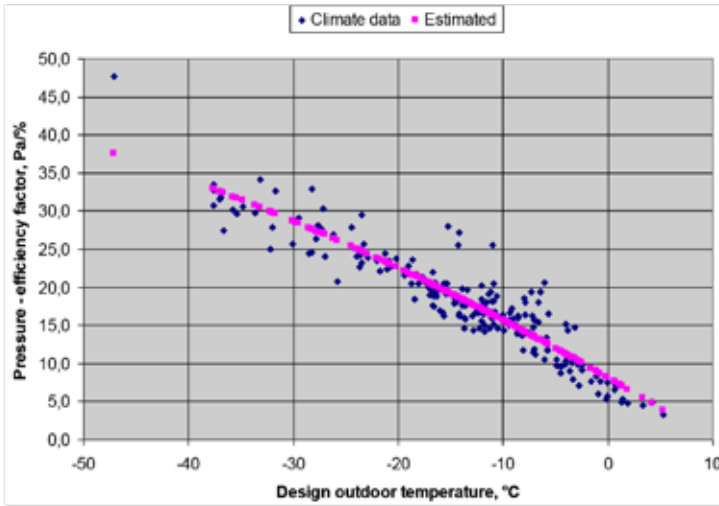


- Isı geri kazanım bölümünün basınç düşüşü değerlendirilmesi için, kış zamanı için olan ısı geri kazanımı boyunca tasarım hava debileri alınmalıdır. Basınç düşüşü, yoğunlaşma dikkate alınmadığından artar.
- Isı borulu sistemler için ısı geri kazanım verimliliği figürleri, gerçek etilen glikol tasarım yüzdeleri, tasarım sıvı akışları ve tasarım giriş sıcaklıkları tabanlı olmalıdır.
- Elektrik enerjisi ve termal enerji arasındaki ağırlık oranı 2'dir (1 kWh elektrik enerjisi  $\approx$  2 kWh (birincil) termal enerji).
- Bir ısı geri kazanım sisteminin basınç düşüşü ile verimliliği arasındaki eşitlik için ampirik bir formül, dış iklimin bir fonksiyonu olarak, tüm Avrupa'da yapılan çeşitli enerji tüketim hesaplamalarından elde edilmiştir (bkz. Şekil 1):

$$f_{pe} = (-0,0035 \times t_{ODA} - 0,79) \times t_{ODA} + 8,1 \text{ [Pa/\%]}$$



Şekil 1: Eşitlik Verimliliği / Basınç Düşüşü

Tablo 1: Enerji verimliliği hesaplamaları için tablo

SINIF	Tüm Üniteler	Tasarım kış sıcaklığındaki tam veya kısmi dış hava için üniteler $\leq 9$ °C.		Kullanılan güç faktörü $f_{sınıf-Pref}$ [-]
	Hız $v_{sınıf}$ [m/s]	Isı geri kazanım sistemi $\eta_{sınıf}$ [%]	$\Delta p_{sınıf}$ [Pa]	
A / AÇ / A↑	1.8	75	280	0.9
B / BÇ / B↑	2.0	67	230	0.95
C / CÇ / C↑	2.2	57	170	1.0
D / DÇ / D↑	2.5	47	125	1.06
E / EÇ / E↑	2.8	37	100	1.12
<E / <EÇ / <E↑	Hesaplama gerekli değil			Gerekli değil

En düşük sınıflar <E, <EÇ ve <E↑ gerekliliklere sahip değildir.

## Klima Santrali Alt Grupları

Farklı etiket işaretlerine sahip üç alt grup tanımlanmıştır:

- 1) Tasarım kış sıcaklığındaki tam veya kısmi  $\leq 9$  °C dış hava kullanan üniteler .

Bu alt grup, dış havaya tasarım dış hava sıcaklığı ile bağlı ünitelerden oluşur, kış zamanı  $\leq 9$  °C. Eğer ünite bir karışım bölümü içeriyorsa, resirkülasyon havasının miktarı %85'ten az olduğu sürece bu grup içindeymiş gibi davranılacaktır. Eğer daha fazla resirkülasyon talep edilirse, basınç düzeltmesi  $\Delta p_z$  için uygulanabilir eşitlikte %85 için hesaplama değeri kullanılmalıdır. Bu alt grup, filtre çapraz kesitindeki hızı, IGKS verimliliğini ve basınç düşüşünü ve de fan(lar) için şebeke güç tüketimini dikkate alacaktır. Sınıf işaretleri **AÇ - <EÇ** şeklindedir.

- 2) Resirkülasyon üniteleri veya tasarım giriş sıcaklıkları  $> 9$  °C olan üniteler.

Bu alt grup, %100 resirkülasyon havasına sahip üniteleri, kış zamanı  $> 9$  °C sırasında tasarım dış hava sıcaklığı dış havaya bağlı üniteleri veya bir ilave hava ünitesinin yukarı akışından yayılan (önceden ayarlanmış) giriş sıcaklığı  $> 9$  °C olan üniteleri içerir. Bu alt grup, sadece filtre bölümünün çapraz kesit hızını ve fan/fanlar için şebeke güç tüketimini dikkate alır. Sınıf işaretleri **AÇ - <EÇ** arasındadır.

- 3) Sadece egzoz üniteleri

Sadece egzoz üniteleri için alt gruptur (Bu bir ünite uygulamasına bir enerji etiketi uygulamanın ilk sebebi, bunların ısı geri kazanımı içerebilmeleridir. Diğer sebep ise tasarım dış hava sıcaklığının bu tür üniteler için herhangi bir alâyaya sahip olmamasıdır). Bu alt grup, sadece filtre bölümünün çapraz kesit hızını ve fan/fanlar için şebeke güç tüketimini dikkate alır. Sınıf işaretleri **AÇ - <EÇ** arasındadır.

## Metodoloji

Prensip, farklı enerji parametrelerine sahip seçilen ünitenin, Tablo 1’de hedeflenenler için gereklilikleri tam olarak karşılayacak bir üniteden daha fazla enerji tüketip tüketmediğini belirlemektir.

İlgili hava tarafları, besleme ve/veya egzoz için şu dört adımı gerçekleştirir:

1. Bir KS’nin belirli bir sınıfın gerekliliklerini karşılamak için tasarlandığını varsayın ve Tablo 1’den ilgili sınıf değerlerini (“sınıf” alt simgesi):

- hız sınıf için
- kullanılan motor gücü  $f_{\text{sınıf-Pref}}$

Eğer alt grup 1 ise (tasarım kış sıcaklığı  $\leq 9^\circ\text{C}$ ’deki tam veya kısmi dış hava için üniteler), ayrıca şunu uygulayın:

- ısı geri kazanım verimliliği  $\eta_{\text{sınıf}}$
  - basınç düşüşü  $\Delta p_{\text{sınıf}}$
2. Tasarım hava debisi, kış zamanı, gerçek seçim değeri (alt simge “s”) değerlerinde sınıflandırılacak gerçek klima santrali için kullanın:
- fan statik basınç artışı  $\Delta p_{\text{ps-statik}}$
  - cihaz dışı basınç düşüşü  $\Delta p_{\text{ps-dış}}$
  - hız vs
  - eğer besleme havası tarafı ise şebekeden seçilen fana beslenen güç Ps-sup aksi halde Ps-ext

eğer alt grup 1 ise, şunu da kullanın

- IGKS kuru verimlilik  $\eta_s$
- IGKS basınç düşüşü  $\Delta p_{\text{s-IGKS}}$

3. Hıza bağlı basınç düzeltmesini hesaplayın  $\Delta p_x$

Eğer alt grup 1 ise, o zaman şunu hesaplayın:

- IGKS basınç düşüşüne bağlı basınç düzeltmesi  $\Delta p_y$
- IGKS verimliliğine bağlı basınç düzeltmesi  $\Delta p_z$

4. Gerçek klima santrali tarafı için fan referans gücünü hesaplayın Phava tarafı-ref, yani  $P_{\text{sup-ref}}$  eğer besleme hava tarafı veya egzoz çıkan hava tarafı ise  $P_{\text{ext-ref}}$

Son kontrol, seçilen ünitenin hedeflenen sınıf için kullanılan güç tüketimi kriterlerini karşılayıp karşılamadığını doğrulamaktan oluşur. Yani kullanılan güç faktörünü hesaplayın  $f_{\text{s-Pref}}$ . Eğer hedeflenen sınıf için Tablo 1’de,  $f_{\text{s-Pref}}$  değeri  $f_{\text{class-Pref}}$  değerine eşit veya bundan düşükse, ünite sınıf gerekliliklerini karşılar. Aksi halde, aynı hesaplama prosedürü, daha düşük bir sınıf için tekrarlanmalıdır.

## Hıza bağlı basınç düzeltmesi; $\Delta p_x$

$$\Delta p_x = (\Delta p_{\text{s-internal}} - \Delta p_{\text{s-HRS}}) \times \left\{ 1 - \left( \frac{v_{\text{class}}}{v_s} \right)^{1.4} \right\}$$

burada:

$\Delta p_x$  = hıza bağlı basınç düzeltmesi [Pa]

$\Delta p_{\text{s-iç}} = \Delta p_{\text{s-statik}} - \Delta p_{\text{s-dış}}$  komponentlerdeki iç basınç düşüşü; sistem etki basınç düşümü hariç [Pa]

$\Delta p_{\text{s-statik}}$  = fan girişi ve fan çıkışı [Pa] arasında ölçülen kullanışlı fan statik basınç artışı

$\Delta p_{\text{s-dış}}$  = harici (kanal sistemi) basınç düşüşü [Pa]

$\Delta p_{\text{s-IGKS}}$  = IGKS basınç düşüşü [Pa] (0 eğer hiç IGKS yoksa ya da alt grup 2 veya 3)

$v_{\text{sınıf}}$  = Tablo 1’dekideğer [m/s]

$v_s$  = KS filtresi (eğer filtre yoksa fan) çapraz kesitindeki hız [m/s]

Hız için basınç düşüş düzeltmesi, ana enerji için eşitlik figürleri ve ısı geri kazanımı için düzeltmeler ile, enerji sınıfı ile tam uyumlu bir üniteyle karşılaştırıldığında ortaya çıkan statik basınç fazlalığına veya eksikliğine bir dönüşüm yapmak mümkündür. Statik basınçta fazlalık olması, gerçek ünitenin daha yüksek bir statik basınç talep etmesi anlamına gelir; statik basınçta eksiklik olması ise gerçek ünitenin sınıfla uyumlu üniteden daha düşük bir statik basınca ihtiyaç duyduğu anlamını taşır. Bu yüzden, bir statik basınç fazlalığı, daha yüksek bir enerji tüketimi, bir statik basınç eksikliği ise daha az enerji tüketimi demektir.

## IGKS basınç düşüşüne bağlı basınç düzeltmesi; $\Delta p_y$

$$\Delta p_y = \Delta p_{\text{s-HRS}} - \Delta p_{\text{class}}$$

burada:

$\Delta p_y$  = IGKS basınç düşüşüne bağlı basınç düzeltmesi [Pa]

$\Delta p_{\text{s-IGKS}}$  = IGKS basınç düşüşü (0 eğer hiç IGKS yoksa ya da alt grup 2 veya 3) [Pa]

$\Delta p_{\text{sınıf}}$  = Tablo 1’den değer [Pa] (eğer alt grup 2 veya 3 ise 0)

## IGKS verimliliğine bağlı basınç düzeltmesi; $\Delta p_z$

$$\Delta p_z = (\eta_{\text{class}} - \eta_s + 5 \times c_{\text{heater}}) \times \left( 1 - \frac{mr}{100} \right) \times f_{\text{pe}}$$

burada:

$\Delta p_z$  = IGKS verimliliğine bağlı basınç düzeltmesi [Pa]

$\eta_s$  = IGKS kuru verimlilik kış [%] (0 eğer hiç IGKS yoksa ya da alt grup 2 veya 3)

$\eta_{sinf}$  = değer Tablo 1'den [%] (eğer alt grup 2 veya 3 ise 0)

$m_r$  = karıştırma oranı, kış (resirkülasyon havası / besleme havası; maksimum), izin verilen aralık 0 - 85 [%]

$f_{pe}$  = basınç – verimlilik faktörü =

$$(-0,0035 t_{ODA} - 0,79) t_{ODA} + 8,1 \text{ [Pa/\%]}$$

$t_{ODA}$  = tasarım dış hava sıcaklığı, kış [°C]

$c_{ısıtıcı}$  = elektrikli ısıtıcı için düzeltme (ilave ısıtıcı, yani ısıtıcı akışın alt tarafına IGKS).

= elektrikli ısıtıcı olmadığında 0

= bir elektrikli ısıtıcı olduğunda 1

## Fan referans gücü; P<sub>sup-ref</sub> eğer besleme havası tarafı ise, P<sub>ext-ref</sub> eğer egzoz hava tarafı ise

Toplam statik basınç düzeltmesi  $\Delta p_x + \Delta p_y + \Delta p_z$  pozitif veya negatif bir değere sahiptir. Negatif bir değer, seçilen ünite için gerekli olan statik basıncın, sınıfla uyumlu ünitenin olabileceği statik basınçtan daha düşük olduğu anlamına gelir. Pozitif bir basınç değeri içinse durum tam tersidir. Şimdi, seçilen ünitenin mevcut statik basıncından, hesaplanan basınç düzeltmeleri hesaba katılarak, bir sınıf uyumlu ünite için fan referans gücü elde edilmelidir.

$$P_{air side-ref} = \left( \frac{\Delta p_{s-static} - (\Delta p_x + \Delta p_y + \Delta p_z)}{450} \right)^{0,925} \times (q_{v-s} + 0,08)^{0,95}$$

burada:

$P_{HAVA \text{ TARAFI-REF}}$  = fan referans gücü [kW] (besleme havası tarafı için  $P_{SUP-REF}$  ya da egzoz havası tarafı için  $P_{EXT-REF}$  kullanın)

$q_{v-s}$  = hava debisi [m<sup>3</sup>/s]

## Kullanılan güç faktörü; f<sub>s-Pref</sub>

$$f_{s-Pref} = \frac{P_{s-sup} + P_{s-ext}}{P_{sup-ref} + P_{ext-ref}}$$

burada:

$f_{s-Pref}$  = kullanılan güç faktörü

$P_{s-sup}$  = şebekeden beslenen aktif güç, her türlü motor kontrol ekipmanı dahil, seçilen besleme hava fanına [kW]

$P_{s-ext}$  = şebekeden beslenen aktif güç, her türlü motor kontrol ekipmanı dahil, seçilen çıkış hava fanına [kW]

$P_{sup-ref}$  = besleme hava fanı referans gücü [kW]

$P_{ext-ref}$  = çıkış hava fanı referans gücü [kW]

Isı borulu sistemler için ısı geri kazanımı ısı borulu sistemler için aşağıdakiler geçerlidir.

Glikol veya sıcaklıkla ilgili olarak, hiçbir verimlilik düzeltmesi dikkate alınmamalıdır: verimlilik, gerçek glikol yüzdesi ile gerçek sıcaklıklar üzerinden değerlendirilecektir.

Dengeli hava akışlarındaki verimlilik için bir düzeltme uygulanmalıdır. Gerçek düzeltme seçim yazılımından elde edilebiliyorsa, bunu kullanmak her zaman mümkündür. Aksi halde şu eşitlik kullanılmalıdır:

$$\varphi_{1:1} = \varphi_s \times \sqrt{\frac{\dot{m}_{ODA}}{\dot{m}_{ETA}}}$$

$\varphi_{1:1}$	= dengeli hava debileri için verimlilik [%]
$\varphi_s$	= dengesiz hava debileri için gerçek verimlilik [%]
$\dot{m}_{ODA}$	= dış (besleme) hava debisi [kg/s]
$\dot{m}_{ETA}$	= egzoz havası debisi [kg/s]

Eşitlik, minimum 0,6 egzoz hava debisi x besleme hava tarafı veya maksimum 1,2 egzoz hava debisi x besleme hava tarafı için geçerlidir. Eğer oran limitlerin dışına çıkarsa, 0,6 ve 1,2 düzeltmeleri kullanılmalıdır.

## Sonuç

Bu çalışmada belirtildiği üzere klima santrali enerji sınıfı hesaplamasında çok fazla parametre belirleyici rol oynamaktadır. Sistemlerin doğru seçimi ve verimli işletilmesi için tüm bu parametrelerin enerji sınıfına etkisinin bilinmesi son derece önemlidir. Hesaplamayı yaparken sadece tek bir parametreyi değil onu değiştirirken diğer sistem parametrelerine olumlu/olumsuz etkisi iyi değerlendirilmelidir.

Eurovent'in sitesinden enerji sınıfı hesaplama föyü online olarak kullanılabilir. Ayrıca excel formatında bilgisayarınıza kopyalanabilmektedir. Özellikle excel dosyası farklı koşullarda hesaplamalar yapmak ve hesaplama yönteminin algoritmasını anlamak için oldukça faydalıdır.

Eurovent AHU PG ve CC komiteleri mevcut hesaplama metodunu geliştirmek için üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmalar yakında Avrupa'da CE belgesinin bir gerekliliği olacak Ecodesign kriterleri ve diğer üye ülkelerdeki enerji sınıfı hesaplama yöntemlerine adaptasyon ile ilgili olarak devam etmektedir. Eurovent'te Mayıs 2015 itibarı ile 94 firma klima santrali için Eurovent sertifikasına sahiptir. Bu firmalardan 16 tanesi Türkiye'de üretim yapan ulusal veya uluslararası firmalardır. Sertifikasyon sürecine katılan Türk firmalarının 6 ayda bir düzenlenen ve bu sertifikasyon sürecinin her aşamasındaki kararların alındığı CC ve PG toplantılarına

katılmaları ve söz sahibi olmaları oldukça önemlidir. Şuana kadar bu toplantılara 1-2 Türk firması harici maalesef katılmamaktadır.

## Kaynaklar

- [1] EN 13053, "Binalar için havalandırma - Klima Santralleri - Üniteler, bileşenler ve bölümler için güç ve performans", 2006+A1:2011.
- [2] EUROVENT Air Handling Units Energy Efficiency Class, Fourth Edition, 2013.



## AHU - Energy Efficiency Calculation



Input data			
	Supply	Extract	
Fan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Design temperature	<input type="text" value="-10"/>		°C
Mixing ratio	<input type="text" value="80"/>		%
Cross section reference	<input type="text" value="1,7"/>	<input type="text" value="1,7"/>	m/s
Air flow	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="10000"/>	m³/h
Internal static pressure	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="200"/>	Pa
Total static pressure	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="1000"/>	Pa
Motor power absorbed	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="4"/>	kW
Heat Recovery System [HRS] dry efficiency	<input type="text" value="82"/>	<input type="text" value="82"/>	%
HRS pressure drop	<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="150"/>	Pa
Downstream (after HRS) electrical heater	<input checked="" type="checkbox"/>		
Reference velocity	v2012 <input type="checkbox"/> v2014 <input checked="" type="checkbox"/>		Clean fields <input type="button" value="Calculate"/>