

# BÖLÜM 5

**Yoğunlaşma: Çiğ, Sis ve Bulutlar**

# Çiğ ve Buz Oluşumu

- Açık durgun gecelerde yer yüzeyi yakınlarındaki cisimler kızıl ötesi radyasyon (IR) yayarak hızlıca soğurlar. Zemin ve üzerindeki cisimler çoğu zaman etrafındaki havadan çok daha soğuk hale gelmektedir. Bu soğuk yüzeylerle temas eden hava kondüksiyonla soğumaktadır. Nihayetinde hava çiğlenme noktasına kadar soğumaktadır. Çiğlenme noktası sıcaklığında hava doygun olmaktadır. Bitki dalları ve yaprakları, çim yaprakları sıcaklığı bu sıcaklığın altına düştüğü zaman su buharı bunların üzerinde **çiğ** denilen görülebilir küçük damlacıklar oluşturarak yoğunlaşmaya başlamaktadır







- Şayet hava sıcaklığı donma noktası veya donma noktası altına düşerse, bu çığ **donmuş çığ** denilen küçük buz boncukları haline gelerek donacaktır. En soğuk hava genellikle zemin seviyesinde olduğu için zemin üzerindeki birkaç metre yukarıda bulunan cisimlerden ziyade çığın çim yaprakları üzerinde oluşumu çok daha muhtemel olmaktadır. Bu ince çığ örtü yalnızca çıplak ayağı ıslatmakla kalmamakta fakat aynı zamanda düşük yağışlı dönemlerde birçok bitki için değerli bir nem kaynağı da olmaktadır. Orta enlemlerde yıllık ortalama olarak çığlar 12-50 mm kalınlığında bir su örtüsü oluşturmaktadır.



- Açık ve durgun gecelerde çiğ oluşumu rüzgarlı ve bulutlu gecelerde olduğundan daha muhtemel olmaktadır. Açık geceler zemine bitişik cisimlerin kızıl ötesi radyasyon yayarak hızlı şekilde soğumasına imkan vermekte ve durgun havalar en soğuk hava sıcaklığının zemin seviyesinde bulunacağı anlamına gelmektedir.
- Bu atmosferik şartlar genel olarak yüksek basınç sistemleriyle geniş alanda hakim iyi havalarla birlikte görülmektedir.

- Diğer taraftan, zemin yakınlarında hızlı soğumayı ve çığ oluşumunu engelleyen bulutlu rüzgarlı hava, çoğu zaman yağış üreten fırtına sistemlerinin yaklaşmakta olduğunu belirtmektedir.



**Çiğ çim üzerinde olduğu zaman  
Yağmur asla gelip geçmeyecek  
Sabah aydınlandığında çim kuru olduğu zaman  
Gece gelmeden önce yağmur gelecek**

- Çiğlenme noktası sıcaklığı donma noktası ve altında olduğu zaman soğuk, açık ve durgun sabahlarda **kırağı** oluşmaktadır. Hava sıcaklığı sıfırın altındaki çiğlenme noktasına kadar (şimdilerde donma noktası denilmektedir) soğuduğu zaman ve daha fazla soğuma meydana geldiği zaman, su buharı depozisyon denilen bir süreçle sıvı hale geçmeden doğrudan buza dönüşebilmektedir. Bu şekilde meydana gelen ince beyaz buz kristallerine **kırağı**, beyaz buz veya basitçe buz denilmektedir. Kırağı, hemen hemen küresel şekilli donmuş çiğ boncuklarından ağaç benzeri dallanma desenleriyle kolaylıkla ayırt edilmektedirler.







- Çok kuru havada hava sıcaklığı oldukça soğuyabilir ve buzlanma noktasına hiç çıkmaksızın ve görülebilir buzlar oluşmaksızın donma noktası altına düşebilir. **Don ve siyah buz**, bu duruma işaret etmektedir. Bu şartlar bitkilere şiddetli şekilde zarar verebilmektedir (Bölüm II).



# Yoğunlaşma Çekirdeği

- Hava temiz görünüyor olmasına rağmen gerçekte asla temiz değildir. Sıradan bir günde yaklaşık işaret parmağımız ebatlarında bir hacim hava 1000–150000 arasında parçacık içermektedir. Bunların çoğu su buharının yoğunlaşabileceği yüzeyler olarak hizmet etmelerinden dolayı bunlara **yoğunlaşma çekirdeği** denilmektedir. Bu çekirdekler olmaksızın yoğunlaşma başlangıcından önce bağıl nemin %100 ün birkaç katı üstünde olması gerekmektedir.



- Bazı yoğunlaşma çekirdekleri oldukça küçüktür ve  $0,2\ \mu\text{m}$  den daha küçük bir çapa sahiptir. Çekirdekler üzerinde su buharının yoğunlaşmakta olduğunu keşfeden İngiliz fizikçiden sonra bu çekirdeklere *Aitken çekirdekleri* denilmektedir.
- Büyüklüğü  $0,2-1\ \mu\text{m}$  arasında değişen parçacıklara *büyük çekirdek* denilirken çapı  $1\ \mu\text{m}$  u geçen çok daha büyük çekirdeklere *iri çekirdek* denilmektedir (Çizelge 5.1). Bulutların oluşumu için en uygun yoğunlaşma çekirdekleri (bulut yoğunlaşma çekirdeği denilmektedir)  $0,1\ \mu\text{m}$  veya daha büyük çapa sahiptir.



## Çizelge 5.1 Yoğunlaşma Çekirdekleri ve Bulut Damlacıklarının Karakteristik Boyutları ve Konsantrasyonu

		Parçacık Sayısı (adet/cm <sup>3</sup> )	
		Aralığı	Tipik sayısı
	Yaklaşık çapı (μm)		
Küçük yoğunlaşma çekirdeği (Aitken)	< 0,2	1000-10000	1000
Büyük yoğunlaşma çekirdeği	0,2-1,0	1-1000	100
İri yoğunlaşma çekirdeği	>1,0	< 1-10	1
Sis ve bulut	>10	10-1000	300



- Genel olarak, 1 cm<sup>3</sup> hava içerisinde bu boyutlarda 100-1000 adet yoğunlaşma çekirdeği bulunmaktadır. Bu parçacıklar çeşitli yollarla atmosfere girmektedir: Tozlar, volkanik parçacıklar, fabrika dumanları, orman yangınları, okyanuslardan gelen tuzlar ve hatta okyanuslardaki fitoplanktonlar tarafından yayılan sülfat parçacıkları.

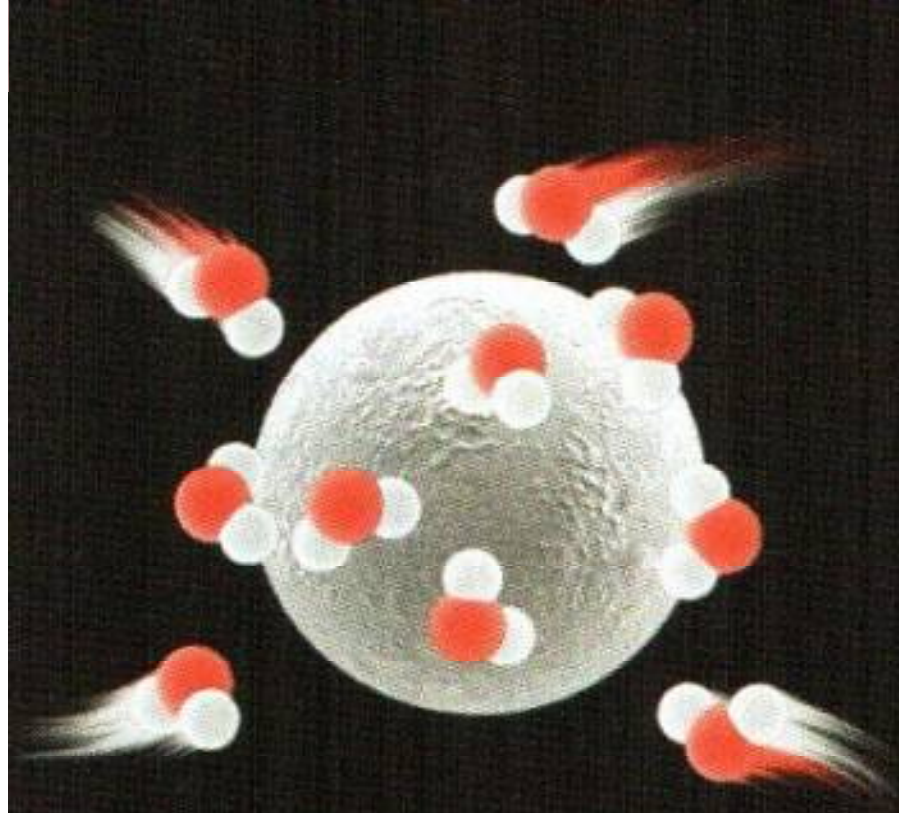


- Gerçekte okyanus atmosferinde başlıca bulut yoğunlaşma çekirdeklerini sülfatların sağladığını çalışmalar göstermektedir. Parçacıkların çoğu zemin yakınlarından atmosfere verildikleri için en fazla çekirdek yoğunluğu yeryüzüne bitişik alt atmosferde gözlenmektedir.

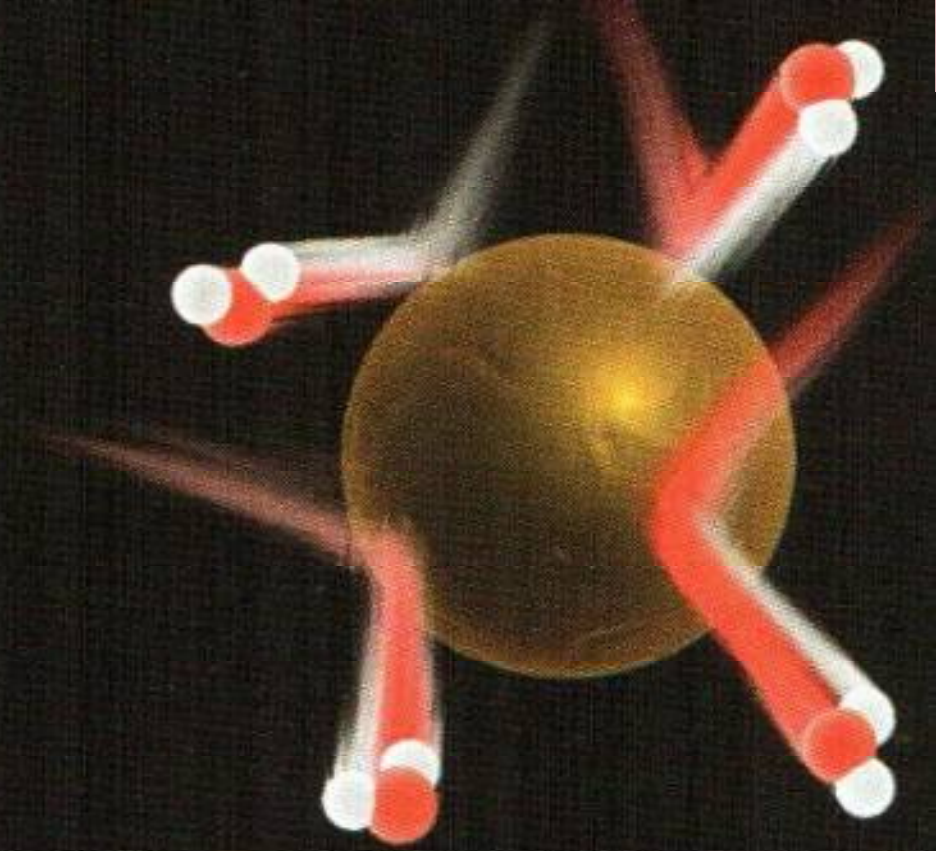


- Bazı parçacıklar **higroskopiktir** (“su düşkünü”) ve bağıl nem %100 düzeyinden önemli oranda düşük olduğunda bu yüzeylerde su buharı yoğunlaşmaktadır. Sıradan sofraya tuzu gibi okyanus tuzları higroskopik özelliktedir. Nemli havada bir tuzluktan tuz dökmek zor olur çünkü su buharı tuz kristalleri üzerinde yoğunlaşmakta ve tuz kristallerini birbirine yapıştırmaktadır. Buna göre, nemli bir günde üzeri kapatılmamış bir kasede dışarıda bırakılan tuzlu patates cipsleri nemlenmektedir. Diğer higroskopik çekirdekleri sülfürik asit ve nitrik asit parçacıkları teşkil etmektedir.





Higroskopik çekirdekçik



Hidrofobik çekirdekçik



- Çekirdeklerin tümü iyi bir yoğunlaşma çekirdeği olarak görev yapmamaktadır. Yağlar, yakıtlar, parafin mumlar gibi bazı parçacıklar **hidrofobiktirler** (“su reddedici”) ve bağıl nem %100’ün üzerinde olduğunda bile yoğunlaşmaya karşı direnç gösterirler (Şekil 5.3). Görebildiğimiz gibi, bağıl nem %100’ün iyice altında olduğunda bazı parçacıklar üzerinde yoğunlaşma başlayabilirken diğer parçacıklar üzerinde bağıl nem %100 den çok daha yüksek olduğunda yalnızca başlayabilmektedir. Bununla birlikte her hangi bir anda havada genelde fazla sayıda çekirdek bulunmakta ve böylece bağıl nem %100’ e yakın veya %100’ün altında olduğunda pus, sis ve bulutlar oluşabilmektedir.
- Bir sentetik hidrofobik PTFE veya Teflon olup bu malzeme yağmur- geçirmez dokumalarda kullanılmaktadır.



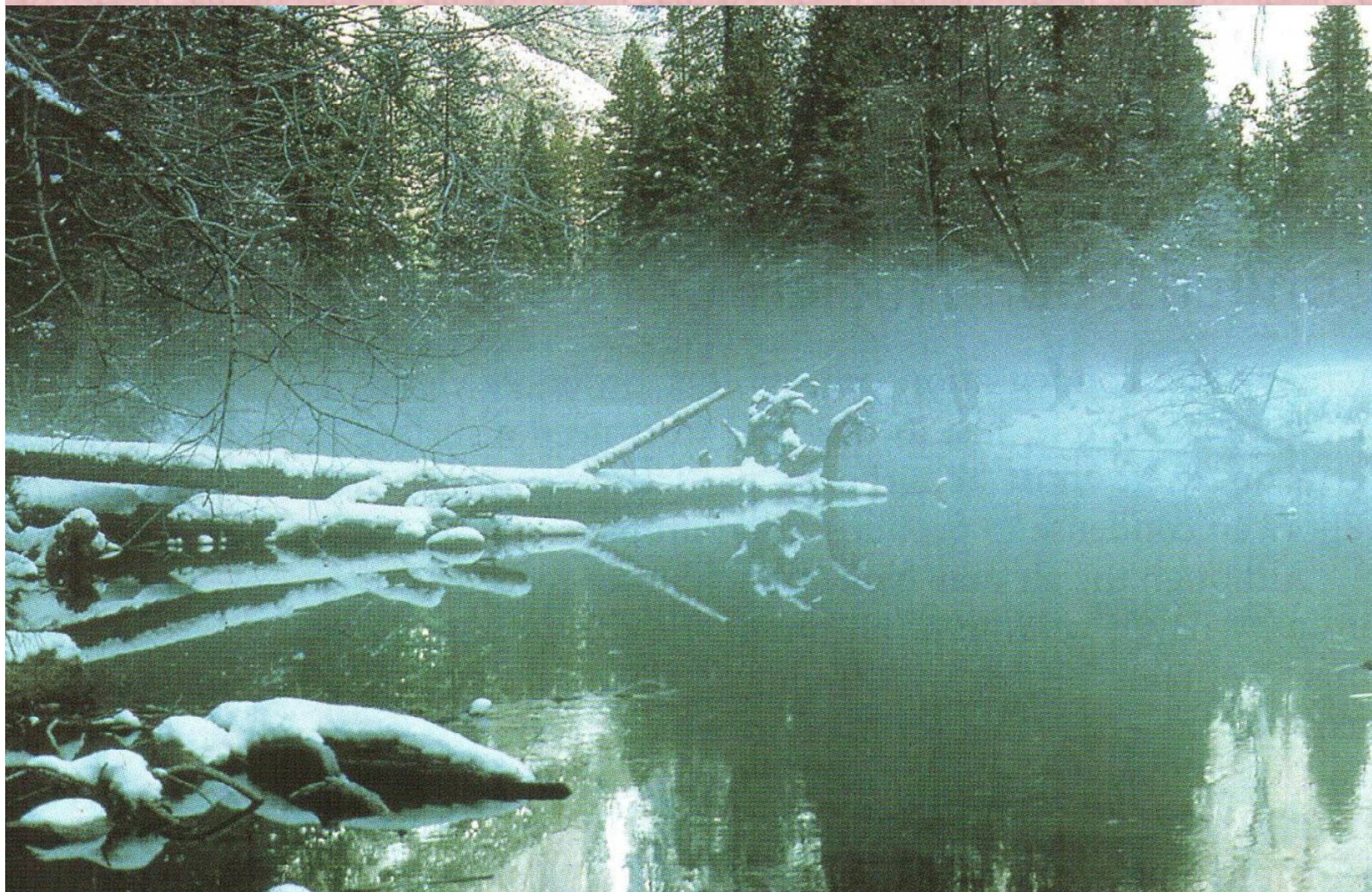
# pus

- Üzerinde asılı bir **pus** tabakası olan (toz veya tuz parçacıkları tabakası) bir alanı ziyaret ettiğinizi farz ediniz. Orada havadaki parçacıkların konsantrasyonu değişmediği zamanlarda bile öğlenleri uzaktaki cisimler sabah olduğundan daha görülebilir olmaktadır. Niçin?



- Sıcak öğle sonralarında havanın bağıl nemi aktif higroskopik çekirdekler üzerinde bile su buharının yoğunlaşmaya başladığı noktadan çoğu zaman daha düşük bulunmaktadır.
- Bundan ötürü, bu havada yüzen parçacıkların boyutları küçük kalmakta ve genelde  $1\text{ }\mu\text{m}$  'in yaklaşık onda birinden daha büyük olmamaktadır. Bu küçük *kuru pus* parçacıkları güneş ışığını seçici şekilde dağıtırken bir miktar güneş ışığının havada penetrasyonuna izin vermektedir. Kuru pusun dağıtıcı etkisi siyah bir zemine karşı bakıldığında mavimsi bir renk ve açık renkli bir zemine bakıldığında sarımtırak bir renk üretmektedir.







- Hava gece boyunca soğurken bağıl nem artmaktadır. Bağıl nem yaklaşık %75'e ulaştığında en aktif higroskopik çekirdekler üzerinde yoğunlaşma başlayabilir.
- Bu yoğunlaşma bir *nem pusu* üretmektedir. Su çekirdek üzerinde toplanırken büyüklüğü artar ve hala küçük olmasına rağmen bu parçacıklar ışığı çok daha etkili dağıtacak şekilde büyüyebilmektedir. Gerçekte bağıl nem %60 tan %80 e çıkarken ışığın dağıtılma etkisi nerdeyse 3 lük bir faktörle artmaktadır.
- Soğuk sabahlarda bağıl nem normal olarak yüksek olduğundan dolayı uzakta bulunan cisimlerden gelen ışığın çoğunluğu bize ulaşmadan önce nem pusu parçacıkları tarafından dağıtılmakta ve böylece bu uzak cisimleri görebilmek zorlaşmaktadır.



# Sis

- Şu ana kadar, yoğunlaşmanın %75 kadar düşük bir bağıl nemde su buharının higroskopik çekirdekler üzerinde yoğunlaşmasıyla başlayan sürekli bir süreç olduğu açıkça görülmüştür. Havanın bağıl nemi artarken görülebilirlik azalmakta ve yeryüzü bir grimsi renkle maskelenmektedir. Bağıl nem aşamalı olarak %100 e yaklaşırken pus parçacıkları büyümekte ve yoğunlaşma daha az aktif çekirdekler üzerinde de başlamaktadır. Bu sırada, mevcut çekirdeklerin büyük bir kısmının üzerinde yoğunlaşmış su bulunmakta olup çıplak gözle görülebilir olana dek nihai şekilde damlaların daha da büyümesine neden olmaktadır.



- Boyutça ve konsantrasyonca büyüyen damlalar görülebilirliği daha da sınırlamaktadır. Görülebilirlik 1 km (0.62 mi) den daha aşağıya düştüğünde ve hava asılı durumda sayısız su damlacıklarıyla ıslak olduğunda nem pusu, yer zemini civarında **sis** denilen bir buluta dönüşmektedir.

Şehir ve okyanuslarda oluşan sislerin farkı nedir?



Bulut benzeri herhangi bir sis genelde iki şekilde meydana gelmektedir:

- **Soğumayla**- hava doygun noktanın (çiğlenme noktası) altına düşmektedir.
- **Buharlaşıma ve karışmayla** – buharlaşmayla havaya su buharı eklenmekte ve nemli hava nispeten daha kuru havayla karışmaktadır.



**Radyasyon sisleri** Yeryüzünün radyasyonal soğumasıyla üretilen sise **radyasyon sisi** veya *zemin sisi* denilmektedir. Yer zemini yakınlarındaki nemli sığ hava tabakası daha kuru hava tarafından örtüldüğü zaman açık gecelerde radyasyon sisi en iyi şekilde meydana gelmektedir.





- Radyasyon sisleri geç sonbahar ve kişin karalar üzerinde en yaygın şekilde grlmektedir.

- Radyasyon sisi oluşumunu teşvik eden bir diğerk faktör 5 knotdan daha az hızla esen hafif rüzgarlar olmaktadır. Radyasyon sisi durgun havada oluşabilmesine rağmen hafif hava hareketi daha nemli havayı soğuk zeminle doğrudan temas getirmekte ve ısı iletimi daha hızlı şekilde meydana gelmektedir.



- **Vadi sisi:** Ağır soğuk hava tepelerden aşağıya aktığı ve vadi tabanlarında toplandığı için normal olarak radyasyon sislerinin alçak alanlarda oluştuğunu görmekteyiz. Bundan dolayı radyasyon sisine çoğu zaman **vadi sisi** denilmektedir. Nehir vadilerindeki soğuk hava ve yüksek nem içeriği buraları radyasyon sisine karşı duyarlı yapmaktadır. Radyasyon sisleri normalde alçak alanlarda oluştuklarından dolayı, tepeler gün boyu açık olurken komşu vadiler sisli olmaktadır.



- Güneşin doğmasından sonra özellikle yüzey yakınlarında buharlaşma ve karışma meydana geldiği zaman da ara sıra sis oluşabilmektedir. Bu radyasyonal soğuma genel olarak hava sıcaklığını zemin üzerinde oldukça sık tabakada çığlenme noktası sıcaklığına yaklaştırmaktadır. Yüzeyde hava çim üzerinde kalın bir çığ oluşturarak doygun hale gelmektedir. Şafakta güneş ışınları çığı buharlaştırarak havaya su buharı sağlamaktadır. Hafif bir esinti nemli havayla yukarıdaki daha kuru havayı karıştırmakta ve zemine yakın sık tabakada oluşacak doygunluğa (dolayısıyla sise) neden olmaktadır.



# Sis yanması

- Çoğu zaman bir sis tabakası öğle sonrasına kadar dağılacak veya *yanacaktır*.
- Elbette sis “yanmaz”, daha çok güneş ışınları sis içine sızmakta ve ısınan zeminle temas halindeki hava sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Sıcak hava yükselerek üstteki sisli havayla karışmakta olduğundan sisli havanın sıcaklığı artmaktadır. Hafif şekilde daha sıcak havada sis damlacıklarından bir kısmı buharlaşmakta olup daha fazla güneş ışığının yere ulaşmasına imkan sağlamaktadır. Daha fazla güneş ışığının yere ulaşması daha fazla ısınma sağlamakta ve sonrasında sis tamamen buharlaşmakta ve yok olmaktadır.





***Yüksek  
inverziyon sisi***  
Kalın sis tabakası  
üzerinde kuvvetli  
bir inverziyon  
bulunmaktadır.  
Gün doğumuyla  
birlikte bu sis  
kısmen dağılmakta  
ve gece tekrardan  
yeryüzüne inerek  
günlerce  
sürmektedir.



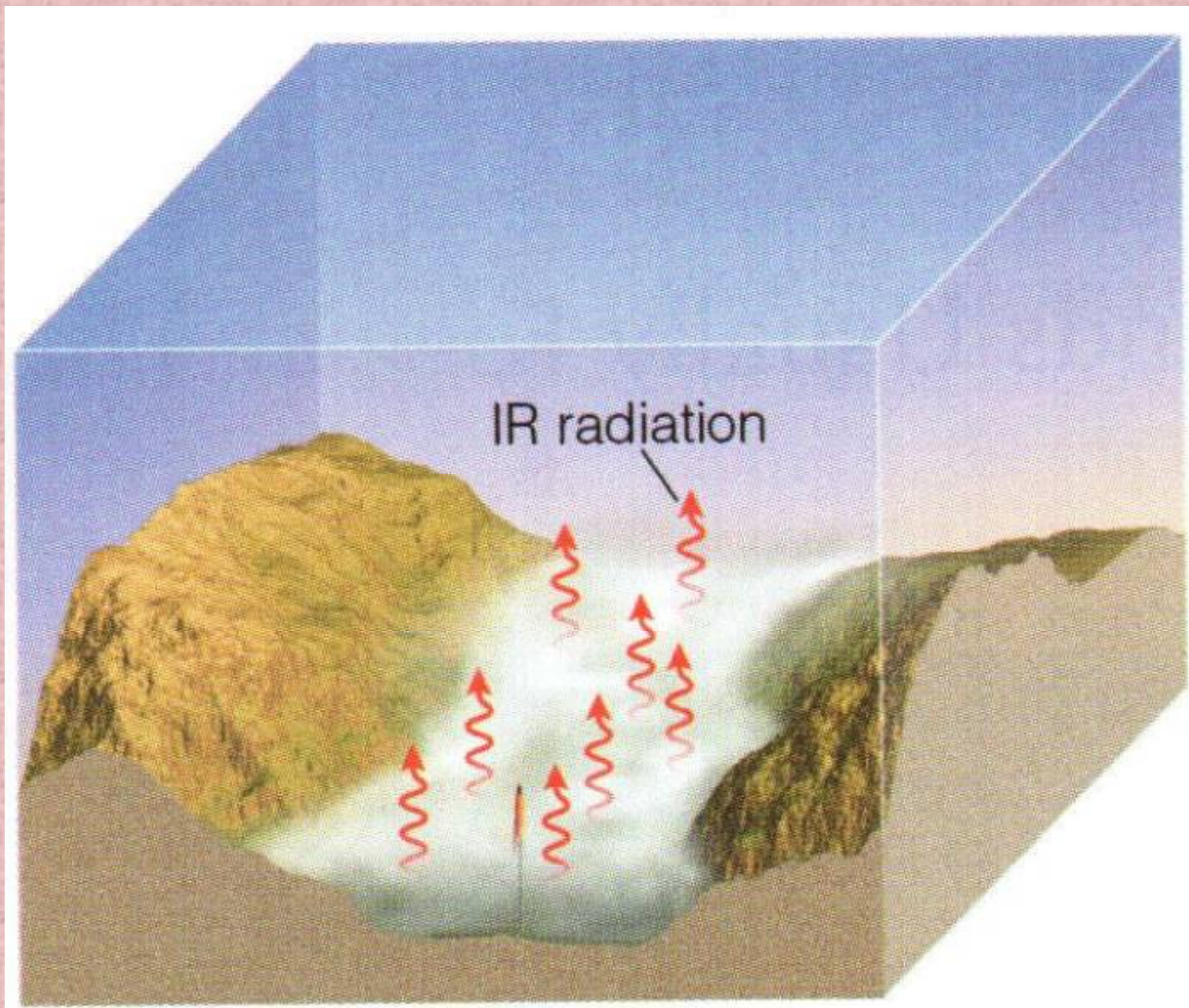


**Adveksiyon sisi:** Yüzey havasının doyma noktasına kadar soğutulması, soğuk bir yüzey üzerinden geçen sıcak nemli havayla başarılabilir. Yüzey üstündeki hava yeteri şekilde soğuk olmalı ki havadan yüzeye doğru ısı transferi havayı çiglenme noktasına kadar soğutsun ve sis üretsinsin. Bu şekilde meydana gelen sise **adveksiyon sisi** denilmektedir.

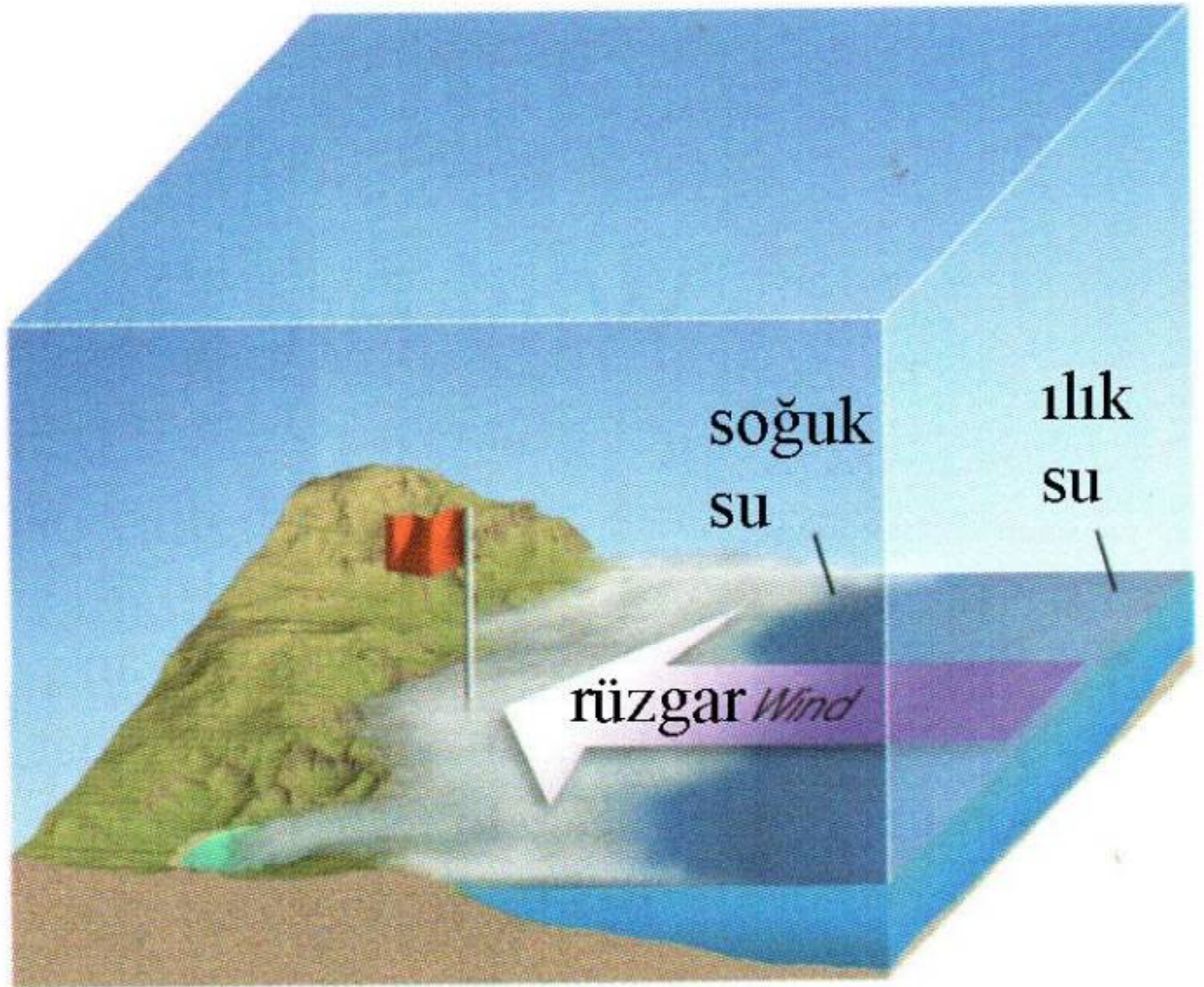








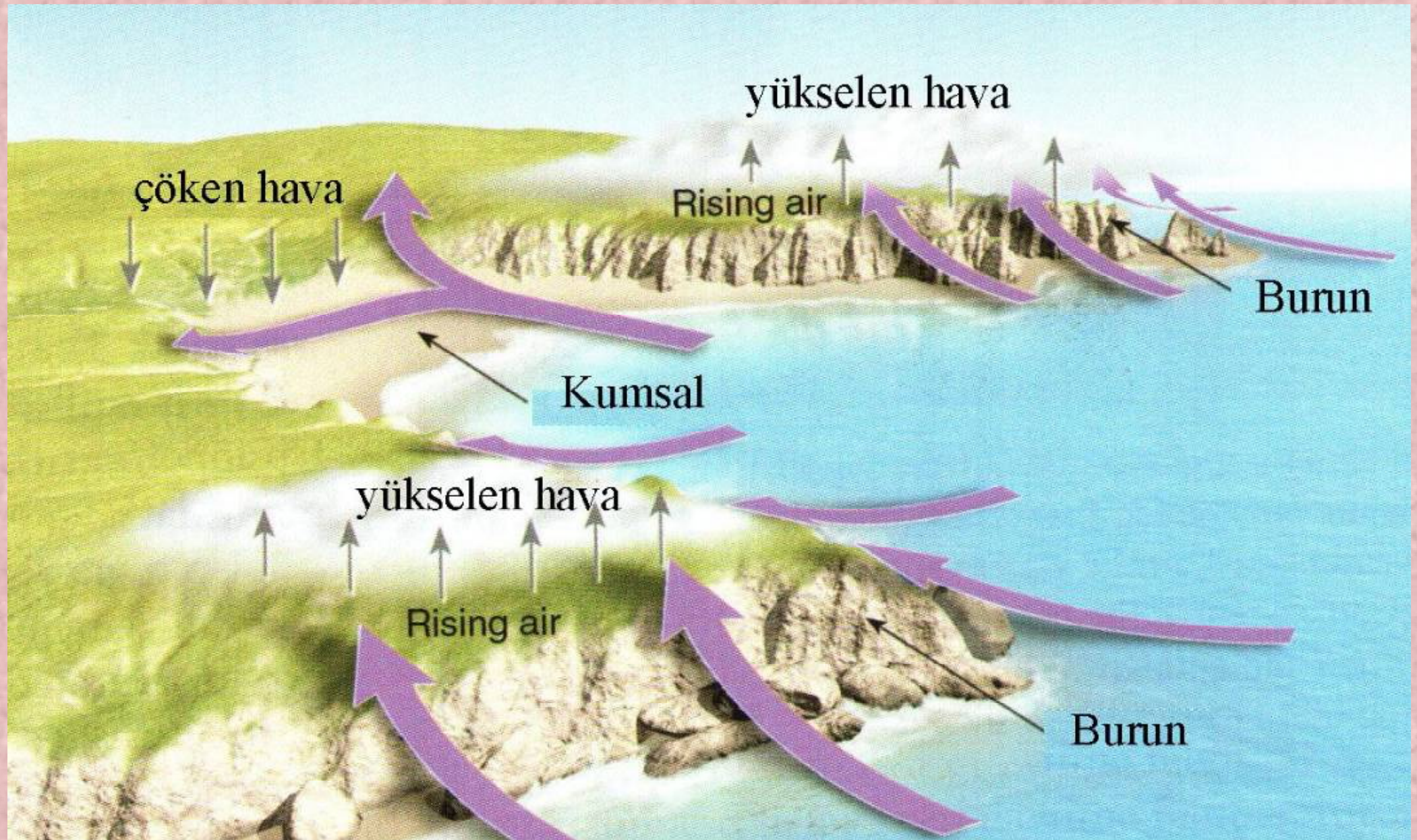




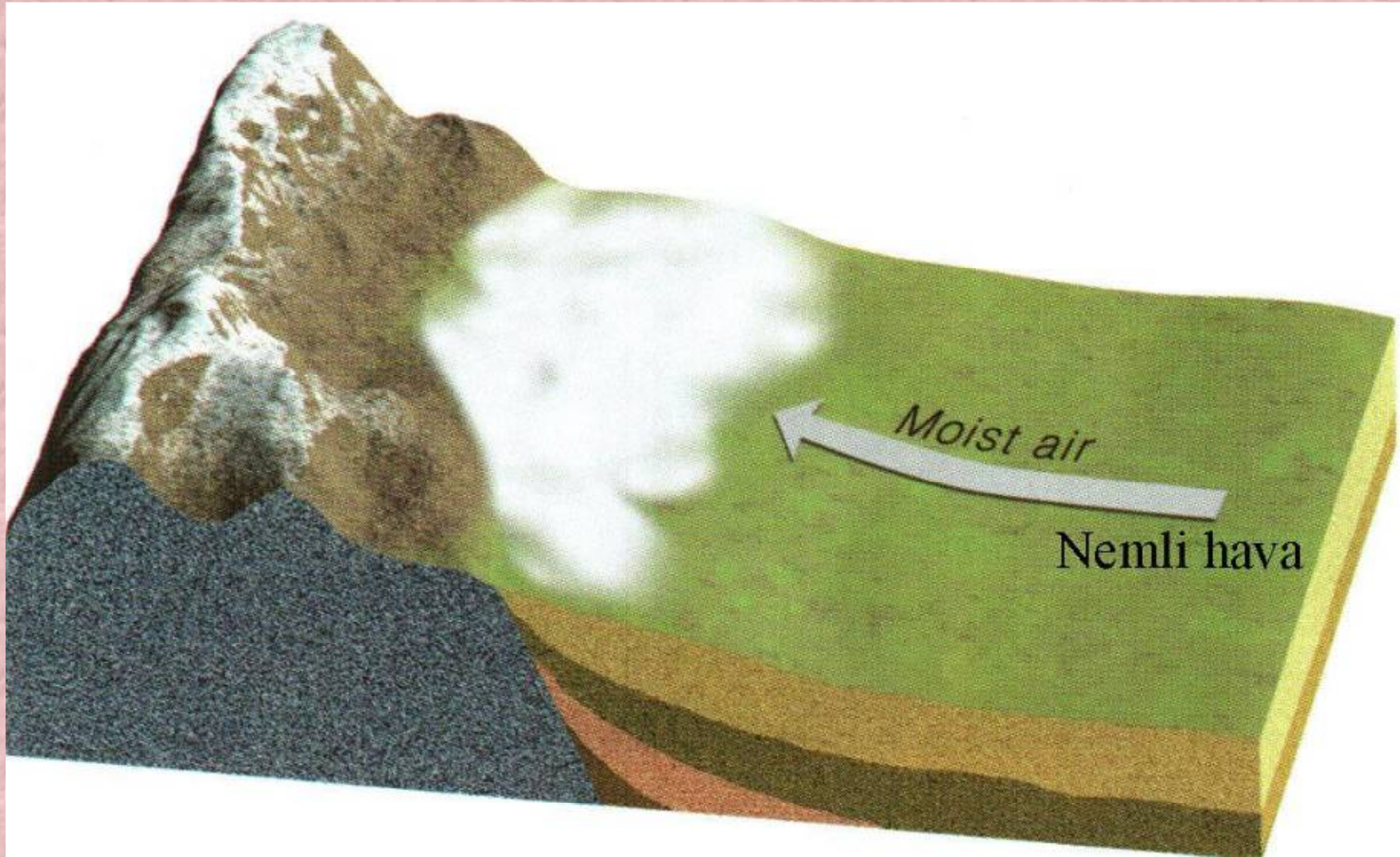


- Adveksiyon sisleri farklı sıcaklıklarda okyanus akıntılarının hakim olduğu yerlerde de görölmektedir.
- Okyanuslardan gelen sıcak ve nemli hava kara içlerine hareket ederken doymakta ve sis oluşmaktadır. Soğuk karalar radyasyonal soğumayla oluştuğu için bu tip sislere adveksiyon-radyasyon sisleri de denilmektedir.









**Yükselen eğim sisi:** Yükselen bir arazi, tepe veya dağ boyunca nemli hava yükseklerle doğru akarken oluşan sise **yükselen eğim sisi** denilmektedir.



# Buharlaşma (Karışım) Sisi





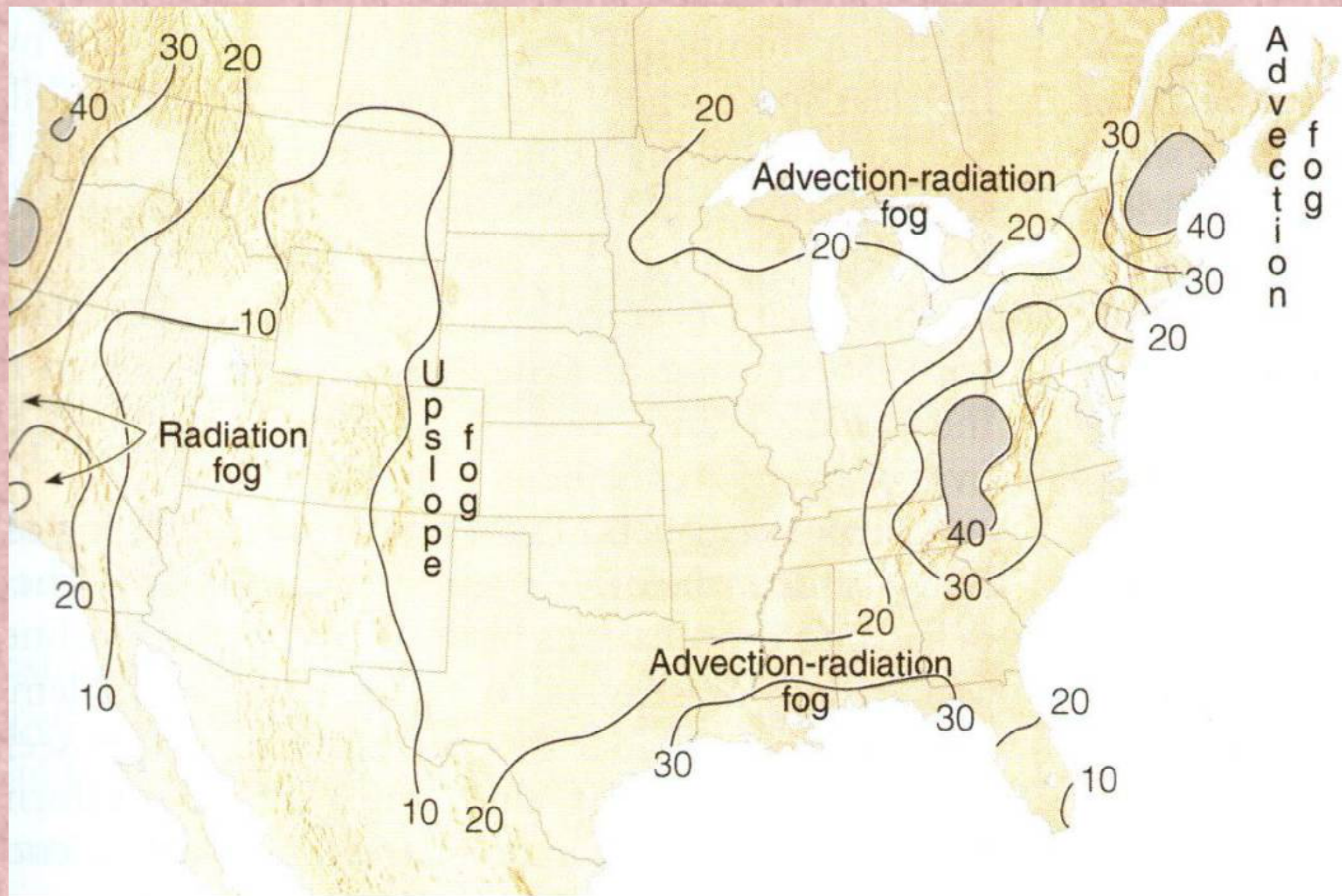
- Buharlaşma karışım sisi, sıcak nemli havanın soğuk havayla karışması sonucunda, karışım havasının doymasıyla oluşmaktadır.
- Kışın nefes alıp verdiğimizde,
- Termal sular ve sıcak havuzlar üzerinde,
- Sonbaharın hala sıcak olan gller üzerinde sabahları görülmekte,
- Bir sağanak yağıştan sonra ağan güneşin ıslak zemini ısıtmasıyla,
- Soğuk hava tabakasından geçen sıcak yağışlar neticesinde görülebilmektedir.



# Sisli havanın etkileri

- Meyve ağaçlarının kış soğuklanması ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olur.
- Çiçeklenme dönemlerinde ağaçları dondan korumaktadır.
- Karayollarında kazalara neden olmaktadır.
- Hava alanlarında uçuşların ertelenmesine neden olmaktadır.
- Açık denizlerde seyiri engellemektedir.







# Kısa Özet

- Çiğ, buz ve donmuş çiğ, yeryüzündeki cisimlerin sıcaklıkları havanın çiğlenme noktası sıcaklığı altına düştüğü zaman açık gecelerde genel olarak oluşmaktadır.
- Görülebilir beyaz buz (kırağı), hava sıcaklığı donma noktası veya altına düştüğünde doymun havada oluşmaktadır. Bu şartlarda, su buharı *depozisyon* denilen bir süreçte doğrudan buza dönüşebilmektedir.

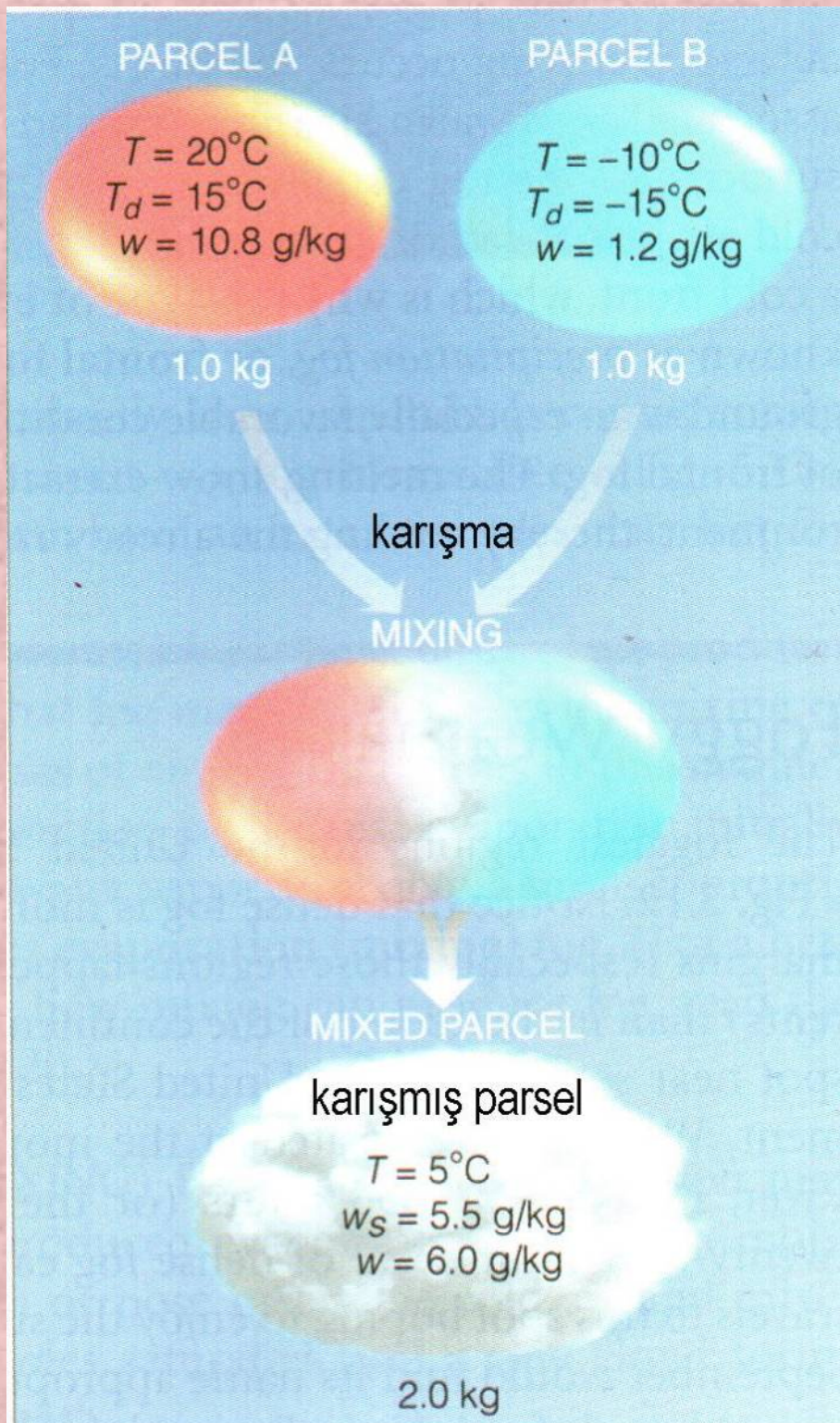


- Yoğunlaşma çekirdeği su buharının üzerinde yoğunlaştığı yüzeyler olarak faaliyet göstermektedir. Suyu düşkün çekirdeklere *higroskopik* çekirdekler denilmektedir.
- Sis, zemin üzerinde bulunan bir buluttur. Su damlacıkları, buz kristalleri veya her ikisinin karışımından oluşabilmektedir.



- Radyasyon sisi, adveksiyon sisi ve yukarı eğim sislerinin tümü hava soğurken oluşmaktadır. Radyasyon sisi için soğuma esas olarak yeryüzeyindeki radyasyonal soğuma olmakta; adveksiyon sisi için daha sıcak havanın esas olarak daha soğuk bir yüzey üzerinden geçmesiyle oluşmakta; yukarı (yükselen) eğim sisi için soğuma nemli hava aşamalı şekilde yükselirken ve eğimli arazi boyunca genişlerken meydana gelmektedir.
- Buhar sisi ve cephe sisi gibi buharlaşma (karışım) sisi, su buharlaşırken ve daha kuru havayla karışırken oluşmaktadır.

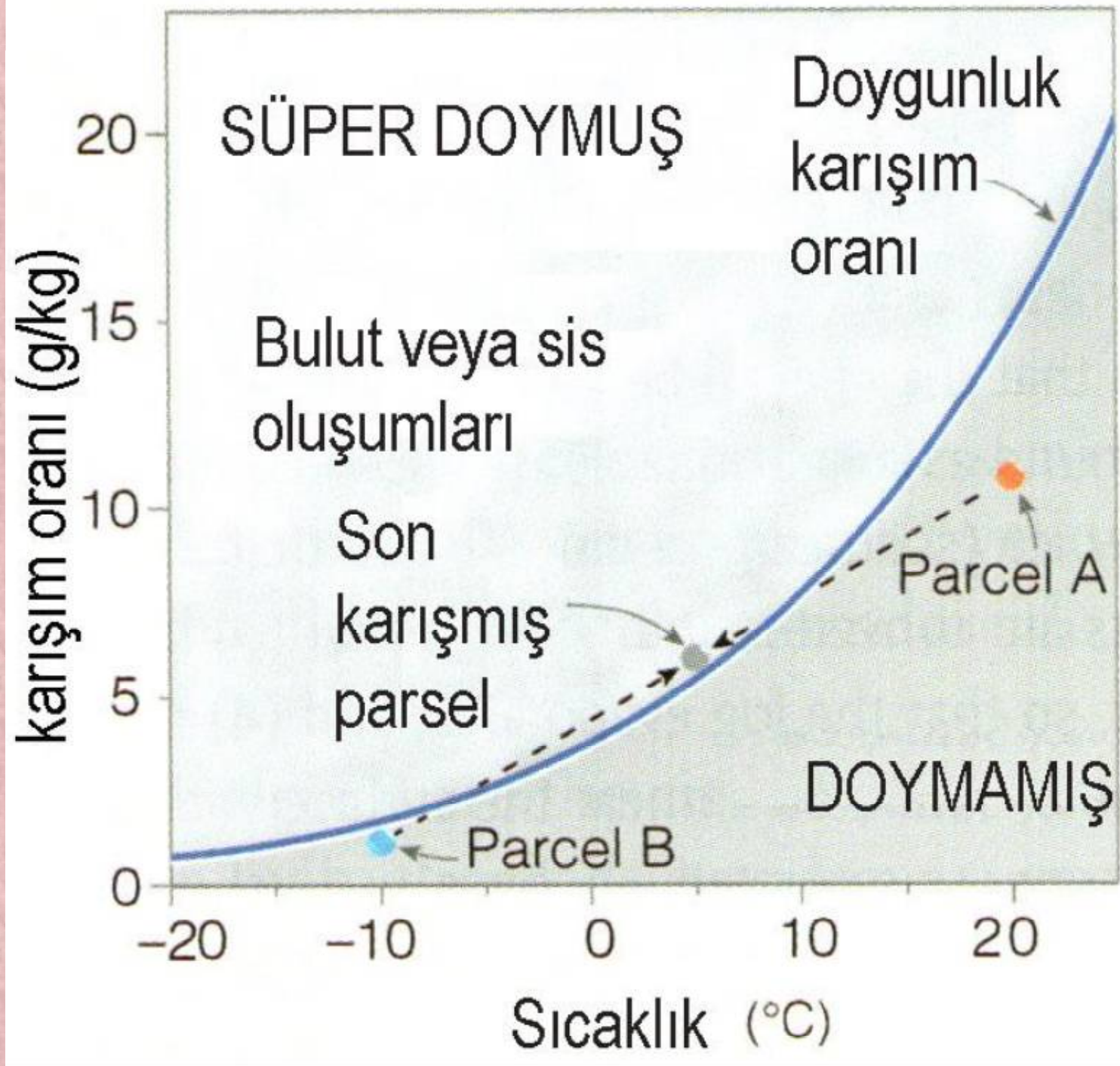




## Karışım Sisi:

Doygun olmayan hava kütlelerinin birbiri ile karışması nasıl sis oluşturmaktadır.







# Sisin dağıtılması

Herhangi bir hava alanında sis-temizleme işletiminde görüşün geliştirebilmesi ve böylece uçakların inip kalkabilmesi problemi önemli bir problemdir. Bunun için uzmanlar 4 kategoride gruplandırılabilirler çeşitli yollar denemektedirler:



- (1) Sis damlacıkları hacminin büyütülmesi, böylece ağırlaşan sis damlacıkları hafif bir çisenti şeklinde yere çökecektir;
- (2) Soğuk sisin kuru buzla (katı karbondioksit) ekilmesi, böylece sis damlacıkları buz kristallerine çevrilmektedir;
- (3) havanın ısıtılması, böylece sis buharlaşmaktadır; ve
- (4) yere yakın daha soğuk havanın üstteki daha sıcak doygun olmayan havayla karıştırılması.



Drier air



Moist air





