

# SKEW T-LOG P DİYAGRAMINDA **SİS TAHMİNİ**



Gazi SELEK  
2017



| <b>İçindekiler</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>2</b>     |
| <b>2. SİS</b> .....   | <b>3</b>     |
| 2.1. Sis Türleri .....  | 3            |
| <b>3. ENVERZİYON</b> .....  | <b>3</b>     |
| 3.1. Enverziyonda Sisi Oluşturan Faktörler .....  | 4            |
| 3.1.1. Subsidans (Havanın çökmesi) .....  | 4            |
| 3.1.2. Hava Yoğunluğu .....   | 5            |
| 3.1.2.1. Hava Yoğunluğunun Sıcaklığa Göre Değişimi .....  | 6            |
| 3.1.2.2. Hava Yoğunluğunun Basınca Göre Değişimi.....   | 7            |
| 3.1.2.3. İdeal Gaz Denklemi .....   | 8            |
| 3.1.3. Çöken Hava Parselinde Nemliliğin Artması .....   | 9            |
| 3.1.4. Yoğunlaşma.....  | 10           |
| 3.1.4.1. Yükselen Hava Parselinde Yoğunlaşma .....  | 10           |
| 3.1.4.2. Enverziyon Koşullarında Çöken Hava Parselinde Yoğunlaşma.....                                | 11           |
| <b>4. SUBSİDANSLA YOĞUNLAŞMA SEVİYESİNİN (SCL) BULUNUŞU</b> .....                                     | <b>14</b>    |
| 4.1. Hava Yoğunluğuna Göre Subsidansla Yoğunlaşma (SCL <sub>1</sub> ) Seviyesi.....                   | 14           |
| 4.1.1. Hava Yoğunluğuna Göre Subsidansla Yoğunlaşma Seviyesinin (SCL <sub>1</sub> )<br>Bulunuşu ..... | 15           |
| 4.2. Hava Sıcaklık Düşüşüne Göre Subsidansla Yoğunlaşma (SCL <sub>2</sub> ) Seviyesi.....             | 19           |
| <b>5. ENVERZİYON TİPLERİ VE YOĞUNLAŞMA HATLARI</b> .....  | <b>23</b>    |
| 5.1. Yoğunlaşma Hattı .....   | 23           |
| 5.2. Enverziyon Tipleri ve Yoğunlaşma Hatlarının Bulunuş Yöntemleri .....                             | 24           |
| 5.2.1. Düz Enverziyonlar .....  | 24           |
| 5.2.2. Tavanı Katman Şeklinde Oluşan Enverziyonlar .....  | 26           |
| 5.2.3. Kuru Hava Altındaki Enverziyonlar .....  | 28           |
| <b>6. YOĞUNLAŞMA SEVİYELERİ VE SİS OLUŞUMU</b> .....  | <b>31</b>    |
| 6.1. Yoğunlaşma Seviyeleri.....   | 31           |
| 6.1.1. Yer Yüzeyinde Yoğunlaşma ve Sis Oluşumuna Etkisi.....  | 31           |
| 6.1.2. Yere Yakın Seviyede Yoğunlaşma ve Sis Oluşumuna Etkisi .....                                   | 33           |
| 6.1.3. Yukarı Seviyede Yoğunlaşma ve Sis Oluşumuna Etkisi .....                                       | 36           |
| 6.2. Sis Tahmini.....   | 39           |
| <b>7. KAYNAKLAR</b> .....   | <b>39</b>    |

# 1. GİRİŞ

Sis, insan yaşamını etkileyen önemli meteorolojik hadiselerden birisidir. Sisin tabiat ve ziraata pek çok faydasının olduğu kadar, ulaşım ve diğer alanlarda da olumsuz etkileri olabilmektedir.

Ulaşım, günümüzün vazgeçilmez ihtiyaçlarından. Hızlı ve güvenli bir ulaşımın toplum ve insan yaşantısına pek çok faydası olabileceği gibi, ulaşım sektöründe meydana gelebilecek olumsuzluklar büyük maddi ve can kayıplarına yol açabilirler. Sis hadisesinden meydana gelebilecek olumsuzluklar, isabet oranı yüksek tahminlerle yapılacak planlamalarla minimize edilebilir. Ancak, sisin tahmin edilebilmesi oldukça zordur. Sisin mevcut yöntem ve indekslerle yapılan tahmininde, tutarlılık oranı birçok bölgede oldukça düşük çıkmaktadır.

Sis konusunda yaklaşık beş yıldır araştırma ve gözlemler yapmaktayım. Araştırmamda, Ankara ve Isparta illerinin Skew T-Log P diyagramlarını kullanarak, enverziyonda sisin nasıl oluştuğunu ve nelerden etkilendiğini inceledim. Bulduğum sonuçları bu yazımla anlatmaya çalıştım.

Araştırmamın, sis tahminine farklı bir bakış açısı getireceğini ve meslektaşlarım olan tahmincilere faydalı olacağını umut ediyorum. Ayrıca, yazımın kapak sayfası tasarımı yapan, çalışma arkadaşım V. Mehmet BERK'e teşekkür ederim.

## 2. SİS

Sis yere yakın hava tabakasının içerisindeki su buharının yoğunlaşması veya yoğunlaşan su buharının donarak kristalleşmesiyle oluşur. Sis, yatay görüş mesafesini 1 km'nin altına düşüren meteorolojik bir olaydır. Stratus bulutunun yerde veya yere yakın seviyede oluşması olarak da bilinir.

### 2.1. Sis Türleri

#### A) Hava Kütleli Sisleri:

- 1- **Radyasyon sisi:** Açık ve durgun gecelerde ısı kaybı sebebiyle yer yüzeyi ve yüzeye yakın hava soğur. Bu soğuk hava, yoğunluğunun fazla olması sebebiyle çukur alanlara, vadilere ve ovalara çöker. Yerden yukarı doğru yükseklik arttıkça atmosferde ters bir sıcaklık dağılımı ortaya çıkar.
- 2- **Adveksiyon (Yatay hava hareketi) sisi:** Sıcak bir hava kütlelerinin soğuk bir yüzey üzerine hareketi ile hava kütlelerinin alt katmanlarının soğuyarak içerisindeki su buharının yoğunlaşması sonucu oluşan sislerdir.
- 3- **Oroğrafik (Yer şekli) sis:** Yatay hareket eden havanın yer şekli etkisiyle yükselerek soğuması neticesinde oluşan sislerdir.

#### B) Cephe Sisleri:

Karşılaşan iki farklı hava kütlelerinden sıcak olanın soğuk olanın üzerine yükselmesi veya soğuk olanın yoğunluğunun fazla olması sebebiyle sıcak olan havanın altına sokulması neticesinde oluşan sislerdir.

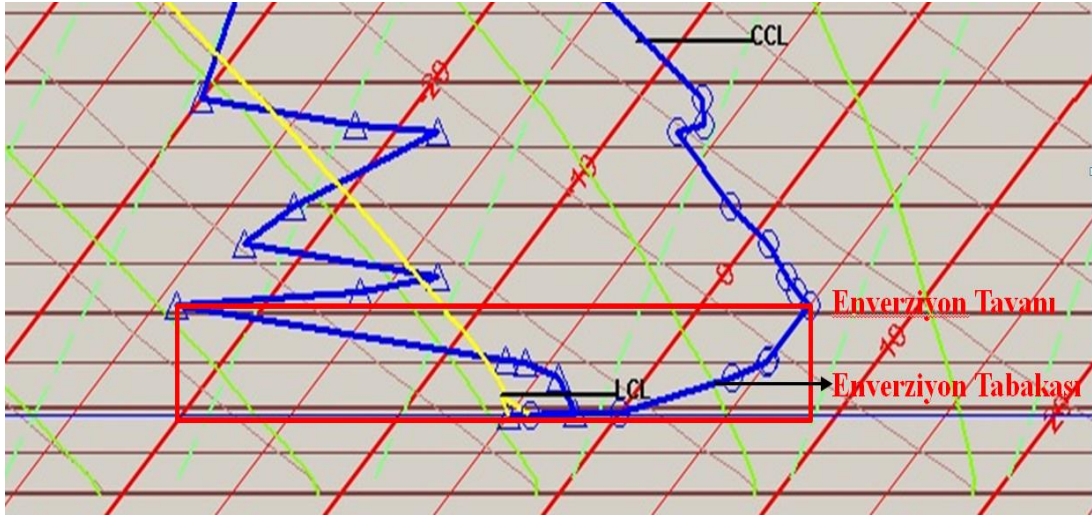
## 3. ENVERZİYON

Sıcaklık, normal atmosfer koşullarında yerden yükseldikçe azalmaktadır. Ancak sıcaklık yükseklikle azalacağı yerde artış gösteriyorsa bu duruma sıcaklık enverziyonu ya da sıcaklık terselmesi denir.

Enverziyon katmanı hemen hemen tüm sis türlerinde görülür. Sadece yer şekillerinden dolayı havanın yükselmesiyle oluşan sis türlerinde ve sıcak su yüzeyleri

üzerindeki buharlaşmadan dolayı oluşan sis türlerinde görülmez. Bu yüzden enverziyonun analizi, sis tahmini açısından çok önem kazanmaktadır.

Enverziyonun genel yapısında, alt katmanlar üst katmalara göre daha soğuk ve nemli, üst katmanlar ise alt katmanlardan daha sıcak ve kurudur. Yükseklikle birlikte olan sıcaklık artışı enverziyon tavanına kadar devam eder. Enverziyonun tavanından itibaren, hava normal seyrine döner ve yükseklikle sıcaklık düşer. Enverziyonun tavanı, atmosferdeki sıcaklık ve doymuş karışma oranının en yüksek olduğu seviyedir (Şekil 1).



Şekil 1: Skew T-Log P Diyagramında Enverziyon Katmanı.

### 3.1. Enverziyonda Sisi Oluşturan Faktörler

Enverziyon etkisiyle oluşan sis hadiseleri, havanın yer yüzeyi yakınında soğuyarak içerisindeki su buharının su damlacıklarına dönüşmesinden meydana gelmektedirler. Enverziyon tabakasında, sis hadiselerini oluşturan faktörler şunlardır:

- 1- Havanın çökmesi
- 2- Hava yoğunluğunun artması
- 3- Çöken hava parselinde nemliliğin artması
- 4- Yoğunlaşma

#### 3.1.1. Subsidans (Havanın çökmesi)

Subsidans, atmosferin üst kısmındaki havanın ağırlığının alt kısımlarından daha fazla olması sebebiyle aşağıya doğru çökmesi olayıdır. Subsidansın dört farklı çeşidi vardır:

- 1- **Termik subsidans:** Sıcaklık değişimine bağlı olarak, soğuyan havanın ağırlığının artarak çökmesi sonucu oluşur.
- 2- **Oragrafik subsidans:** Yalnızca rügar altı yamaçlarda gözükür.
- 3- **Dinamik subsidans:** Antisiklon (Yüksek Basınç) alanlarındaki havanın yoğunluğunun daha fazla olması sebebiyle oluşan çökme olayıdır.
- 4- **Neme bağlı subsidans:** Kuru havanın nemli havadan daha ağır olmasından dolayı oluşan çökme olayıdır.

Atmosfer sabit ve değişken gazlardan oluşmaktadır. Atmosferde, Azot (N<sub>2</sub>) %78,08 oranında, Oksijen (O<sub>2</sub>) %20,98 oranında, Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diğer gazlar ise %1 oranında bulunmaktadır. Bu gazların molekül ağırlıkları:

$$N_2 = 28 \text{ g}$$

$$O_2 = 32 \text{ g}$$

$$CO_2 = 44 \text{ g şeklindedir.}$$

Bu gazlardan daha hafif olan su buharının (H<sub>2</sub>O) molekül ağırlığı ise 18 gramdır. Havanın ağırlığı içerisinde barındırdığı su buharı miktarına bağlı olarak değişmektedir. Havanın içerisindeki su buharı miktarı arttıkça ağırlık azalacak, su buharı miktarı azalınca da ağırlık artacaktır. Dolayısıyla, kuru hava kendisinden daha nemli olan havadan her zaman daha ağır olacaktır.

Şekil 1'de de görüldüğü gibi, enverziyonun tavanındaki hava tabana göre daha sıcak ve kurudur. Bunun için enverziyonun tavanından aşağıya doğru bir subsidans oluşacaktır.

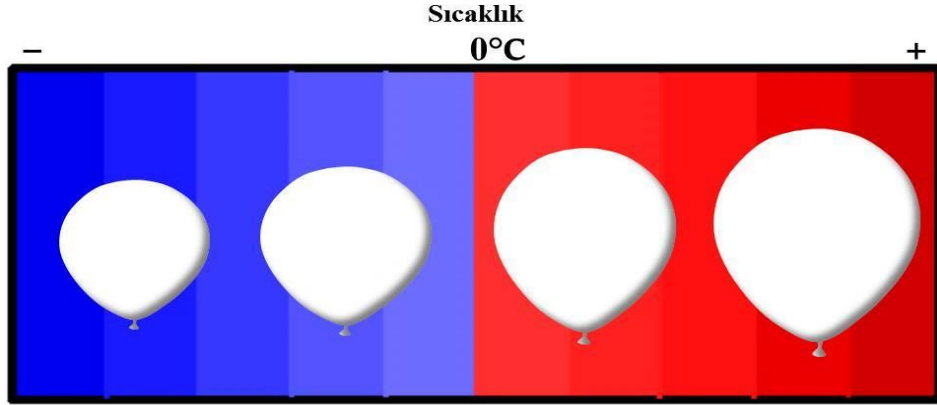
### 3.1.2. Hava Yoğunluğu

Atmosferde birim hacimdeki havanın kütlesine havanın yoğunluğu denir. Uluslararası Standart Atmosfer şartlarında (deniz seviyesinde, +15°C sıcaklıkta ve 1013,25 mb atmosfer basıncında) havanın yoğunluğu 1,225 kg/m<sup>3</sup> 'tür.

Yoğunluk, hacim ve kütle ile ilişkilidir. Eğer hava kütlesi sabitse, hacim arttıkça yoğunluk azalır, hacim azaldıkça yoğunluk artar. Hacim ise sıcaklık ve basınca orantılı olarak değişmektedir.

### 3.1.2.1. Hava Yoğunluğunun Sıcaklığa Göre Değişimi

Gaz yasalarından Charles-Gay Lussac yasasına göre basıncın sabit olması halinde, herhangi bir miktardaki gazın hacmi sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişir. Belirli miktardaki hava, sabit basınç altında ısındığında, havanın hacmi artar ve yoğunluk azalır. Aynı hava kütlesi soğuduğunda ise hacim azalır ve havanın yoğunluğu yükselir (Şekil 2).



Şekil 2: Gazların Hacminin Sıcaklığa Göre Değişimi.

Charles-Gay Lussac yasasının formülü:

$$k = \frac{V}{T}$$

- $V$  : kübik metre olarak hacim,
- $k = 8,3145 \text{ J}/(\text{mol K})$ , gaz sabiti
- $T$  : Kelvin olarak sıcaklıktır.

Sabit basınçta, herhangi bir gazın sıcaklığı artırılırken,  $k$  sabitini bulmak için hacim artmalıdır. Gaz aynı şekilde soğutulurken, hacim azalmalıdır. Belirli miktardaki gazın, **sıcaklık** ve **hacim** arasındaki ilişkisi, önceki ve sonraki durumlarına göre;

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ Şeklinde formüle edilir.}$$

**Örnek:** Sabit basınçta,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de 10 metreküp bir hava kütlesi  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye kadar soğutulursa, hava kütesinin hacmi kaç metreküp olur?

**Verilenler:**

$$V_1 = 10 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293,15 \text{ Kelvin}$$

$$T_2 = -10 \text{ }^\circ\text{C} = 263,15 \text{ Kelvin}$$

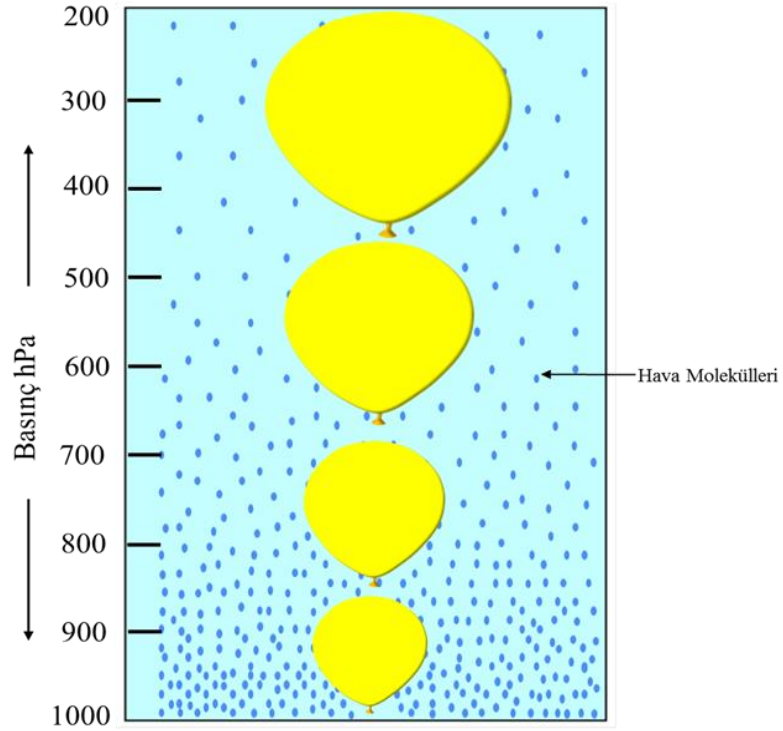
**Çözüm :**

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{10 \text{ m}^3}{293,15 \text{ K}} = \frac{V_2}{263,15 \text{ K}}$$

$$V_2 = 8,98 \text{ m}^3 \text{ olur.}$$

**3.1.2.2. Hava Yoğunluğunun Basınca Göre Değişimi**

Atmosferi oluşturan gazların yoğunluğu ve basıncı yer seviyesinden yukarı seviyelere doğru çıktıkça düzgün olarak azalır. Basınca bağlı olarak, atmosferde gazların hacmi, yer seviyesinde yukarı seviyelere doğru çıktıkça artmakta, yukarı seviyelerden aşağı seviyelere doğru inildikçe azalmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3: Gazların Hacminin Basınca Göre Değişmesi.

Boyle-Mariotte yasasına göre, belirli miktarda alınan ideal gazın, sıcaklıkları sabit tutulduğu sürece, hacmiyle basıncının çarpımı sabittir. Yasanın formülü:



$$P \cdot V = k$$

- $P$  : paskal olarak basınç,
- $V$  : kübik metre olarak hacim,
- $k = 8.3145 \text{ J}/(\text{mol K})$ , gaz sabiti

Sabit sıcaklıkta, belirli miktardaki gazın, hacmi ve basıncı birbirleriyle ters orantılıdır. Hacim arttığında basınç düşer, hacim azaldığında basınç artar. Belirli miktardaki gazın, **basınç** ve **hacim** arasındaki ilişkisi, önceki ve sonraki durumlarına göre:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad \text{şeklinde formüle edilir.}$$

**Örnek:**  $700hPa$  basınç seviyesinde  $0^\circ\text{C}$ 'de ki  $10$  metreküp hacimli sahip bir hava kütlesi, sıcaklığı  $0^\circ\text{C}$ ' de sabit tutulup  $1000hPa$  basınç seviyesine getirilirse hava kütlesinin hacmi kaç metreküp olur?

**Verilenler:**

$$P_1 = 700hPa = 70.000Pa$$

$$V_1 = 10 \text{ m}^3$$

$$P_2 = 1000hPa = 100.000Pa$$

**Çözüm:**

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow 70.000Pa \cdot 10 \text{ m}^3 = 100.000Pa \cdot V_2$$

$$V_2 = 7 \text{ m}^3 \text{ olur.}$$

### 3.1.2.3. İdeal Gaz Denklemi

Çeşitli gaz kanunlarının birleştirilmesiyle oluşturulmuş olan ideal gaz denkleminde yoğunluk ( $\rho$ ), sabit birim hacimde, basınç ( $P$ ) ve sıcaklık ( $T$ ) değişkenlerine bağlı olarak değişir. Atmosfer uygulamalarında havanın yoğunluğu( $\rho$ ) ideal gaz denklemiyle bulunur.

Denklemin formülü:

$$P = \rho \cdot Rd \cdot T$$

- $P$ : paskal olarak basınç,
- $T$ : Kelvin olarak sıcaklık
- $\rho$ : yoğunluk  $\text{kg/m}^3$
- $Rd = 287 \text{ J/kg K}$

### 3.1.3. Çöken Hava Parselinde Nemliliğin Artması

Havanın su buharı tutma kapasitesi, sıcaklığa göre değişir. Sıcaklık yükselince, havanın su buharı tutma kapasitesi artar, sıcaklık düşüncü de havanın su tutma kapasitesi azalır. Yeryüzündeki sıcaklık dağılışına bağılı olarak, atmosferdeki su buharı ekvatorndan kutuplara doğru azalır. Yükseklikle sıcaklığın azalmasına bağılı olarak, atmosferdeki su buharı miktarı, yerden yukarı seviyelere doğru azalır (Tablo 1).

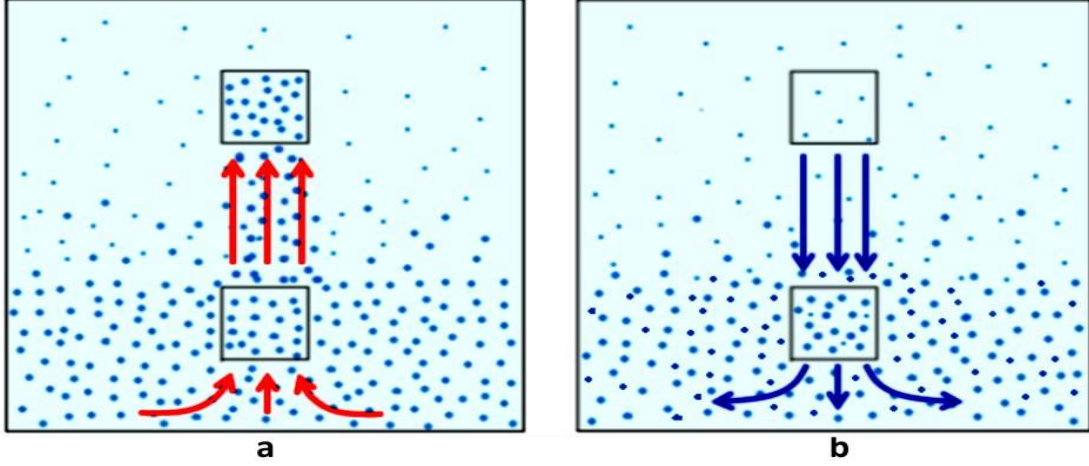
| Yükseklik<br>(km) | Su Buharı İçeriğı<br>% |
|-------------------|------------------------|
| 0                 | 1,3                    |
| 1                 | 1                      |
| 2                 | 0,69                   |
| 3                 | 0,49                   |
| 4                 | 0,37                   |
| 5                 | 0,27                   |
| 6                 | 0,15                   |
| 7                 | 0,09                   |
| 8                 | 0,05                   |

Tablo 1: Atmosferde Yüksekliğe Göre Su Buharı Miktarı.

Tablo 1'deki veriler, ortalama değerler olduğundan atmosferik şartlara göre değişebilmektedir. Özellikle, enverziyonlu havalarda olduğu gibi, soğuk ve nemli bir havanın üzerine sıcak ve kuru bir hava yükselmişse, kuru havanın bulunduğu seviye ile alt seviyeler arasındaki su buharı farkı çok daha fazla olabilmektedir.

Atmosferde yükselen hava, yükselmeye başladığı seviyenin su buharıyla birlikte yükselir (Şekil 4.a). Su buharı, yükselen havayla birlikte yoğunlaşma seviyesine kadar

veya yoğunlaşma olmaksızın yükselme hareketinin sona erdiği seviyeye kadar yükselir. Çöken hava ise, kendisinden daha fazla su buharı miktarına sahip olan alt seviyelerden geçerken, daha fazla su buharı kazanır ve nemliliğini artırarak çöker (Şekil 4.b).



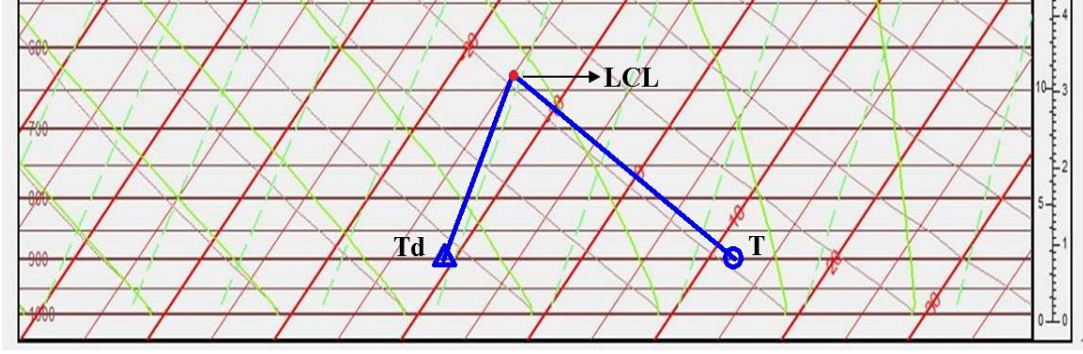
Şekil 4: Düşey Hava Hareketlerinin Nemliliğe Etkileri.

### 3.1.4. Yoğunlaşma

Havanın nem bakımından doymuş hale gelip, içerisinde bulunan su buharının damlacıklar haline dönüşmesine, yoğunlaşma denir. Hava, teorik olarak, işba sıcaklığında ( $T_d$ ), adyabatik olarak da ıslak hazne sıcaklığında ( $T_w$ ) yoğunlaşmaktadır.

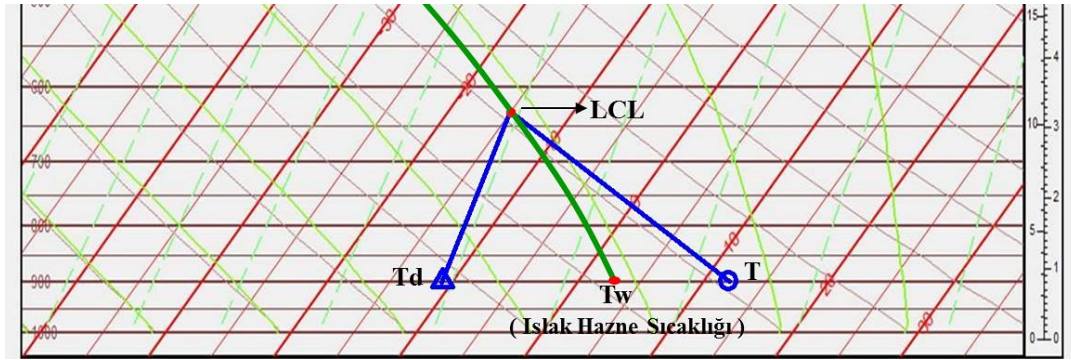
#### 3.1.4.1. Yükselen Hava Parselinde Yoğunlaşma

Normal atmosferik koşullarda, havanın sıcaklığı yükseklikle doğrusal oranda azalır (lapse-rate). Atmosferde yükselmeye oluşan yoğunlaşma seviyesine LCL (Lifting Condensation Level) seviyesi denir. Herhangi bir hava parseli, kuru adyabatik olarak yükselip, sıcaklığının işba sıcaklığı karışma oranına kadar düştüğü seviyede, havadaki su buharı su damlacıklarına dönüşmeye başlar ve yoğunlaşma başlar. Atmosferde herhangi bir basınç seviyesinden itibaren LCL seviyesi bulunabilir. Herhangi bir basınç seviyesinden kuru adyabatlara paralel bir çizgi çizilir. Aynı basınç seviyesinin işba sıcaklığından da karışma oranlarına paralel bir çizgi çizilir. İki çizginin kesiştiği basınç seviyesi LCL seviyesidir (Şekil 5).



Şekil 5: LCL Seviyesinin (Lifting Condensation Level) Bulunuşu.

LCL seviyesinde su buharı bakımından doymuş hale gelen hava, bu seviyeden itibaren nem adyabatlar paralel olarak yükselir. LCL seviyesi, aynı zamanda adyabatik olarak yükselen ıslak hazne sıcaklığıdır. Dolayısıyla LCL seviyesinden nem adyabatlar paralel olarak ilgili seviyeye kadar inilirse ıslak hazne sıcaklığı bulunur (Şekil 6).



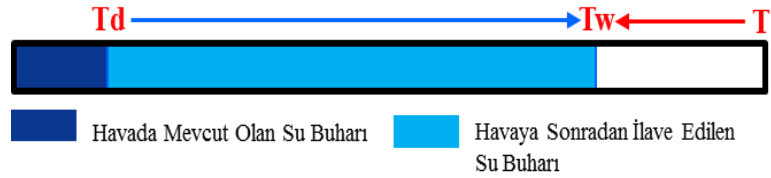
Şekil 6: Islak Hazne Sıcaklığının Skew T-Log P Diyagramında Bulunuşu.

### 3.1.4.2. Enverziyon Koşullarında Çöken Hava Parselinde Yoğunlaşma

Normal atmosfer koşullarından farklı bir yapıya sahip olan enverziyonda, su buharının yoğunlaşması da farklıdır. Konu 3.'de de bahsedildiği gibi, hava sıcaklığı, normal atmosfer koşullarında yerden yukarı çıkıldıkça azalırken, enverziyonda yukarıdan aşağıya doğru azalmaktadır. Yükselen hava, alt seviyelerde daha fazla miktarda bulunan su buharını yukarı doğru taşıırken, çöken hava ise aşağı seviyelere doğru indikçe nemliliğini artırmaktadır (Konu 3.1.3.).

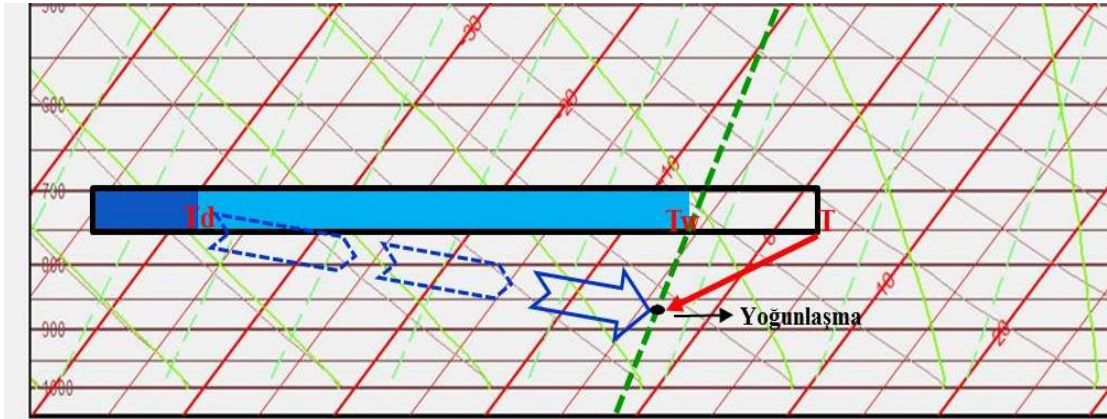
Atmosferin kuralları bellidir ve hep aynıdır. Bir hava kütesinin, aynı anda yeterli miktarda nemliliği artar, yeteri kadar sıcaklığı düşerse, o hava kütesi ıslak hazne sıcaklığında ( $T_w$ ) doymuş hale gelir. Nitekim ıslak hazne sıcaklığının manuel olarak bulunuşu da bu şekildedir.

Manuel ölçümlerde ıslak hazne sıcaklığını bulmak için, termometrenin haznesi bezle sarılır. Sarılan bez suyla ıslatılarak yapay bir hava akımı verilir. Hava akımı, bezin üzerindeki suyun bir kısmını buharlaştırarak çevreden ısı alır ve havanın sıcaklığını düşürür. Havanın sıcaklığı, bir süre düştükten sonra bir denge noktasına ulaşır ve orada sabit kalır. Denge noktasında, hava su buharına doymuş haldedir ve nisbi nem %100'dür. Denge noktasının sıcaklık değeri ıslak hazne sıcaklığıdır (Şekil 7).



Şekil 7: Islak Hazne Sıcaklığının Bulunuşu.

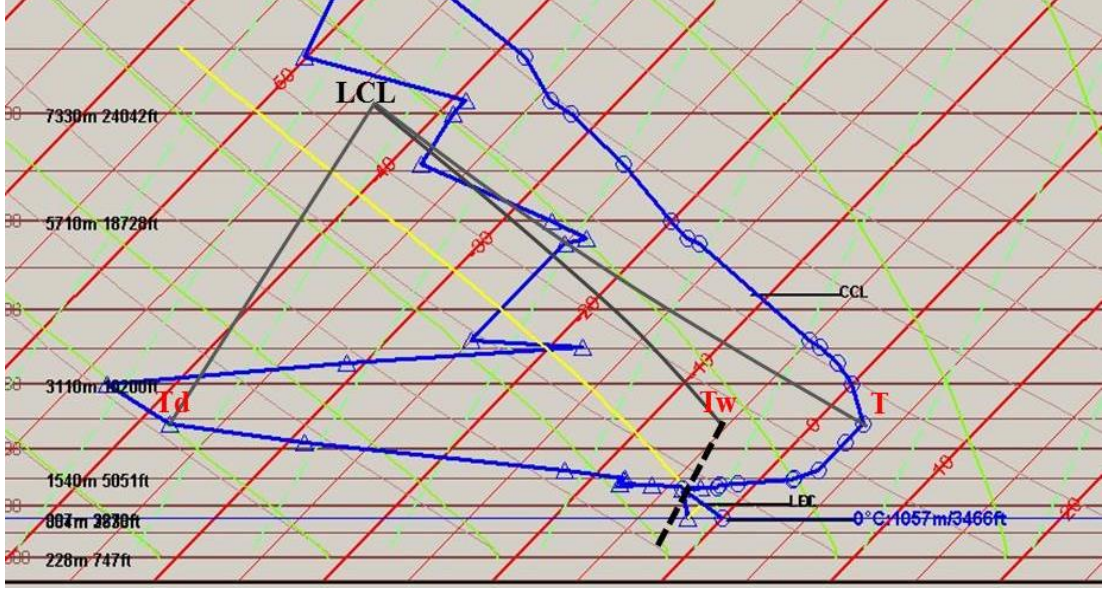
Enverziyon koşullarında çöken hava, sıcaklık düşüşü ve nemlilik artışı bakımından ıslak hazne sıcaklığının bulunuşu ile benzer özellikler gösterir. Alt seviyelere doğru nemliliğini artırarak çöken hava, yeterli miktarda nemliliğe ulaşabildiği seviyede ıslak hazne sıcaklığı karışma oranına kadar soğursa doymuş hale gelir (Şekil 8).



Şekil 8: Enverziyon Koşullarında Çöken Havanın Su Buharına Doymuş Hale Gelmesi.

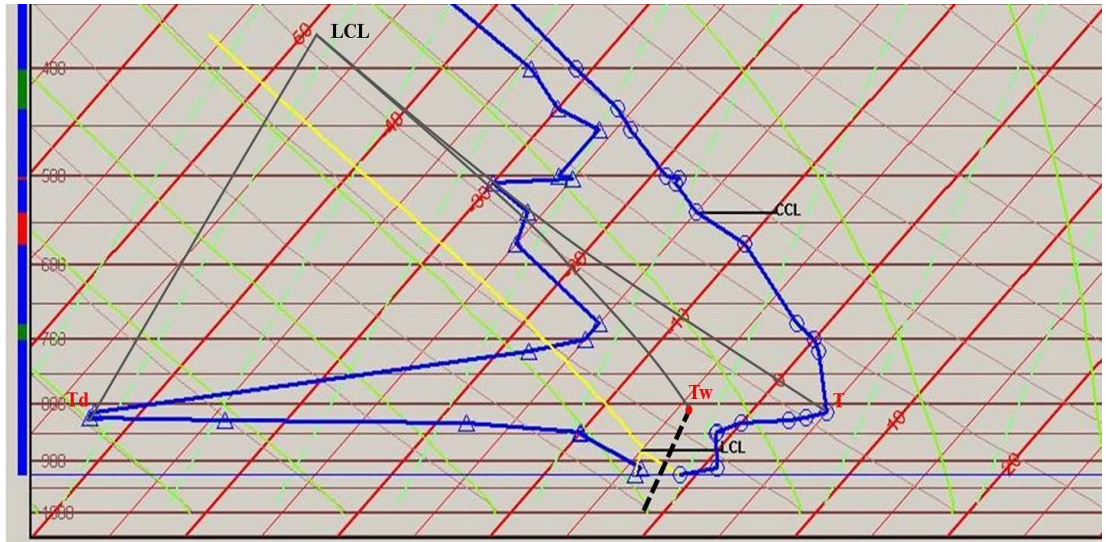


**Örnek 1:** Şekil 9’da, Ankara’nın 07 Ocak 2014 tarihindeki, saat 12.00 GMT’nin temp diyagramında enverziyon katmanının soğuyarak doymuş hale geldiği bölge, enverziyon tavanının ıslak hazne sıcaklığı ( $T_w$ ) ile aynı karışma oranı üzerindedir.



Şekil 9: Enverziyon Tabakasında Çökme Sonucunda Oluşan Yoğunlaşma.

**Örnek 2:** Şekil 10’da, Ankara’nın 01 Aralık 2013 tarihindeki saat 00.00 GMT’nin temp diyagramında enverziyon tabakasının sıcaklığı, ıslak hazne sıcaklığı karışma oranına kadar düşmediğinden yoğunlaşma olmamıştır.



Şekil 10: Islak Hazne Sıcaklığı Karışma Oranına Kadar Soğuyamayan Enverziyon Tabakası.

## 4. SUBSİDANSLA YOĞUNLAŞMA SEVİYESİNİN (SCL) BULUNUŞU

Subsidans ile yoğunlaşmada havanın yeterli miktarda su buharına sahip olabilmesi için belirli bir seviyeye kadar çökmesi gerekmektedir. Havanın yeterli miktarda su buharı ihtiyacını karşılayıp doymuş hale gelebildiği bu seviyeye SCL (Çökmeyle Yoğunlaşma Seviyesi = Subsiding Condensation Level) seviyesi denir.

Yaptığım araştırma ve incelemelerden çıkardığım sonuca göre; Çöken havanın, yeterli miktarda su buharı kazanabilmesi ve SCL seviyesinde doymuş hale gelebilmesi için iki şart gereklidir. Bunlar:

- 1- Parsel, ıslak hazne sıcaklığındaki ( $T_w$ ) hava yoğunluğunun, başlangıç seviyesindeki işba sıcaklığının ( $T_d$ ) hava yoğunluk değerine ulaşmaya kadar çökmek zorundadır.
- 2- Parsel, hava sıcaklığının ( $T$ ) her 100 metrede ortalama  $0.65\text{ }^\circ\text{C}$  soğuyarak, ıslak hazne sıcaklığını kestiği seviyeye kadar çökmek zorundadır.

### 4.1. Hava Yoğunluğuna Göre Subsidansla Yoğunlaşma ( $SCL_1$ ) Seviyesi

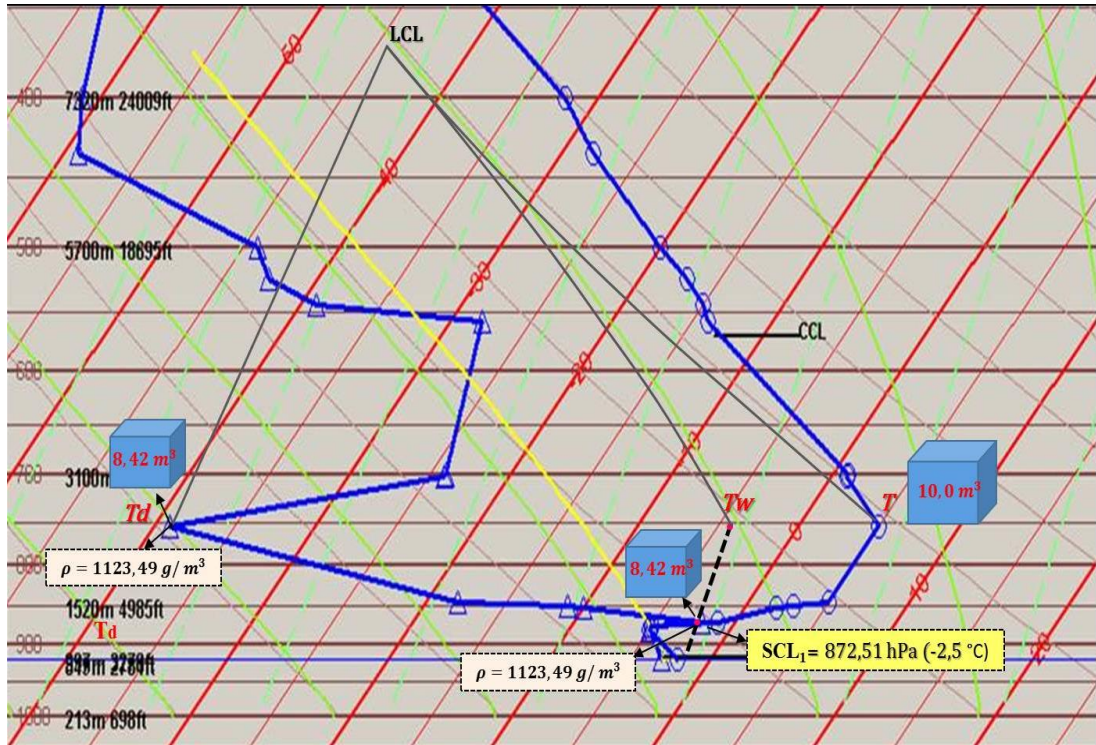
Gaz yasaları gereğince, hava yoğunluğu sıcaklığın düşmesi ve basıncın artmasıyla yükselmektedir. Enverziyon koşulları, hava yoğunluğunun yükselmesi için her iki şartı da karşılamaktadır.

Enverziyonda çöken hava, diğer şartların da yerine gelmesi koşuluyla, ıslak hazne sıcaklığı hava yoğunluğunun işba sıcaklığı hava yoğunluğuna ulaştığı seviyede, yeterli nemliliğe ulaşabilip, doymuş hale gelebilir. Bu seviyeye, subsidansla yoğunlaşma için gerekli olan hava yoğunluk değerini sağladığı için “ $SCL_1$ ” seviyesi denir.

**Örnek:** Şekil 11’de, Ankara’nın, 09 Ocak 2014 tarihindeki, saat 00.00GMT’nin temp diyagramında enverziyonun tavanı yaklaşık olarak  $755\text{ hPa}$ ’dır. Enverziyonun tepe seviyesinde yaklaşık olarak, sıcaklık ( $T$ )  $5,0\text{ }^\circ\text{C}$ , işba sıcaklığı ( $T_d$ )  $-39,0\text{ }^\circ\text{C}$ ’dir. Temp diyagramında çizim yöntemiyle bulunan ıslak hazne sıcaklığı ( $T_w$ ) ise yaklaşık olarak  $-4,4\text{ }^\circ\text{C}$ ’dir. Diyagramda havanın sıcaklık ve işba sıcaklıklarının birleşerek doymuş hale geldiği seviye yaklaşık olarak  $872,51\text{ hPa}$  ve sıcaklık  $-2,5\text{ }^\circ\text{C}$ ’dir.

Enverziyon tavanında (755 hPa) havanın çökmeden yoğunlaşabilmesi için işba sıcaklığına (-39,0 °C) kadar soğuması gerekir. Enverziyon tavanında, 5°C sıcaklıkta ve 10 m<sup>3</sup> hacimde olan bir hava parseli, (-39,0 °C) kadar soğuduğunda, parselin hacmi Boyle-Charles yasasına göre 8,42 m<sup>3</sup> olur. Bu noktada parselin hava yoğunluğu ideal gaz denkleminde göre 1123,49 g/m<sup>3</sup> olur.

Yine enverziyonun tavanında (755 hPa), 5,0 °C sıcaklıkta ve 10 m<sup>3</sup> hacminde olan bir hava parseli, 872,51 hPa basınç seviyesine çöktüğünde ve parselinin sıcaklığı -2,5°C'ye kadar düştüğünde, parselin hacmi Boyle-Charles Yasasına göre 8,42 m<sup>3</sup> olur. Bu noktada parselin hava yoğunluğu 1123,49 g/m<sup>3</sup> olur. Şekil 11'de de görüldüğü gibi, hava çökerek bu şartlara (SCL<sub>1</sub> seviyesi) ulaşabildiği zaman, sıcaklık ve işba sıcaklıkları birleşerek, su buharına doymuş hale gelir.



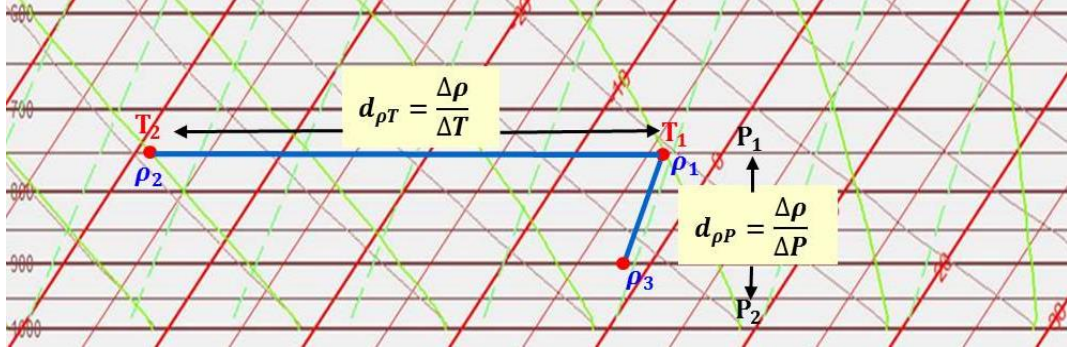
Şekil 11: Hava Yoğunluğuna Göre Yoğunlaşma (SCL<sub>1</sub>) Seviyesi.

#### 4.1.1. Hava Yoğunluğuna Göre Subsidsansla Yoğunlaşma Seviyesinin (SCL<sub>1</sub>) Bulunuşu

SCL<sub>1</sub> seviyesini bulmak için, sıcaklık ve basınç farklarının oluşturduğu hava yoğunluk değişimlerinden faydalanılır. Aynı seviyedeki hava yoğunluk değişimi (d<sub>pT</sub>)



sıcaklık etkisiyle, farklı seviyeler arasındaki hava yoğunluk değişimi ( $d_{\rho T}$ ) ise basınç etkisiyle değişmektedir (Şekil 12).



Şekil 12: Sıcaklık ve Basınç Farkına Göre Hava Yoğunluğunun Değişimi.

SCL<sub>1</sub> seviyesini bulmak için sırasıyla aşağıdaki işlemler takip edilir:

- 1- Enverziyonun tavanının işba ( $T_d$ ) ve ıslak hazne sıcaklıkları ( $T_w$ ) arasındaki her 1 °C sıcaklık aralığının ortalama hava yoğunluk değişim miktarı ( $d_{\rho T}$ ) bulunur. Ortalama hava yoğunluk değişim miktarının bulunuşu şu şekildedir; İşba ve ıslak hazne sıcaklıklarındaki hava yoğunlukları ideal gaz denklemi yardımıyla hesaplanır. Yoğunluk farkı, sıcaklık farkına bölünür. Formülü:

$$d_{\rho T} = \frac{\Delta \rho}{\Delta T} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{T_1 - T_2}$$

- $d_{\rho T}$ : Her 1 °C sıcaklık aralığındaki hava yoğunluk değişim miktarı ( $\frac{g}{m^3} \text{ } ^\circ\text{C}$ )
- $\rho_1$  : Islak hazne sıcaklığının hava yoğunluğu ( $g/m^3$ )
- $\rho_2$  : İşba sıcaklığının hava yoğunluğu ( $g/m^3$ )
- $T_1$  : Islak hazne sıcaklığı (°C)
- $T_2$  : İşba sıcaklığı (°C)

- 2- Enverziyon tavanı ile 100 hPa alt seviyesi arasındaki her 1 hPa basınç aralığının ortalama hava yoğunluk değişim miktarı ( $d_{\rho P}$ ) bulunur.<sup>1</sup> Ortalama hava yoğunluk değişim miktarının bulunuşu şu şekildedir; Enverziyon tavanı ıslak hazne

<sup>1</sup> 100 hPa basınç seviyesi farkı, karasal bölgelerdeki ortalama yoğunlaşma sürecine göre alınmıştır. Farklı bölgelerde farklı miktarlar alınabilir.

sıcaklığının ve aynı karışma oranı üzerindeki 100 hPa alt seviyesinin, hava yoğunlukları ideal gaz denklemi yardımıyla hesaplanır. Yoğunluk farkı 100'e bölünür. Formülü:

$$d_{\rho P} = \frac{\Delta\rho}{\Delta P} = \frac{\rho_3 - \rho_1}{P_2 - P_1}$$

- $d_{\rho P}$ : Her 1 hPa basınç aralığındaki hava yoğunluk değişim miktarı ( $\frac{g}{m^3} hPa$ )
- $\rho_1$ : Enverziyon tavanı ıslak hazne sıcaklığının hava yoğunluğu ( $g/m^3$ )
- $\rho_3$ : Alt seviye ıslak hazne sıcaklığının hava yoğunluğu ( $g/m^3$ )
- $P_1$ : Enversiyon tavanının basınç değeri (hPa)
- $P_2$ : Alt seviyenin basınç değeri (hPa)

3- Sıcaklıkla olan yoğunluk değişimi, basınçla olan yoğunluk değişimine bölünerek bir katsayı (k) bulunur. Bulunan bu katsayı, her 1 °C sıcaklık değişiminde meydana gelen hava yoğunluk değişimine eşit olan, hektopaskal olarak basınç değişim miktarıdır. Formülü:

$$k = \frac{d_{\rho T}}{d_{\rho P}}$$

- $k$ : Basınç ekleme katsayısı
- $d_{\rho T}$ : Her 1 °C sıcaklık aralığındaki hava yoğunluk değişim miktarı ( $\frac{g}{m^3} °C$ )
- $d_{\rho P}$ : Her 1 hPa basınç aralığındaki hava yoğunluk değişim miktarı ( $\frac{g}{m^3} hPa$ )

4- Bulunan katsayıyla, enverziyon tavanındaki ıslak hazne ve işba sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkı çarpılır. Elde edilen sonuçla, enverziyon tavanının basınç değeri toplanarak  $SCL_1$  seviyesi bulunur. Formülü:

$$SCL_1 = k \cdot \Delta T + P$$

- $SCL_1$ : Hava yoğunluğuna göre subsidansla yoğunlaşma seviyesi (hPa)
- $k$ : Basınç ekleme katsayısı
- $\Delta T$ : Islak hazne ile işba sıcaklıkları farkı (°C)
- $P$ : Enverziyon tavan seviyesi (hPa)

**Örnek:** Şekil 11'deki, 09 Ocak 2014 tarihinde Ankara ilinin saat 00.00 GMT temp diyagramının SCL<sub>1</sub> seviyesinin bulunuşu aşağıdaki gibidir.

Veriler:

$$T_1 = -4,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = -39,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 755 \text{ hPa}$$

$$P_2 = 855 \text{ hPa}$$

$$\rho_1 = 978,85098 \text{ g/m}^3$$

$$\rho_2 = 1123,49435 \text{ g/m}^3$$

$$\rho_3 = 1101,93974 \text{ g/m}^3$$

**1- Sıcaklıkla hava yoğunluk değişimi:**

$$d_{\rho T} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{T_1 - T_2} = \frac{1123,49435 \text{ g/m}^3 - 978,85098 \text{ g/m}^3}{(-4,4 \text{ } ^\circ\text{C}) - (-39,0 \text{ } ^\circ\text{C})}$$

$$d_{\rho T} = 4,18044 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ } ^\circ\text{C}$$

**2- Basınçla hava yoğunluk değişimi:**

$$d_{\rho P} = \frac{\rho_3 - \rho_1}{P_2 - P_1} = \frac{1101,93974 \text{ g/m}^3 - 978,85098 \text{ g/m}^3}{100 \text{ hPa}}$$

$$d_{\rho P} = 1,23089 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ hPa}$$

**3- Basınç ekleme katsayısı:**

$$k = \frac{d_{\rho T}}{d_{\rho P}} = \frac{4,18044}{1,23089}$$

$$k = 3,39628$$

**4- SCL<sub>1</sub> seviyesi:**

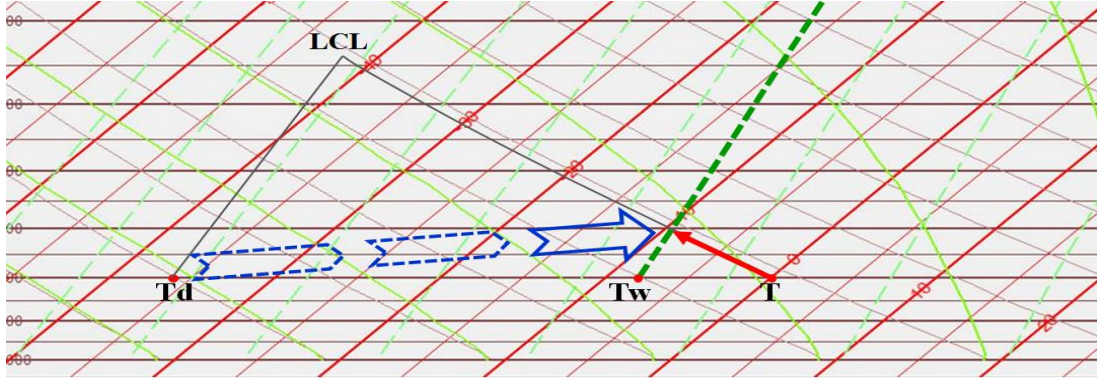
$$SCL_1 = k \cdot \Delta T + P = 3,39628 \cdot 34,6 + 755$$

$$SCL_1 = 872,51 \text{ hPa}$$

## 4.2. Hava Sıcaklık Düşüşüne Göre Subsidsansla Yoğunlaşma (SCL<sub>2</sub>) Seviyesi

Çöken havanın yeterli nemliliğe ulaşabilip, doymuş hale gelebilmesinin ikinci koşulu, atmosferin doğal dengesinde soğumasıdır. Çöken havanın doğal soğuma dengesini, atmosferin doğal yükselme değerleri yardımıyla bulabiliriz.

Bir an için, atmosferdeki su buharını dağılımının tersini düşünelim. Yani su buharının yerden yukarı doğru azaldığını değil de, tersi oranında arttığını varsayalım. Atmosfer yine, kendi doğal dengesinde, kuru adyabatik (0,98°C/100m) olarak soğusun. Böylece, yükselen hava bir taraftan doğal yolla soğurken diğer taraftan da sahip olduğu su buharının miktarını artırsın. Daha önce, konu 3.1.4.2.'de, bir hava parselinin hem sıcaklığının düşürülüp hem de sahip olduğu su buharının miktarı artırıldığında, hava parselinin ıslak hazne sıcaklığında doymuş hale geldiğinden bahsetmiştik. Böyle bir durumda, hava yükselmeye başladığı seviyenin işba sıcaklığındaki karışma oranında (LCL seviyesi) değil, fazlasıyla nem kazandığı için ıslak hazne sıcaklığı karışma oranında doymuş hale gelir (Şekil 13).



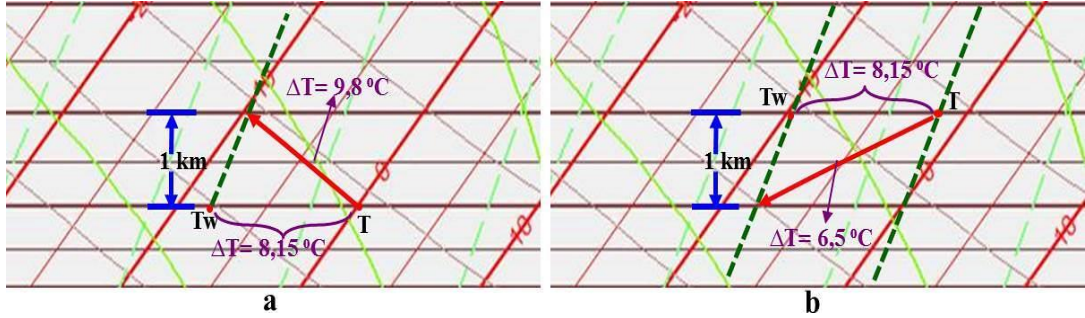
Şekil 13: Yükselen Hava Parselinin Su Buharı Kazanarak Doymuş Hale Gelmesi.

Yükselirken fazladan nemlilik kazanarak doymuş hale geldiği varsayılan hava ile onunla eşit şartlarda olan ve gerçekte çökerken nemlilik kazanan yukarı seviyedeki hava, aynı mesafede soğuyarak doymuş hale gelir (Şekil 14).

Alt seviyede, sıcaklık (T) ve ıslak hazne sıcaklığı (T<sub>w</sub>) arasında 8,15 °C olan bir hava kütlesi, kuru adyabatik (9,8 °C/ km) olarak yükseldiğinde, 1 km yükseklikte sıcaklık ve ıslak hazne sıcaklığının karışma oranı birleşir.<sup>2</sup> Bu noktada, başlangıçta 8,15 °C olan

<sup>2</sup> T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün standart Skew T-Log P diyagramına göre, karışma oranları her 1 kilometrede ortalama 1,65 °C değişmektedir.

sıcaklık farkı 9,8 °C' ye ulaşır (Şekil 14.a). Alt seviye ile aynı şartlarda yükseltilmiş ve başlangıçta 8,15 °C sıcaklık farkı olan hava, çökerek 1 km mesafeye ancak ortalama 6,5 °C/km soğuyarak ulaşabilmektedir (Şekil 14.b).<sup>3</sup>



Şekil

14: Havanın Soğumayla Doymuş Hale Gelme Yüksekliği.

Enverziyonun tavanındaki sıcaklık ve ıslak hazne sıcaklıkları arasında 8,15 °C fark olan havanın doymuş hale gelebilmesi için 1 km çökmesi gerektiğinden, havanın her 1°C sıcaklık farkı için 0,123 km çökmesi gerekmektedir. Bu verilerden yararlanarak SCL<sub>2</sub> seviyesi yüksekliğinin formülünü aşağıdaki şekilde yazabiliriz.

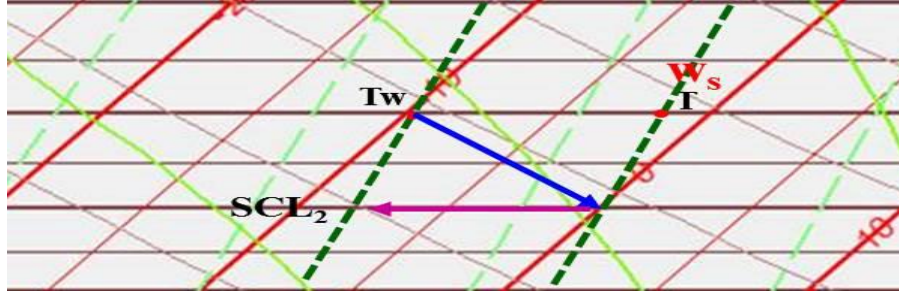
$$SCL_2 = h - a \cdot \Delta T$$

- $h$  : Enverziyon tavan yüksekliği (km)
- $a$  : 0,123 (km)
- $\Delta T$  : Sıcaklık farkı (°C)

SCL<sub>2</sub> seviyesinin formülle, yükseklik olarak bulunması en doğrusudur. Ancak yüksekliğin diyagram üzerinde göz ile hassas olarak tespit edilebilmesi zordur. Üstelik SCL<sub>1</sub> seviyesi basınç seviyesi olarak bulunmaktadır. Daha kolay olduğu için ve SCL<sub>1</sub> seviyesiyle karşılaştırma yapabilmek amacıyla, SCL<sub>2</sub> seviyesi basınç seviyesi olarak bulunabilir.

SCL<sub>2</sub> seviyesini diyagram üzerinde bulmak için ıslak hazne sıcaklığından kuru adyabatlara paralel olarak sıcaklık karışma oranına ( $w_s$ = Doymuş karışma oranı) kadar inilir. Kuru adyabatların doymuş karışma oranlarını kestiği seviye SCL<sub>2</sub> seviyesidir (Şekil 15).

<sup>3</sup> Yükseltelen havanın sıcaklık, ıslak hazne sıcaklığı ve işba sıcaklıkları, karışma oranlarına paralel olarak yükseltilmesi gerekmektedir. Sıcaklık izotermlere göre yükseltilirse ıslak hazne sıcaklığının yeri de değişeceğinden eşit şartlar sağlanamamış olur.



Şekil 15: SCL<sub>2</sub> Seviyesinin Skew T-Log P Diyagramında Bulunuşu.

Matematiksel olarak, SCL<sub>2</sub> basınç seviyesini bulmak için, Tablo 2.'den yararlanılarak formül oluşturulabilir. Tablo 2. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Skew T-Log P diyagramındaki standart yüksekliklere göre hazırlanmıştır. Deniz seviyesinden 700 hPa seviyesine kadar, her 50 hPa aralıklarla işlem yapılmıştır. Her seviyenin kendisi ile 100 hektopaskal altındaki seviye arasındaki yükseklikler hesaplanarak, o seviyeden aşağıya doğru 1 kilometre mesafenin, kaç hektopaskal basınca eşit olduğu bulunmuştur. Son sütunda, bulunan bu basınç miktarları 8,15 rakamına bölünerek, soğumayla yoğunlaşma mesafesinin bulunması için, her 1 °C'nin basınç karşılığı bulunmuştur.

| Basınç Seviyesi(hPa) | Basınç Seviye Yüksekliği (m) | 100 hPa Altındaki Seviye İle Arasındaki Yükseklik Farkı (m) | 1 Kilometre Yüksekliğin Basınç Olarak Karşılığı (hPa) | Soğumayla Yoğunlaşmada Basıncın Sıcaklığa Oranı hPa/°C |
|----------------------|------------------------------|---|---|--|
| 700                  | 3012                         | 1063  | 94,07   | 11,5   |
| 750                  | 2466                         | 1009  | 99,11   | 12,2   |
| 800                  | 1949                         | 961   | 104,06  | 12,8   |
| 850                  | 1457                         | 917   | 109,05  | 13,4   |
| 900                  | 988                          | 877   | 114,03  | 14   |
| * 950                | 540                          | 540   | 116,67  | 14,3   |
| 1000                 | 111                          | -   | -   | -  |
| 1013                 | 0                            | -   | -   | -  |

\* 540 metre yükseklik ve 63 hPa basınç aralığına göre hesaplanmıştır.

Tablo 2: Soğumayla Yoğunlaşma İçin Basıncın Sıcaklığa Oranı Tablosu.

Son sütun incelendiğinde, değerler ait olduğu basınç seviyesinin % 1'inden ortalama 4,783 hPa daha fazlasıdır. Bu değerlerden faydalanılarak, SCL<sub>2</sub>'nin formülü:

$$SCL_2 = P + ((P \cdot 0,01 + 4,8) \cdot \Delta T) \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

- $P$  : Enverziyon tavan seviyesi (hPa)
- $\Delta T$  : Sıcaklık, ıslak hazne sıcaklığı farkı (°C)



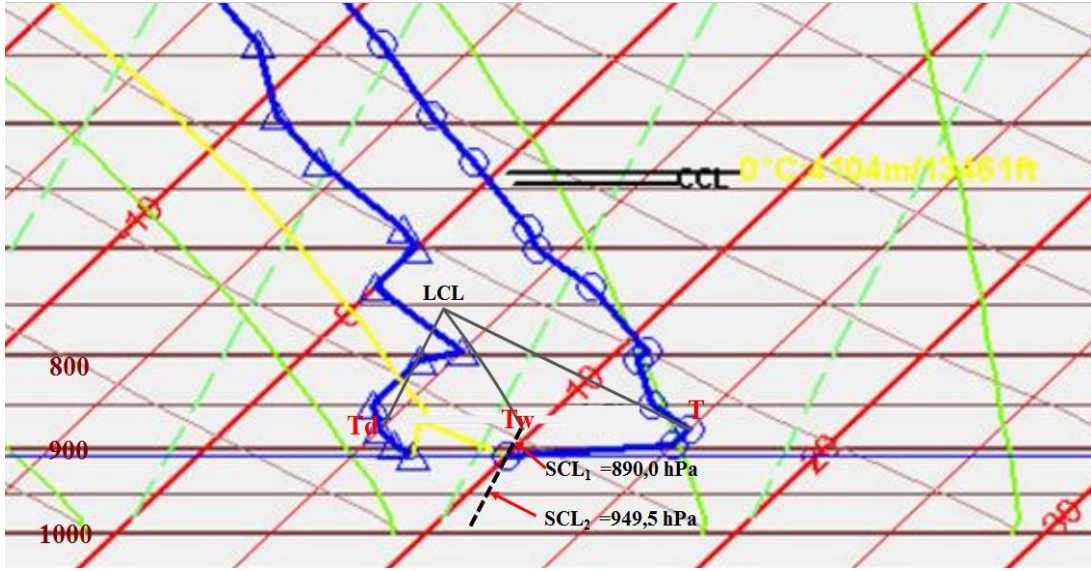
**Örnek:** Isparta ilinin, 11 Ekim 2015 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramında, yaklaşık olarak, enverziyon tavanı (P) 875 hPa, sıcaklık 15,0 °C, ıslak hazne sıcaklığı 9,5 °C, işba sıcaklığı ise 5,0 °C olarak bulunmuştur (Şekil 16).

SCL<sub>2</sub> seviyesi :

$$SCL_2 = P + ((P \cdot 0,01 + 4,8) \cdot \Delta T)$$

$$SCL_2 = 875 + ((875 \cdot 0,01 + 4,8) \cdot 5,5)$$

$$SCL_2 = 949,5 \text{ hPa}$$



Şekil 16: Skew T-Log P Diyagramında SCL<sub>2</sub> Seviyesi.

Örnekte, SCL<sub>1</sub> ve SCL<sub>2</sub> seviyeleri hesaplanarak bulunmuştur. Yer seviyesi, SCL<sub>1</sub> seviyesinin altında, SCL<sub>2</sub> seviyesinin ise üzerindedir. Hava sıcaklığı, yer seviyesinde ıslak hazne sıcaklığı karışma oranına kadar düşmesine rağmen, hava doymuş hale gelememiştir.

Önceki konunun örneğinde (Şekil 11), SCL<sub>2</sub> seviyesinin daha yukarı seviyede oluşmasına karşılık (871,1 hPa), ıslak hazne sıcaklığına kadar soğuyan parsel, daha alt seviyede olan SCL<sub>1</sub> seviyesinde (872,5 hPa) doymuş hale gelebilmiştir. Bu konudaki örneğimizde (Şekil 16) ise, ıslak hazne sıcaklığı karışma oranına kadar soğuyan parsel, SCL<sub>2</sub> seviyesine kadar çökemediğinden doymuş hale gelememiştir. Enverziyon koşullarında, havanın ıslak hazne sıcaklığında doymuş hale gelebilmesi için, parselin her iki SCL seviyesi şartının da yerine geldiği seviyeye kadar çökmesi gerekmektedir. En alttaki seviyede her iki seviyenin de şartları yerine gelmektedir. Bu yüzden, bundan

sonraki konularda, yalnız “SCL” ifadesi en alttaki seviye için kullanılacaktır.

SCL seviyesinin hesaplanması uzun ve zahmetli gibi görünse de, bilgisayar yardımıyla, Microsoft Excel veya benzeri programlara kolayca hesaplatılabilir.

**Örnek:** Yukarıdaki formüllerle, Microsoft Excel programında örnek bir SCL seviyesi hesaplatırma tablosu oluşturulmuştur (Tablo 3.). Örnek tabloda SCL seviyesinin hesaplatılabilmesi için, enverziyonun seviyesi, sıcaklığı, ıslak hazne sıcaklığı ve işba sıcaklığının el ile girilmesi yeterlidir.

| S C L                                   |            |               |
|---|------------|---------------|
| ENVERZİYON TAVANI                       | 875        | SCL SEVİYESİ  |
| SICAKLIK (T)                            | 15         | 949,5         |
| ISLAK HAZNE SICAKLIĞI (Tw)              | 9,5        | SCL SICAKLIĞI |
| İŞBA SICAKLIĞI (Td)                     | 5          | 10,7          |
| Hava Yoğunluğu (ρ1)                     | 1078,6416  |               |
| Hava Yoğunluğu (ρ2)                     | 1096,09221 |               |
| Sıcaklıkla Hava Yoğunluk Değişimi (dρT) | 3,87791336 |               |
| Hava Yoğunluğu ( ρ3)                    | 1195,14953 |               |
| Basınçla Hava Yoğunluk Değişimi (dρP)   | 1,1650793  |               |
| " k " Katsayısı                         | 3,32845444 |               |
| SCL(1) SEVİYESİ                         | 889,978045 |               |
| SCL(2) SEVİYESİ                         | 949,525    |               |

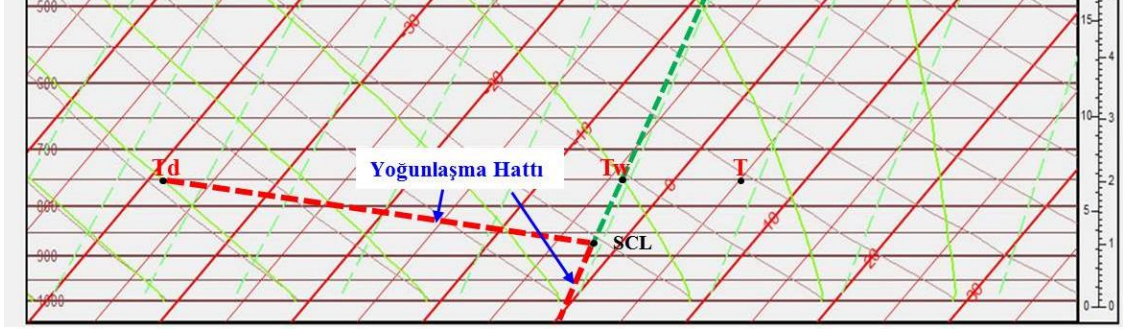
Tablo 3: Microsoft Excel’de Örnek SCL Seviyesi Hesaplatırma Tablosu.

## 5. ENVERZİYON TİPLERİ VE YOĞUNLAŞMA HATLARI

### 5.1.Yoğunlaşma Hattı

Herhangi bir seviyede ve adyabatik olarak hareket etmeyen havanın, doymuş hale gelebilmesi için sıcaklığının işba sıcaklığına kadar düşmesi gerekmektedir. Çöken hava ise, SCL seviyesi ve altında ıslak hazne sıcaklığına kadar soğuduğunda doymuş hale gelmektedir. Hava, çökmeye başladığı seviye ile SCL seviyesi arasında ise işba sıcaklığından SCL’ye doğru bir hat üzerinde doymuş hale gelir. Çöken havanın, kendisine kadar soğuduğunda, içerisindeki su buharının yoğunlaşmaya başladığı bu bölge yoğunlaşma hattıdır (Şekil 17).





Şekil 17: Yoğunlaşma Hattı.

## 5.2.Enverziyon Tipleri ve Yoğunlaşma Hatlarının Bulunuş Yöntemleri

Dikey yönlü hareket eden hava parsellerinde, yoğunlaşmayı hareket eden havanın sıcaklık ve nemliliği doğrudan etkilemektedir. Çöken bir hava parselinde olan yoğunlaşma da, çöken parselin sıcaklık ve nemlilik değerlerine göre oluşmaktadır.

Atmosferin yapısı gereğince, havanın en sıcak bölgesi ile en kuru bölgesi farklı seviyelerde bulunabilmektedir. Atmosferde en sıcak bölge ile en kuru bölgenin farklı seviyelerde oluşması, enverziyonların yapılarını da değiştirmektedir. Farklı enverziyon yapılarında, yoğunlaşma hatlarının bulunuşu da farklı olmaktadır. Tavanlarının sıcaklık ve nemlilik durumlarına göre enverziyonlar 3 farklı yapıya ayrılırlar. Bunlar:

- 1- Düz enverziyonlar.
- 2- Katman şeklinde tavanı olan enverziyonlar.
- 3- Kuru havanın alt seviyelerinde oluşan enverziyonlar.

### 5.2.1. Düz Enverziyonlar

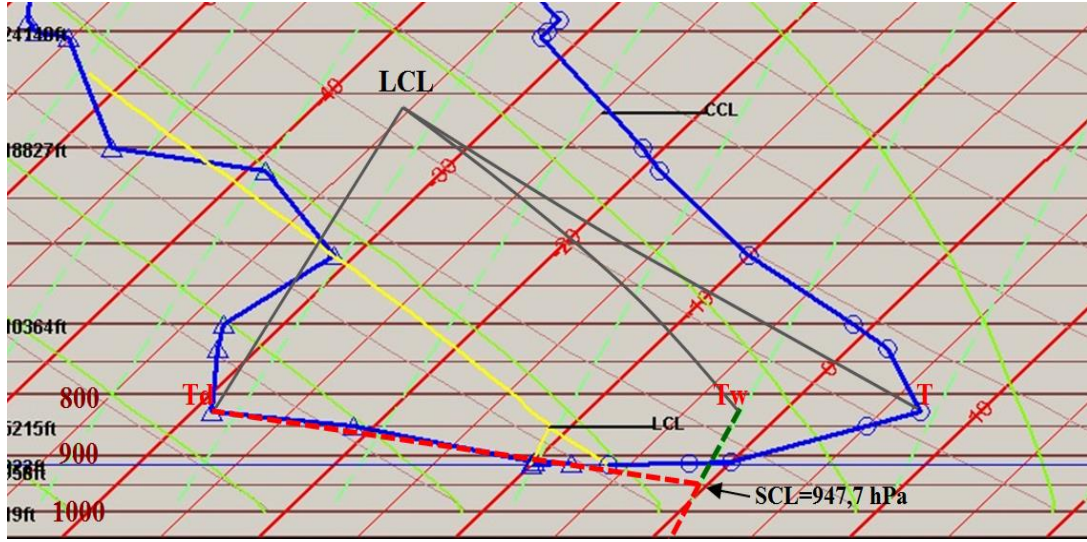
Tavanı, troposferin en sıcak ve kuru bölgesi olan enverziyon yapılarına düz enverziyon denir. Düz enverziyonlarda, havanın diğer katmanlarıyla enverziyon katmanı birbirlerinden keskin bir biçimde ayrılırlar. Bu tip enverziyonların tavanında sıcaklık, doymuş karışma oranı ve spreat ( Sıcaklık ile İşba Sıcaklıklarının Farkı) en yüksek değere sahiptir.

Enverziyonun tavanı, atmosferin en sıcak ve en kuru bölgesi olduğu için, tavanın üzerinde hava yükselir, altında ise çöker. Bu yüzden tavanın üzerindeki hava ile

enverziyon katmanındaki hava birbirine karışamaz ve yoğunlaşma hattı enverziyon tavanından itibaren başlar (Şekil 18 – 19).

**Örnek 1:** Isparta'nın, 23 Aralık 2013 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramının tavan seviyesinde:

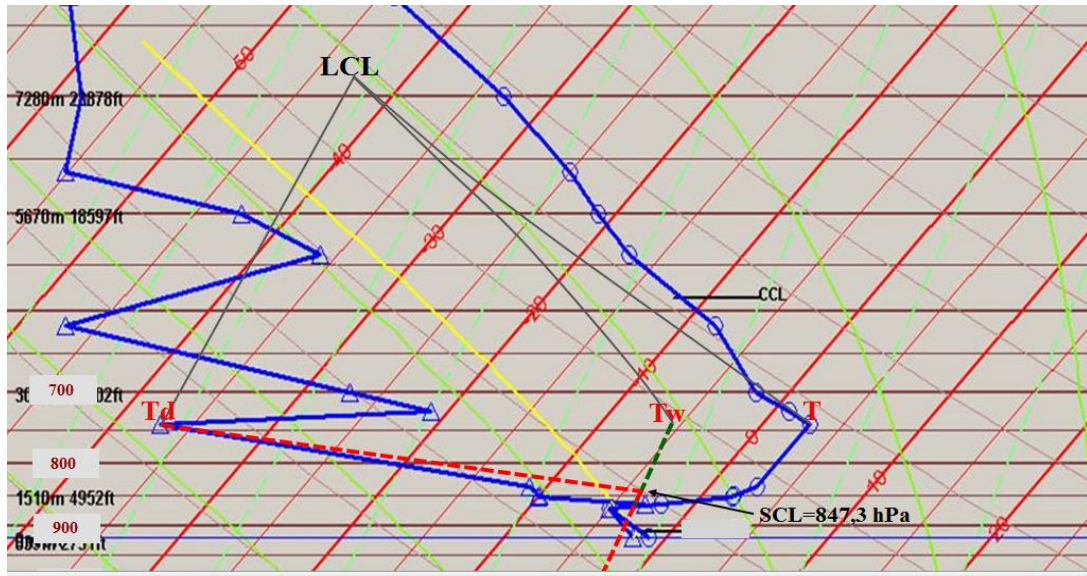
$$P \approx 825 \text{ hPa}, \quad T \approx 7,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -2,4 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -29,3 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 18: Isparta'nın, 23 Aralık 2013 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

**Örnek 2:** Ankara'nın, 09 Ocak 2014 tarihindeki, saat 12.00 GMT'nin temp diyagramının tavan seviyesinde:

$$P \approx 743 \text{ hPa}, \quad T \approx 3,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -5,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -37,0 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 19: Ankara'nın, 09 Ocak 2014 Tarihindeki, Saat 12.00 GMT'nin Temp Diyagramı

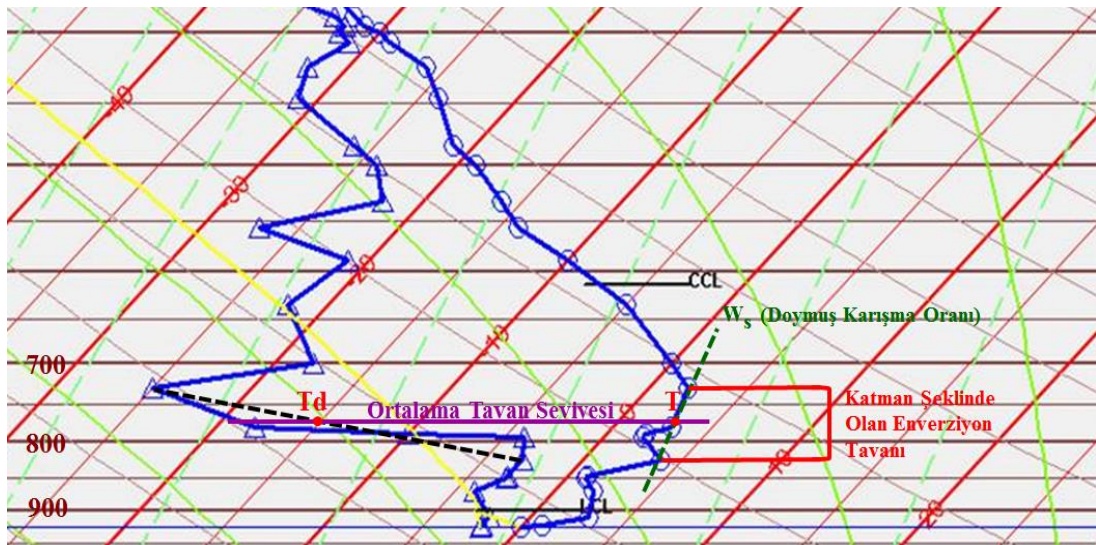


### 5.2.2. Tavanı Katman Şeklinde Oluşan Enverziyonlar

Bu tip yapılarda, enverziyon katmanı ile üst katmalar birbirinden keskin bir biçimde ayrılmazlar. Bu yapıların enverziyon tavanı, belirli bir seviye değil, katman şeklinde bir geçiş bölgesidir. Geçiş bölgesindeki katman, tam olarak, ne enverziyon bölgesine ne de atmosferin normal şartlarının hüküm sürdüğü üst seviyelere benzemez. Katmanın alt kısmı hava sıcaklığının en yüksek olduğu seviyedir. Üst kısım ise, havanın en kuru olduğu ve spreatin en yüksek olduğu seviyedir. Ancak, katmanın her iki kısmının sıcaklığı da, yaklaşık olarak aynı doymuş karışma oranı üzerindedir (Şekil 20).

Katman şeklinde oluşan tavanlarda, üst kısımdaki, daha kuru ve daha ağır olan, hava çökerek alt kısımdaki hava ile karışır ve dönüşüme uğrar. Karışım alt seviyelerden daha kuru olduğundan çökmeye devam eder ve yoğunlaşma havanın karışım değerlerine göre oluşur.

Karışım değerleri için, tavanın ortalama seviyesini esas almak en uygundur. Ortalama tavan seviyesi, tavan katmanının aritmetik ortalaması olan basınç seviyesidir. Karışımın sıcaklığı, ortalama tavan seviyesi ile doymuş karışma oranının kesiştiği noktanın sıcaklık değeri esas alınarak bulunur. Karışımın işba sıcaklığı ise, tavanın alt ve üst seviye işba sıcaklıkları arasına çekilen çizgi ile ortalama tavan seviyesinin kesiştiği noktanın değeri esas alınarak bulunur (Şekil 20).

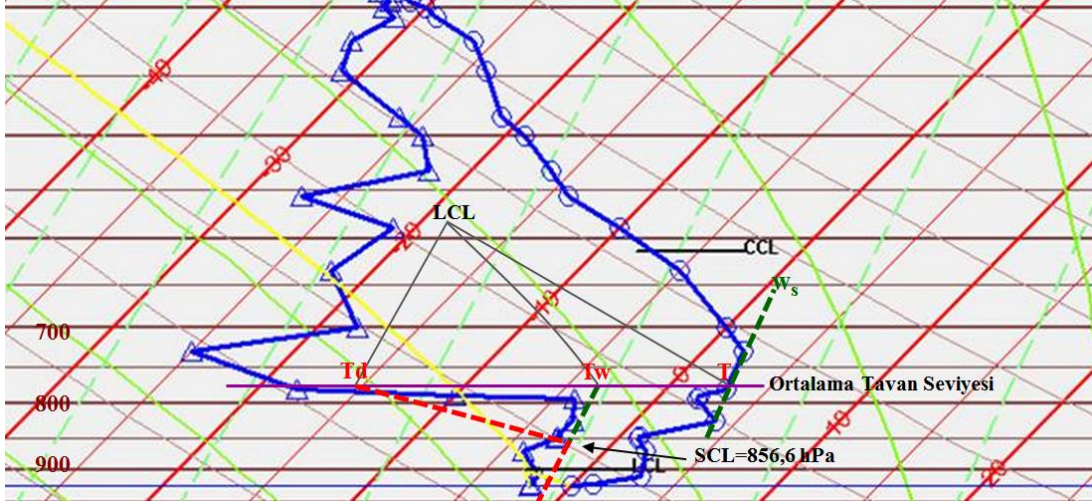


Şekil 20: Ortalama Tavan Seviyesi Değerlerinin Bulunuşu.

Ortalama tavan seviyesinin değerleri bulunduktan sonra, daha önceden anlatıldığı şekilde ıslak hazne sıcaklığı ve yoğunlaşma hattı bulunur (Şekil 21–22).

**Örnek 1:** Ankara'nın, 03 Şubat 2016 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramının ortalama tavan seviyesinde:

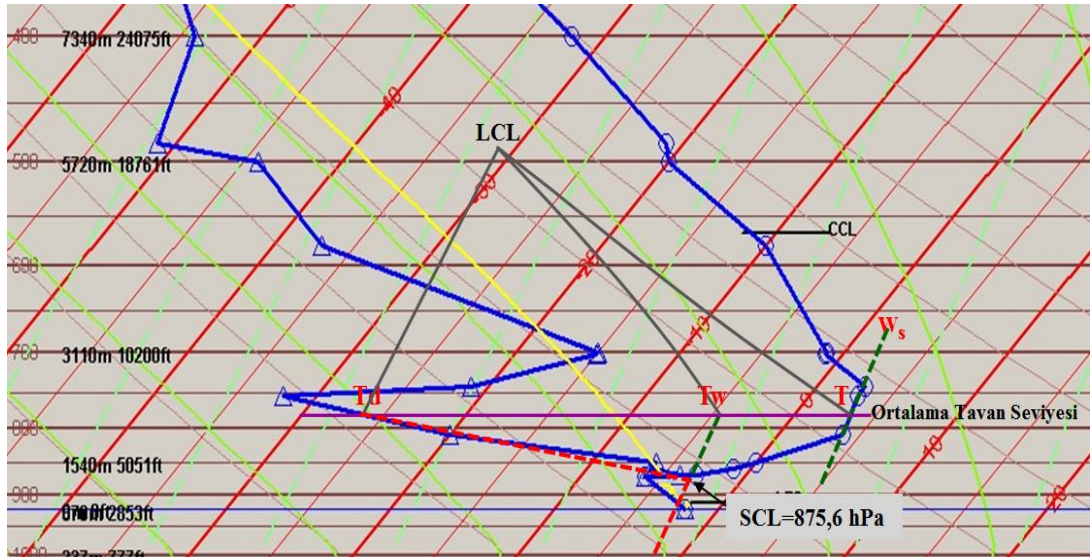
$$P \approx 775 \text{ hPa}, \quad T \approx 3,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -3,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -15,5 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 21: Ankara'nın, 03 Şubat 2016 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

**Örnek 2:** Ankara'nın, 08 Ocak 2014 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramının ortalama tavan seviyesinde:

$$P \approx 777,5 \text{ hPa}, \quad T \approx 3,2 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -4,6 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -26,5 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 22: Ankara'nın, 08 Ocak 2014 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

Kalın tavanlı enverziyonlarda dikkat edilmesi gereken en önemli ayrıntı; Ortalama tavan seviyesi oluşturmak için katmanın alt kısmı ile üst kısımları arasında, belirgin şekilde, seviye veya nemlilik farkının olması gerekmektedir. Seviye için en az 50 hPa basınç farkı, nemlilik farkı için ise en kuru seviye ile en sıcak seviyelerin işba sıcaklıkları arasında en az 5 °C sıcaklık farkı olması gerekir. Bu farklardan en az birisi yok ise, enverziyonun tavanı düz enverziyonlar gibi değerlendirilmelidir. İşlemler tavanın en kuru kısmına göre yapılmalıdır.

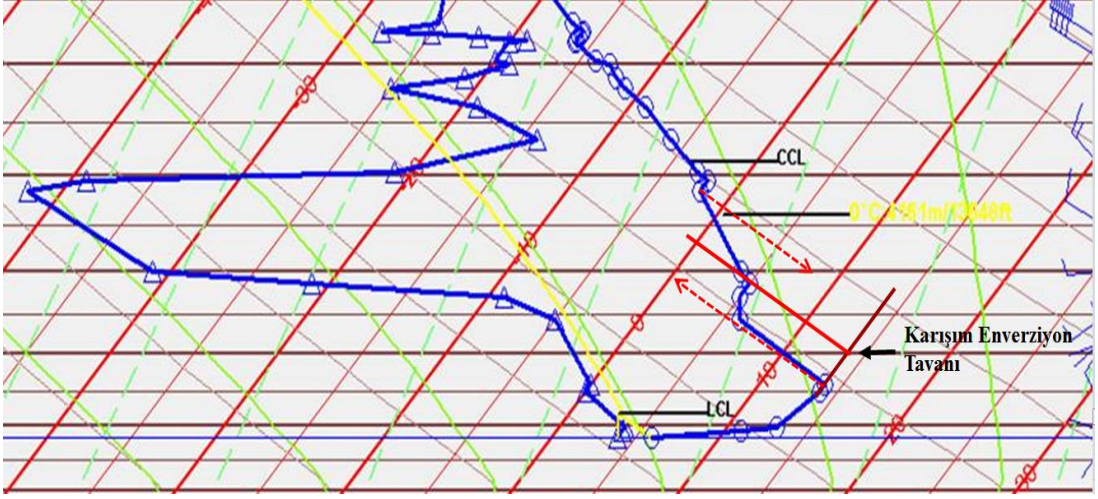
### **5.2.3. Kuru Hava Altındaki Enverziyonlar**

Troposferde, daha kuru hava üst seviyelerde, enverziyon tavanı ise alt seviyelerde oluşabilmektedir. Bu tür atmosfer modellerinde, yukarı seviyelerde daha kuru olan hava, enverziyonun yapısını etkilemektedir. Bu şekildeki enverziyon yapıları, oldukça sık karşılaşılan ve çözümlenmesi en zor olanıdır.

Bu tür enverziyon yapılarında, üst seviyelerdeki daha kuru olan hava çökerek, tavanın hemen üzerindeki sıcak ve nispeten daha nemli hava ise yükselerek birbirine karışır ve değişime uğrarlar. Karışım, altında bulunan havadan daha ağır olduğu için ve üst seviyesindeki kuru havanın baskısıyla çökmeye devam eder. Çökme işlemi enverziyon tavanının üzerinde olduğu için, karışım aynı zamanda adyabatik olarak ısınır. Adyabatik ısınma, atmosferin en yüksek sıcaklığına ulaşmaya kadar devam eder. En yüksek sıcaklığa ulaşan karışım artık çevreden daha fazla ısı alamaz ve karışımın enverziyon tavanını oluşturur. Karışım tavanından itibaren çöken hava enverziyon koşullarına girer ve yoğunlaşma hattı bu seviyeden itibaren oluşur.

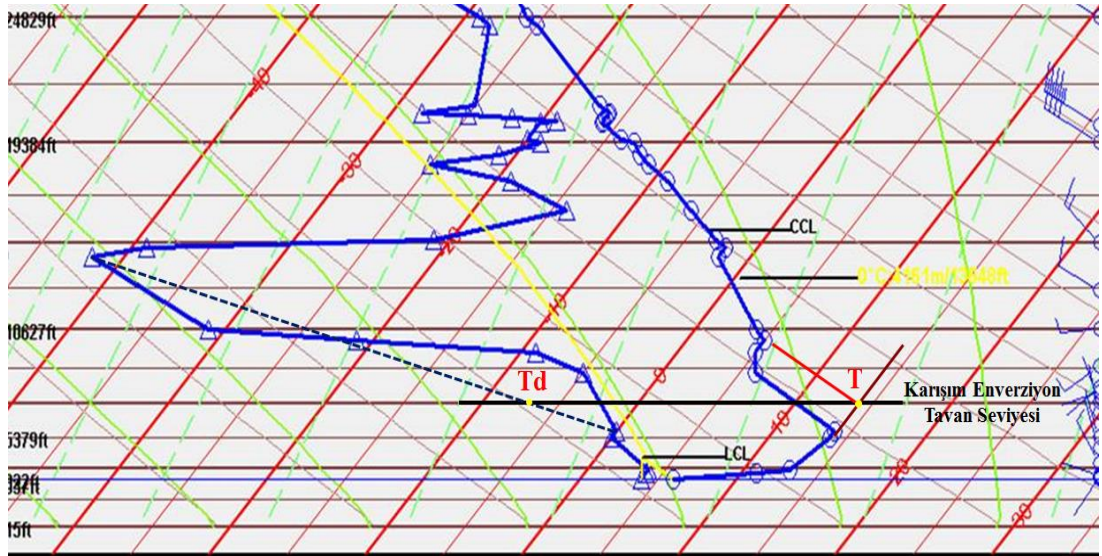
Karışımın enverziyon tavanını bulmak için, üst seviyedeki kuru havanın (Spreat değeri en yüksek olan alınır) sıcaklığı ile enverziyon tavanı en yüksek sıcaklığının kuru adyabatik ortalaması alınır. Kuru adyabatik ortalama sıcaklığın en yüksek sıcaklık izotermini kestiği seviye karışımın enverziyon tavanıdır (Şekil 23).





Şekil 23: Karışım Enverziyon Tavanı Seviyesi.

Seviyesi ile birlikte sıcaklığı da belirlenen karışım tavanının, işba sıcaklığı her iki seviyenin (En kuru ve en sıcak seviyeler) işba sıcaklıkları arasında çizilen çizgi ile bulunur. Çizginin karışım tavan seviyesi üzerindeki değeri karışımın işba sıcaklığıdır (Şekil 24).

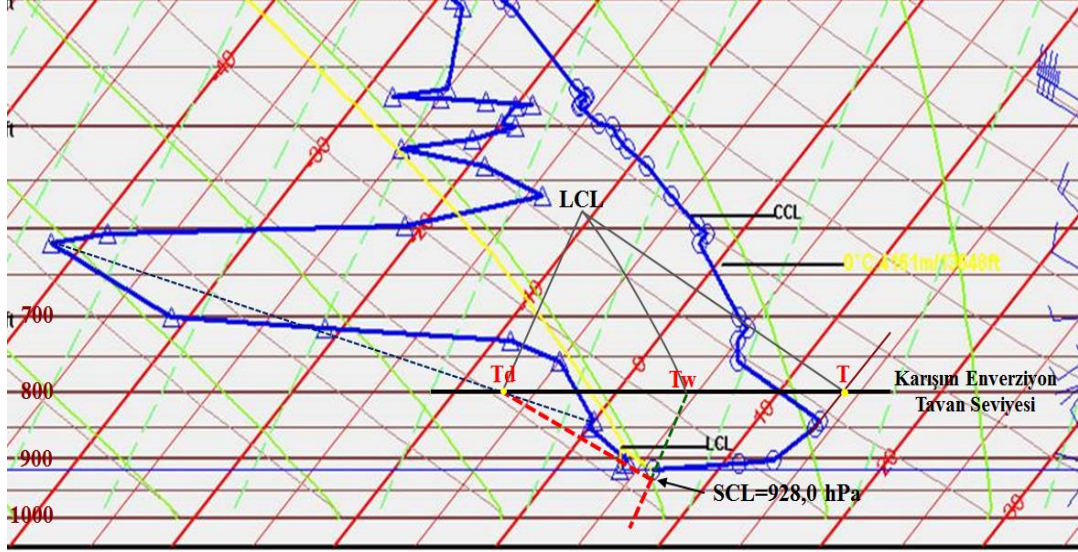


Şekil 24: Karışım Enverziyon Tavanının Sıcaklık ve İşba Sıcaklık Değerlerinin Bulunuşu.

Değerleri oluşturulan karışım tavan seviyesinin, yoğunlaşma hattı daha önceden anlatıldığı şekilde oluşturulur (Şekil 25–26).

**Örnek 1:** Isparta'nın, 17 Şubat 2016 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramının karışım tavan seviyesinde:

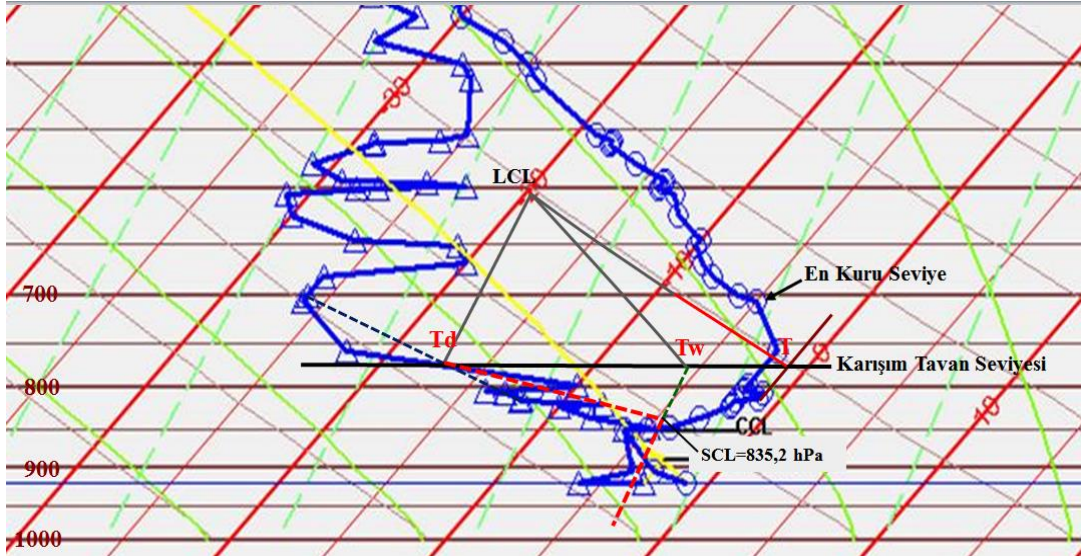
$$P \approx 800 \text{ hPa}, \quad T \approx 14,4 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx 4,4 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -7,0 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 25: Isparta'nın, 17 Şubat 2016 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

**Örnek 2:** Ankara'nın, 16 Aralık 2015 tarihindeki saat 12.00 GMT'nin temp diyagramının karışım tavan seviyesinde:

$$P \approx 775 \text{ hPa}, \quad T \approx -0,7 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -5,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -17,0 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 26: Ankara'nın, 16 Aralık 2015 Tarihindeki, Saat 12.00 GMT'nin Temp Diyagramı.



## **6. YOĞUNLAŞMA SEVİYELERİ VE SİS OLUŞUMU**

Görüş, havanın şeffaflığının bir ölçüsüdür. Hava içerisinde bulunan, su buharının yoğunlaşarak, çok küçük su damlacıkları veya buz kristallerine dönüşmesi görüş mesafesini daraltır. Sis oluşabilmesi için, yoğunlaşan su buharı ve buz kristallerinin yer yüzeyi üzerinde görüş mesafesini 1 kilometrenin altına düşürmesi gerekmektedir.

Enverziyonlarda, havanın doymuş hale gelebilmesi, hava sıcaklığının yoğunlaşma hattına kadar düşmesiyle mümkün olur. Ancak, yoğunlaşmanın olduğu seviyelerin yer yüzeyi üzerindeki görüş mesafesine etkileri farklıdır.

### **6.1. Yoğunlaşma Seviyeleri**

Yoğunlaşmanın olduğu seviyelerin yeryüzü ile olan mesafeleri ve etkilerini 3 başlık altında inceleyebiliriz. Bunlar:

- 1- Yer yüzeyinde yoğunlaşma ve sis oluşumuna etkisi
- 2- Yere yakın seviyede yoğunlaşma ve sis oluşumuna etkisi
- 3- Yukarı seviyede yoğunlaşma ve sis oluşumuna etkisi

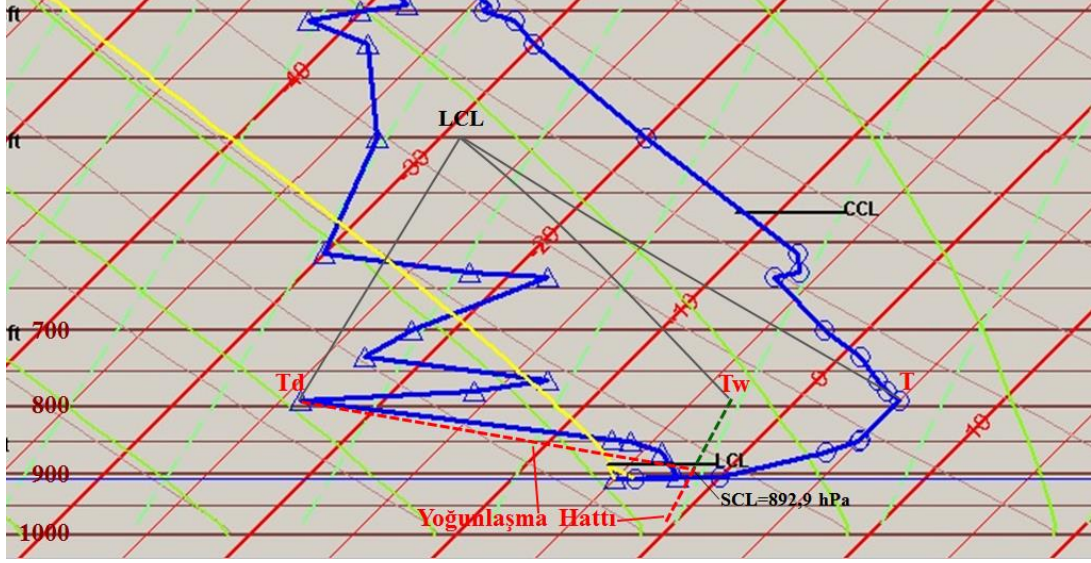
#### **6.1.1. Yer Yüzeyinde Yoğunlaşma ve Sis Oluşumuna Etkisi**

Hava sıcaklığının yer yüzeyi üzerinde yoğunlaşma hattına kadar düşmesi, sis oluşturmamaktadır. Yeryüzü üzerinde düşen sıcaklık, yüzeye temas eden havadaki su buharını yoğunlaştırarak, yüzey üzerinde çığ veya kırağı oluşumunu sağlar. Yoğunlaşma hava içerisinde oluşmadığı için, sis oluşmaz. Ancak gün doğumundan sonra, yerdeki çığ veya kırağının buharlaşması, görüş mesafesinde hafif bir kısıtlama (hafif pus) meydana getirebilir.



**Örnek:** Isparta'nın, 11 Ocak 2014 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramının tavan seviyesinde:

$$P \approx 790 \text{ hPa}, \quad T \approx 5,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -3,1 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -23,8 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 27: Isparta'nın, 11 Ocak 2014 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

Örnek, hava yer seviyesinde yoğunlaşma hattından daha fazla soğumasına rağmen, görüş mesafesinde düşüş kaydedilmemiştir (Tablo 4).

| Sinoptik Defter : 17240 |    | 01 Ocak 2014 Çarşamba --- 12 Ocak 2014 Pazar |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
|-------------------------|----|--|---|----|---|-----|----|-----|-----|------|------|----|-------|--------|---|-----|-----|----|----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|
| Tarih: 11.01.2014       |    |  |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| GMT                     | iR | iX   | h | VV | N | dd  | ff | 910 | 911 | T    | Td   | Rh | 3Po   | 4P     | a | ppp | RRR | ww | WW | 960 | Bulut | Bg1 | Bg2 | Bg3   | Bg4 |
| 00                      | 1  | 2  | 9 | 70 | 0 | 270 | 1  |     | 2   | -3,2 | -4,9 | 88 | 907,4 | 1024,9 | 2 | 0,2 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 01                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 0 | 260 | 1  |     |     | -3,6 | -5,3 | 88 | 907,4 | 1024,7 | 1 | 0,2 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 02                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 0 | 000 | 0  |     |     | -3,6 | -5,3 | 88 | 907,2 | 1024,5 | 7 | 0,2 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 03                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 0 | 260 | 2  |     | 3   | -3,9 | -5,5 | 89 | 907,3 | 1025,1 | 5 | 0,1 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 04                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 0 | 360 | 1  |     |     | -4,1 | -6,0 | 87 | 907,5 | 1026,6 | 3 | 0,1 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 05                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 0 | 050 | 1  |     |     | -4,3 | -6,1 | 87 | 908,1 | 1027,7 | 2 | 0,9 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 06                      | 1  | 2  | 9 | 70 | 0 | 000 | 0  |     | 4   | -4,1 | -5,8 | 88 | 908,3 | 1028,0 | 2 | 1,0 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 07                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 0 | 190 | 1  |     |     | -0,9 | -2,9 | 86 | 908,6 | 1027,8 | 2 | 1,1 |     |    |    |     |       |     |     |       |     |
| 08                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 3 | 050 | 1  |     |     | 1,0  | -2,5 | 77 | 909,1 | 1028,1 | 2 | 1,0 |     |    |    |     | 80001 |     |     |       |     |
| 09                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 3 | 070 | 1  |     | 3   | 2,9  | -1,8 | 71 | 908,6 | 1027,2 | 0 | 0,3 |     |    |    |     | 80001 |     |     | 83070 |     |
| 10                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 4 | 350 | 2  |     |     | 5,1  | -0,9 | 65 | 907,9 | 1026,0 | 8 | 0,7 |     |    |    |     | 80001 |     |     |       |     |
| 11                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 4 | 020 | 2  |     |     | 5,7  | -2,1 | 57 | 907,6 | 1025,6 | 7 | 1,5 |     |    |    |     | 80001 |     |     |       |     |
| 12                      | 1  | 2  | 9 | 70 | 5 | 360 | 2  |     | 4   | 7,2  | -1,0 | 56 | 907,5 | 1025,2 | 7 | 1,1 |     |    |    |     | 85030 |     |     | 85360 |     |

Tablo 4: Isparta'nın 11 Ocak 2014 Tarihindeki Rasat Kayıt Defteri.

Herhangi bir bölgede, yer seviyesinde yoğunlaşma hattına kadar soğuyan hava, o bölgede sis oluşturmazken, civardaki çukur veya yükseltisi daha az olan yerlerde sis oluşturabilir. Örneğin; Aynı gün içerisinde, istasyon rakımı 997 metre olan Isparta'da herhangi görüş kısıtlayıcı hadise kaydedilmemiş (Tablo 4) olmasına rağmen, meydan rakımı 869 metre olan Süleyman Demirel Hava Limanında, sis hadisesi (Tablo 5) oluşmuştur.

| Metar Defter : 17241 |      |     |     |       |         |       |      |     |        |                |         |         |        |      | 01 Ocak 2014 Çarşamba --- 12 Ocak 2014 Pazar |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      |     |       |        |       |
|----------------------|------|-----|-----|-------|---------|-------|------|-----|--------|----------------|---------|---------|--------|------|--|------|------|----------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|-----|-------|--------|-------|
| Tarih: 11.1.2014     |      |     |     |       |         |       |      |     |        |                |         |         |        |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      |     |       |        |       |
| RÜZGAR               |      |     |     |       | RÜYET   |       |      |     |        | HALİHAZIR HAVA |         |         |        |      | 1. BULUT                                     |      |      | 2. BULUT |      |      | 3. BULUT |      |      | 4. BULUT |      |      | SICAKLIK |      |      | NM  |       | BASINÇ |       |
| Tipi                 | GMT  | Yön | Hız | Hamle | Salınım | Hakim | Min. | Yön | Dikine | 1. Grup        | 2. Grup | 3. Grup | T. Kp. | Kap. | Cins   | Yük. | Kap. | Cins     | Yük. | Kap. | Cins     | Yük. | Kap. | Cins     | Yük. | Kuru | Islak    | İşba | %    | QFE | QNH   | inch   |       |
| M                    | 0020 | 000 | 0   |       |         | 400   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -4,7     | -4,7 | -4,8 | 99  | 922,5 | 1023,1 | 30,21 |
| M                    | 0050 | 000 | 0   |       |         | 400   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,2     | -5,3 | -5,4 | 98  | 922,4 | 1023,0 | 30,21 |
| M                    | 0120 | 000 | 0   |       |         | 500   |      |     | 200    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,6     | -5,6 | -5,7 | 99  | 922,5 | 1023,1 | 30,21 |
| M                    | 0150 | 000 | 0   |       |         | 300   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,3     | -5,3 | -5,4 | 99  | 922,6 | 1023,2 | 30,22 |
| M                    | 0220 | 000 | 0   |       |         | 300   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,1     | -5,1 | -5,2 | 99  | 922,4 | 1023,0 | 30,21 |
| M                    | 0250 | 000 | 0   |       |         | 300   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,3     | -5,3 | -5,4 | 99  | 922,4 | 1023,0 | 30,21 |
| M                    | 0320 | 000 | 0   |       |         | 400   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,5     | -5,5 | -5,6 | 99  | 922,5 | 1023,1 | 30,21 |
| M                    | 0350 | 000 | 0   |       |         | 400   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,2     | -5,2 | -5,3 | 99  | 922,8 | 1023,5 | 30,22 |
| M                    | 0420 | 000 | 0   |       |         | 500   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,5     | -5,5 | -5,6 | 99  | 922,9 | 1023,6 | 30,23 |
| M                    | 0450 | 000 | 0   |       |         | 700   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,3     | -5,1 | -5,4 | 99  | 923,7 | 1023,9 | 30,24 |
| M                    | 0520 | 000 | 0   |       |         | 250   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -5,2     | -5,0 | -5,3 | 99  | 923,8 | 1024,0 | 30,24 |
| M                    | 0550 | 000 | 0   |       |         | 200   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -4,8     | -4,8 | -4,9 | 99  | 923,5 | 1024,2 | 30,24 |
| M                    | 0620 | 000 | 0   |       |         | 200   |      |     | 100    | FZFG           |         |         | 9      |      |  |      |      |          |      |      |          |      |      |          |      |      | -4,3     | -4,2 | -4,3 | 100 | 924,2 | 1024,4 | 30,25 |

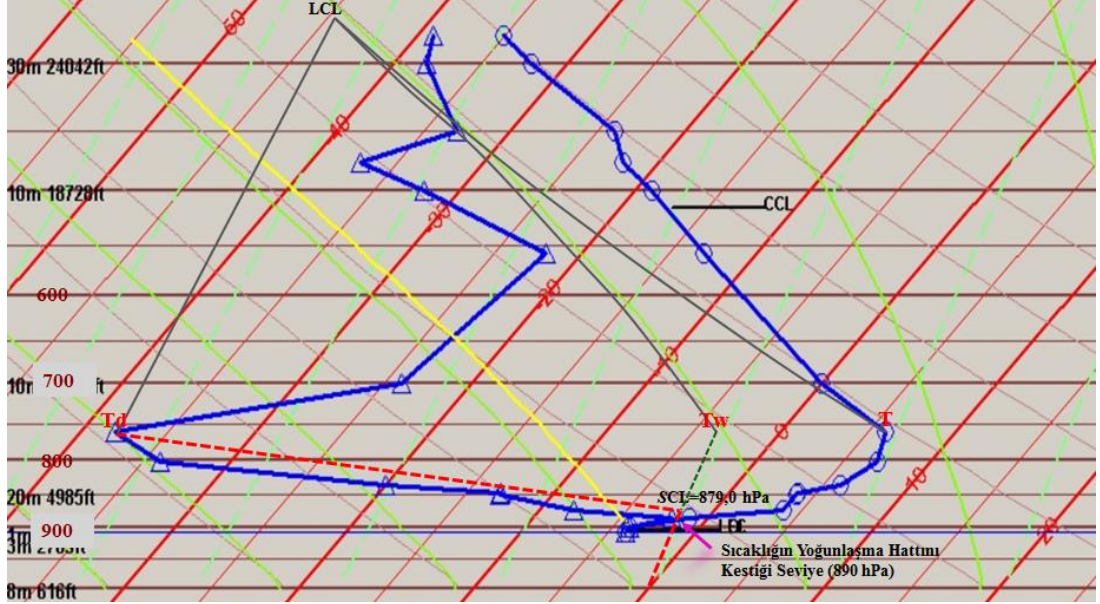
Tablo 5: Süleyman Demirel Hava Limanının, 11 Ocak 2014 Tarihindeki Rasat Kayıt Defteri.

### 6.1.2. Yere Yakın Seviyede Yoğunlaşma ve Sis Oluşumuna Etkisi

Sis ile stratus bulutu arasındaki fark, yoğunlaşma seviyeleridir. Yoğunlaşma yeryüzüne yakın seviyede gerçekleşmişse sis olarak adlandırılır. Enverziyonlarda, hava sıcaklığı yer yüzeyine yakın seviyelerde yoğunlaşma hattına kadar düştüğünde, yoğunlaşma yere yakın hava içerisinde gerçekleşir. Yoğunlaşmayla, hava içerisindeki su buharı küçük su damlacıkları veya buz kristallerine dönüşerek, görüş mesafesini daraltır ve sis oluşur. Sis, ideal olarak, yerin 10 hPa ile 30 hPa yukarı seviyelerinde meydana gelen yoğunlaşmalarda oluşmaktadır.

**Örnek 1:** Isparta'nın, 08 Ocak 2014 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramında, enverziyon kalın tavanlı bir yapıya sahiptir. Ancak, tavanın alt kısmı ile üst kısmının arasında, belirgin bir nemlilik ve seviye farkı olmadığından düz enverziyon gibi değerlendirilmiştir. Enverziyonun tavan seviyesinde:

$$P \approx 760 \text{ hPa}, \quad T \approx 6,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -3,3 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -38,0 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 28: Isparta'nın, 1 Ocak 2014 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

Isparta'nın yer seviyesinin basıncı 907,2 hPa'dır. Skew T-Log P diyagramında, çevre sıcaklığı, yoğunlaşma hattına yaklaşık olarak 890 hPa basınç seviyesinde düşmüştür ve Isparta'nın rasat kayıtlarında sis hadisesi vardır (Tablo 6).

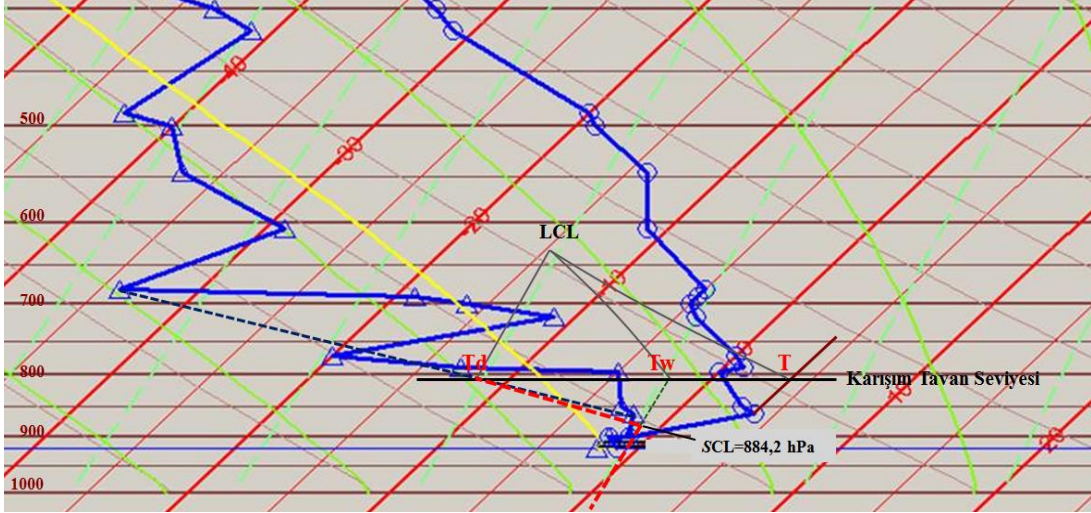
| Sinoptik Defter : 17240 |    | 01 Ocak 2014 Çarşamba --- 12 Ocak 2014 Pazar |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |       |       |
|-------------------------|----|--|---|----|---|-----|----|-----|-----|------|------|----|-------|--------|---|-----|-----|----|----|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| Tarih: 08.01.2014       |    |  |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |       |       |
| GMT                     | iR | iX   | h | VV | N | dd  | ff | 910 | 911 | T    | Td   | Rh | 3Po   | 4P     | a | ppp | RRR | ww | WW | 960 | Bulut | Bg1   | Bg2 | Bg3   | Bg4   |
| 00                      | 1  | 1  |   | 1  | 9 | 330 | 1  |     | 4   | -3,4 | -3,5 | 99 | 907,2 | 1026,7 | 7 | 0,9 |     | 45 | 44 |     |       | 89/01 |     |       |       |
| 01                      | 4  | 1  |   | 1  | 9 | 280 | 1  |     |     | -3,4 | -3,5 | 99 | 907,4 | 1026,8 | 5 | 0,2 |     | 45 | 44 |     |       |       |     |       |       |
| 02                      | 4  | 1  |   | 1  | 9 | 240 | 1  |     |     | -3,4 | -3,5 | 99 | 907,3 | 1026,7 | 0 | 0,0 |     | 45 | 44 |     |       |       |     |       |       |
| 03                      | 4  | 1  |   | 1  | 9 | 300 | 1  |     | 2   | -3,4 | -3,5 | 99 | 907,1 | 1026,4 | 8 | 0,1 |     | 45 | 44 |     |       | 89/01 |     |       |       |
| 04                      | 4  | 1  |   | 1  | 9 | 350 | 1  |     |     | -4,2 | -4,3 | 99 | 907,1 | 1026,6 | 6 | 0,3 |     | 45 | 44 |     |       |       |     |       |       |
| 05                      | 4  | 1  |   | 1  | 9 | 290 | 1  |     |     | -5,1 | -5,4 | 98 | 907,4 | 1027,3 | 3 | 0,1 |     | 45 | 44 |     |       |       |     |       |       |
| 06                      | 1  | 1  |   | 1  | 9 | 270 | 1  |     | 3   | -4,7 | -5,0 | 98 | 907,7 | 1027,6 | 3 | 0,6 |     | 45 | 44 |     |       | 89/01 |     |       |       |
| 07                      | 4  | 1  |   | 1  | 9 | 360 | 1  |     |     | -4,3 | -4,6 | 98 | 907,8 | 1027,7 | 2 | 0,7 |     | 45 | 44 |     |       |       |     |       |       |
| 08                      | 4  | 1  | 9 | 2  | 0 | 110 | 1  |     |     | -2,4 | -2,6 | 99 | 907,9 | 1027,4 | 2 | 0,5 |     | 42 | 44 |     |       |       |     |       |       |
| 09                      | 4  | 1  | 9 | 30 | 3 | 040 | 1  |     | 3   | -0,1 | -0,2 | 99 | 907,4 | 1026,5 | 8 | 0,3 |     | 28 | 44 | 10  | 80001 |       |     |       | 83070 |
| 10                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 5 | 030 | 2  |     |     | 2,7  | 2,5  | 99 | 906,4 | 1024,8 | 8 | 1,4 |     |    |    |     | 80001 |       |     |       |       |
| 11                      | 4  | 2  | 9 | 70 | 5 | 020 | 2  |     |     | 4,5  | 4,3  | 99 | 905,7 | 1023,7 | 7 | 2,2 |     |    |    |     | 80001 |       |     |       |       |
| 12                      | 1  | 1  | 9 | 70 | 5 | 010 | 1  |     | 5   | 6,5  | -1,9 | 55 | 905,4 | 1023,0 | 7 | 2,0 |     | 03 | 41 |     | 83031 |       |     | 83360 | 85070 |

Tablo 6: Isparta'nın, 8 Ocak 2014 Tarihindeki Rasat Kayıt Defteri

**Örnek 2:** Ankara'nın, 01 Ocak 2014 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramında enverziyon, kuru hava altında olan bir enverziyondur. Karışım tavan seviyesinde:

$$P \approx 807 \text{ hPa}, \quad T \approx 4,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -2,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -11,7 \text{ }^\circ\text{C}$$





Şekil 29: Ankara'nın, 1 Ocak 2014 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

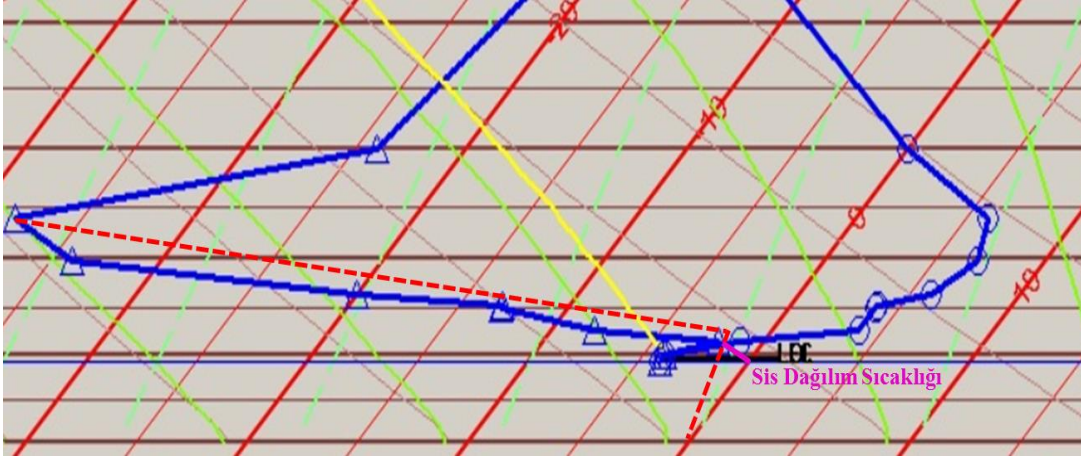
Ankara'da yer seviyesinin basıncı 919,1 hPa'dır. Skew T-Log P diyagramında, çevre sıcaklığı, yoğunlaşma hattına yaklaşık olarak 900 hPa basınç seviyesinde düşmüştür ve Ankara'nın rasat kayıtlarında sis hadisesi vardır (Tablo 7).

| Sinoptik Defter : 17130 |    | 01 Ocak 2014 Çarşamba --- 12 Ocak 2014 Pazar |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |     |     |
|-------------------------|----|--|---|----|---|-----|----|-----|-----|------|------|----|-------|--------|---|-----|-----|----|----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|
| Tarih: 01.01.2014       |    |  |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |     |     |
| GMT                     | iR | IX   | h | VV | N | dd  | ff | 910 | 911 | T    | Td   | Rh | 3Po   | 4P     | a | ppp | RRR | ww | WW | 960 | Bulut | Bg1   | Bg2 | Bg3 | Bg4 |
| 00                      | 1  | 1  | 9 | 4  | 0 | 100 | 1  |     |     | -0,8 | -1,0 | 99 | 919,1 | 1023,9 | 6 | 0,3 |     | 48 | 00 |     |       |       |     |     |     |
| 01                      | 4  | 1  | 9 | 4  | 0 | 200 | 1  |     |     | -0,7 | -0,8 | 99 | 919,0 | 1023,8 | 5 | 0,3 |     | 48 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 02                      | 4  | 1  | 9 | 4  | 0 | 190 | 1  |     |     | -0,8 | -0,9 | 99 | 918,8 | 1023,9 | 7 | 0,3 |     | 48 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 03                      | 4  | 1  | 9 | 4  | 0 | 070 | 4  |     | 5   | -1,1 | -1,3 | 99 | 918,8 | 1024,3 | 6 | 0,3 |     | 48 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 04                      | 4  | 1  | 9 | 4  | 0 | 050 | 2  |     |     | -1,5 | -1,6 | 99 | 919,2 | 1025,1 | 3 | 0,2 |     | 48 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 05                      | 4  | 1  | 9 | 3  | 0 | 080 | 1  |     |     | -1,5 | -1,6 | 99 | 919,4 | 1025,7 | 3 | 0,6 |     | 48 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 06                      | 1  | 1  |   | 3  | 9 | 070 | 1  |     | 5   | -1,6 | -1,7 | 99 | 919,6 | 1026,1 | 2 | 0,8 |     | 49 | 44 |     |       | 89/02 |     |     |     |
| 07                      | 4  | 1  |   | 4  | 9 | 050 | 2  |     |     | -1,2 | -1,3 | 99 | 920,1 | 1026,8 | 2 | 0,9 |     | 49 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 08                      | 4  | 1  |   | 6  | 9 | 200 | 1  |     |     | -0,8 | -0,9 | 99 | 920,3 | 1027,2 | 2 | 0,9 |     | 49 | 44 |     |       |       |     |     |     |
| 09                      | 4  | 1  | 4 | 8  | 8 | 070 | 2  |     | 4   | 0,3  | 0,2  | 99 | 919,7 | 1026,8 | 0 | 0,1 |     | 42 | 44 |     | 886// | 88715 |     |     |     |
| 10                      | 4  | 1  | 4 | 8  | 5 | 060 | 1  |     |     | 2,3  | 2,2  | 99 | 918,8 | 1025,3 | 8 | 1,3 |     | 44 | 44 |     | 85600 |       |     |     |     |
| 11                      | 4  | 1  | 4 | 15 | 5 | 220 | 4  |     |     | 4,9  | 1,0  | 76 | 918,3 | 1024,1 | 7 | 2,0 |     | 41 | 44 |     | 85600 |       |     |     |     |
| 12                      | 1  | 1  | 9 | 25 | 0 | 200 | 4  |     | 8   | 5,0  | 0,7  | 74 | 918,2 | 1024,0 | 7 | 1,5 |     | 10 | 44 |     |       |       |     |     |     |

Tablo 7: Ankara'nın, 1 Ocak 2014 Tarihindeki Rasat Kayıt Defteri.

Yere yakın seviyelerdeki yoğunlaşmalarda, sisin oluşum ve dağılım aşamalarını, sıcaklığın yoğunlaşma hattı ile kesiştiği seviyenin sıcaklığı belirler. Yer seviyesinin sıcaklığı, yoğunlaşma hattından daha fazla olsa bile, yakın seviyenin yoğunlaşma süreci devam ettiği müddetçe, yoğunlaşmış parçacıklar yer yüzeyindeki görüş mesafesini kısıtlamaya devam ederler. Sis dağılım sürecini yoğunlaşma seviyesinden takip etmek en doğrusudur. Ancak, yer seviyesi sıcaklığı da sisin dağılım aşaması hakkında fikir verebilir. Sıcaklığın yoğunlaşma hattını kestiği seviyeden yer seviyesine kadar kuru adyabatik çizilen çizginin yer seviyesindeki değeri sis dağılım sıcaklığı olarak kabul edilebilir (Şekil 30). Yer seviyesinin sıcaklığı, sis dağılım sıcaklığına ulaştığında, sis hemen dağılmasa bile, dağılım süreci başlamıştır. Yer seviyesinde ısınan hava artık

yukarı seviyeleri de ısıtmaya başlar. Yer seviyesinde sis dağılım sıcaklığına kadar ulaşan hava, yukarıda seviyede yoğunlaşma hattından ayrılmaya başlar.



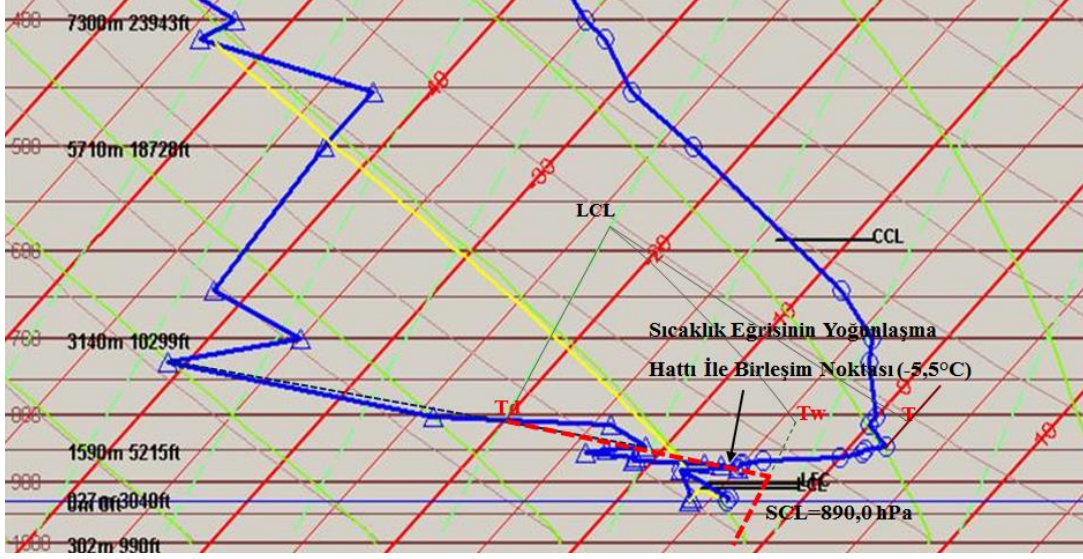
Şekil 30: Sis Dağılım Sıcaklığı.

### 6.1.3. Yukarı Seviyede Yoğunlaşma ve Sis Oluşumuna Etkisi

Çöken hava, soğuyarak yukarı seviyelerde yoğunlaşma hattına girdiği zaman, yoğunlaşma da mecburen yukarı seviyede oluşur. Yoğunlaşmayla oluşan su damlacıkları veya buz kristalleri, buldukları seviyelerdeki görüş mesafesini önemli ölçüde düşürür. Yukarı seviyelerde oluşan yoğunlaşmanın yer yüzeyine yansması, yukarıda oluşan su damlacıkları veya buz kristallerinin yer yüzeyine ulaşımına göre değişir. Yoğunlaşmış haldeki su damlacıkları veya buz kristalleri, yoğunlaştığı sıcaklık veya daha düşük sıcaklıkta çökmeye devam ederse, yoğunlaşmış halde yer yüzeyine kadar ulaşabilir ve sis oluştururlar. Ancak yoğunlaşmış parçacıklar, yoğunlaştığı sıcaklıktan daha fazla olan sıcaklıkta çökmeye devam ederlerse, çevre atmosferden ısı alarak değişime uğrarlar. Isı almaya başlayan yoğunlaşmış parçacıklar, ya hacminin bir kısmını kaybederek ya da tekrar su buharına dönüşerek çöker ve yer yüzeyinde görüş mesafesini en fazla pus olarak etkileyebilir.

**Örnek 1:** Ankara'nın, 21 Aralık 2013 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramında enverziyon, kuru hava altında olan bir enverziyondur. Karışım tavan seviyesinde:

$$P \approx 810 \text{ hPa}, \quad T \approx 2,0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -4,2 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -20,0 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 31: Ankara'nın, 21 Aralık 2013 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

Enverziyonda çevre sıcaklığı yoğunlaşma hattı ile yaklaşık olarak 875 hPa basınç seviyesinde ve  $-5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kesişmiştir. Ankara'nın 21 Aralık 2013 tarihindeki rasat kayıtlarında  $-5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerindeki sıcaklıklarda pus hadisesi, altındaki sıcaklıklarda ise sis hadisesi kayıt edilmiştir (Tablo 8).

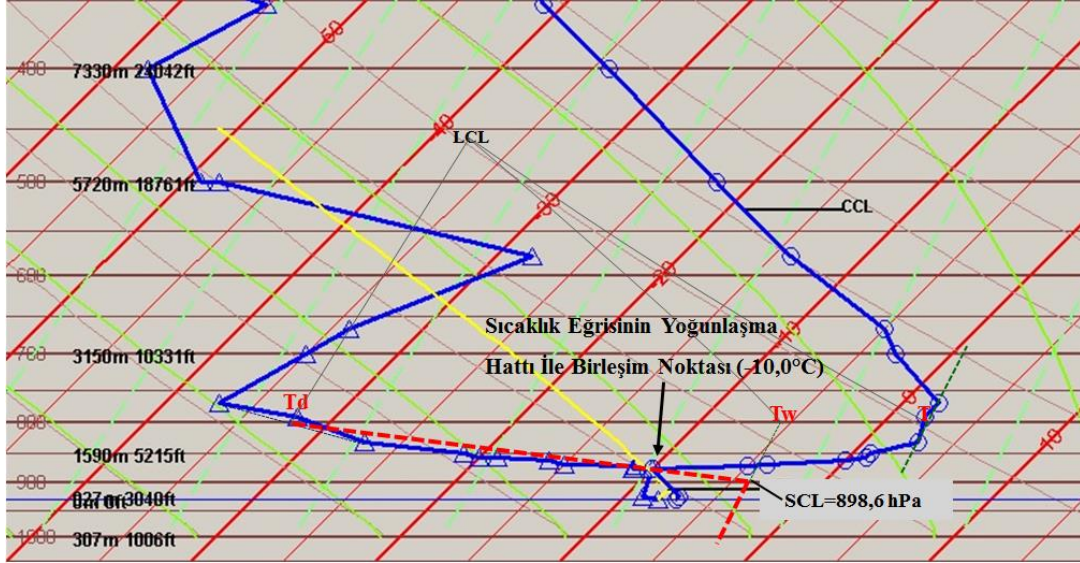
| Sinoptik Defter : 17130 |    | 01 Aralık 2013 Pazar --- 28 Aralık 2013 Cumartesi |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |
|-------------------------|----|---|---|----|---|-----|----|-----|-----|------|------|----|-------|--------|---|-----|-----|----|----|-----|-------|-------|-----|
| Tarih: 21.12.2013       |    |   |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |
| GMT                     | iR | iX  | h | VV | N | dd  | ff | 910 | 911 | T    | Td   | Rh | 3Po   | 4P     | a | ppp | RRR | ww | WW | 960 | Bulut | Bg1   | Bg2 |
| 00                      | 1  | 1   | 4 | 50 | 8 | 030 | 3  |     | 5   | -3,8 | -4,9 | 92 | 929,3 | 1038,2 | 5 | 0,2 |     | 10 | 11 |     | 886// | 88715 |     |
| 01                      | 4  | 1   | 4 | 50 | 8 | 060 | 4  |     |     | -4,5 | -5,3 | 94 | 929,5 | 1038,5 | 2 | 0,2 |     | 10 | 00 |     | 887// |       |     |
| 02                      | 4  | 1   | 4 | 50 | 8 | 080 | 5  |     |     | -4,9 | -5,5 | 96 | 929,4 | 1038,6 | 0 | 0,2 |     | 10 | 00 |     | 886// |       |     |
| 03                      | 4  | 1   | 4 | 50 | 8 | 070 | 3  |     | 8   | -5,3 | -5,5 | 99 | 929,3 | 1038,7 | 0 | 0,0 |     | 10 | 22 |     | 886// | 88715 |     |
| 04                      | 4  | 1   | 4 | 20 | 8 | 060 | 4  |     |     | -5,2 | -5,4 | 98 | 929,5 | 1039,1 | 5 | 0,0 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 05                      | 4  | 1   | 4 | 7  | 8 | 080 | 5  |     |     | -5,6 | -5,8 | 99 | 929,9 | 1039,7 | 3 | 0,5 |     | 46 | 22 |     | 886// |       |     |
| 06                      | 1  | 1   | 2 | 6  | 8 | 070 | 6  |     | 8   | -5,8 | -6,0 | 99 | 930,3 | 1040,3 | 2 | 1,0 |     | 46 | 22 |     | 886// | 88705 |     |
| 07                      | 4  | 1   | 2 | 5  | 8 | 050 | 6  |     |     | -5,9 | -6,1 | 99 | 930,7 | 1040,9 | 2 | 1,2 |     | 46 | 44 |     | 886// |       |     |
| 08                      | 4  | 1   | 4 | 5  | 8 | 040 | 5  |     |     | -6,1 | -6,3 | 99 | 930,9 | 1041,3 | 2 | 1,0 |     | 44 | 44 |     | 886// |       |     |
| 09                      | 4  | 1   | 2 | 5  | 8 | 070 | 4  |     | 8   | -5,6 | -6,2 | 96 | 930,8 | 1041,0 | 0 | 0,5 |     | 44 | 44 |     | 886// | 88705 |     |
| 10                      | 4  | 1   | 4 | 10 | 8 | 190 | 1  |     |     | -4,7 | -6,0 | 91 | 930,4 | 1040,4 | 8 | 0,3 |     | 41 | 44 |     | 886// |       |     |
| 11                      | 4  | 1   | 4 | 12 | 8 | 130 | 3  |     |     | -3,9 | -5,9 | 86 | 930,2 | 1039,9 | 7 | 0,7 |     | 10 | 44 |     | 886// |       |     |
| 12                      | 1  | 1   | 5 | 20 | 8 | 190 | 2  |     | 8   | -3,3 | -5,7 | 83 | 929,8 | 1039,4 | 7 | 1,0 |     | 10 | 44 |     | 886// | 88720 |     |

Tablo 8: Ankara'nın, 21 Aralık 2013 Tarihindeki Rasat Kayıt Defteri.



**Örnek 2:** Ankara'nın, 23 Aralık 2013 tarihindeki, saat 00.00 GMT'nin temp diyagramında enverziyon, kalın tavanlı bir enverziyondur. Ortalama tavan seviyesinde:

$$P \approx 800 \text{ hPa}, \quad T \approx 2,3 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_w \approx -5,4 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_d \approx -32,0 \text{ }^\circ\text{C}$$



Şekil 32: Ankara'nın, 23 Aralık 2013 Tarihindeki, Saat 00.00 GMT'nin Temp Diyagramı.

Enverziyonda çevre sıcaklığı yoğunlaşma hattı ile yaklaşık olarak 875 hPa basınç seviyesinde ve  $-10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kesişmiştir. Ankara'nın 23 Aralık 2013 tarihindeki rasat kayıtlarında, yer sıcaklığı  $-10,0^\circ\text{C}$ 'ye kadar düşmemiş ve pus hadisesi kayıt edilmiştir (Tablo 9).

| Sinoptik Defter : 17130 |    | 01 Aralık 2013 Pazar --- 28 Aralık 2013 Cumartesi |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |
|-------------------------|----|---|---|----|---|-----|----|-----|-----|------|------|----|-------|--------|---|-----|-----|----|----|-----|-------|-------|-----|
| Tarih: 23.12.2013       |    |   |   |    |   |     |    |     |     |      |      |    |       |        |   |     |     |    |    |     |       |       |     |
| GMT                     | iR | iX  | h | VV | N | dd  | ff | 910 | 911 | T    | Td   | Rh | 3Po   | 4P     | a | ppp | RRR | ww | WW | 960 | Bulut | Bg1   | Bg2 |
| 00                      | 1  | 1   | 5 | 20 | 8 | 060 | 4  |     | 7   | -6,0 | -7,1 | 92 | 929,3 | 1039,2 | 7 | 0,9 |     | 10 | 22 |     | 886// | 88720 |     |
| 01                      | 4  | 1   | 5 | 20 | 8 | 120 | 3  |     |     | -6,6 | -7,6 | 93 | 929,1 | 1039,0 | 7 | 0,8 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 02                      | 4  | 1   | 5 | 20 | 8 | 160 | 3  |     |     | -6,9 | -7,9 | 93 | 929,0 | 1039,2 | 7 | 0,5 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 03                      | 4  | 1   | 5 | 20 | 8 | 170 | 3  |     | 7   | -7,3 | -8,4 | 92 | 928,8 | 1039,2 | 7 | 0,5 |     | 10 | 22 |     | 886// | 88720 |     |
| 04                      | 4  | 1   | 5 | 20 | 8 | 220 | 2  |     |     | -7,7 | -8,8 | 92 | 928,9 | 1039,5 | 5 | 0,2 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 05                      | 4  | 1   | 5 | 20 | 8 | 120 | 4  |     |     | -8,0 | -9,0 | 93 | 929,0 | 1039,6 | 5 | 0,0 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 06                      | 1  | 1   | 5 | 20 | 8 | 150 | 4  |     | 7   | -7,8 | -8,8 | 93 | 929,1 | 1039,8 | 2 | 0,3 |     | 10 | 22 |     | 886// | 88720 |     |
| 07                      | 4  | 1   | 5 | 20 | 8 | 160 | 4  |     |     | -8,1 | -9,4 | 83 | 929,3 | 1040,1 | 2 | 0,4 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 08                      | 4  | 1   | 2 | 20 | 8 | 130 | 4  |     |     | -7,6 | -9,3 | 88 | 929,5 | 1040,3 | 2 | 0,5 |     | 10 | 22 |     | 886// |       |     |
| 09                      | 4  | 1   | 4 | 16 | 7 | 130 | 3  |     | 7   | -7,0 | -9,3 | 83 | 929,3 | 1040,0 | 0 | 0,2 |     | 10 | 22 |     | 87600 | 87710 |     |
| 10                      | 4  | 1   | 4 | 16 | 7 | 040 | 2  |     |     | -4,8 | -9,1 | 72 | 928,3 | 1038,4 | 7 | 1,0 |     | 10 | 22 |     | 87600 |       |     |
| 11                      | 4  | 1   | 2 | 20 | 6 | 090 | 2  |     |     | -3,2 | -9,2 | 63 | 927,7 | 1037,5 | 7 | 1,8 |     | 05 | 22 |     | 86600 |       |     |
| 12                      | 1  | 1   | 4 | 20 | 3 | 070 | 2  |     | 7   | -2,0 | -8,8 | 60 | 927,1 | 1036,5 | 7 | 2,2 |     | 05 | 11 |     | 83600 | 83715 |     |

Tablo 9: Ankara'nın, 23 Aralık 2013 Tarihindeki Rasat Kayıt Defteri.

## 6.2. Sis Tahmini

Sis tahmini yapmak için, öncelikle Skew T-Log P diyagramında enverziyonun analizi yapılır. Yapısı belirlenen enverziyonun tavanı ve tavana göre yoğunlaşma hattı oluşturulur. Daha sonra, sıcaklık eğrisinin yoğunlaşma hattını kestiği seviye belirlenir ve diğer etkenler de göz önünde bulundurularak tahmine son şekli verilir.

Günümüzde, gelişmiş Sayısal Hava Tahmini modelleri tahmincilere büyük kolaylık sağlamaktadırlar. Gelişen modeller, saatlik olarak Skew T-Log P diyagramları hazırlayabilmektedirler. Ne yazık ki, modellerin tutarlılık oranları yukarı seviyelerde yüksek iken yere yakın seviyelerde düşüktür. Düşük tutarlılık oranları, sis hadisesi yere yakın seviyelerde olduğu için tahmininde dezavantaj oluşturmaktadır.

Tahminci modellerden yararlanırken, kendi yorum ve tecrübelerini de kullanmalıdır. Modellerin yanı sıra, rüzgâr, sıcaklık ve gökyüzünün kapalılığı gibi faktörler değerlendirilerek iyi bir sis tahmini yapılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

- SİPAHİOĞLU, S. ve SARSILMAZ, S. 1982. Aeroloji Ders Kitabı. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- GÜMÜŞ, M. 1975. SkewT LogP Diyagramı Notları Tercümesi.
- DEMİREL, A., Meteoroloji sözlüğü, DMİ Yayınları 2002/05, Ankara
- American Air Weather Service. 1970, Revised 1990. The Use of The Skew T Log P Diagram.
- Ralph H. Petrucci, William S. Harwood Genel Kimya 1997
- Prof.Dr. Ender Erdik, Prof.Dr. Yüksel Sarıkaya, Temel Üniversite Kimyası 1997.
- Peter Atkins, Loretta Jones, Temel Kimya 1998.
- <https://www.mgm.gov.tr>