

# **BÜYÜK KAPASİTELİ SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KOJENERASYON KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

*Dr. Canan CİMŞİT, Prof. Dr. İlhan Tekin ÖZTÜRK*

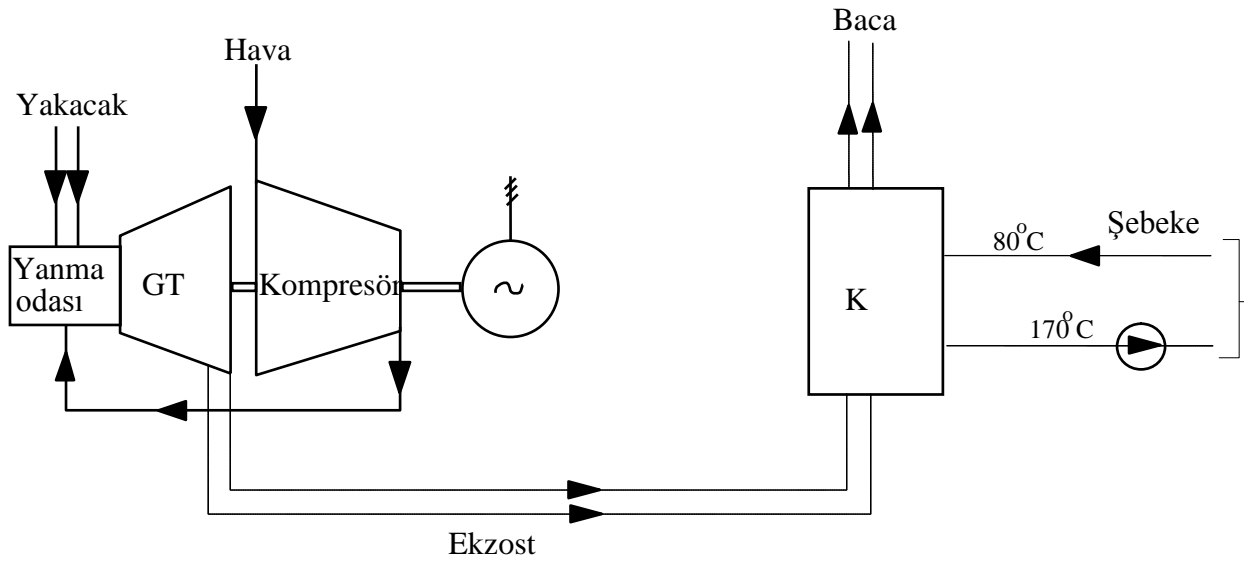
*Kocaeli Üniversitesi*

- Bu çalışmada kojenerasyon sisteminden elde edilen enerjinin büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde kullanım durumu analiz edilmiştir. Kojenerasyon tesisi kullanılarak üretilen elektrik ve ısı enerjisinin; buhar sıkıştırmalı, buhar sıkıştırmalı-absorbsiyonlu kaskad ve kombine soğutma sistemlerinde kullanılabilirliği incelenmiştir.
- Buhar sıkıştırmalı-absorbsiyonlu kaskad soğutma sisteminin absorbsiyonlu kısmında  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  akışkan çiftine alternatif olarak  $\text{LiBr-H}_2\text{O}$  çiftinin kullanılması buhar sıkıştırmalı kısmında ise  $\text{NH}_3$  kullanılması durumlarının teorik termodinamik analizleri yapılmıştır.

- Dünyadaki artan nüfus ve sanayileşmeye paralel olarak enerji problemi de hızlı bir şekilde artmaktadır. Enerji kaynaklarının (fosil yakıtların) tükenebilir veya sınırlı miktarda oluşundan dolayı bunların etkin ve verimli kullanılmasıyla birlikte alternatif kaynakların da geliştirilmesi gerekmektedir.
- Klasik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların ozon tabakasına zararlı etkileri ve günümüzde yaşanan enerji darboğazı nedeniyle özellikle absorpsiyonlu soğutma sistemleri büyük önem kazanmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan akışkan çiftlerinin ozon tabakasına zarar vermemesi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, atık ısı gibi kaynakların kullanılabilmesi nedeniyle absorpsiyonlu soğutma sistemleri daha avantajlı bir konuma gelmiştir.
- Kojenerasyon ısı ve elektrik enerjisinin birlikte üretilmesiyle hem ekonomik hem de olumlu çevresel etkileri olan bir sistemdir. Bu sistemlerle üretilen elektrik ve ısı enerjisinin soğutma sistemlerinde kullanılması durumunda hem yakıt ekonomisi hem de sera gazlarının azaltılması sağlanarak çevre korunmasına yardımcı olunacağı söylenebilir.

## 2.KOJENERASYONUN SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI

- Kojenerasyon sistemlerinde enerji; ısı ve elektrik olmak üzere aynı sistemden birlikte üretilir. Ana tahrik mekanizmasında tüketilen enerjiden ardışık olarak elektrik ve yararlı ısı, sıcak su ya da buhar üreterek önemli ölçüde enerji tasarrufu ile ekonomik kazanç sağlamak mümkündür. Basit çevrimle çalışan ve fosil yakıt kullanılarak sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru ile kullanılan enerjinin % 30–45' i kadarı elektrik enerjisine çevirebilir. Sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin büyük bir kısmı da faydalanılabilir enerjiye dönüştürülerek, toplam tüketilen birincil enerjinin %70-90 kadarı değerlendirilmiş olur.
- Kojenerasyon tesisleri, kentsel yerleşimler ve sanayinin birçok uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Şekil 1). Enerjinin tüketildiği yerde üretimi de sağlanan bu tesislerle kentsel yerleşimlerin ısıtma ve soğutma ihtiyaçları hem ekonomik hem de çevre koruması sağlanarak karşılanabilmektedir. Ayrıca uygulamalarda kullanılan trijenerasyon sistemleriyle ısı ve elektrik enerjisinin yanında ısının bir kısmı kullanılarak soğutma da yapılabilmektedir yani santral aynı anda üç işlevi yerine getirecek şekilde çalışabilmektedir.



Şekil 1. Gaz türbinli basit bir kojenerasyon sistemi

Kojenerasyon ve trijenerasyon tesislerinin en büyük avantajı ihtiyaç duyulan enerji türlerinin istenildiği zaman ve miktarda üretebilmesidir. Bu tesisler kendi enerjilerini kendileri ürettiklerinden dışa bağımlı olmazlar. Ayrıca üretilen enerjinin devamlılığı da söz konusu olabilmektedir.

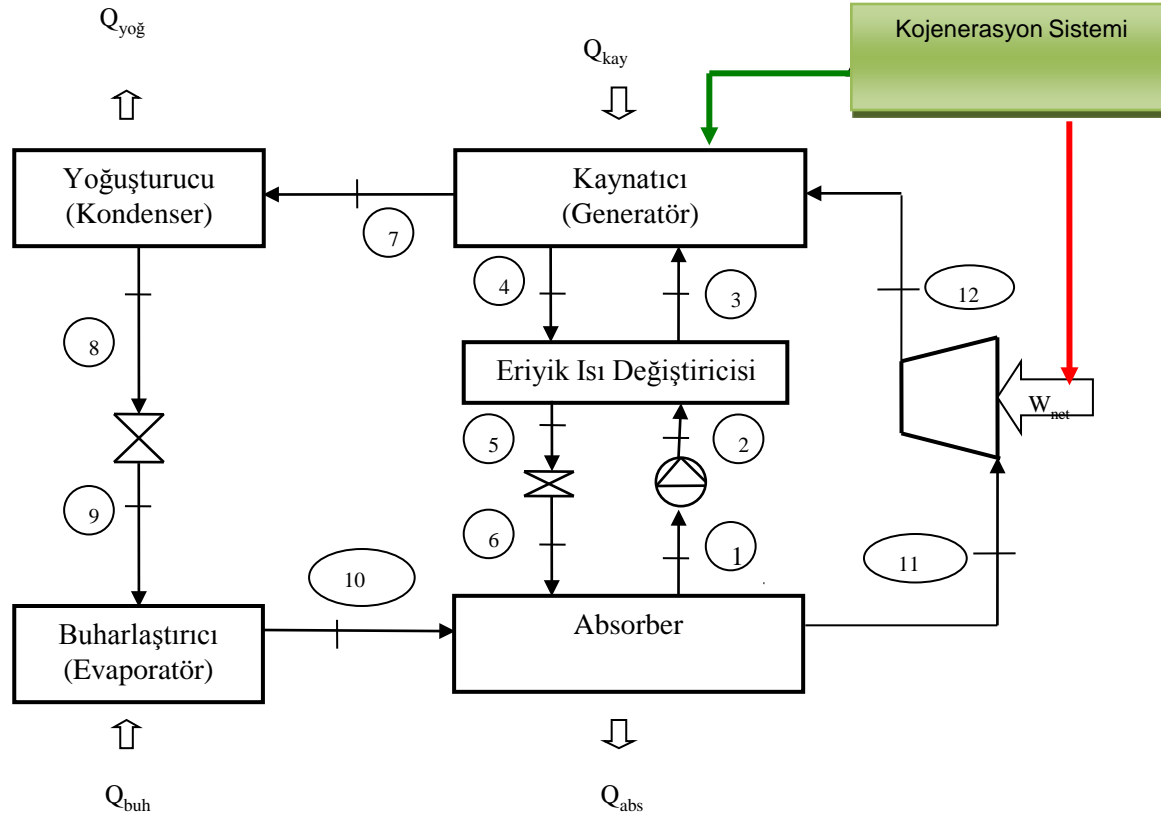
Kojenerasyon sistemleri kurularak ısıtılacak mekanların, sıcaklığı 60–180oC arasında değişen sıcak su ihtiyacı karşılanabildiği gibi endüstriyel alanda da proses ısısına gereksinim duyan tesislerin ısı ihtiyaçları bir buhar türbininin çıkışından veya çürük buhardan yararlanılarak karşılanabilir. Bu yüzden birleşik ısı ve güç tesislerindeki enerji tasarrufu büyük boyutludur.

Özellikle endüstriyel tesislerde büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde ya da aynı tesis için kullanılan farklı amaçlı soğutma sistemlerinin örneğin -20oC'ye proses soğutulması ve ya soğuk oda için gerekli soğutmayla beraber klima sistemleri için duyulan soğutma ihtiyacı için kompresörlerin çalıştırılması için hem elektrik enerjisi hem de absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin çalıştırılabilmesi için yeterli miktarda ısı enerjisine ihtiyaç duyulabilir. Uygun seçilmiş kojenerasyon ve trijenerasyon tesisleri ihtiyaç duyulan bu elektrik ve ısı enerjilerini karşılayabilir.

## 2.1 Absorbsiyonlu-Buhar Sıkıştırılmalı Kombine Soğutma

### Sistemlerinde Kojenerasyon Kullanımı

- Absorbsiyonlu-buhar sıkıştırılmalı kombine soğutma sisteminin analizi Ayala ve diğ. (1997) tarafından  $\text{NH}_3\text{-LiNO}_3$  akışkan çifti kullanılarak yapılmıştır. Kombine soğutma çevriminin performansının buhar sıkıştırılmalı veya absorpsiyonlu soğutma çevrimlerinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.
- Bu çalışmanın ilk kısmında kombine soğutma sistemi için  $\text{NH}_3\text{-LiNO}_3$  yerine  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  eriyiği kullanılarak sistemin analizi yapılmıştır. Bu analiz için esas olmak üzere tek kademeli  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  eriyiği ile çalışan absorpsiyonlu-buhar sıkıştırılmalı kombine soğutma çevriminin şematik diyagramı Şekil 2 'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Kojenerasyonlu buhar sıkıştırımlı/absorbsiyonlu kombine soğutma sistemi



- Amonyak-su eriyiği kullanan kombine soğutma sisteminin çalışma prensibini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:
- 
- **1-3:** Absorberden çıkan amonyak bakımından zengin olan eriyik bir pompa aracılığı ile ısı değiştiricisinden geçerek kaynaticıya (generatöre) gelir.
- **3-7:** Burada dışarıdan verilen ısı enerjisiyle soğutucu akışkan buharlaşarak eriyikten ayrılır ve yoğuşturucuya (kondensere) girer.
- **4-6:** Kaynaticıdan amonyak bakımından fakirleşen eriyik ısı değiştiricisinden geçerken zengin eriyiğe ısı vererek absorbere geri döner.
- **8-9:** Yoğuşturucudan doymuş sıvı olarak çıkan amonyak kısılma vanası aracılığıyla buharlaştırıcı basıncına kadar genişletilir.
- 
- **9-10:** Buharlaştırıcıda (evaporatör) amonyak soğutulan ortamdan aldığı ısıyla buharlaşarak absorbere girer.
- **11-12:** Absorberden çıkan bir miktar amonyak kaynaticı basıncına kompresör tarafından sıkıştırılır ve daha sonra kaynaticıda gelen zengin eriyikle birleşir.

## 2.1.1. Absorbsiyonlu-buhar sıkıştırımalı kombine soğutma sistemlerinde kojenerasyon kullanımının termodinamik analizi

- Çevrimlerin termodinamik analizlerinde aşağıda belirtilen kabuller yapılmıştır, bunlar:
- Analiz sürekli rejim şartlarında yapılmıştır.
- Generatör çıkışındaki akışkan kızgın buhar olup sıcaklığı, generatör sıcaklığındadır.
- Kondenserden çıkan soğutucu akışkan, doymuş sıvı fazındadır.
- Evaporatörden çıkan soğutucu akışkan, doymuş buhar fazındadır.
- Absorberden çıkan eriyik, absorber basıncı ve sıcaklığında denge halindedir.
- Generatörden çıkan eriyik, generatör sıcaklığı ve basıncında denge halindedir.
- Sistemde bütün basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
- Absorbsiyonlu sistemde pompanın tükettiği iş ihmal edilmiştir.

- Soğutma sistemindeki paylaşımı görmek için kompresördeki sıkıştırma ile absorpsiyon arasındaki oranı belirlemek için sıkıştırma oranı (CP) parametresi kullanılır. Bu oran, kompresörde sıkıştırılan soğutucu akışkan miktarının ( $\dot{m}_{11}$ ) çevrimde kullanılan toplam soğutucu akışkanın oranına ( $\dot{m}_7$ ) bölünmesiyle elde edilir (Ayala ve diğ., 1997):

$$CP = \frac{\dot{m}_{11}}{\dot{m}_7}$$

- CP=1 karma sistemin yalnızca bir buhar sıkıştırımlı olarak, CP=0 durumunda ise yalnızca bir absorpsiyonlu soğutma sistemi olarak çalıştığını gösterir.

Sistemi oluşturan her bir cihazın kütle ve enerji dengeleri yazılarak ısı kapasitelerinin hesabı aşağıda belirtildiği gibi yapılabilir:

- Yoğuşturucu (Kondenser)

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{m}_7(h_7 - h_8)$$

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_8$$

- Absorber

$$\dot{Q}_{abs} = \dot{m}_6.h_6 + \dot{m}_{10}.h_{10} - \dot{m}_1.h_1 - \dot{m}_{11}.h_{11}$$

$$\dot{m}_6 + \dot{m}_{10} = \dot{m}_1 + \dot{m}_{11}$$

$$\dot{m}_6 x_6 + \dot{m}_{10} x_{10} = \dot{m}_1 x_1 + \dot{m}_{11} x_{11}$$

- Kaynatici (Generatör)

$$\dot{Q}_{kay} = \dot{m}_4.h_4 + \dot{m}_7.h_7 - \dot{m}_3.h_3 - \dot{m}_{12}.h_{12}$$

$$\dot{m}_3 + \dot{m}_{12} = \dot{m}_4 + \dot{m}_7$$

$$\dot{m}_3.x_3 + \dot{m}_{12}.x_{12} = \dot{m}_4.x_4 + \dot{m}_7.x_7$$

Buharlaştırıcı (Evaporatör)

$$\dot{Q}_{buh} = \dot{m}_9.(h_{10} - h_9)$$

$$\dot{m}_9 = \dot{m}_{10}$$

Kompresör

$$W_{komp} = \dot{m}_{12}.(h_{12} - h_{11})$$

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{12}$$

- Eriyik Isı Değişiricisi (EID) kütle ve enerji denge eşitlikleri

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

$$x_2 = x_3$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5$$

$$x_4 = x_5$$

$$\dot{Q}_{EID} = \dot{m}_4(h_4 - h_3)$$

Eriyik genişleme valfinde kütle ve enerji denge eşitlikleri

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6$$

$$h_5 = h_6$$

Soğutkan genişleme valfindeki kütle ve enerji denge eşitlikleri

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9$$

$$h_8 = h_9$$

Pompadaki kütle ve enerji denge eşitlikleri

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\dot{W}_{pompa} = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1)$$

NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O eriyiği için dolaşım oranı

$$f = \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_7} = \frac{1 - x_4}{x_3 - x_4}$$

Soğutma için sistemin soğutma tesir katsayısı

$$STK_{abs-buh} = \frac{\dot{Q}_{buh}}{\dot{Q}_{kay} + \dot{W}_{komp}}$$

- Çalışma koşullarına göre sistem sadece absorpsiyonlu soğutma ya da sadece buhar sıkıştırmalı soğutma şeklinde çalıştırılabilir. Ayrıca sadece absorpsiyonlu soğutma sistemi için kaynatıcıya verilmesi gereken ısıнын yeterli olmadığı durumlarda uygun CP oranlarında sisteme bir kompresör ilavesiyle oluşturulan bu absorpsiyonlu-buhar sıkıştırmalı kombine soğutma sistemleri hem buhar sıkıştırmalı hem de sadece absorpsiyonlu soğutma sistemi durumlarına göre daha ekonomik ve ihtiyacı karşılayabilecek bir şekilde çalıştırılabilir.
- Sonuç olarak; kombine soğutma sistemlerini kojenerasyon sistemiyle birlikte düşünülmesiyle tesisten elde edilen ısıнын kullanılmasıyla daha az elektrik enerjisi tüketimiyle beraber sanayi tipi soğutma işleminde kaliteli enerji (elektrik) veya düşük kaliteli enerji (ısı) kullanım seçenekleri birleştirilebilmektedir.

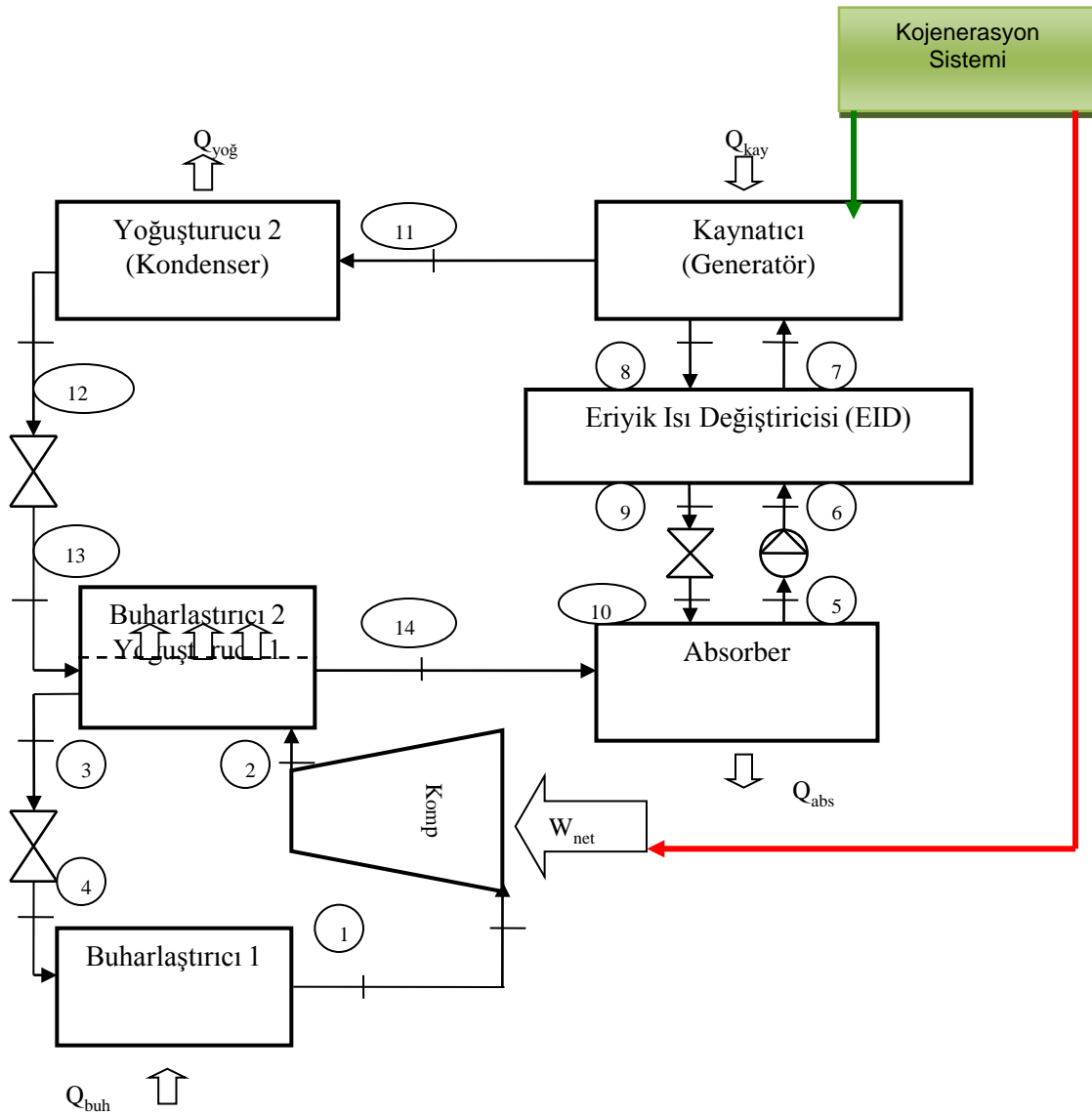


## 2.2. Absorbsiyonlu-Buhar Sıkıştırırmalı Kaskad Soğutma Sistemlerinde Kojenerasyon Kullanımı

- Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin amacı güneş enerjisi, jeotermal enerji ve çeşitli endüstriyel tesislerdeki atık ısı enerjisini kullanarak soğutma işlemleri için gerekli olan enerji ihtiyacını azaltmaktır. Böylece bu soğutma sistemleri hem çevre hem de enerji tasarrufu sağlamaktadır. Buhar sıkıştırırmalı/absorbsiyonlu kaskad sistemlerin kojenerasyon sistemlerle birlikte düşünülmesi sonucunda kojenerasyonun tesisinden elde edilen sıcak su veya buhar ile kaskad çevrimlerinin absorpsiyon kısmı için gerekli olan ısı enerjisi sağlanabilir.

## 2.2.1. Absorbsiyonlu-buhar sıkıştırırmalı kaskad soğutma sistemlerinde kojenerasyon kullanımının termodinamik analizi

- Bu çalışmada Buhar sıkıştırırmalı/absorbsiyonlu kaskad soğutma çevriminin absorbsiyon kısmında NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O akışkan çifti ve LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çiftinin kullanılması durumunun termodinamik analizi yapılmış ve bu sistemin sağladığı avantajlar incelenmiştir.
- Bu kapsamda çevrim olarak absorbsiyon kısmında LiBr-H<sub>2</sub>O ve buhar sıkıştırırmalı kısımda NH<sub>3</sub> kullanılan kaskad çevrim detaylı bir şekilde açıklanmıştır ve bu çevrimin elektrik ve ısı enerji gereksiniminin bir kojenerasyon çevrimi tarafından karşılanması durumu incelenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Kojenerasyonlu Buhar sıkıştırmalı/absorbsiyonlu kaskad soğutma çevrimi

- Absorberden çıkan LiBr bakımından fakir olan eriyik bir pompa aracılığı ile ısı değiştiricisinden geçerek kaynaticıya (generatöre) gelir. Sıcak ve yüksek basınçtaki soğutucu akışkan kaynaticıdan yoğuşturucuya girer. Kaynaticıda eriyikten soğutucu buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından zenginleşen eriyik ısı değiştiricisinden geçerken fakir eriyiğe ısı vererek absorbere geri dōner. Yoğuşturucudan doymuş sıvı olarak çıkan soğutucu akışkan kısılma vanası aracılığıyla buharlaştırıcı basıncına kadar genişletilir. Buharlaştırıcıda soğutucu akışkan, buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin yoğuşturucusundan aldığı ısıyla buharlaşarak absorbere girer. Buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminde ise soğutucu akışkan kompresörde yüksek basına kadar sıkıştırılarak yoğuşturucuya gōnderilir. Yoğuşturucuda absorpsiyonlu soğutma sisteminin soğutucu akışkanına ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında kısılarak buharlaştırıcıya girer.
- Buharlaştırıcıda soğutucu akışkan soğutulan ortamının ısını çekerek ortamı soğutur. Bu evrimin enerji gereksinimi kompresör için elektrik ihtiyacı ve buharlaştırıcı içinde ısı ihtiyacı kojenersayon tesisinden karşılanacaktır.

## 2.2.2. Kojenerasyonlu buhar sıkıştırırmalı-absorbsiyonlu kaskad

### soğutma sistemleri için örnek bir uygulama

- Sistemi oluşturan her bir elemanın enerji ve kütle dengesi yazılarak ısıt kapasitelerinin hesabı aşağıdaki denklemler yardımıyla yapılabilir:

Yoğuşturucu 2 (Kondenser 2)

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{12}$$

$$\dot{Q}_{kon.2} = \dot{m}_{11}(h_{11} - h_{12})$$

Absorber

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_{10} + \dot{m}_{14}$$

$$\dot{Q}_{abs.} = \dot{m}_{10}.h_{10} + \dot{m}_{14}.h_{14} - \dot{m}_5.h_5$$

Kaynacı (Generatör)

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_{11} + \dot{m}_8$$

$$\dot{Q}_{kay} = \dot{m}_{11}.h_{11} + \dot{m}_8.h_8 - \dot{m}_7.h_7$$

Kaskad Isı Değiştiricisi (Buharlaştırıcı 2 ve Yoğuşturucu 1):

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14}$$

$$\dot{Q}_{buh2} = \dot{m}_{13}.(h_{14} - h_{13})$$

Eriyik Isı Değiştiricisi (EID):

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_7$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9$$

$$\dot{Q}_{EID} = \dot{m}_8(h_8 - h_9)$$

## Buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemi:

Kompresör

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\dot{W}_{komp.} = \dot{m}_1.(h_2 - h_1)$$

Yoğuşturucu 1

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

$$\dot{Q}_{yoğ1} = \dot{m}_3(h_2 - h_3)$$

Buharlaştırıcı 1

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_4$$

$$\dot{Q}_{buh1} = \dot{m}_1(h_1 - h_4)$$

Dolaşım oranı

$$f = \frac{\dot{m}_8}{\dot{m}_{11}} = \frac{x_7}{x_8 - x_7}$$



- Kaskad sisteminin buhar sıkıştırımlı soğutma kısmının performans katsayısı (STK<sub>buh</sub>)

$$STK_{buh} = \dot{Q}_{buh1} / \dot{W}_{komp}$$

- Kaskad sisteminin absorpsiyonlu soğutma kısmının performans katsayısı (STK<sub>abs</sub>)

$$STK_{abs} = \dot{Q}_{buh2} / \dot{Q}_{kay}$$

- Kaskad sisteminin genel performans katsayısı (STK<sub>çevg</sub>)

$$STK_{çevg} = \dot{Q}_{buh1} / (\dot{Q}_{kay} + \dot{W}_{komp})$$

## ***Örnek bir uygulama:***

- Analiz edilen absorpsiyonlu-buhar sıkıştırımlı kaskad soğutma için uygun çalışma akışkanları belirlemek amacıyla absorpsiyonlu kısmında akışkan çifti olarak LiBr-H<sub>2</sub>O ve NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O, buhar sıkıştırımlı kısmında ise NH<sub>3</sub> kullanıldığı kabulü ve NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O akışkan çiftiyle çalışan kombine soğutma sistemlerini aynı çalışma koşullarındaki ( $T_{buh}=T_1=-6$  oC, kaskad için  $T_{yoğ}=T_{12}=40$  oC, kombine için  $T_{yoğ}=T_8=40$  oC, soğutma yükü 4000 kW) NH<sub>3</sub> kullanan klasik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemiyle karşılaştırması yapılarak sistem elemanlarının ısı kapasite ve performans değerleri Tablo 1 'de gösterilmektedir.
- Kaskad çevrimin absorpsiyonlu kısmında LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çiftinin kullanılmasının NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O akışkan çifti kullanım durumuna göre kaynatıcı için gerekli ısı enerjisinin daha az olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Her iki çevrimde de kojenerasyonun kullanımının enerjiyi verimli kullandığı görülmektedir.

Tablo 1: Örnek kaskad, kombine ve buhar sıkıştırımlı çevrimlerinin sistem elemanlarının ısı kapasite ve performans değerlerinin karşılaştırılması ( $T_{\text{buh}}=T_1=-6\text{ }^\circ\text{C}$ , kaskad  $T_{\text{yoğ}}=T_{12}=40\text{ }^\circ\text{C}$ , kombine  $T_{\text{yoğ}}=T_8=40\text{ }^\circ\text{C}$   $Q_{\text{buh1}}=4000\text{ kW}$ )

	Kaskad soğutma sistemleri		Kombine soğutma sistemi	Kombine soğutma sistemi	Kombine soğutma sistemi	Klasik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri
	LiBr-H <sub>2</sub> O NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O (CP=0.5)	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O (CP=0.8)	NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O (CP=0.9)	NH <sub>3</sub>
<b>Q<sub>kay</sub> (kW)</b>	6330	9680	7260	2680	1160	-
<b>W<sub>komp</sub> (kW)</b>	750	750	505	810	910	1110
<b>Q<sub>buh1</sub> (kW)</b>	4000	4000	4000	4000	4000	4000
<b>STK<sub>çevg</sub></b>	0.565	0.384	0.515	1.146	1.932	3.604

- Kaskad soğutma sistemlerinde aynı çalışma şartlarındaki klasik buhar sıkıştırmalı sistemlerine göre aynı miktar soğutma elde edebilmek için % 33 daha az elektrik enerjisine ihtiyaç duyulduğu görülmüştür (Tablo 1). Ayrıca NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O akışkan çifti kullanımı durumunda kaynatıcıdan sonra çevrime ilave edilecek ayrıştırıcının enerji gereksinimi göz önünde tutulursa LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çiftinin avantajının daha da artacağı görülmektedir.
- Bununla birlikte kaskad çevrimlerin absorpsiyonlu kısmında LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çiftinin kullanılması durumunda tasarım aşamasında LiBr'ün kristalleşme durumunun da göz önünde tutulması gerekir. Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çifti kullanımının NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O çiftine göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.
- Kaskad soğutma sistemi (LiBr-H<sub>2</sub>O/NH<sub>3</sub>) için gerekli ısı ve elektrik enerjisi sırasıyla 6330 kW ve 750 kW olmaktadır (Tablo 1). Elektrik ısı oranı % 60 olan bir kojenerasyon tesisinden 750 kW elektrik üretimine karşılık 1250 kW ısı üretilebilecektir. Bu ısı miktarı da örnek çevrimin absorpsiyonlu kısmının ısı ihtiyacının yaklaşık % 20'ni karşılayabilecektir. Bu durumda bu soğutma çevrimi için kojenerasyon çevriminin ısı yeterli olmayacaktır ve diğer alternatiflerle birleştirilmesi gerekecektir.

- Kombine soğutma sisteminin artan CP oranında kaynatıcı için gerekli olan ısı enerjisi de azalmaktadır. CP=1 karma sistemin yalnızca bir buhar sıkıştırıcı olarak, CP=0 durumunda ise yalnızca bir absorpsiyonlu soğutma sistemi olarak çalışmaktadır. Buna göre CP arttıkça kompresör işi de ( $W_{komp}$ ) artmaktadır. Buna karşılık  $Q_{kay}$  azalmaktadır (Tablo 1).
- Kombine soğutma çevrimlerinde verilen kapasiteler için seçilecek kojenerasyon çevrimi yardımıyla belirlenecek uygun CP oranı için ihtiyaç duyulan elektrik ve ısı enerjisinin tamamı kojenerasyon tesisinden karşılanabilir.
- Kojenerasyonun soğutma sistemlerinin enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanımı termodinamik açıdan uygun olmasına karşın ekonomik değerlendirme yapılarak bu konudaki son karar verilmelidir.

# 3.SONUÇ VE ÖNERİLER

- Bu yapılan çalışma ile aşağıda belirtilen sonuç ve öneriler elde edilmiştir.
- Klasik buhar sıkıştırımalı çevrimlere göre aynı soğutma miktarı için daha az elektrik enerjisi tüketimi
- Kojenerasyon yardımıyla daha verimli elektrik ve ısı üretiminin sağlanarak soğutma çevrimlerinde kullanılması,
- Enerji kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanımı ile dışa bağımlılığının azaltılması,
- Düşük emisyon ve atık oluşturulması sebebiyle çevre korumasının sağlanması,
- Büyük ölçekli işletme maliyeti azalımı, böylece endüstriyel kuruluşlar için rekabet gücünün artması,

mümkün olabilmektedir.

**TEŞEKKÜRLER**