin Fourier serileriyle nümerik değerler için çözümü sonucu elde edilmiştir. Planck grafiklerinde ise sıcaklık dağılımının zaman bağımlılığı dikkate alınmadığından Tao grafiklerinin daha sıhhatli sonuç vereceği kabul edilebilir.

Özetlemek gerekirse, soğutma zamanının tayini oldukça zor ve yanıltıcıdır. Zira bu süre;

- Malın cinsine, yetiştirildiği bölgeye, sıcaklığına
- Malın şekline (Paketleme tarzı, kütle büyüklüğü, raf durumu, istifleme şekli),
- Soğutucunun verdiği soğuk havanın hızı, sıcaklığı ve soğuk odaya dağılım şekline
- Soğutma uygulamasının şekline (Daldırarak, sürekli soğutma uygulayarak, salamura içinde tutmak suretiyle, vs)

gibi hususlara bağlı olup deney veya geçmiş tecrübelerle göre saptanması daha sağlıklı ve kolay ulaşılan sonuçlar vermektedir. Bu nedenlerle: Soğuk oda yüklerinin hesaplanmasında daha ziyade uygulamada kazanılan tecrübelerle ve değişik tür muhafaza şekillerine göre mal hareketi miktarı bulunarak maldan gelen ısı yükleri hesaplanır. Böylece hem daha çabuk hesaplama hem de fiili uygulamaya daha yakın değerlerin kullanılması mümkün olmaktadır. Tablo. VIHO'da ön soğutma odaları için verilen soğutma süreleri uygulamadaki tecrübi ortalama değerler olup malın hasat, toplama, kesim sıcaklıklarından daha sonra konulacağı uzun süreli muhafaza odalarındaki sıcaklıklara düşürülmesi için gereken ortalama zaman uzunluğudur. Diğer yandan, değişik tür ve malların işlenmesi sırasında da bunların bazı teknolojik safhalardan geçmesi ve bu esnada bunlara birçok ısıtma veya soğutma işlemleri uygulanması gerekebilir. Bu işlemlerin gerektireceği ısıtma veya soğutma •ükleri ayrı ayrı hesaplanıp her işlemi yapan elemanın ısıtma veya soğutma kapasitesi ihtiyacını saptamak gerekecek-



tır. Örneğin dondurma yapımında, sütün alınmasından itibaren, karışımı hazırlama ve pastörize etme (65°C'de 0.5 saat), basınç altında homojenleştirme, soğutma ve dinlendirme, dondurma (-5 ile -9°C'de), sertleştirme odasında soğutma (-13 ile -18°C), uzun süreli muhafaza (-23°C'de), dağıtım sırasında soğuk muhafaza, gibi safhalardan geçebilecektir. Ancak, çoğu zaman bu işlemlerin uygulandığı cihazlar uzun deneyler sonucu belirli işleme kapasitelerine göre imal edilmiş mekanik cihazlar olup gerek ısıtma gerekse soğutma kapasiteleri yönünden önceden belirlenmiştir ve yeniden bir ısıtma veya soğutma kapasite hesabını gerektirmeyecektir. Muhafaza odalarının soğutma kapasitelerini ise konulacak malın miktarına ve hareketine göre hesaplamak gerekir:

Araştırmalar göstermiştir ki soğuk odalara muhafaza edilmek üzere konulacak sebze, meyve, et, süt, yumurta, vs. gibi çoğu gıda maddelerinin tabii kaynaklarından alındıktan hemen sonra bir ön soğutmaya tabi tutulup süratle soğutulması ve daha sonra uzun süreli muhafaza odalarına konulması bu maddelerin soğuk odada muhafaza süresini uzatmaktadır. Yabancı ülkelerde geniş ölçüde uygulanan bu ön soğutma işlemi, yurdumuzda son yıllarda sadece süt alım merkezlerinde kısmen uygulamaya başlanmış bulunmaktadır. Ayrıca, balık ve et için çok ik dondurma tünelleri uygulaması oldukça uzun süreden beri ve daha geniş ölçüde yurdumuzda da uygulanmaktadır. Meyve ve sebze üretimi yurdumuzda çok bol olmakla beraber, burada bahsedilen anlamda bir ön soğutma uygulanmamakta ve üretim malı UerJndp. bu işe uygun, küçük prefabrik soğuk odaların tesisi üreticinin ilgisini çekmemektedir. Bu yüzden çok önemli miktarlarda meyve ve sebze, bir kısmı sonradan soğuk muhafazaya alınmasına rağmen, bozulup atılmaktadır. Bunun en başta gelen sebebi yurdumuzdaki soğuk muhafaza kapasitelerin çok düşük seviyede olması ve yavaş gelişmesidir. Nitekim, yurdumuzda 1980 yılı toplam soğuk muhafaza kapasitesi, kuruluş halindekiyle birlikte 640000 ton olarak saptanmış olup, bu rakam gelişmiş Avrupa ülkelerine oranla fert başına 1/10 seviyesinde kalmaktadır. Bu bölümün son kısmında, bazı gıda maddeleri için, soğuk oda muhafazası süresini uzatıcı önlemler kısaca izah edilmiştir.

Mal ısısı ile ilgili olarak önemli olan bir ısı kaynağı da "olgunlaşma ısısı"dır. Bütün sebze ve meyveler hayatiyeti olan ve bunu soğuk muhafaza sırasında hatta pazarlama sırasında da devam ettiren maddelerdir. Bunun anlamı, sebze ve meyvelerin bir solunum yaptığı, bu esnada havadaki oksijeni alıp yerine karbon dioksit ile "ısı" neşrettiği demektir. Meyvelerde buna "olgunlaşma" denilir ve elma, muz gibi bazı tür meyvelerde, bir seviyeye kadar olgunlaşma istenen bir husustur. Olgunlaşmanın aşırısı olması halinde ise meyve ve sebze yumuşar, lezzetini kaybeder, görünüşü bozulur, koruyucu tabakası zarara uğrar, sonuç olarak ticari değerini yitirmiş olur. Aşırı olgunlaşma, sebze ve meyvelerin iç yapılarındaki kimyasal değişme sonucu bozulmasıdır. Bundan başka, Kuruma (aşırı nem-su kaybı) ve mikroorganizmaların sebep olduğu hastalıklar sonucu da meyve ve sebzelerin bozulması ve ticari değerini yitirmesi mümkündür. Gerek olgunlaşmanın kontrolünde ve gerekse kuruma ve mikroorganizmalara bağlı bozulmanın önlenmesinde en etkin yol sıcaklıkların belirli seviyelere düşürülmesi yani soğutma uygulaması suretiyle olanıdır. Aşağıdaki tabloda olgunlaşmadan dolayı meydana gelen ısı miktarları, değişik tür meyve ve sebzeler için verilmektedir. Tablo: VII-13'de dikkati çeken bir husus, meyve ve sebzelerin muhafaza edildikleri ortamın sıcaklığının artması halinde, bunların üretmekte olduğu olgunlaşma ısısının da artmakta olduğudur. Bunun anlamı, meyve ve sebzelerin muhafaza sıcaklıkları arttıkça daha hızlı olgunlaşmakta olduklarıdır ki bu da muhafaza sürelerinin daha kısılacığı anlamını taşımaktadır.

**Tablo. VII-13) Meyve ve Sebzelerin, Muhafaza Edildikleri Sıcaklıklara Göre, Günde Ürettikleri Olgunlaşma-Solunum Isısı (Kcal/Ton x Gün)**

Meyve ve Sebzenin Cinsi	Gösterilen muhafaza sıcaklığında 1000 kg'ın Günde Ürettiği Isı (Kcal/Ton x 24 saat)			
	0°C	+5°C	+10°C	+15°C
Armut (Değişik Türleri)	150-375	280-860	430-1180	840-2970
Ayva	250	395	—	1609 (16°C)
Bamya	—	3045	4820	8050
Bezelye	2270	—	—	10960 (16°C)
Brüksel Lahanası	860-1325	1775-2670	3475-4670	5270-5900
Biber	764	—	—	2394 (16°C)
Çilek	675-975	900-1030	2710-5230	3925-5100
Domates	—	—	785	1475
Elma (Değişik Türleri)	190-225	280-395	766-1140	765-1720
Enginar	1250-2485	1755-3310	3000-5435	4280-8000
Erik	110-170	225-505	505-635	655-690
Fasulye (Yeşil)	1320	1890-1925	3000-3215	4700-5160
Greyfurt	—	289	375-500	640-710
Havuç	860	1085	1740	2190
Hurma (Taze)	186	247	475	—
Ispanak	—	2540	6110	10000
İncir (Taze)	—	600-730	1215-1270	2710-3500
Kayısı	280-320	355-500	620-1050	1180-2000
Karnibahar	990-1330	1140-1515	1870-2700	2540-4520
Kavun	280-320	490-560	860	1870-2130
Kabak	655-710	785-1030	1925-2020	4150-5000
Karpuz	—	170-225	410	—
Kiraz	225-300	525-785	—	1380-2500
Kuşkonmaz (Asparagus)	1515-4430	3000-7530	5025-16850	8800-18120
Lahana	225-750	525-1180	675-1610	1235-3160
Limon	170	280	620	880
Mantar	1550-2410	3925	5550	—
Marul	1270	1625	2170	3475
Mısır (Tatlı)	2335	4300	6185	9000
Muz	—	—	1215-2170	1625-3065
Pancar	743	1135	—	2000 (16°C)
Portakal	170-220	260-355	655-750	710-1250
Pırasa	525-900	1085-1610	2950-3755	4580-6465
Patates	—	320-375	375-560	375-655
Salatalık	—	—	1270-1610	1325-1830
Sarımsak	170-600	320-540	500-545	600-1515
Soğan (Taze)	580-1235	955-3755	2000-3250	3645-5380
Soğan (Kuru)	130-170	190-375	395	615
Şeftali	210-355	355-505	860	1830-2335
Tatlı Patates	—	970	—	—
Üzüm (Taze)	75-130	170-320	450	560-655
Vişne	320-730	710-730	—	1515-2765

Soğuk odaya konulan malların meydana getirdiği soğutma yükünü dört safhaya ayırmak gerekir:

1) Donma noktasının üstündeki sıcaklıklarda soğutma:

$$Q_1 \text{ (Kcal / h)} = \frac{G \text{ (kg)} \times C_1 \text{ (Kcal/kg.}^\circ\text{C)} \times [t_g - t_d] \text{ (}^\circ\text{C)}}{\text{Soğutma zamanı (saat)}} \times \text{Yükleme katsayısı}$$

(Yükleme katsayısı yalnız ön soğutma odaları için uygulanacaktır)

2) Donma sırasında alınacak ısı:

$$Q_2 \text{ (Kcal / h)} = \frac{G \text{ (kg)} \times \text{Donma ısısı (Kcal / kg)}}{\text{Donma zamanı (saat)}}$$

3) Donduktan sonra derin soğutma:

$$Q_3 \text{ (Kcal / h)} = \frac{G \text{ (kg)} \times C_3 \text{ (Kcal/kg.}^\circ\text{C)} \times M_m \text{ [ ]}}{\text{Soğutma zamanı (saat)}}$$

4) Muhafaza sırasında üreyen ısı, olgunlaşma ısısı:

$$Q_4 \text{ (Kcal/h)} = \frac{G \text{ (kg)} \times C_{resp} \text{ (Kcal/ton x 24 saat. Tablo VII-13'den)}}{1000 \times 24 \text{ saat}}$$

Eğer soğutulacak maddeler sandık, kasa, kutu, vs. içerisinde soğuk odaya konuluyorsa, bunların ısı yükleri de dikkate alınmak gerekir. Yukarıda sayılan ve 4 safhada meydana geldiği belirtilen soğutma yüklerinden bir veya birkaçı malın muhafaza sıcaklık ve durumuna göre mevcut olmayabilecektir. Örneğin +2°C'de muhafaza edilmesi istenen elma için sadece (1) ve (4) sıra numaralı soğutma yükleri mevcut olacaktır.

Soğutulacak hacimlerin mal soğutma yüklerinin saptanmasında bunların uygulama maksadının bilinmesinin yararı vardır. Soğuk hacim uygulamalarını aşağıdaki gruplarda toplamak mümkündür.

a) Kısa süreli soğuk muhafaza/Günlük muhafaza ve servis soğutucuları : Donmuş veya soğuk muhafaza maksatlı olabileceğine göre ve malın ön soğutma uygulanarak veya muhit sıcaklığında odaya konulması durumuna göre mal ısısının alınma (soğutma) zamanı farklılık gösterecektir.

- a<sub>1</sub>) Soğuk muhafaza; Mal sıcaklığı muhit sıcaklığında: Tablo. VII-10'dan
- a<sub>2</sub>) Soğuk muhafaza; Mala ön soğutma uygulanmış: 3-6 saat
- a<sub>3</sub>) Donmuş muhafaza; Mal sıcaklığı muhit sıcaklığında: Tablo. VII-10'dan
- a<sub>4</sub>) Donmuş muhafaza; Mala ön soğutma uygulanmış: 3-6 saat

b) Uzun süreli muhafaza: Soğuk hacim gene donmuş veya soğuk muhafaza maksatlı ve malın giriş şartları muhit sıcaklığında veya ön soğutma uygulanmış durumda olabilecektir.

bj) Soğuk muhafaza; Mal sıcaklığı muhit sıcaklığında: Tablo. VIMO'dan

b2) Soğuk muhafaza; Mal'a ön soğutma uygulanmış: 4-8 saat

b,) Donmuş Muhafaza; Mal sıcaklığı muhit sıcaklığında Tablo. VII-10'dan

b^ Donmuş muhafaza; Mal'a ön soğutma uygulanmış: 4-8 saat

c) Ön soğutma hacimleri: Şok soğutma ve şok dondurma (Blast freezer-Freezing Tunnels) maksatlı olabilecektir. Soğutma süresi Tablo. VII-10'dan alınabilir. Donma zamanı projede düşünülen mal hareketine göre tayin olunmalıdır. Bu bölümün sonundaki veriler bu konuda bir fikir vermek yönünden faydalı olacaktır.

d) Meyve ve sebzelerin uzun süreli muhafazası: Sadece soğuk muhafaza söz konusu olacağından (Dondurulmuş meyve ve sebze uygulamaları şok ile dondurma sınıfına girecektir) yukarıda (bj) ve (b2)de belirlenen soğutma süreleri kullanılacaktır. Ayrıca, yüksek bir olgunlaşma ısı mevcut olacak ve bazı hallerde soğutulmuş hacmin atmosferik şartlarının kontrolü söz konusu olabilecektir.

e) Dağıtım muhafazası: Tüketicie dağıtım maksatlı yerlerde, teşhir ederek soğuk muhafaza gene soğuk veya donmuş muhafaza şeklinde olabilecektir. Mal ön soğutma uygulanmış vaziyette geleceğinden soğutma zamanı mümkün olduğunca kısa tutulabilir (2-6 saat arasında).

**Örnek:** Bir servis soğuk odasına günde ortalama aşağıdaki mallar konulmaktadır. Maldan gelen soğutma yükünü hesaplayın.

500 Kg. Koyun Eti (+6°C sıcaklıkta)

1000 Kg. Dana Eti (+6°C sıcaklıkta)

500 Kg. Tavuk Eti (+5°C sıcaklıkta)

500 kg. x (6-0°C) x 0.70 - 2100 Kcal/24 saat

1000 Kg. x (6-0°C) x 0.75 - 4500 Kcal/24 saat

500 Kg. x (5-0°C) x 0.80 - 2000 Kcal/24 saat

Mal yükünün toplamı 8600 Kcal/24 saat bulunur.

Mal'a ön soğutma uygulanmış olduğu görüldüğünden yükleme katsayısı ile çarpılmamıştır.

**Örnek:** Bir donmuş muhafaza odasına (20°Cde) aşağıdaki mal konulmaktadır.

Soğutma yükünü hesaplayın

Günde 5000 Kg. Dana eti (30°C sıcaklıkta)

Günde 2000 Kg. Tavuk eti (+25°C sıcaklıkta)

5000 Kg/gün x (30 - (-2)) x 0.75/6 = 20000 Kcal/h (x 1.33 = 26600)

5000 Kg/gün x 55/6 saatte = 45833 Kcal/h (x 1.33 = 60958)

5000 Kg/gün x (-2 +20) x 0.40/6 = 6000 Kcal/h (x 1.33 = 7980)

2000 Kg/gün x (25- (-3)) x 0.80/5 = 8960 Kcal/h (x 1.00 = 8960)

2000 Kg/gün x 59.3/5 saatte = 23720 Kcal/h (x 1.00 = 23720)

2000 Kg/gün x (20-3) x 0.42/5 = 2856 Kcal/h (x 1.00 = 2856)

Mal yükü toplamı 131074 Kcal/h bulunur.

Uygulanan çarpan değerleri yükleme katsayılarıdır.

*IV) Soğutulan Hacmin İçerisinde Meydana Gelen Isı:* Bunlar, soğutulan hacimde zaman zaman bulunabilecek insanlar ile bu hacimdeki aydınlatma armatürleri, elektrik motorları, elektrikle veya sıcak gaz ile defrost işlemi ve daha başka ısı neşreden cihaz ve elemanlardan oluşmaktadır.

*IV-a) İnsanlardan Gelen Isı:* Soğutulan hacimde bulunan insanların neşretmiş olduğu ısı miktarı bu hacmin sıcaklığına, çalışan insanların bedensel gayretine ve giyimine, sayısına, hacmin içinde kaldıkları süreye, hacmin büyüklüğüne, dışarıdan soğuk hacme giriş çıkış sıklığına ve daha birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. Aşağıdaki tabloda ortalama değerler verilmektedir.

**Tablo. VII-14) İnsanlardan Gelen Ortalama Soğuk Oda Isı Yükü**

Oda Sıcaklığı (°C)	Isı Neşri Kcal/h x şahıs	Oda Sıcaklığı (°C)	Isı Neşri Kcal/h x şahıs
+10°C	180	-10°C	290
+5°C	210	-15°C	315
0°C	235	-20°C	340
-5°C	260	-25°C	365

Not: Sık sık girip çıkma halinde %10 ile %25 ilave edilecektir.

**Örnek:** 0°C sıcaklıktaki bir soğuk odada 2 (iki) kişi günde toplam 3'er saat kalmaktadır. Isı yükündeki payını hesaplayın.

2 (iki) kişi x 3 saat/gün x 235 Kcal/h = 1410 Kcal/gün olacaktır.

*VI-b) Aydınlatma Armatürleri:* Aydınlatma armatürünün inkandensant veya floresant tipi oluşuna göre hesaplanır ve günde açık tutulduğu saat ile çarpılarak bulunur. Inkandesant tip için günlük ısı (Kcal/gün) : 1000 Watt x 0.86 Kcal/h x Saat/gün  
Fluorasant tip için günlük ısı (Kcal/gün) : 1000 Watt x 1.06 Kcal/h x Saat/gün

Örneğin 500 Watt, gemici tipi aydınlatma armatürü, günde 6 saat açık tutuluyorsa, vereceği ısı 500 x 0.86 x 6 = 2580 Kcal/gün olacaktır.

*IV-c) Elektrik Motorları:* Elektrik motorunun gücüne ve tipine göre güç faktörü değişeceğinden ısıya dönüşen güç oranı da değişecektir. Ayrıca, elektrik motorunun güce dönüştürdüğü enerjinin kullanıldığı mahal soğutulan hacmin içerisinde ise bu taktirde tüm enerji oda içerisinde kalıyor demektir. Aşağıdaki tablo ve şekiller değişik güçteki motor grupları uygulama şekilleri için soğuk oda ısı yükünü vermektedir.

**Tablo. VII-15) Elektrik Motorlarından Gelen Isı Yükü (Kcal/h x HP)**

Motor Gücü (HP)	Motor ve Tahrik edilen eleman S. oda içinde	Tahrik edilen elemanın bulunduğu hacim	Motorun bulunduğu hacim
1/8 - 1/2	1070	640	430
1/2 - 2.0	930	640	290
3.0 - 20.0	740	640	100

Örnek : 3 Ad., 1/3 hp Evaporatör motoru günde 20 saat devamlı çalıştığında:

$3 \times 1/3 \times 1070 \times 20 = 21400$  Kcal/gün ısı verir. Bu motorlar, bir salamura tankında karıştırıcı pervaneleri çalıştırıyorsa soğutulan ortama vereceği ısı miktarı  $3 \times 1/3 \times 640 \times 20 = 12800$  Kcal/gün olacaktır.

*IV-d) Defrost Sırasında Verilen Isı (Elektrikle Defrostlu Sistemler):* Soğutulan hacimde bulunan evaporatör/soğutucuların içerisinde bulunan elektrikli defrost ısıtıcıların Watt olarak güçleri ve günde kaç saat çalıştırıldıkları belli ise defrost sırasında verilen ısı şöyle hesaplanabilir:

$$Q^{\wedge}: n \text{ (adet)} \times W \text{ (watt)} \times 0.86 \text{ Kcal/vwatt} \times H \text{ (saat/günde)} \times F \text{ (defrost faktörü)}$$

F-defrost faktörü, elektrik enerjisinin soğuk odaya ısı yükü olarak giren kısmını ifade eder ve elektrikli defrost için 0.5 alınabilir. Bunun anlamı; verilen ısının diğer bölümünün eritilen buzun su haline dönüşmesiyle dışarıya drenaja intikal etmekte olduğudur.

Defrost ısıtıcısının gücü ve günlük çalışma süresi bilinmiyorsa bu taktirde evaporatörün 5.5°C evaporasyon -oda sıcaklık farkında vereceği her 3000 Kcal/h (beher ton frigo) için 2800 watt ısıtıcı gücü veya takriben, beher Kcal/h evaporatör kapasitesi için 1 Watt ısıtıcı gücü alınabilir. Günlük çalışma süresi ise:

-2 ile +1°C oda sıcaklıklarında günde 4 defa 15'er dak. (1 saat)

-15 ve daha aşağı sıcaklıklarında günde 6 defa 20'şer dak. (2 saat) alınabilir.

Örnek: 4 Ad. 750 watt ısıtıcıyı havi bir evaporatör günde toplam 2 saat çalıştırılıyorsa vereceği ısı yükü:

$$Q_{ej}: 4 \times 750 \times 0.86 \times 2 \times 0.5 = 2580 \text{ Kcal/gün olacaktır.}$$

*IV-e) Sıcak Gaz Defrostlu Sistemlerin Vereceği Isı Yükü:* Sıcak gaz ile verilen defrost ısı sistemin kondenserinden atılan ısıya yakın olacaktır ve aynı kabul edilebilir. Ancak, bir kompresöre birden fazla sayıda evaporatör bağlı ise ve bunlara sırayla defrost uygulanıyorsa bu taktirde toplam kondenser ısını evaporatör sayısına bölmek gerekir. Kondenser ısı/evaporatör ısı oranları (KEVIS) Tablo: V-1'de verilmiş olup evaporatör kapasitesini bu tablodaki değerle çarpmak yaklaşık defrost ısı miktarını verecektir. Aynen elektrikli defrost sisteminde olduğu gibi burada da bir defrost faktörü (F) uygulanmalıdır ve sıcak gazla defrost için  $F = 0.4$  alınır. Böylece  $Q_{sgd} = n \text{ (adet)} \times x_{q_{ev}} \text{ (Kcal/h)} \times KEVIS \times H \text{ (Saat/gün)} \times F$  olacaktır.

Örnek: -10/+30°C şartlarında F12 soğutucu akışkan ile 5000 kcal/h veren bir evaporatöre günde toplam 1 saat sıcak gaz defrostu uygulanıyor ise, defrost ile verilen ısı yükü:

$$Q_{sgd} = 1 \text{ adet} \times 5000 \times 1.19 \times 1 \times 0.40 = 2380 \text{ kcal/gün, olacaktır.}$$

Çok sık rastlanmamakla beraber uygulama olanağı bulmakta olan sıcak hava veya su püskürtmek suretiyle yapılan defrost usullerinde defrost ile verilen ısı yükünün büyük bir kısmı soğuk odanın dışına intikal ettirilmektedir. Zira, sıcak hava, defrost işlemi sırasında evaporatöre verilip tekrar, hava damperleriyle dışarıya yöneltilmektedir. Su püskürtme halinde ise drenaj yolu ile odayı terk etmektedir. Her iki defrost usulünde de hava ile veya su ile verilen ısının takriben %10'unun soğuk odaya intikal ettiği kabul edilebilir.

Yani:

$$Q_{s.chv} = V(m^3/h) \times (t_{hv} - t_{oda}) \times 0.3 \text{ (kcal/m}^3) \times H \text{ (saat/gun; x U.1)}$$

$$Q_{su \text{ püsk}} = G \text{ (kg/h)} (t_{su} - 0^\circ C) \times H \text{ (saat/gün)} \times 0.1 \text{ olacaktır.}$$

Burada 0.1 defrost faktörü yerine kaim olmaktadır, 0.3 ise yaklaşık olarak havanın ısınma ısı (kcal/h) x özgül ağırlığı (kg/m<sup>3</sup>) çarpımını vermektedir.

*IV-f) Oda İçinde Meydana Gelebilecek Diğer Isı Yükleri:* Bilhassa büyük hacimli soğuk muhafaza depolarında soğutulan hacime Forklift, vinç, motorlu veya bataryalı nakil arabaları, konveyör, vs. gibi elemanlar sokulmaktadır. Bunların meydana getireceği ısı yükü, bu elemanın türüne göre ve soğutulan hacimde kalacağı süreye göre hesaplanıp soğutma yüküne ilave edilmelidir.

Soğutma yükü hesabında bulunan değere genellikle %10 mertebesinde bir ilave yapmak, önceden beklenmeyen ve bilinmeyen ısı kazançlarını karşılamak yönünden, usül haline gelmiştir.

Burada belirtilen ısı kazançlarından başka, bilhassa test odaları, laboratuvarlar, vb. gibi uygulamalarda değişik ısı yükleri bulunabilir. Bunların türüne göre ısı yükleri saptanıp soğutma yüküne ilave edilmelidir.

Soğutma yüklerinin yukarıda izah edildiği şekilde ayrı ayrı hesabı yapılırken bunları bir tablo üzerinde toplamak birçok yönden fayda sağlayacaktır. Bilhassa hesap sırasını belli bir kalıba göre yapmak, hem bazı yüklerin unutulmasını önleyecek, hem de soğutma yükünü meydana getiren ayrıntılı bölümlerin birbiriyle mukayesesi yapıp mertebe aşırılıkları göze batır hale getirilerek hataların saptanması kolaylaşacaktır. Bir başka husus da çok sayıda münferit soğuk hacim için bu hesap yapılıyorsa, hem bunların birbiriyle kolayca mukayesesi yapılabilecek, hem de benzer değerlerin uygulanması daha kolaylaşacaktır. Hesaplar için yapılacak işlem de önemli ölçüde azalmış ve hesaplama kolaylaşmış olacaktır. Aşağıda böyle bir soğutma yükü hesabı cetveli örneği verilmektedir. Bu maksatla hazırlanmış, birbirinden az veya çok farklı olan hesaplama cetvellerine rastlamak mümkündür. Bu farklılıklar bu cetvellerin yanlış olabileceği anlamını taşımamaktadır, yeter ki doğru kullanılmış olsun.

S O Ğ U T M A Y Ü K Ü H E S A B I

İŞİN ADI, YERİ, M. SAHİBİ: \_\_\_\_\_

Hesabı Yapan: \_\_\_\_\_ Büro: \_\_\_\_\_ Tarih: \_\_\_\_\_

Oda no veya Adı, Kullanım Amacı: \_\_\_\_\_

Dış Sıcaklık ve Nem: \_\_\_\_\_°C; % \_\_\_\_\_ iç sıcaklık ve Nem: \_\_\_\_\_°C; % \_\_\_\_\_

Konuşu Bacılar Sıcaklıkları: a) \_\_\_\_\_°C, b) \_\_\_\_\_°C; Döşeme \_\_\_\_\_°C; Taran \_\_\_\_\_°C

Oda Ölçüleri (fflt)-Tercritsiz: En: x Boy: x Yüks: = Hacim m<sup>3</sup>

① TRANSMİSYON İSSİ (DUVAR, TAVAN, DÖŞEME) (\*) Güneş atan yüzeylere solar sic. farkı ilave et

İşaret	İm mt	Boyu mt	Yüzeyi m <sup>2</sup>	Adet	Tenzil edilen	Hesaba Giren	K <sub>u</sub>	At n	Saatteki »ı (Kcal/h)	GÜNLÜK ISI KAZANCI

TOPLAM TRANSMİSYON ISI KAZANCI .....

② HAVA DEĞİŞİMİNDEN GELEN ISI  $i_a$  : Dış hava ısı tutumu \_\_\_\_\_ Kcal/kg  
 $i_o$  : İç hava ısı tutumu \_\_\_\_\_ Kcal/kg

Oda hacmi: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> x Hv. değ. 24 saatte \_\_\_\_\_ defa x (— id —  $i_o$ ) x — kg/m<sup>3</sup>

③ MALLARDAN GELEN ISI

Isı Cinsi	Mal Cinsi	Ağırlık (kg)	At (»O)	Isın, ısısı Donma ısısı Olgunlaşma ıs.	Soğuma süresi (Saat)	Saatteki ısı kazancı (Kcal/h)	GÜNLÜK ISI KAZANCI
Donma Nok. Soğ							
Donma			X				
Donmuş soğuma							
Olgunlaşma			X				
Malların Hgflj yan ısı	Kasa, kutu, vs Diğerleri						

TOPLAM MAL ISISI (Kcal/Gün) .....

O ODA İÇİNDE MEYDANA GELEN MUHTELİF ISILAR

a) İnsan : \_\_\_\_\_ Kişi x \_\_\_\_\_ Kcal/h x \_\_\_\_\_ Saat/günde

a) Aydınlatma: \_\_\_\_\_ Watt x \_\_\_\_\_ Ad. x 0.86 (Fluores.10.6) x — Saat /gün

=) Motor: \_\_\_\_\_ HP x \_\_\_\_\_ Ad. x \_\_\_\_\_ Kcal/h.HP x \_\_\_\_\_ Saat/Gün

v) Elk. Defrost: \_\_\_\_\_ Ad. x \_\_\_\_\_ Watt x 0.86 x \_\_\_\_\_ Saat/Günx0.5

3) Sıcak Gaz Defrost: \_\_\_\_\_ Ad. x \_\_\_\_\_ Kcal/h x \_\_\_\_\_ " \*x0.4

[ ] Diğerleri : \_\_\_\_\_ Kcal/Gün

GÜNLÜK TOPLAM ISI KAZANCI (Kcal/Gün) .....

Soğutma Ekipmanının seçiminde esas alınacak Saatteki Yük:

Günlük Toplam Isı Kazancı \_\_\_\_\_ Kcal/h

Günlük Çalışma Saati (14 ile 20 Saat)



Soğutma yükü hesaplandıktan sonra, bundan esas maksat olan ekipman seçimine geçilecektir. Ekipmanın kapsamı; Kompresör, Evaporatör, Ekspansiyon valfi, solenoid valf, Filtre-kurutucu, boru tesisatı, basınç ayarlayıcı valfler, gaz toplama/resi-ver depo ve diğer soğutma aksamıdır. Bu elemanların seçiminde şunların bilinmesine gerek duyulacaktır.

- 1) Oda sıcaklığı ve relatif nem seviyesi
- 2) Oda sıcaklığı-evaporasyon sıcaklık farkı (mal cinsine göre)
- 3) Emiş soğutkan hattı basınç kaybını karşılamak için gerekli sıcaklık (2'deki sıcaklık farkına ilave edilmelidir)
- 4) Yoğuşma/Kondenzasyon sıcaklığı
- 5) Kompresörün günlük çalışma süresi
- 6) Evaporatör fanları çalışma süresi

Oda sıcaklığı ve relatif nem, muhafaza edilecek emtea cinsine göre Tablo: VII-10'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Oda sıcaklığı-evaporasyon (veya serpantin yüzeyi) sıcaklık farkı değişik tür mal cinsleri için Tablo: V-2'de verilmektedir. Ayrıca, Tablo: V-3'de Oda, Evaporasyon sıcaklık farklarına göre muhafaza edilebilecek ortalama nem seviyeleri gösterilmiş olup bununla, yukarıdaki (1) ve (2) sıra nolu değerlerin birbirleriyle bağlantısı verilmiş olmaktadır. Emiş hattı basınç kaybı konusu Bölüm-VIII'de irdelenmektedir ve bu basınç kaybının karşıtı olan sıcaklık farkı soğutucu akışkan tablolarından bulunabilecektir (Bak: Tablo: IV- 3, 4, 5, 6). Yoğuşma sıcaklığı konusu kondenser seçimi bölümünde ele alınmıştır. Burada, soğutma ekipmanı seçiminde esas gerekecek olan done, birim zamanda soğutma sisteminden beklenecek olan soğutma kapasitesidir ki bu, günlük toplam ısı kazancının günlük toplam çalışma süresine bölünmesiyle bulunabilecektir. Günlük toplam çalışma süresinden en başta kastedilen husus soğutma kompresörünün çalışma süresidir ve bu, oda sıcaklığı ile evaporatör sıcaklıklarına ve günde yapılması düşünülen defrost süresine bağlıdır. Kompresörlerin günlük toplam çalışma süreleri 14 ile 20, bazan da 22 saat olarak alınabilir. Aşağıda, kompresör ve evaporatör fanı için günlük çalışma süreleri uygulama türlerine bağlı olarak verilmektedir.

- a) +2°C ve üzerindeki oda sic. Kompresör: 14 jle 18 saat/Evaporatör: 24 saat (Naturel Defrost)
- b) -2 ile +1°C (defrost uyg.) oda sıcaklı.: Kompresör; 20 saat /Evaporatör: 23 saat (Günde 4 defa 15'er dak. defrost)
- c) -15° ve altındaki oda sıcaklıkları: Kompresör; 18 saat/ Evaporatör: 22 saat (Günde 6 defa 20'şer dak. defrost)

Burada (b) ve (c)'de gösterilen defrost periyotları ve süreleri daha ziyade programlanabilir tip zaman saatli bir otomatik defrost sistemi için pratikman uygun olabilecektir. El ile defrost kumanda işlemleri için ise defrost sayısı azaltılıp defrost süresi de buna uygun bir şekilde uzatılmak gerekecektir.

Örnek : Günlük ısı kazancı 18000 kcal olarak hesaplanmış olan 0°C bir soğuk oda için kompresör ve evaporatör, çalışma şartlarında 18000/18 - 1000 Kcal/h kapasite için seçilmelidir.

Örnek : Sayfa 321deki soğuk oda için aşağıdaki ek donelere göre soğutma yükünü hesaplayın.

Malın miktarı : 300 Ton Elma (Tamamı 1 günde depoya konuluyor)

Malın S. Oda giriş sıcaklığı: 30°C

Ambalaj şekli : 20 kg.'lık ahşap kutularda

Kutu ağırlığı ve ısı tutumu : 0.8 Kg. c = 0.5 KcalAg.°C

Çalışan insan sayısı : 10 kişi, 10 saat-sürekli

Aydınlatma : Nem geçirmez armatürler 10 ad. 100 watt

Evaporatör fanı : 8 Ad. evap. Beherinde 2 ad. 0.5 HP Motor

Malın istiflenmesinde 2 ad. Forklift 10 saat sürekli çalışmaktadır. Beheri 15 HP Benzin mot. haizdir (Yaklaşık olarak 2500 Kcal/HP x h ısı vermekte)

Isı geçirme katsayıları evvelce yapılan ve bahsi geçen örnekte hesaplanmış olup aynen alınarak aşağıdaki soğutma yükü hesabı tablosuna aktarılmıştır.

Ekipman kapasitelerinin çok aşırı çıkmaması yönünden soğuk odaya konulan malın 72 saatte istenen +2°C sıcaklığa soğutulacağı kabul edilmiştir. Uzun süreli depolama uygulamalarında yılda sadece 2 veya 3 defa meydana gelecek yükleme işlemi sırasında ortaya çıkacak olan aşırı soğutma yükleri, kuruluş masraflarını önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, yükleme işlemi sırasında meydana gelen soğutma yükünü mümkün olduğunca uzun bir süreye yaymak uygun olacaktır ve soğutulan mal türüne göre bu süre mümkün olduğu kadar uzun tutulmalıdır. Diğer yandan, bu bölümün birçok yerinde tavsiye edildiği şekilde, uzun muhafaza uygulamalarında muhafaza edilecek mallara, toplama mahallerinde süratle ön soğutma uygulanması hem malların soğuk odada muhafaza süresini uzatacak, hem de uzun süreli muhafaza soğuk odasının soğutma yükünü önemli ölçüde azaltarak kuruluş ve işletme masraflarının düşürülmesini sağlayacaktır. Burada verilen örnekte ise, çözüm doğrudan doğruya, malın hasattan sonra uzun süreli muhafaza odasına konulması şekline göre yapılmıştır ki yurdumuzdaki genel teamül bu yöndedir. Ancak, ön soğutma odasında mal yüküne uygulanan yükleme katsayısı buradaki hesaplara uygulanmamıştır. Bunun nedeni, öngörülen uygulamanın uzun süreli muhafaza odası uygulaması olmasından dolayıdır. Buna rağmen, görüleceği gibi mallardan gelen ısı, toplam ısı yükünün yarısından fazla bölümünü ortaya koymaktadır ki, bu yük sadece malın depolandığı ilk günlerde (Burada ilk 72 saatte) mevcuttur ve daha sonraki günlerde bunun büyük bir kısmı ortadan kalkacaktır. Bu durumda, hesaplanan yük ve seçilen ekipman oldukça büyük kapasiteli olacaktır ve ön soğutma uygulanmasının ekonomik (ilk yatırım yönünden) yararı açıkça görülmektedir.

# S O Ğ U T M A Y Ü K Ü H E S A B I

İŞİN ADI, YERİ, M. SAHİBİ: \_\_\_\_\_

Hesabı Yapan: \_\_\_\_\_ Büro: \_\_\_\_\_ Tarih: \_\_\_\_\_

Oda no veya Adı, Kullanım Amacı: Elma Muhafazası

Dış Sıcaklık ve Nem: 35°C; %30 İç Sıcaklık ve Nem: +2°C; % 90

Konşu Hacim Sıcaklıkları: a) 30<t; b) 35+10t; Döşeme 15°C; Taran 35+Ilıc

Oda Ölçüleri (mt)-Tecritsiz: En: 20xBoy: 10xYüks: 4 = Hacim 800m<sup>3</sup>

① TRANSMİSYON ISISI (DUVAR, TAVAN, DÖŞEME) (\*) Güneş alan yüzeylere solar sıc. farkı ilave et

İşaret	Eni mt	Boyü mt	Yüzeyi m <sup>2</sup>	Adet	Tenzil edilen	Hesaba Giren	K <sub>u</sub>	At O	Saatteki ısı (Kcal/h)	GÜNLÜK ISI KAZANCI
DD(D)	4.0	20	80	1	-	80	0.30	36	864	
DD(G)	4.0	10	40	1	-	40	0.30	35	420	
İD(a)	4.0	20	80	1	-	80	0.29	28	650	
İD(b)	4.0	10	40	1	-	40	0.29	43	499	
TA	10.0	20	200	1	-	200	0.30	44	2640	
DO	10.0	20	200	1	-	200	0.31	13	806	

TOPLAM TRANSMİSYON ISI KAZANCI 24x5879 **141.096**

② HAVA DEĞİŞİMİNDEN GELEN ISI  $i_o$  : Dış hava ısı tutumu-| 5.g Kcal/kg  
 $i_i$  : iç hava ısı tutumu 3.0 Kcal/kg

Oda hacmi : 703.7 m<sup>3</sup> x Hv. değ. 24 saatte 3 defa x (15.6 i<sup>3</sup> 3.0  $i_o$ ) x 1.143 kg/m 30.400

③ MALLARDAN GELEN ISI

Isı Cinsi	Mal Cinsi!	Ağırlık (kg)	At (°C)	Isının, ısısı Donma ısısı Olgunlaşma ıs.	Soğuma süresi (Saat)	Saatteki ısı kazancı (Kcal/h)	GÜNLÜK ISI KAZANCI
Donma Nok. Soğ	Elma	300 000	30-2	0.88	72	102.667	
Not:	Soğuk Muhafaza amaçlı oda olduğundan yükleme kat sayısı uygulanmıştır						
Olgunlaşma	Elma	300 000	<input checked="" type="checkbox"/>	0.20	24	2.500	
Mallarla ilgili yan ısı	Kasa, kutu, Dişrleri	300 000/20	50-2	0.50	72	2.917	
<b>TOPLAM</b>						<b>108.084</b>	

TOPLAM MAL ISISI (Kcal/Gün)..... x 24= **2.544.016**

O ODA İÇİNDE MEYDANA GELEN MUHTELİF ISILAR

a) insan : 10 Kişi x 235 Kcal/h x 10 Saat/günde	23.500
b) Aydınlatma: 100 Watt x 10 Ad. x 0.86 (Fluores.) x 10 saat /gün	8600
c) Motor: 0.5 HP x 8x2 Ad. x 1070 Kcal/h.HP x 24 Saat/Gün	205.440
d) Blk. Defrost: — Ad. x _____ Watt x 0.86 x _____ Saat/Günx0.5	.
e) Sıcak Gaz Defrost: — Ad. x _____ Kcal/h x _____ " " x0.4	.
f) Diğerleri: Forklift 2 Ad. x 10 Saat x 2500 Kcal/h = Kcal/Gün	50.000
Bilinmeyen ve Beklenmeyen Muhtelif Isı Kazanları için %10	305.306

GÜNLÜK TOPLAM ISI KAZANCI (Kcal/Gün)..... **3.358.360**

Soğutma Ekipmanının seçiminde esas alınacak Saatteki Yük:

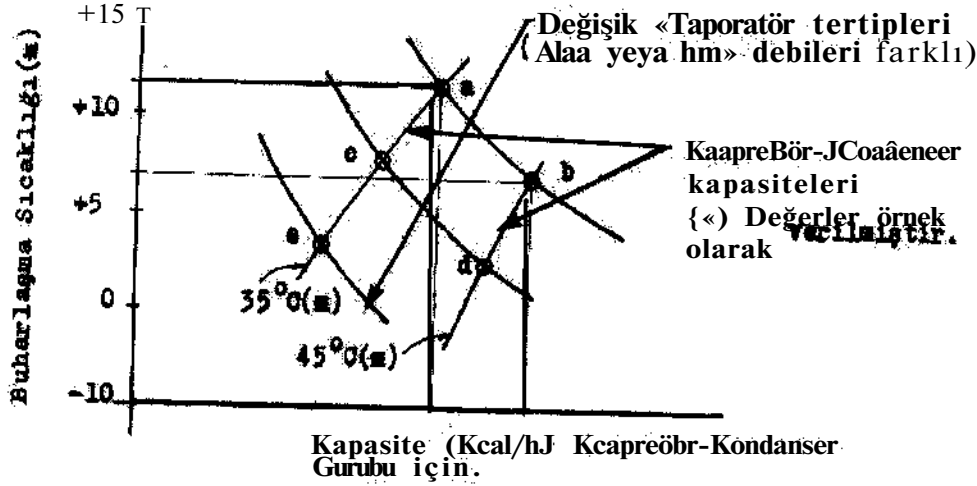
Günlük Toplam Isı Kazancı 3.358.360 = 210.000 Kcal/h  
Günlük Çalışma Saati (14 ile 20 Saat) 16

Buradan bulunan, saatteki soğutma yüküne uygun soğutma ekipmanı seçilmelidir. Ana elemanlar; soğutma kompresörü, Kondenser, Evaporatör ve Termostatik ekspansiyon valfi olup seçimde aşağıdaki değerlerin saptanması beklenmelidir. Parantez içindeki değerler yukarıdaki örneğe göre seçim içindir.

- 1) Kompresör :** - Marka, Model, tip (Copelametic 6RHI-3500)
  - Miktar, Adet (4 Adet)
  - Emiş ve yoğuşma sıcaklıkları (-4° / +45°C)
  - Soğutucu akışkan cinsi (R22)
  - Çalışma şartlarında verdiği net kapasite (52500 Kcal/h)
- 2) Kondenser :** - Marka, Model, tip (ABC firması, hava soğut, bakır boru/Alum. kanat)
  - Miktarı, (4 Adet)
  - Yoğuşum ve muhit sıcaklığı (+45°C / +35°C)
  - Fan hava debisi ve sayısı (3 ad. 15000 m<sup>3</sup> / h x 4 Grup)
  - Çalışma şartlarındaki kapasitesi: (65500 Kcal/h)  
(-4 / +45°C'de R22 için min. "1.24 x Evap. kap. olmalı)
- 3) Evaporatör :** - Marka, Model, tip (WxZ, hava soğutucu, 8 mm lamel aralıklı)
  - Miktar : (8 Adet)
  - Oda ve Evaporasyon sıcaklıkları (-4 / +2°C)  
(%90 Relatif nem muhafazası için, Tablo V-3'de oda-evap. sıc. farkı 5.6°C verilmektedir.)
  - Fan hava debisi ve sayısı (2 Ad. 15000 m<sup>3</sup>/h x 8 evaporatör, fanlar radyal tip)
  - Çalışma şartlarında kapasitesi : (27500 Kcal/h)
- 4) Termostatik Ekspansiyon Valfi:**
  - Marka, Model, tip : (ALCO-TJLE 1400 HW veya SPORLAN-PVE-11-CP100)
  - Miktarı: (8 Adet-Her evaporatöre 1 Adet)
  - Çalışma şartları (-4°C evap. /8 Atü bas. düş.)
  - Çalışma şartlarında max. kapasitesi  
(ALCO TJLE 1400 HW : 33000 Kcal/h)  
(SPORLAN PVE-11-CP100 : 30000 Kcal/h)
  - Soğutkan cinsi: (R-22)

Bu soğutma sistemi komponentlerinin doğru seçilmiş olması ve aynı çalışma şartlarında yaklaşık olarak aynı kapasite değerlerini vermesi çok önemlidir. Uyumsuz bir

seçim, sistemin dengesiz ve güvensiz çalışmasına, beklenen sonucun alınmamasına sebep olacağı gibi bilhassa kompresörde arızalanmalara, hatta ağır hasarlara sebep olacaktır. Örneğin çok küçük bir evaporatör kapasitesi, soğutmanın yetersiz kalmasına, kompresöre aşırı sıvı soğutkan gelmesine ve sonuçta kompresör emiş subaplarının kırılmasından biyel, krank mili kırılmalarına, kompresör gövde ayrılmalarına kadar varan hasarlara yol açacaktır. Soğutma sistemi komponentlerinin verdiği kapasitelerin değişik Evaporasyon ve yoğunlaşma sıcaklıklarındaki değerleri bir grafik üzerine işlenerek karşılaştırıldığı taktirde bunların kesişme noktası gerçek çalışma şartlarındaki kapasiteyi verecektir.



Şekil. VII-4) Soğutma komponentlerinin balans noktaları

Diğer yandan, soğutma sisteminin çalıştığı rakım ile soğuk oda ve dış hava sıcaklıkları, deniz seviyesi şartlarına göre seçilmiş olan ha-

Tablo. VII-16) Sıcaklık değişimleri-va hareketlendirici elemanlarının yetersiz kalmasına neden olabilir. Soğutma sisteminin çalıştırılacağı rakım seviyesine ve sıcaklıklara göre evaporatör ve kondenser fanlarının hava debileri ile tahrik motoru güçleri düzeltilmelidir.

Sıcaklık (°C)	Hava Densite oranı
+20	1.00
+15	1.02
+10	1.04
+5	1.06
0	1.08
-5	1.10
-10	1.12
-15	1.14
-20	1.17
-25	1.19
-30	1.21
-35	1.23
-40	1.25

- Fan devri sabit kaldığında, Fan motoru net mil gücü (BHP) ve hava kütle debisi (kg/h) hava densitesi ile doğru orantılı değişir.
- Fan motoru mil gücü (BHP) nün kullanma şartlarındaki değerini bulmak için "20°C deki BHP x kullanma şartlarındaki hava densite oranı" şeklinde hesaplamak gerekir.
- Düşük sıcaklıklarda daha büyük fan BHP gerekeceğinden, bunun sonucu soğutulan hacime girecek motor ısınsının alınması için daha da büyük hava debisi ve dolayısıyla daha büyük bir fan motoru BHP gerekecektir.

**Tablo. VII-17) Rakım Seviyelerinin Soğutma Kapasitesine Etkisi**

Rakım (mt)	Hava den- sitye oranı (a)	Kapasite çarpanı (1)		Rakım (mt)	Hava den- sitye oranı (a)	Kapasite çarpanı (1)	
		Soğutucu/Evap (b)	Hava Soğ. tond. Grp. (2)			Soğutucu Evaporat. (2)	Hava soğ. kond. Grp. (2)
-300	1.04	1.03	1.005	+1525	0.83	0.85	0.969
-150	1.02	1.02	1.002	+1830	0.80	0.82	0.960
0	1.00	1.00	1.000	+2135	0.77	0.79	0.955
+150	0.98	0.98	0.995	+2440	0.74	0.76	0.946
+300	0.96	0.97	0.990	+2745	0.71	0.73	0.939
+600	0.93	0.94	0.985	+3050	0.69	0.71	0.930
+900	0.90	0.91	0.980	+3660	0.64	0.66	0.910
+1220	0.86	0.875	0.975	+4270	0.59	0.61	0.880

- 1) Hava fanları motorla direkt akuple (kayıp tahrikli olmayan)
- 2) Hava soğutmalı kondenser-Kompresör Grubu için
  - a) Rakım düzeltilmesi için : Fan mil gücü (BHP) x Hava Densite Oranı
  - b) Direkt akuple fanlı soğutucu/evaporatör kapasite düzeltmesi için : Standart (Deniz sev.) Kapasitesi x Rakımdaki kapasite çarpanı
  - c) Direkt akuple fanlı Hava Soğutmalı Kondenser kapasitesini düzeltmek için : Standart (Deniz sev.) kapasitesi x Rakımdaki kapasite çarpanı
  - d) Deniz seviyesindeki değerlerin muhafaza edilmesi için : Rakımdaki kapasite ve havanın kütle debisi (kg/h) sağlanmalıdır. Bu ise Debiyi (m<sup>3</sup>/h) ve mil gücünü (BHP) arttırmayı gerektirir.

**VII-3) Çabuk Hesap Usulleri:** Keşif ve avan proje safhalarında yaklaşık kapasite değerleri elde etmek maksadı için birçok tablo verilmiştir. Bunlardan birkaçı aşağıda gösterilmektedir.

**Tablo. VII-18) Soğuk Muhafaza Odaları için "Kullanma(\*) Isı Yüğü" (I°C Oda-Dış Sıcaklık Farkı ve 1 m<sup>3</sup> İç Hacim İçin**

Oda İç Hacmi (m <sup>3</sup> )	1 m <sup>3</sup> İç Hac. Kcal/24 Sa. °C		Oda İç Hacmi (m <sup>3</sup> )	1 tn3 İç Hac. Kcal/24 Sa. °C	
	Orta Seviye	Aşırı Sev. Yük.		Orta Seviye	Aşırı Sev. Yük.
0.57	75	88	34	16.0	25.3
0.85	53	73	43	14.7	24.0
1.42	37	57	57	13.4	12.4(**)
2.12	30	46	85	12.0	9.2(**)
2.83	26	40	142	—	6.5 (*•)
5.66	22	36	212	—	4.9(**)
8.50	21	33	283	—	3.9(**)
11.33	20	30.5	566	—	3.0(**)
14.16	19.4	30.0	1416	—	2.9(*«)
17.00	18.7	29.6	2124	—	2.8(**)
22.66	17.8	28.2	2832	—	2.77 (*•)
28.32	17.6	26.7	3500	—	2.75 (**)

(•) Mal yitimi + Hava değişim ısı yitimi +• Oda içinde meydana gelen ısı toplamı

(\*\*\*) Uzun süreli muhafaza odaları için verilmiştir.

Buradan bulunacak kullanma ısı yüküne, transmisyon ısı (Duvarlar, tavan ve döşeme) ilave edilerek günlük çalışma süresine bölünmeli ve ekipman seçiminde esas alınacak saatteki soğutma yükü bulunmalıdır. Tablo, soğuk odaya malın ön soğutma uygulandıktan sonra konulduğu varsayılarak hazırlanmıştır. Örnek : 5 x 5 x 3 mt. iç boyutlarında bir oda için orta seviyeli yükleme şekline göre ve aşağıdaki donelere göre ekipman seçimine esas alınacak saatteki yük nedir?

Muhit sıcaklığı : ortalama 35°C

İç hacim sıcaklığı : +2°C

Transmisyon ısı : 25000 Kcal/gün olarak hesaplanmıştır.

$5 \times 5 \times 3 = 75 \text{ m}^3$  iç hacim için kullanma ısı yükü Tablo: VH-18'den yaklaşık olarak 12.5 Kcal/24 saat x m<sup>3</sup> x °C alınarak;

$Q_{ku} = 12.5 \times 75 \times (35-2) = 30937.5 \text{ kcal/24 saat olur.}$

$Q_{top} = 25000 + 30937.5 = 55.937,50 \text{ kcal/24 saat olur ve günde 16 saat çalışma süresi alınarak;}$

$Q_s = \frac{55.937,50}{16} = 3496 \text{ veya } 3500 \text{ Kcal / h bulunur.}$

**Tablo. VII-19) Dondurmayı Dondurmak ve Sertleştirme/Bekletme İşlemi için Soğutma Yükü (Kcal/h)**

Kabarma % (•)	Dondurma Kcal/Lt	Sertleştirme Kcal/Lt	Toplam Yük Kcal/Lt	Densitesi Kg/Utre	Toplam Yük Kcal/kg.
120	26.5	25.7	52.2	0.28	186.4
110	27.1	27.0	54.1	0.29	186.5
100	28.0	28.3	56.3	0.31	181.6
90	29.0	29.8	58.8	0.32	183.7
80	30.0	31.3	61.3	0.34	180.3
70	31.1	33.3	64.4	0.36	178.9
60	32.3	35.5	67.8	0.38	178.4

(\*) 1 Litre dondurma ağırlığı ile 1 litre donmamış karışım farkının dondurma ağırlığına oranı % olarak.

**Tablo. VII-20) Et Hayvanlarının Ortalama Mal Yükü**

Hayv. Cinsi	Ortalama Is. Isısı	Ort.Göv. Ağır. Kg.	Gövde Sıcaklığı CC)		Mal Yükü (Kcal/h)	
			Girişte	Çıkışta	Beher Gövde	1 Kg. İçin
Sığır	0.77	250	+41°C	+1.7°C	320	1.28
Dana	0.76	68	+40°C	+1.7°C	86	1.26
Domuz	0.54	82	+41°C	+1.7°C	74	0.90
Kuzu	0.76	20	+38°C	+0.6°C	25	1.25

**Tablo. VII-21) Bira Muhafaza Odaları için Soğutma Kapasitesi (1)**

Oda Boyutları	Odadaki Yaklaşık Bira Miktarı	Soğutma Yüklü Kcal/h (2)	Oda Boyutları	Yaklaşık Bira Miktarı	Soğutma Yüklü Kcal/h (2)
2x2 mt	150 lt.	950	2.5x3.0	320 lt.	1400
2x2.5	190 lt.	1000	2.5x3.5	385 lt.	1600
2x3.0	250 lt.	1180	3x3	400 lt.	1675
2x3.5	290 lt.	1335	3x3.5	480 lt.	1875
2.5x2*.5	290 lt.	1235	3x4	550 lt.	2150

- 1) 10 cm. kalınlıkta  $X = 0.035$  evsafında tecritle kaplı ve iç-dış sıcaklık farkı  $28^{\circ}\text{C}$  olduğuna göre verilmiştir.
- 2) Günlük çalışma süresi 16 saate göre alınmıştır.

**Tablo. VII-22) Soğuk Oda Ön Keşfi için Kapasite İhtiyacı(\*\*)**

Oda İç Hac. (m <sup>3</sup> )	0/+rC (Sebze, Meyve, Tereyağ, Yumurta, Süt, Yoğurt) (10 cm. Tecrit (•))		-10°C Donmuş Muh. 15 cm. Tecrit (•)		-20°C Donmuş Muh. 15 cm. (Tecrit (*))	
	Normal Kul.	Aşırı Kul.	Normal Kul.	Aşırı Kul.	Normal Kul.	Aşırı Kul.
5	475	725	600	900	730	1100
7.5	595	900	750	1150	920	1380
10	750	1125	950	1450	1160	1750
15	1030	1550	1300	2000	1600	2400
20	1350	2025	1750	2600	2150	3225
25	1690	2530	2200	3300	2680	4000
30	1920	2900	2450	3600	3000	4500
40	2200	3300	2750	4200	3360	5050
50	2560	3850	3200	4800	3900	5850
60	2940	4400	3700	5500	4500	6750
70	3260	4900	4000	6000	4800	7200
80	3450	5200	4300	6500	5250	7900
90	3880	5820	4900	7400	6000	9000
100	4100	6200	5100	7600	6200	9300
125	4950	7420	6200	9300	7500	11250
150	5760	8650	7200	10800	8800	13200
175	6200	9300	7750	11600	9500	14250
200	6250	9400	7800	11700	9600	14500
250	7300	11000	9200	13800	11250	17000
300	8750	13100	11000	16500	13500	20000
400	10250	15400	13000	19500	15860	23000
500	12250	18500	15000	22500	18300	27500
750	16500	25000	20000	30000	24500	36000
1000	22000	33000	27500	40000	33500	50000
1500	33000	48000	42000	60000	51250	75000
2000	42000	60000	52500	75000	64000	90000
3000	63000	90000	80000	115000	97500	140000
5000	105000	150000	130000	190000	158000	225000

- (•) Tecrit  $X = 0.035$  evsafında (Styrofor, mantar, cam yünü vs.)  
 (\*\*\*) Günlük çalışma süresi 16 saat alınmıştır. %  
 Dış-muhit sıcaklığı  $35^{\circ}\text{C}$  kabul edilmiştir.  
 Oda eni ile boyunun birbirine yakın olduğu kabul edilmiştir.



#### VII-4) Soğutma ve Soğuk Oda Muhafazası İçin Öneriler :

Gıda maddelerinin taze görünümü ile tabii koku, lezzet ve vitamin değerlerinin tabiattakine en yakın bir seviyede muhafazası ancak soğutma uygulanması suretiyle mümkün olabilmektedir. Ayrıca, soğutma işleminin uygulanışı hasat veya kesimden sonra ne kadar çabuk başlatılırsa ve malın kullanılacağı ana kadar bunun sürekliliği sağlanırsa sonuç istenilen seviyeye o *derece* yaklaşmaktadır. Ayrıca, soğuk muhafaza odasına konulacak meyve ve sebzelerin hasar görmemiş olması da muhafaza süresinin uzunluğu yönünden çok önemlidir.

Sıcaklıkların düşürülmesi (soğutma) usulü sebze ve meyvelerin olgunlaşma hızının kontrolünde da en etken yoldur. Olgunlaşma olayı, sebze ve meyvelerin iç yapısındaki kimyasal değişme sonucu bozulmalarıdır. Bu bozulmanın nedeni, gıda maddelerinin pek çoğunda bulunan Enzimlere bağlanmaktadır. Enzimler proteine benzer nitelikte kimyasal maddeler olup organik maddelerde bunlar kimyasal değişimlere sebep olabilmektedirler. Enzimlerin büyük çoğunluğu 70°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tamamen yok edilebilmektedir. Düşük sıcaklıklarda ise bu mümkün olamamakta ve fakat düşük sıcaklıklarda kimyasal reaksiyonlar çok yavaşladığından bilhassa 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda enzim faaliyetleri büyük ölçüde durdurulabilmektedir. Et, tavuk, balık gibi gıda maddeleri ile sebze ve meyvelerin büyük bir çoğunluğuna yüksek sıcaklık uygulanması bunların tazelik vasfının yitirilmesine neden olduğundan, bazılarında ise yüksek sıcaklık uygulanması sonucu kalıcı tahribatlar ortaya çıktığından enzim faaliyetlerinin yüksek sıcaklık yerine soğutma usulleriyle kontrol altına alınması ve zararlarının önlenmesi çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Yüksek sıcaklık uygulanarak enzim faaliyetlerinin durdurulması yanında mikroorganizmanın da yok edilmesi sağlanabildiğinden gıda maddelerinin muhafaza süresinin uzatılmasında yüksek sıcaklık uygulanması da geniş yer almaktadır. Örneğin konserve-kutulama işlemlerinde bu usul sık sık uygulanmaktadır. Ayrıca, yalnız sebzeler için ve cinslerine göre değişik sürelerde (1 ile 10 dakika gibi kısa bir süre) kaynar su veya buhar banyosu uygulanarak tabii enzimlerin ve mikroorganizmanın yok edilmesi sağlandıktan sonra bu sebzeler soğuk muhafaza odalarına alındığında muhafaza süreleri önemli ölçüde artmaktadır. Meyveler için bu usul kesinlikle uygulanmamaktadır, zira meyvelerin taze görünüm ve lezzeti bu enzimlerin, ki sebzelerle nazaran meyvelerde daha fazla bulunmaktadır, varlığı ile sürdürülmektedir. Kayda değer diğer bir husus da enzim faaliyetlerinin oksijen mevcut olan ortamda en yüksek seviyelere ulaşmakta olduğudur. Bu nedenle soğutma işlemi hasatdan sonra ne kadar çabuk uygulanırsa meyve ve sebzelerin soğuk depoda muhafaza süresi o nispette uzun olabilmekte ve sebzeler için bu durum daha da etkin olmaktadır.

Sonuç olarak, sebze ve meyvelere hasat yerlerine yakın mahallerde hemen bir ön soğutma uygulanıp ondan sonra uzun süreli soğuk muhafaza odalarına alınmalıdır. Sebze ve meyvelerin tazeliklerinin bozulmasında diğer önemli iki etken, "Kuruma" ve mikroorganizmaların sebep olduğu "Hastalıklardır. Her üç şekildeki (Olgunlaşma, Kuruma, Hastalık) bozulmanın en etkin önlenme şekli sıcaklığın belli seviyelere düşürülmesidir. Bu sıcaklık seviyesi çoğu meyve ve sebzeler için, donma sıcaklığının biraz üzerinde olduğunda en iyi sonuçları vermektedir, şöyle ki:

Eski tip depolarda : Donma sıcaklığının 1.7 ile 2.2°C üzerinde

Yeni, Modern (Hava dağılımı iyi ve düzgün olan) depolarda donma sıcaklığının 0.5 ile 1.1 °C üzerinde olmalıdır.

Ancak, bazı meyveler için (Elma, Muz gibi) sıcaklığın daha fazla ve aşırı şekilde dü-

sürülmesi soğuk vurmaları (Chilling Injury) ile sonuçlanıp meyvenin evsafını bozduğundan çok dikkatli olunmak gerekir. Diğer yandan, soğuk oda sıcaklığının istenen/ayarlanan değerinin altında ve/veya üstündeki sınırlar arasındaki diferansiyel aralığın da belirli bir değer altında ( $1.1 \approx 1.7^{\circ}\text{C}$ ) muhafaza edilmesi soğuk muhafazadan iyi bir sonuç alınması için gereklidir. Hatta bazan  $1.1$  ile  $1.7^{\circ}\text{C}$  diferansiyel aralık çok aşırı telakki edilebilir. Bu nedenle, soğuk oda termostatının hem hassas ve güvenilir olması hem de odadaki konulduğu yerin oda sıcaklığını iyi temsil edecek şekilde seçilmesi gereklidir.

Sebze ve meyvelerin kuruma (aşırı nem kaybetme) sebebiyle bozulmasına karşı en iyi önlem relatif nem seviyelerini yeterli düzeyde tutmaktır. Birçok sebze, meyve ve madde için %3-6 su kaybı bunların pazarlama evsafını büyük ölçüde yok eder. Bazı maddelerde ise bu değer %10'a kadar çıkmasına müsaade edilebilir. Deneyler göstermiştir ki relatif nem seviyesi aynı olan  $0^{\circ}\text{C}$  ve  $+10^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki iki ayrı soğuk odada havanın suyu buharlaştırma potansiyeli (kısmi basınç farkı)  $10^{\circ}\text{C}$ 'deki odada  $0^{\circ}\text{C}$ 'dekinin 2 katıdır. Aynı seviyede bir su buharlaşması olması için  $0^{\circ}\text{C}$ 'de %90 Relatif neme karşın  $+10^{\circ}\text{C}$ 'de %95 Relatif nem seviyesinin muhafaza edilmesi gerekmiştir. Buradan çıkarılan sonuç; Kısmi buhar basıncı farkının, oda sıcaklığını düşürmek suretiyle azaltılması, soğuk odadaki maddelerden su kaybının önlenmesi için en etkin yoldur. Ayrıca, havanın sirkülasyon şekli ile maddelerin paketlenme tarzı ve fiziksel ölçüleri de su kaybında çok etkin olmaktadır. Soğuk odada muhafazası gereken relatif nem seviyeleri ise bu bölümdeki tablolarda gösterilen relatif nem seviyelerinin en fazla %3-5 sınırları içinde kalmalıdır.

İlginç olan bir husus da enzim ve mikroorganizmaların faaliyetlerini sürdürebilmek için suya ihtiyaç göstermeleridir. Gıda maddelerinin bünyesindeki suyun alınması yani bunların kurutulması da muhafaza süresinin uzatılmasını sağlayabilmekte ve bu usul çok eski çağlardan beri insanlarca bilinmekte ve uygulanmaktadır.

Kurutulan gıda maddeleri serin, kuru bir yerde uzun süre bozulmadan kalabilmektedir. Ancak, kurutma usulü ile muhafazada gıda maddelerinin birçok özellikleri soğuk muhafazada olduğu gibi korunamamaktadır. Son yıllarda ise derin soğutma altında vakum uygulanmak suretiyle (Freeze Drying) gıda maddelerinin kurutulmasından çok olumlu sonuçlar alınmakta fakat maliyet seviyeleri yüksek olduğundan her tür gıda maddesine uygulanması ekonomik olmamaktadır. Gıda maddelerinin muhafazası için uygulanan diğer usüller, Tütsüleme (Smoking) Turşulaştırma (Pickling), şeker şurubunda muhafaza gibi usüller olup bunların çoğunda gıda maddesinin tazelik ve diğer özellikleri aslından oldukça farklı hale gelmektedir.

Soğuk odalarda hava hareketi/sirkülasyonu öyle olmalıdır ki tüm hacimde eşit bir sıcaklık seviyesi muhafaza edilebilmelidir. Aşırı bir hava hareketi, sadece hasattan sonraki ilk soğutmada (Field heat) gerekecektir. Sonraki uzun muhafaza döneminde ise aşırı bir hava hareketi su kaybına sebep olabilir ve hem gereksizdir, hem de zararlıdır. Ancak, iyi bir hava dağıtımı faydalı ve gereklidir. Modern soğuk hava depolarında kanallı hava dağıtımı şekli tercih edilmektedir. İstifleme kötü yapılmış ve hava dağılımını engelliyorsa karmaşık bir hava dağıtım sisteminden fayda beklemenin boşuna olacağı da unutulmamalıdır.

Temizlik ve kokunun alınması da soğuk hava depolarını yakından ilgilendiren önemli bir konudur. Soğuk depoya konulan maddelerin üzerinde taşınmak veyahutta dıştan delip içine girmek suretiyle bazı mikroorganizmalar soğuk depoya girebilir ve hava hareketiyle tüm hacime yayılır. Bozulduğu görülen maddeler hemen alınıp soğuk depodan uzaklaştırılmalı ve bunların bulundurulduğu kap, kutu, vs. dezenfekte

tan bir solüsyonla (%0.25 Kalsiyum hipoklorür solüsyonu veya buhar ile 2-3 dakika süreyle) iyice temizlenmelidir. Soğuk deponun duvar, tavan ve döşemelerinde küflenme görülürse, Sodyum hipoklorür veya Trisodyum fosfat ihtiva eden temizleyici bir maddeyle iyice fırçalandıktan sonra bol temiz suyla yıkanmalıdır. Kokunun giderilmesi için oda havalandırılmalı ve Aktif karbonlu tip artııcılarla oda havası temizlenmelidir.

Soğuk odaya konulan muhtelif mallar için yükleme-doldurma yoğunlukları, yani beher m<sup>3</sup> depo hacmine konulabilecek mal ağırlıkları, en çok rastlanan mal cinsleri için aşağıdaki tabloda verilmektedir. Bu tabloda verilen mal yoğunluğu değerleri, soğuk deponun genel yapısına ve oda taksimat durumuna, boyutlarına, yüksekliklerine, malın ambalajlanma ve istiflenme şekline, malı istifleme vasıta imkanlarına (Fork lift gibi) göre önemli farklılıklar gösterebilecektir. Verilen değerler, yurdumuzdaki soğuk muhafaza depoları için ortalama değerler olup büyük kapasiteli ve istifleme vasıta imkanları mükemmel olan modern soğuk hava depoları için Tablo: VII-23'de verilen değerler (Mal yoğunlukları) biraz daha arttırılabilir.

Tablo. VII-23) Soğuk Depolar için Mal Yoğunlukları

<b>Malın Cinsi</b>	<b>Brüt (Kg/m*)</b>	<b>Net (Kg/nv»)</b>	<b>Malın Cinsi</b>	<b>Brüt (Kg/n*)</b>	<b>Net (Kg/m3)</b>
Armut	735	665	Patates	—	420
Çilek	625	575	Portakal	535	490
Domates	580	530	Sığır Eti (Göv.)	—	355
Donmuş Balık	—	675	Şeftali	655	620
Elma	435	380	Tavuk	—	420
Greyfurt	590	560	Üzüm	515	485
Limon	640	595			

Malların en uygun istif yükseklikleri de bir fikir vermek bakımından aşağıda gösterilmektedir.

Yumurta-Ahşap sandıkta.....	4.30 mt.
Elma-Kutulanmış.....	4.00 mt.
Üzüm-Kutulanmış.....	4.30 mt.
Konserve Kutuları (Karton Amb.).....	4.50-5.50 mt.
Tereyağı, Kurulanmış.....	4.00-4.50 mt.
Donmuş meyve-sebze (Karton kutularda).....	3.00-6.00 mt.
Donmuş meyve suyu konsantre.....	5.50 mt.
Hindi-Takriben 36 kg. Kutularda.....	5.50 mt.
Kemikli et, elyaf, karton kutularda ve yatık istiflemeye.....	3.80-5.50 mt.

Soğuk odalarda muhafaza edilecek maddelerin muhafaza şekli, sıcaklık ve nem seviyelerindeki farklılıkların etkisi ve bunlarla ilgili diğer bazı hususlar aşağıda verilmektedir.

*Sığır Eti:* Ortalama gövde ağırlığı 280 kg. civarındadır. Kesimden önce 39°C olan gövde sıcaklığı kesimden hemen sonra yükselir. Soğuk odaya girişte en yüksek sıcaklık gövdenin but kısmında ve 41°C civarında olup bu sıcaklık genelde soğuk odaya giriş sıcaklığı olarak alınmaktadır. Beher gövde için 3.5 kg. civarında yıkama suyunun da soğuk odaya girdiği kabul edilir. Ayrıca, gövdeye bez sarılırsa (hafif tuzlu su ile ıslatılarak sarılır) bez ile 2.7 kg. ilave suyun soğuk odaya girdiği hesaplanmalıdır. Ön soğutma odalarında, soğuk odaya giriş anından itibaren gövdenin 20 saatte 36.1°C'den 8.3°C'ye (At= 27.8°C) soğutulduğu kabul edilebilir. Ayrıca (3.5 + 2.7 = 6.2 kg) civarında suyun buharlaştırılacağı unutulmamalıdır.

Bekletme odalarında ise gövdenin 24 saatte 8.3°C'den 4.1°C'ye (At= 4.2°C) düşürüleceği kabul edilmektedir.

Ön Soğutma Odaları İçin: Evaporatör kanat aralığı 7 ile 8 mm; hava debisi, beher m<sup>2</sup> soğutucu alın alanı için 4575 ile 13720 m<sup>3</sup>/h alınabilir.

Evaporasyon-Oda sıcaklık farkı : 5.6°C

Evaporatör hava giriş-çıkış sıcaklık farkı : 2.1°C

Evaporatör ısı geçirme katsayısı : 18 Kcal/h . °C. m<sup>2</sup>

veya  $K_u \times At = 100 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2$  civarında alınabilir.

Ön soğutma odalarına mal yükleme hızı dakikada 1-2 gövde, kesilmiş gövdelerin donma süresi ise, üfleme hava sıcaklığına ve istiflenme şekline göre 20-40 saat arasında olmaktadır.

*Dana ve Kuzu Eti:* Kuzu gövdesi ortalama 23 kg. (18-36 kg), koyun gövdesi ortalama 57 kg. olarak alınmaktadır. Ancak, memleketimizdeki ağırlıklar bu değerlerin oldukça altındadır. Ön soğutma süresi kuzu için 4-6 saat alınabilir. Kuzu gövdelerinin soğuk odaya giriş sıcaklığı (arka but içinde ölçülen sıcaklık) 37 ile 39°C'dir. Ön soğutma sırasında gövdeler birbirine temas etmemelidir. Oda sıcaklığı +1.1°C (maks. 3.3°C) ve soğutucu-oda sıcaklık farkı 5.6°C civarında olmalıdır. İlk 4-6 saat süresince soğuk oda hava değişimi saatte 50-60 defa olabilir. Daha sonra saatte 10-12 hava değişimine düşürülmelidir. Soğuk odaya girişten 12-14 saat sonra gövde sıcaklığı +1 ile 2°C'ye düşürülmüş olmalıdır. Dana eti de aynen kuzu gövdeleri gibi soğuma süresi ve sıcaklıkları gerektirmekte ve beher gövde 40 kg. civarında gelmektedir.

*Domuz Eti:* Ortalama gövde ağırlığı 80 kg. civarındadır. Kesim sonrası gövde sıcaklığı 38 ile 41°C olmaktadır. Ön soğutma odalarında soğuma süresi 12 ile 18 saat arasında +3 ile 4°C'ye düşürülmek üzere hesaplanabilir. Soğuk odada askı rayı yüksekliği yerden 2.75 mt. çengel aralığı 75 cm. alınmalıdır. Soğutucu/evaporatör-oda havası sıcaklığı farkı 5 ile 7°C arasında olmalıdır.

*Diğer Etler:* Ciğer, yürek, böbrek, beyin, dil, işkembe, baş, vs. gibi muhtelif sakatatların soğuk odaya giriş sıcaklığı 38°C alınabilir. Bunlar süratle 0 ile +1°C'ye soğutulmalıdır ve soğuk odada saatte 50 hava değişimi sağlanmalı, soğutucu-oda havası sıcaklık farkı 5.5°C civarında olmalıdır. Bu şartlar altında soğuma zamanı 10 ile 12 saat olmaktadır. Ancak, hızlı soğutma usulü uygulanmak suretiyle zaman tasarrufu ve hacimden daha fazla yararlanmak mümkündür. Hızlı soğutma için, -21°C üfleme havası sıcaklığı ve mal üzerinde 2.5 ile 5 m/s hava hızı sağlanmalıdır. Soğuma süresi 0.5 ile 4 saat arasında olacaktır. Dondurmak için -29 ile -40°C oda sıcaklığında ve mal üzerinde 2.5 ile 5 m/s hava hızı sağlandığında, malın paketlenme ve istif durumuna göre 16 ile 20 saatte -18°C'ye soğutulabilecektir. Bir başka dondurma usulü Kreyojenik uygulama olup CO<sub>2</sub> ile yapılır ve bu, malın nem kaybını ve büzülme nispetini asgari seviyeye indirir. Burada bahse konu olan sakatat nevinden malların ısınma ısısı  $C = 0.75 \text{ KcalAg. } ^\circ\text{C}$  civarında alınabilir.

*Et'ler* için genel olarak 1 haftaya kadar olan kısa süreli muhafaza odalarında sıcaklık 0 ile +1.1 °C ve uzun süreli donmuş muhafaza odalarında ise -18°C'nin altında olmalıdır. Etin çabuk dondurulması ve rutubeti geçirmeyen ambalajla paketlenmesi nem/ağırlık kaybını önlediği gibi muhafaza süresinin uzatılmasını da sağlar. Dondurma/şok tünelleri -29 ile -40°C sıcaklıkta muhafaza edilmeli ve soğutucu-oda sıcaklık farkı 5.7 ile 8.3°C arasında olmalıdır. Ayrıca, oda girişlerine bölünmüş bir Hol hacmi ve otomatik kapı konulmalıdır. Donmuş muhafaza odalarında ise oda sıcaklığı -18 ile -26°C arasında olmalıdır. Çoğunlukla -18°C yeterli olmakta, -21°C ise uzun süreli ve toptan satışa dayalı donmuş muhafaza odaları için ideal sıcaklık olarak kabul edilmektedir. Ancak, -29°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda muhafaza edilen donmuş muhafaza odalarında oda sıcaklık değişiminin sınırları  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  sınırını aşmamalıdır. -29°C'den daha düşük sıcaklıklarda ise bu değişimin fazla etkisi görülmemektedir. Donmuş et muhafaza odalarında "Boru-serpantin" tipi evaporatör en uygun soğutucu tipi olmaktadır.

*Piliç ve Tavuk:* Kesimden sonraki gövde sıcaklığı 24 ile 35°C arasında değişmektedir. Etin bozulmaması için, gövde büyüklüğüne göre, aşağıda gösterilen süreleri içinde +4°C'nin altına soğutulması (Chilling) gerekir.

2 kg.'a kadar gövdeler mak. 4 saatte  $\leq +4^\circ\text{C}'\text{ye}$

2-4 kg.'a kadar gövdeler mak. 6 saatte  $\leq +4^\circ\text{C}'\text{ye}$

4 kg.'in üzerindeki gövdeler mak. 8 saatte  $\leq +4^\circ\text{C}'\text{ye}$

Soğutma usulü olarak çoğunlukla Buzlu su tanklarına daldırarak soğutma (continuous immersion chilling) uygulanmaktadır. Bu suretle 0.33 ile 0.66 saatte gövdenin +32°C'den +4°C'ye soğutulması mümkün olabilmektedir. Diğer soğutma usulleri : Soğuk su püskürtme suretiyle soğutma (Water Spray Cooling) şok tüneline soğutma (Air Blast Chilling), donmuş karbondioksit püskürterek soğutma (CO2 snow spraying), sıvı azot püskürterek soğutma (Liquid Nitrogen Spraying) şeklinde sıralanabilir. Gövdelerin donmuş muhafazası isteniyorsa, donma işlemi ne kadar çabuk ve kısa sürede sonuçlandırılırsa o kadar iyi netice alınmaktadır, iyi neticeden maksat etin görüntü, lezzet ve köpeliğini taze şekline en yakın durumuyla koruyabilmektedir. Tavuk ve Hindi etini dondurmak üzere (a) şok tüneline -29 ile -40°C sıcaklığında ve 1.5 ile 5 m/san. (ort. 2.5 m/s) hızda hava akımına sokmak (b) -29°C'de kalsiyum klorür salamurasına daldırmak, usülleri uygulanmaktadır. Salamuraya daldırma uygulamasından aşağıdaki sonuçlar alınmaktadır.

Temizlenmiş piliç -29°C salamurada 0.3 ile 0.5 saatte donmaktadır.

5.5 kg. temizlenmiş Hindi salamurada 5 saatte donmaktadır.

11 kg. temizlenmiş Hindi salamurada 7 saatte donmaktadır.

Hava akımı (şok tüneli) ile dondurma uygulamasında ise aşağıdaki değerler elde edilmiştir:

a) Hava ile dondurma; 2.3 ile 3.6 kg. ağırlıkta tavuk, 2.3 ile 2.8 m/san, hava hızında 0 ile +2°C'den -4°C gövde iç sıcaklığına;

-50°C hava sıcaklığı ile 1.75 saatte inmektedir (donmaktadır)

-40°C hava sıcaklığı ile 2.25 saatte inmektedir (donmaktadır)

-30°C hava sıcaklığı ile 3.00 saatte inmektedir (donmaktadır)

-18°C hava sıcaklığı ile 4.90 saatte inmektedir (donmaktadır)

a2) Aynı ağırlık ve ön sıcaklıktaki gövdeler için  $-29^{\circ}\text{C}$ 'de hava akımı uygulandığında, hızın etkisi şöyle olmaktadır.

- 0 m/san 8 saatte gövde iç sic.  $-4^{\circ}\text{C}$  inmektedir (donmaktadır)
- 2.5 m/san 4 saatte gövde iç sic.  $-4^{\circ}\text{C}$  inmektedir (donmaktadır)
- 5 m/san 2.9 saatte gövde iç sic.  $-4^{\circ}\text{C}$  inmektedir (donmaktadır)
- 7.5 m/san 2.6 saatte gövde iç sic.  $-4^{\circ}\text{C}$  inmektedir (donmaktadır)
- 10 m/san 2.5 saatte gövde iç sic.  $-4^{\circ}\text{C}$  inmektedir (donmaktadır)

Görüleceği gibi 5 m/san'den daha yukarı hızların donma süresine önemli bir etkisi olmamaktadır.

a3) Verilen ağırlıklardaki hindi,  $-40^{\circ}\text{C}$ 'de hava akımıyla (Şok tüneline) raflarda soğutulduğunda gövde iç sıcaklıkları aşağıdaki şekilde seyretmektedir.

#### **9.6 ka. ağırlıkta hindi**

Saat 0.00	: $10^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
2.00	: $0.6^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
4.00	: $-5.2^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
6.00	: $-10.6^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
8.00	: $-18.0^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
10.00	: $-25.0^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
12.00	: $-28.0^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık

#### **3.2 ka. ağırlıkta hindi**

Saat 0.00	: $10.0^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
2.00	: $-1.5^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
4.00	: $-23.3^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
6.00	: $-34^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık
8.00	: $-34.5^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık

*Balık:* Donmuş muhafaza geniş ölçüde uygulanmakta ve donma usulleri aşağıda gösterilmektedir :

- a) Yavaş/tabii hava akımında dondurma, 12 ile 16 saatte donma işlemi  $-20^{\circ}\text{C}$ 'ye düşürme) tamamlanmaktadır.
- b) Şok tüneline (Blast freezing) 2.5 ile 7.5 m/san hız ve  $-40^{\circ}\text{C}$  hava sıcaklığında 2.5 ile 6 saatte  $-20^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmektedir.
- c) Plaka dondurucularda  $+2^{\circ}\text{C}$ 'den  $-16^{\circ}\text{C}$ 'ye 1 ile 4.5 saatte soğutulmaktadır.
- d) Salamuraya daldırma suretiyle dondurma.

Yukarıda gösterilen donma süreleri paketlemenin şekline, boyutlarına, paket malzemesine ve balığın cinsine göre değişmekte olduğundan geniş bir zaman aralığında verilmiştir.

*Süt:* Ham süt üretim çiftliklerinde, 750 ile 1200 litre kapasiteli, mekanik soğutmalı; içi paslanmaz çelik saç kaplı, ısıl tecritli tanklar bulunmalıdır. Mekanik yolla sağılan ineklerden gelen süt bu tanklara alınır. Tankların mekanik soğutma sistemi sürekli olarak çalışır ve bir karıştırıcı pervane ile süt devamlı surette karıştırılır. Mekanik soğutma, sütü 1 saat içinde  $+32^{\circ}\text{C}$ 'den  $+10^{\circ}\text{C}$ 'ye ve ikinci saatin sonunda  $10^{\circ}\text{C}$ 'den  $+4.5^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutacak kapasite ve tertipte olmalıdır. Tanka, sağılmış yeni ham süt geldiğinde tankdaki sütün ortalama sıcaklığı  $+7^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmemelidir. Bazı büyük süt çiftliklerinde plaka soğutucu (plate cooler) kullanılmak suretiyle sütün çabuk soğutulması sağlanır. Buradan süt dikey tanklara sevk edilip orada muhafaza edilir. Süt çiftliklerinden alınan süt, alım ve depolama yerine getirilip (a) Ayırıştırma (separation) : sütün fazla yağın alma veya noksanı ilave etme, (b) Filtreleme (Clarification), (c) Pastörize etme, (d) Homojenize etme işlemlerine tabi tutulur. Pastörize etme

işlemi, havuz sistemi (Batch pasteurising) veya sürekli pastörizasyon suretiyle yapılmaktadır. Bu işlem sırasında süt 63°C'de en az 30 dakika veya 72°C'de en az 15 dakika tutulduktan sonra 55°C'ye soğutulmuş olarak homojenize edilir ve plakalı soğutucularda soğutulmaya devam edilip +4.5°C'ye kadar soğutulduktan sonra şişelenir veya paketlenir. Homojenize etme işlemi; sütün kaymağının (milk fat) zamanla sütün üst kısmında toplanmasını (un-stability) önlemek amacıyla uygulanır. Bu işlem sırasında süt 54 ile 82°C'de 85 ile 175 kg/cm<sup>2</sup> basınç altında pistonlu pompalarla sıkıştırılır. Sütün şişelenmesi, cam veya özel plastik şişelerle sağlanır. Paketleme ise, 0.4 mm. kalınlığında iç tarafı 0.025 mm. kalınlıkta dış tarafı 0.019 mm. kalınlıkta polietilen film ile kaplanmış kraft kağıdından yapılan (paper board) kutularla olur. Sütün depolanması muhakkak soğutulmuş hacimlerde yapılmalı ve oda sıcaklığı tercihan +0.6 ile 4.5°C arasında bulunmalıdır. Soğuk oda mal yoğunluğu 500 kg/m<sup>3</sup> alınıp ayrıca %33 dolaşma boşluğu bırakılmalıdır. Dağıtım işlemi, muhakkak soğutma tertibatlı kamyonlarla yapılmalıdır.

Sütün soğutulması işlemi sırasında +1°C sıcaklıkta soğutulmuş su kullanılmaktadır. Soğutulmuş suyun üretimi (a) suyu püskürterek (Flash system), (b) suyu dondurup tekrar eriterek (Ice bank ehiller), yapılmaktadır. Soğutulmuş su; (a) sütün ve diğer süt-lü mamullerin soğutulması, pastörizesi, (b) Gelen sütün ön soğutma işleminin yapılması, (c) Süt tanklarının sıcaklığının düşürülmesi ve belirli seviyede tutulması, gibi çeşitli maksatlarla kullanılmaktadır.

*Tereyağı:* Tereyağı yapımında ilk işlem Krema'nın sütten ayrılması işlemidir. Bu işlem için önce süt 32°C'den +5°C'ye soğutulur. Daha sonra krema 70 = 80°C'de yarım saat süreyle havuz sistemiyle pastörize edilir. Bir başka pastörize usulü 80 ile 120°C'de takriben 20 saniye süreyle sürekli pastörizasyon işlemidir. Krema, 38°C'ye soğutma suyu ile soğutulduktan sonra mekanik soğutma ile +4.5°C'ye soğutulur. Bu konuda tereyağının kremadan ayrıştırılması işlemi (Churning) uygulanır. Tereyağı habbecikleri +7°C'de su ile yıkanıp takriben 17°C'de, soğuk odaya sevkedilir. Tereyağı +17°C'den +4.5°C'ye yaklaşık 16 saatte soğur ve müteakip işlem için bekletilir. Bu durumda uzun süre bekletilecekse -23°C'de muhafaza edilmelidir. Tereyağı, paketleme, kesme, dağıtım işlemleri için depodan alınır ve paketleme sırasında sıcaklığı +13°C'ye kadar çıkabilir. Paketlenen tereyağı tekrar soğutulmuş odada muhafaza edilir ve kısa süreler için +4.5°C, uzun süreli muhafaza için -23°C oda sıcaklığında tutulmalıdır.

*Dondurma:* Dondurma yapımında uygulanan ana iş sırası; (a) Karışımı hazırlama ve pastörizasyon: +65°C'de yarım saat, (b) Karışımı homojen hale getirme, karıştırma, (c) Karışımı soğutma ve soğuk tutma: +1.1°C'de, (d) Karışımı dondurma: -5 ile -9°C'ye, (e) Dondurmayı sertleştirme, sertleştirme odası sıcaklığı -29 ile -35°C'de tutulduğunda 10 saatte sertleşme işlemi (dondurma sıcaklığı -13 ile -18°C olmalıdır) tamamlanmaktadır. Bir başka sertleştirme usulü donma tüneline -35 ile -45°C hava akımında 1 saat tutarak yapılmaktadır. Dondurmanın ticari ambalaj şekli de sertleştirme usulünde etkindir. Dondurma için ideal dağıtım sıcaklığı -13°C civarındadır, (f) Uzun süre muhafaza edilmek istenen dondurma -23°C'deki soğuk odalarda tutulmalıdır.

Dondurma karışımına konulan maddeler ve özellikleri şöylece sıralanabilir (a) Krema (milk fat); Çukolatalıda min. %8, vanilyalıda min. %10 (b) Serum katıları : Dondurmaya kaygan bir akıcılık, daha iyi dolgu ve daha iyi erime karakteristiği vermek için konulur, dondurmanın en fazla %40'ını oluşturur. Serum katılarının oluşumu, takriben %54.5 Laktoz, %37 süt proteinleri (Kazein, Albumin, Globulin, vs), %8.5

süt tuzlan (Sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum klorürleri ile sitratlar ve fosfatlar). Serum katılarının dondurmadaki toplam yüzde miktarı en az %6 ile 7 olmalıdır. (Örneğin evde yapılan dondurmalarda (c) Şeker: Dondurmadaki şeker miktarı dondurmanın cinsine göre tayin edilir ve %12 ile 18 arasında değişebilir. Şeker miktarı, donma süresini ve dondurmanın karakterini etkilemektedir; (d) Stabilizör %0.2 ile 0.35 arasında konulur ve Gam Arabik, Sahlep, Gam Akasya gibi maddelerdir.

*Elma:* Elmanın dış, parlak kabuğu elmanın suyunu koruyucu bir tabaka olarak görev yaptığından bunun darbe ve hasar görmemesi bilhassa soğuk depo muhafazası için aranacak ön şarttır. Bu nedenle, soğuk depo da muhafazası düşünülen elmalar kaliteli ve hasar görmemiş olanlardan seçilmelidir. Soğuk depoya konulacak elma için en uygun ambalaj şekli 20 kg.'lık karton kutulardır. Muhafaza sıcaklığı olarak -1 ile +2°C en uygun sıcaklık aralıkları olup kontrollü atmosfer uygulanması da sıcaklık kadar muhafaza süresinin uzatılmasında etken olmaktadır. Kontrollü atmosfer uygulanmış soğuk depolara konulacak elma tercihan elle toplanmış olmalı, soğuk oda sıcaklığı ortalama 0°C (-1 ile 0°C) civarında tutulmalıdır. Kontrollü atmosferin terkiibi, soğuk muhafazanın başlatıldığı ilk ay %2 CO<sub>2</sub> ve %2-3 Oksijen, sonraki aylar %5 CO<sub>2</sub> şeklinde olmalıdır.

*Armut:* Kontrollü atmosfer uygulanması mümkün, fakat ekonomik olmamaktadır. Uygulanırsa, %5 CO<sub>2</sub> ve %0.5 Oksijen terkiibi ile -1°C oda sıcaklığı en uygun sonucu vermektedir. Sızdırmazlık sağlanmış Polietilen kaplı ambalaj kutularında muhafaza şekli, hafif bir CO<sub>2</sub> birikimi sağlayıp hem oksijeni azalttığından ve hem de nem kaybının önlenmesini sağladığı için muhafaza süresinin, örneğin 0.6°C soğuk oda sıcaklığında 1 ile 2 ay daha fazla uzatılmasını sağlamaktadır. Aynı tür, sızdırmazlık sağlanmış polietilen kaplı ambalajlar (Sealed polyethylene box liner) Kiraz için de uygulanmakta ve oksijeni azaltıp nemin muhafaza edilebilmesi sonucu, soğuk oda muhafaza süresi 10 ile 15 gün uzatılabilmektedir. Daha basit ve sızdırmazlık sağlanmamış tür kaplama malzemesi (Non sealed film liners) Elma, gül fidanı, çilek fidanı için sık sık kullanılmakta olup daha başka meyve ve sebzeler için de iyi sonuçlar vermekte (soğuk muhafaza sırasında aşırı nem ve ağırlık kaybına uğramaya müsait maddeler için) ve evaporatörde aşırı karlanmanın önlenmesinde de fayda sağlamaktadır.

*Üzüm:* Nem kaybının yavaşlatılması, soğuk muhafaza süresinin uzatılmasında en etken önlemdir. Üzümde dış yüzey/hacim oranı çok yüksek olduğundan bu madde nem kaybına çok müsaittir. Diğer yandan, mikroorganizmanın yok edilmesi de muhafaza süresinin uzatılması için önemli olup bu maksatla SO<sub>2</sub> ile fumigasyon yapılması sık sık uygulanan bir önlemdir.

*Çiçek:* Çoğu tür çiçek için -0.6 ile +0.6°C en uygun muhafaza sıcaklığı olmaktadır. Bazı türler için bu sınır -0.6 ile +1.7°C arasında olabilmektedir. Çiçekler, meyve veya sebzelerle ve yeşilliklerle aynı soğuk odada muhafaza edilmemelidir. Zira, meyve, sebze ve yeşilliklerin birçoğu etilen ve benzeri gazlar çıkardığından bu, çiçeklerde zarar ve tahribatta sebep olmaktadır.

**Sebze Tohumu :** Çok uzun süre muhafaza için (birkaç sene) -7°C ve % 15-25 Relatif nem şartları gerekir.

*Bal:* +10°C'in altında senelerce bozulmadan kalır. +10 ile 18°C arasındaki sıcaklıklarda granülasyon olmaya başlar ve +27 ile 38°C arasında bozulma hızlanır. Sürekli olarak +29 ile 32°C arasındaki sıcaklıklarda tutulursa bozulma yavaş ve 32 ile 38°C arasındaki sıcaklıklarda bozulma daha hızlı olmaktadır. Balın içindeki su miktarı %20'nin üzerinde ise fermantasyon tehlikesi ortaya çıkabilir. Petek balın soğuk oda



muhafazası sırasında odanın relatif nem seviyesi %60'ın altında olmalıdır.

*Bira:* Fıçı birası +2 ile 4°C'de 3-6 hafta emniyetle muhafaza edilebilmektedir. Şişelenmiş, pastörize edilmiş bira ise +21 ile 24°C'de ve güneş ışınlarından korunmak şartıyla 3-6 ay muhafaza edilebilir.

*Konserve:* Pişirilmiş maddeler +24°C'de 2-3 ay, diğer çığ sebze ve meyve konserveleeri 1 seneye kadar muhafaza edilebilmektedir. Muhafaza süresi uzatıldıkça konserve gitgide renk, lezzet, besi değeri ve görünümünü kaybederek bozulmakta, kutu paslanması da buna eklenmektedir.

*Kürk:* Dikilmiş, giyilecek hale getirilmiş kürk genellikle +1 ile 4°C'de muhafaza edilir. Ham, işlenmemiş kürk ise -12 ile -23°C'de ve %45 ile 60 relatif nem seviyesinde tutulan soğuk odalarda 2 seneye kadar muhafaza edilebilmektedir.

*Muz:* +13°C'nin altındaki sıcaklıklarda kabuk tahribatı (Peel injury) olmaktadır.

*Patates:* Koku yönünden diğer maddeleri çok etkiler; bihassa meyve, yumurta, süt mamulleri ve kuru yemiş gibi maddeleriyle birlikte aynı soğuk odada muhafaza edilmemelidir.

*Donma Usulleri:* Derin soğutma altında muhafaza edilecek maddelere uygulanan dondurma usulleri, 2 grupta toplanabilir:

- 1) Yavaş Dondurma : Genellikle -18 ile -40°C'de muhafaza edilen odalara malın konulup durgun hava içinde dondurulması. Bu tür odaların evaporatör/soğutucuları genellikle tabii konveksiyonlu tiptedir. Et türleri için uygun olup meyve ve sebzeler için uygun olmamaktadır.
- 2) Çabuk Dondurma: Bu usul 3 değişik tarzda yapılmaktadır ve hem et türleri için hem de meyve ve sebzeler için iyi sonuç vermektedir.
  - 2a) Daldırma Metodu: Donma sıcaklığı çok düşük bir akışkanın içine malın daldırılması ile sağlanır. Yüksek ısı transferi katsayıları söz konusu olduğundan malın süratle soğutulup dondurulması sağlanabilmektedir. Bu usulün mahzuru, soğutucu akışkana daldırılan malın öz suyunun soğutucu akışkana karışması ve evsafını bozmasıdır (Bilhassa donma noktasını yükseltmesi). Soğutucu akışkan olarak tuzlu su/salamura kullanıldığında tuzlu su, gıda maddesinin içine nüfuz ederek tadını bozabilir. Bu gibi uygulamalarda gıda maddesinin üzeri hava ve suyu geçirmeyen ince bir koruyucu örtü ile kaplanarak tuzlu suyun ve havanın içeri girmesi önlenir. Bu koruyucu örtü Alüminyum folyo, kalaydan folyo, emprenye kağıt-karton, vaxlı kağıtlar, selofan kağıdı, polietilen örtü ve diğer özel plastikler olarak geniş ölçüde kullanılmaktadır. Dondurulacak maddenin üzeri koruyucu örtü ile örtülürken içerisine vakum uygulanarak hava alınırsa hem oksijenin bozucu etkisi yok edilmiş hem de daldırma sırasında hava tabakasının ısı geçişini engellemesi önlenmiş olmaktadır. Daldırma usulü ile dondurma şekli en çok balık, tavuk ve karides'e uygulanmakta ve en iyi sonucu vermektedir. Bu usulde, malın dış yüzeyi ince bir buz tabakası ile kaplandığından ileriki (donmuş muhafaza) safhada malın bünyesinden aşırı su kaybı önlenmiş olmaktadır.
  - 2b) İndirekt Temas ile Dondurma: Madeni-iç boşluklu plakaların içerisinden soğutucu akışkan geçirilerek dış yüzeylerine temas ettirilen malların dondurulması sağlanır. Daha ziyade küçük miktarlardaki malların dondurulması için uygun olmaktadır. Bazı türlerinde madeni pleytler hidrolik olarak hareket ettirilerek aradaki mal ile iki yüzeyden de sıkı bir temas sağlanmakta ve böylece donma

süresinin daha kısa olması mümkün olmaktadır. Donma sona erdiğinde pleytler hidrolik olarak aralanıp donmuş mal kolayca dışarı alınabilmektedir.

- 2c) Hava Tüneli (Air Blast) : Donma tüneli veya şok tüneli olarak da adlandırılan bu dondurma usulünde düşük sıcaklıktaki yüksek hızlı hava akımının hem sıcaklık farkından hem de hızının fazlalığıyla sağlanan yüksek ısı transferinden yararlanılmaktadır. Dikkat edilmesi gereken husus; hava akımları dondurulacak malın etrafında rahatça ve *çepeçevre* geçebilmelidir. Bu usul, bilhassa şekil ve fiziki boyutları yönünden düzgünsüz olan mallar için uygun olmakta ve iyi sonuç vermektedir.

*Ticari Dolap Türleri:* Gıda maddelerinin pazarlanması sırasında soğuk muhafazasını sağlayan bu elemanları 3 gruba ayırmak mümkündür :

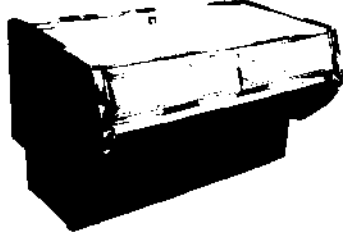
- 1) Malın dıştan koyup-alma şeklindeki soğutucular/dolaplar
- 2) içine girilerek mal konulup alınan soğutucular/dolaplar
- 3) Malın teşhir edilebildiği soğutucular/dolaplar
  - 3a) Şelf servis dolapları
    - 3aa) Malların üzeri açık olan tip
    - 3ab) Malların üzeri kapalı olan tip
  - 3b) Servis-hizmet gerektiren dolaplar

*Diğer özel maksat soğutucuları ise şöylece sıralanabilir :*

- a) Tezgah arkası dolapları (üzeri banko şeklinde)
- b) Çiçekçi dükkanları için özel soğutucu dolaplar
- c) Hamur muhafaza-mayalandırma kontrol dolapları
- d) Şekerleme muhafaza dolapları
- e) Morg odaları ve ceset muhafaza dolapları
- f) Meşrubat soğutucuları ve havuzları
- g) Süt soğutma dolapları
- h) Süt ve meşrubat dağıtım dolapları
- i) Soda-şerbetlik servis elemanları (musluklu)
- j) Dondurma makinaları ve muhafaza bölümleri
- k) Su soğutucular
  - 1) Buz makinaları ve buz muhafaza kutuları

*Emniyet Katsayısı:* Soğutma yükü yukarıda izah edildiği şekilde hesaplandıktan sonra soğutma cihaz ve ekipmanının bir saatte vermesi gereken soğutma kapasitelerini saptamadan önce hesaplanan soğutma yüküne %5 ile 10 arasında bir ilave yapılması teamül haline gelmiştir. Böylece, önceden bilinmeyen ve beklenmeyen

ısl yüklerin nazarı dikkate alınması mümkün olabilmekte ve geçmiş tecrübelerle de bunun uygun olduğu ortaya çıkmış bulunmaktadır. Emniyet katsayısı olarak mümkün olduğu kadar %10 değerini veya buna yakın değerleri kullanmak tavsiye edilmektedir.



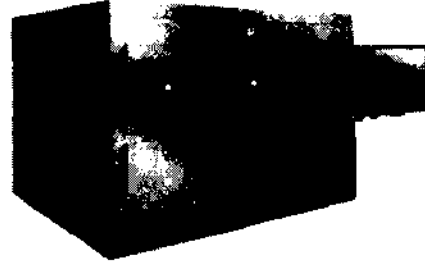
a) Açık Tip/Self-Servis Soğutucu



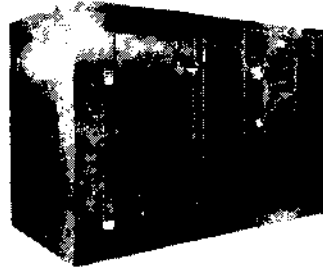
b) Kapalı/Vitrin Tipi Soğutucu



c) Buz makinesi ve Buz Muhafaza Kutusu



d) Ceset Soğuk Muhafaza (Morg) Dolabı



e) içine Girilebilir Tip Portatif Soğuk Oda