

# METEOROLOJİ

Yelkenli tekneler ister yarış, ister gezi amaçlı olsun, rüzgar ve akıntılar ile gidişini sağladığı için güvenlik ve performans açısından hem uzun süreli hava koşullarından, hem de kısa mesafe ve zamandaki değişikliklerden fazlasıyla etkilenirler.

Hava tahmini, yapısı nedeniyle çok zor ve hata payı yüksek bir bilim dalı olsa dahi gözlem yapan pek çok kişi zaman içinde hava tahminlerinde daha yüksek doğruluk sağlamakta, dolayısıyla yarışlarda ve kararlarında daha başarılı olma yetisini edinmektedir.

Bu sebeple bu yazıda havanın hareketleri ile ilgili geometrik modellerden bahsedip uydu fotoğrafları, sinoptik haritalar ve radyosonda analizleriyle yapılan orta vade tahmin metodları yanında, görsel ve ölçümsel işaretlerle yapılan (bulutlar, basınç değişimi, su yüzeyi, yakın karaların yapısı..) kısa vade -kısa mesafe tahmin metodlarından bahsedeceğiz.

## 1. Dünya üzerindeki genel hava akımları:

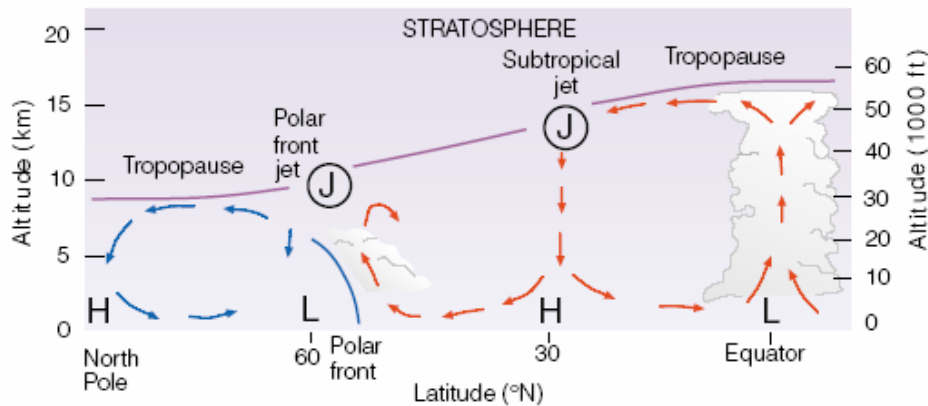
Meteorolojik olayların yaşandığı hava tabakası (stratosfer), dünyanın çevresini kaplayan bir deniz gibi düşünülebilir. Dünyanın kendi etrafındaki dönüşü nedeniyle bu “gaz denizinin” dengedeki yüksekliği ekvator çevresinde daha yüksek, kutuplarda daha alçak seviyedir.

Herhangi bir yerde bu denge seviyesinin üstüne çıkan hava kitlesi dalgalar halinde daha alçak yerlere doğru akacaktır.

İşte dünyada genel hava hareketlerinin kaynağı, ekvator çevresindeki bölgenin güneş ışığını daha dik olarak kutup bölgesindeki havaya göre daha çok ısınmasıdır.

Kutuplarda radyasyon (gazın sıcaklığına göre etrafa yaydığı ışımaya) sonucu soğuma, güneşten kutuplara gelen enerjiye göre fazladır. Bunun tam tersi ekvatorda olmaktadır.

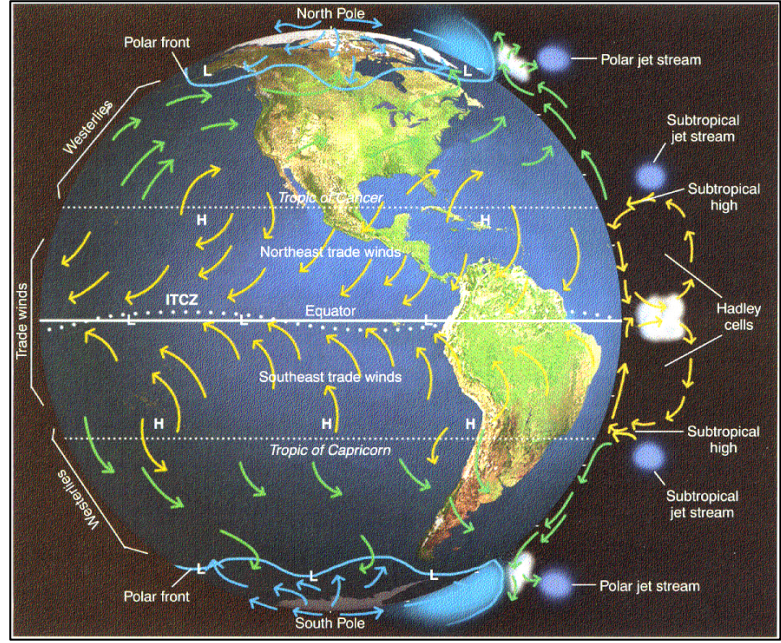
Dolayısıyla ekvatorda hava genişleyip yükselmekte, kutuplarda da yoğunlaşıp çökmektedir.



Şekil 1: Enlemlere göre hava hareketleri

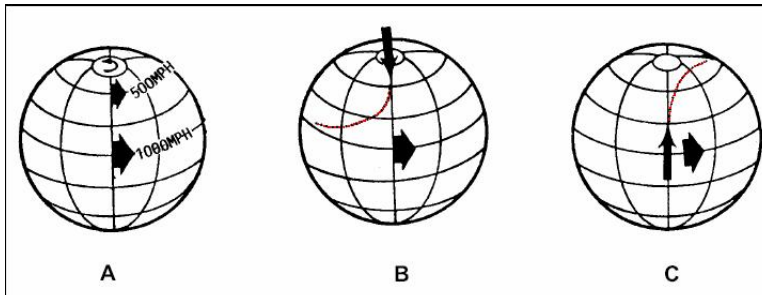
Hava ekvatorda yükselip üst seviyeden kutuplara giderken, ve kutuplarda çöküp alçaktan ekvatora doğru giderken, yaklaşık  $30^\circ$  enlem yol katettiğinde  $90^\circ$  sağa (güney yarımkürede sola) döner. Bunun nedeni coriolis kuvveti\*dir.

Tüm sayılan etkiler sonucu dünyada yandaki gibi bir genel hava akışı oluşur.



Güneşin dik geldiği enlemin  $30^\circ$  uzağında çöken hava sıcak, kuru ve az rüzgarlı bir bölge oluştururken,  $60^\circ$  uzaklıkta da kutuplardan gelen soğuk hava ve  $30^\circ$ 'den gelen sıcak hava karşılaşarak ileride bahsedeceğimiz *polar cephe*leri oluşturmaktadır.

Dünyanın dönüş eksenini güneşle bulunduğu düzleme  $17.5^\circ$  açı yaptığı için yukarıda görülen  $30^\circ$  yüksek basınç alanı ile  $60^\circ$ 'de kutuplardan gelen havanın ılıman hava ile karşılaştığı merkezler yazın sırasıyla yaklaşık  $47.5^\circ$  ve  $77.5^\circ$ 'ye çıkar, kışın da  $12.5^\circ$  ve  $42.5^\circ$ 'ye iner.  $36^\circ$ - $42^\circ$  enlemleri arasında kalan ülkemizde bu sebeple yazları kuru ve poyraz ağırlıklı, kışları da lodos ve poyrazın birbirini takip ettiği ve yağışın sık olduğu havalar yaşanır.

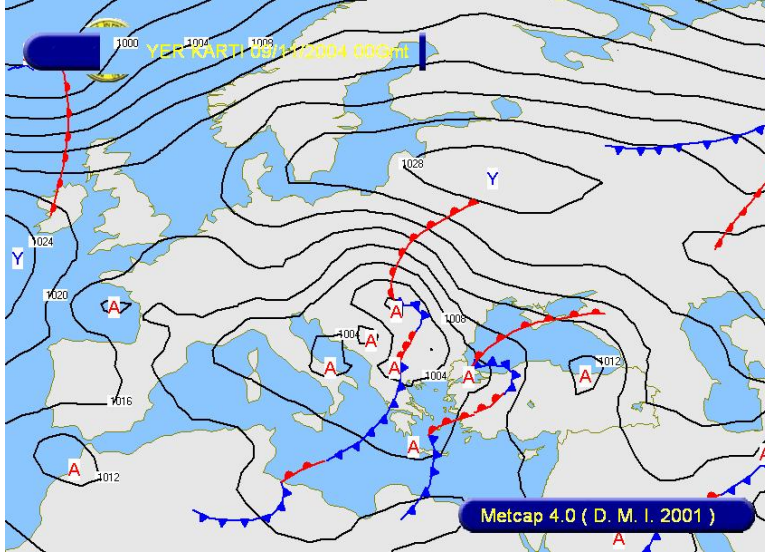


\**Coriolis kuvveti*, dünyayla birlikte hareket eden havanın çizgisel hızının enlemlere göre farklı olmasından kaynaklanır. Ekvatordaki hava 24 saatte 40.000km katederken  $60^\circ$

enleminde bu mesafe 20.000km'dir. Ekvatordan çevresi daha küçük enlemlere akan hava kitleleri hızını hemen kaybetmediği için bulunduğu enleme göre dünya dönüş yönüne doğru kayar. *Kuzey yarımkürede rüzgarlar saat yönüne döner. Güney yarımkürede dönüş yönü bunun tam tersidir.*

## 2. Basınç ve Rüzgar:

Rüzgar havanın yüksek basınçtan alçak basınca hareket etmesi sonucu oluşur. Bu yüzden rüzgar tahmini yapabilmek için en iyi kaynak, yeryüzündeki basınç dağılımının gösterildiği



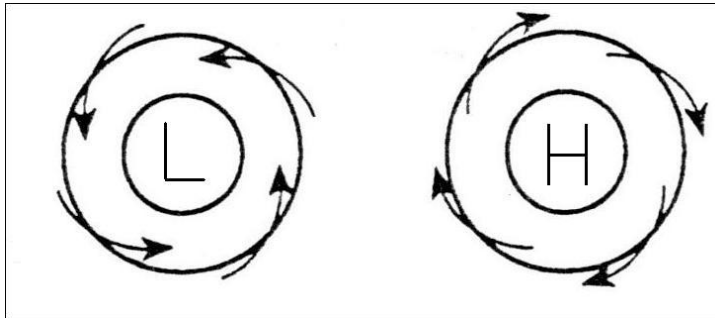
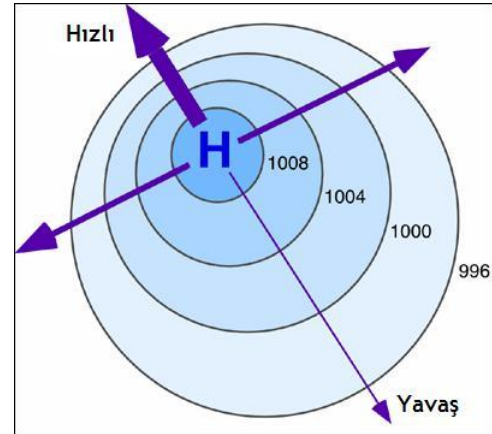
sinoptik haritalardır. Bu haritalarda basınç *izobarlar* (eş-basınç eğrileri) aracılığıyla gösterilir.

Sinoptik haritalarda yüksek basınç merkezleri H (Y), alçak basınç merkezleri de L (A) ile gösterilir. Basınç milibar cinsinden gösterilir ve atmosferin deniz seviyesindeki norm basıncı 1013 mbar'dır.

İzobarlar birbirine ne kadar yakın olursa basınç farkı o kadar daha yüksek olur; aynı şekilde beklenen rüzgar da.

Ancak havaya gerçek hayatta tek etkiyen kuvvet sadece basınç farkı kökenli değildir.

Coriolis kuvveti ve yer şekilleri de etkindir. Coriolis kuvveti nedeniyle rüzgarlar irtifada izobarlara yaklaşık 10° açı ile neredeyse paralel, alçak basınca meyilli eser. Yeryüzünün sürtünme etkisi sonucu rüzgar alçak irtifada daha yavaştır, dolayısıyla coriolis kuvveti de daha zayıftır. Bunun



sonucunda rüzgarın izobarlara yaptığı açı denizde yaklaşık 20°, karada da 30°'ye kadar çıkar.

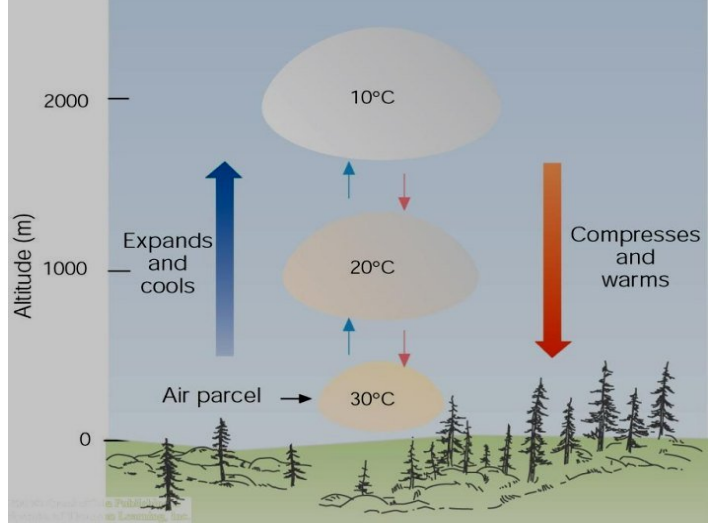
Yandaki şekilde kuzey yarımkürede alçak ve yüksek basınç merkezleri etrafındaki rüzgarlar gösterilmiştir. Daireler izobar çizgileridir.

### 3. Havanın stabilitesi:

Dünyayı güneşten gelen ışınlar ısıtmaktadır. Bu ışınlar hava ile etkileşime pek girmediklerinden dolayı enerjilerini ağırlıklı olarak yere iletmektedirler. Dolayısıyla dünya ağırlıklı olarak yeryüzünden ısınır.

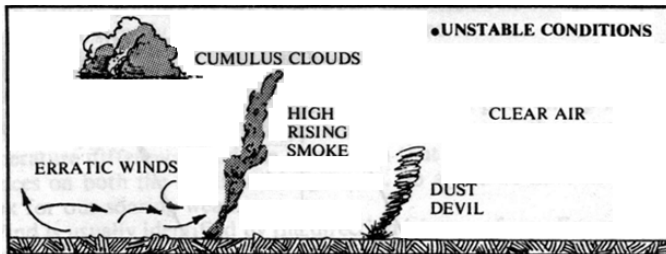
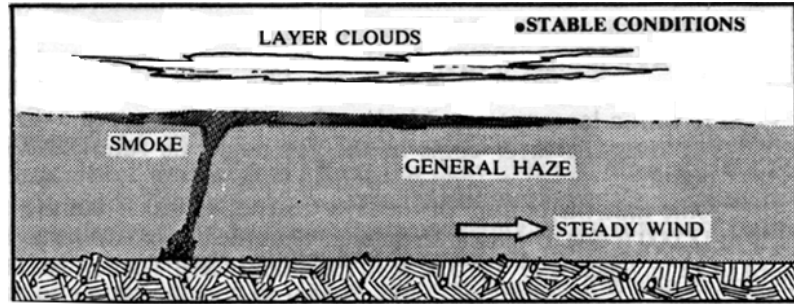
*Yani hava normal şartlarda yeryüzünde, daha yüksek irtifalara oranla daha sıcaktır.*

Ancak sıcak havanın soğuk havaya göre daha geniş hacim kaplaması nedeniyle yoğunluğu daha azdır. Yani gün içinde ısınan hava kitleleri periyodik olarak daha serin üst tabaka hava kitleleri ile -su ve zeytinyağı karışımı gibi- yer değiştirirler. Buna konveksiyon denir.



Ayrıca gazlar ısı alışverişi olmadığında sıkışırken sıcaklıkları artar, genişirken de düşer (adiyabatik genişleme / sıkışma). Yükselen havanın üzerindeki basınç azaldığı için (çünkü üzerindeki hava kütlesi azalır) yükselen hava kütlesi genişler ve sıcaklığı düşer. Yeryüzünde ısınan havanın da bu etki nedeniyle yükselirken sıcaklığı düşer, ve normal şartlarda belirli bir irtifada etrafındaki hava ile aynı sıcaklığa sahip olur. Bu noktada dikey hava hareketi durur.

Eğer hava yükselirken soğuma miktarı üstündeki havanın sıcaklık profilinden daha hızlı olursa dikey hava hareketi durma meyilli olur. Buna stabil hava denir.



Ancak eğer hava yükselirken bulunduğu yükseklikteki hava ile sıcaklık farkı yeterince azalmaz ise buna da instabil hava denir. Bu durumda yükselen hava yükselişini devam ettirmek ister. Bu sırada sıcaklığı devamlı düşer; bulut oluşumu -olursa- dikey yönde ilerler. Bulutu oluşturan su damlacıklarının sıcaklığı donma noktasının altına indiğinde de bulut içinde genelde yağış olarak yeryüzüne ulaşacak olan buz molekülleri oluşmaya başlar.

Havanın sıcaklık profili belirli merkezlerden günde 2 kez (Greenwich 00 ve 12 saatlerinde) atılan “radyosonda balonları” ile ölçülür. İrtifadaki sıcaklık ve havanın içindeki nem yoğuşma sıcaklığının bulunduğu bu diyagramlara <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> adresinden ulaşabilirsiniz.

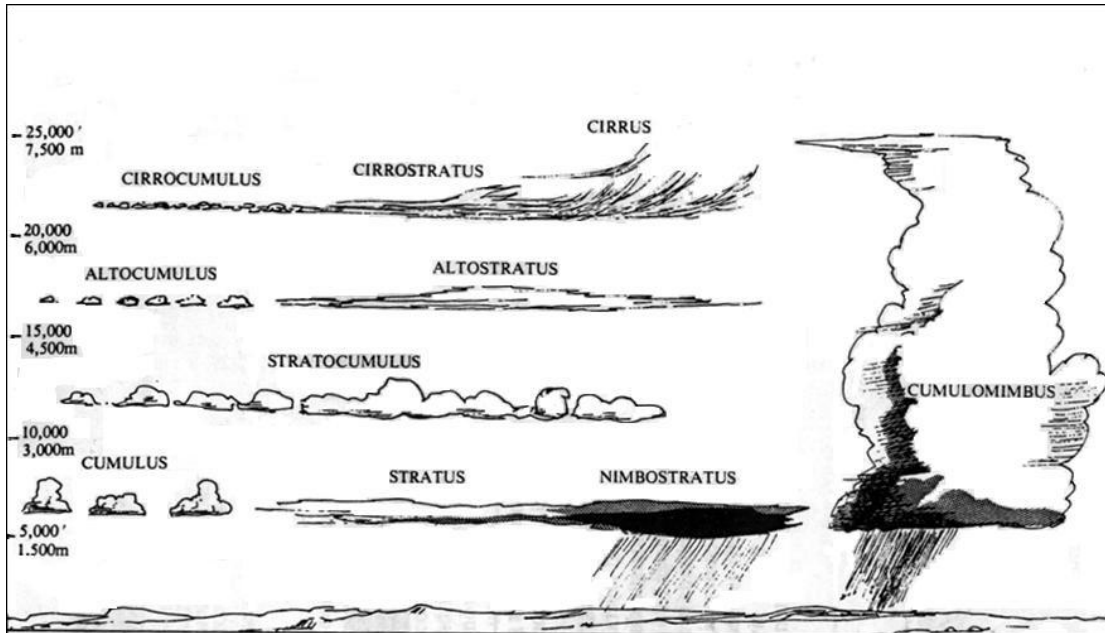
#### 4. Bulutlar:

Bulutlar, havanın hareketini görmemizde en güvenilir kaynaktır.

Bulutlar iki ana yapı tipi gösterir: dikine yığın halinde (Latince: Cumulus) veya tabakasal (Latince: Stratus). Kümülsler konveksiyon sonucu, stratüsler de tabakasal soğuma sonucu oluşur.

Bir de orografik (coğrafi şekillerin etkisi sonucu oluşan) bulutlar vardır. Lenticular (mercek) bulutları, yüksek dağların tepe noktasının rüzgaraltında oluşan rotor bulutları gibi. Orografik bulutlar rüzgarla birlikte hareket etmezler.

Ayrıca temel bulut isimlendirme sisteminde bulutun yapısı öncesinde yüksekliği de belirtilir (alçaktan yükseğe doğru: ek kullanılmaz/alto/cirro); altocumulus, stratus, cirrocumulus gibi.



Şekil 2: Temel bulut tipleri

Nimbo- eki ise “yağış” anlamına gelir ve bulutun bulunduğu yükseklikle ilgili değildir. Ne cumulus ne de stratus sınıfına giren cirrus bulutları ise buz kristallerinin rüzgar ve yerçekimi ile tüycük şeklinde oluşturduğu bulutlardır. Cirrus seviyesindeki bulutların karakteristik özelliği güneş ve ay etrafında oluşturdukları haledir.

Bulutları pratikteki farklı şekilleri içinde tanımak için gözlem tecrübesi önemlidir. Aşağıdaki bulut resimleri bulutların ana hatlarını öğrenmenize yardımcı olacaktır. Bu tecrübenin üzerine cephelerde bahsedeceğimiz bulut yapısını bilmek, meteorolojik verilere ulaşamadığınız veya tahminlerin yanlış olduğu durumlarda hayat kurtarıcı olabilir.

### Temel Bulut Tipleri:



CIRRUS



CIRROCUMULUS



CIRROSTRATUS



ALTOCUMULUS



ALTOSTRATUS



CUMULUS



STRATOCUMULUS



STRATUS



NIMBOSTRATUS



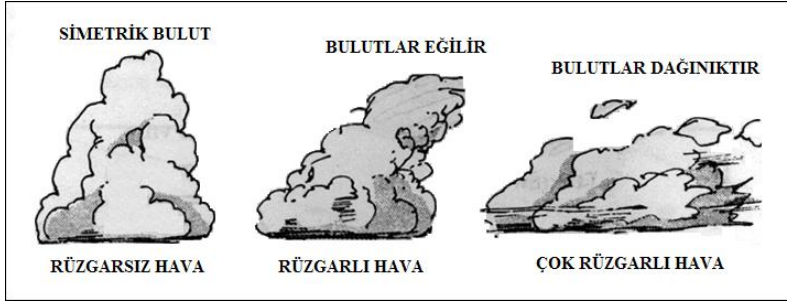
CUMULONIMBUS



ALTOCUMULUS LENTICULARIS



MAMMATUS



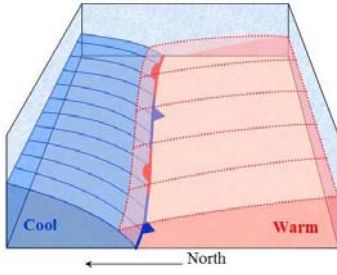
İrtifa rüzgarlarının yön ve şiddeti bulutlara etkileri sayesinde görsellik kazanır.

## 5. Cepheler:

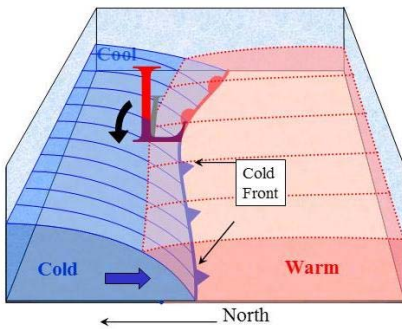
Birbirine göre soğuk ve sıcak hava kitleleri karşılaştığı zaman daha sıcak olan hava soğuk olanın üzerinde yükselir. Yükselen hava, üzerindeki basınç azaldığı için genişler ve soğur. Bu genişleme ve soğuma sırasında da stabilite azalır. Dolayısıyla bir süre sonra konveksiyon başlar, bulutlar yağmura neden olacak kalınlıklara kadar gelişebilir.

Cephenin oluştuğu sınır bölgede havanın yükselmesi nedeniyle basınç düşer.

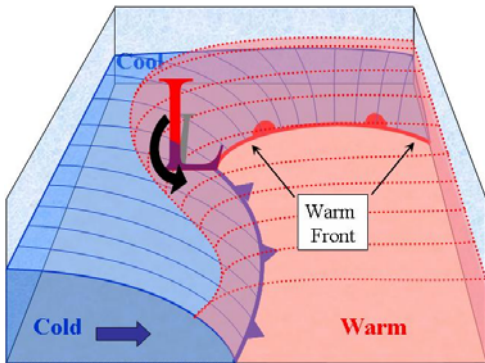
Basınç düşüncü hava alçak basınç bölgesine akmaya çalışır, ancak coriolis kuvveti sonucu



rüzgarlardan bahsederken gördüğümüz alçak basınç merkezi etrafındaki saat yönünün aksine olan dönüş başlar.



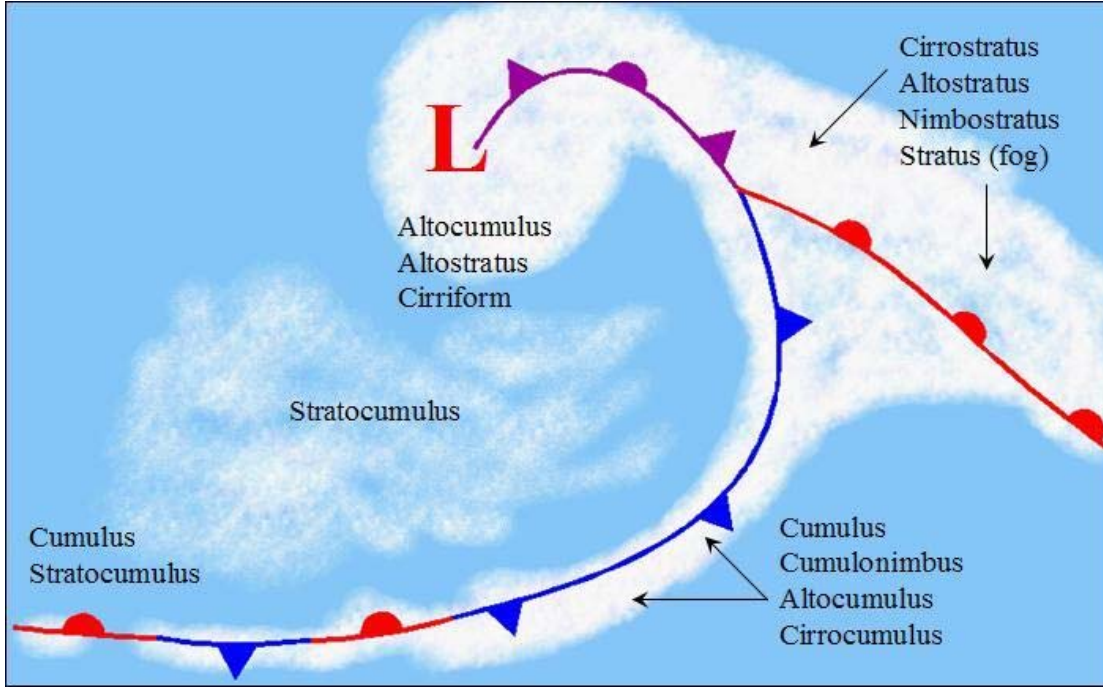
Bunun sonucunda alçak basınç merkezinin (antisiklon) bir tarafında (kuzey yarımkürede batı tarafında) soğuk hava sıcak havanın altına girer (soğuk cephe – hareket yönüne bakan mavi üçgenlerle gösterilir). Merkezin diğer tarafında (kuzey yarımkürede doğu tarafında) da sıcak hava soğuk havanın üstüne tırmanır (sıcak cephe – hareket yönüne bakan kırmızı yarım daireler ile gösterilir).



Kutuplardan ani kopmalarla gelen soğuk hava ile aynı yönde olduğu için soğuk cephenin ilerleme hızı sıcak cepheden yüksektir. Bu nedenle cephe sisteminin gelişimi sırasında soğuk cephe sıcak cepheye yaklaşır ve bazen yakalar.

Orta enlemlerdeki cephelere, kutuplardan gelen soğuk hava kökenli oldukları için **polar cephe** denir.

Cephe sistemleri fırtına ve aşırı yağışın nedeni oldukları için meteorolojik tahminlerde en önemli yeri tutarlar. Uydu fotoğraflarında  $\lambda$  (lambda)'yı andıran karakteristik şekli bulutlarda çok net gözükür.



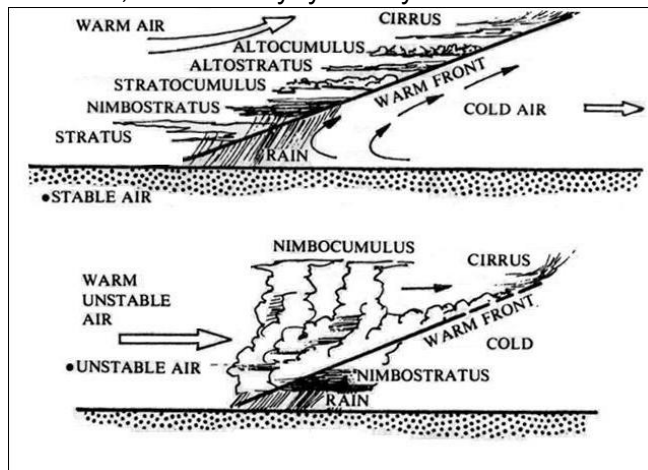
Yukarıdaki şekilde tipik bir cephe sistemi ve bulutların yerleşimi gösterilmiştir. Cepheleler üçgen ve yarımdaire'nin yönünde ilerlerler. Buna göre cephe merkezine göre konumumuzdan bulut gelişimi tahmin edilebilir.

### 5.1. SICAK CEPHE

Sıcak cephenin görsel verilere dayanarak öngörüsü soğuk cepheye göre daha kolaydır. Cirrus ile başlayan bulutlanma altocumulus, onun da yayılmasıyla altostratusa dönüşür.

Daha sonra altostratus da alçalarak yere yakın stratuse çevirir ve gri gökyüzü ile uzun süreli yağmurlar getirebilir.

Eğer sıcak hava çok nem taşıyorsa veya hava kitleleri arasındaki sıcaklık farkı çoksa yükselen havadaki destabilizasyon güçlü konveksiyon ile cumulonimbus denilen çok yüksek bulutlar oluşturabilir ve gökgürültülü yağışlar olur.



Sıcak cephenin başlangıcında görülen cirrus-altocumulus-altostratus dizisi günbatımına doğru havanın soğumasıyla da bazen görülür. Sıcak cephenin doğru öngörüsü için bulut dizisinin devamı gereklidir.

Tipik bir sıcak cephe gelişimi aşağıdaki fotoğraf dizisinde görülmektedir:



1) Cirrus



2) Cirrocumulus



4) Altocumulus

3) Cirrostratus ve halo



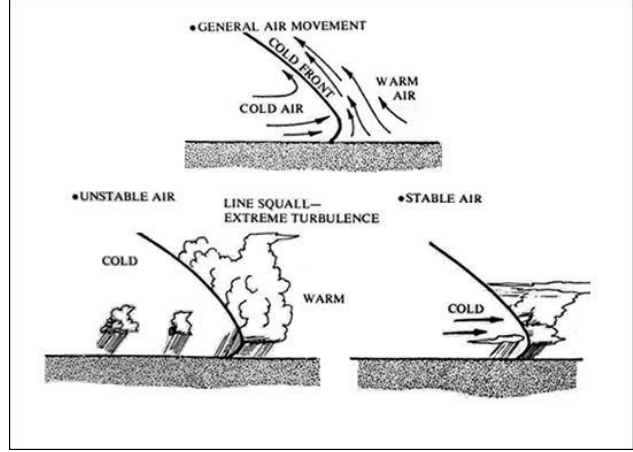
5) Stratus (bulut irtifası değişimine dikkat)



6) Stratus ve nimbostratus

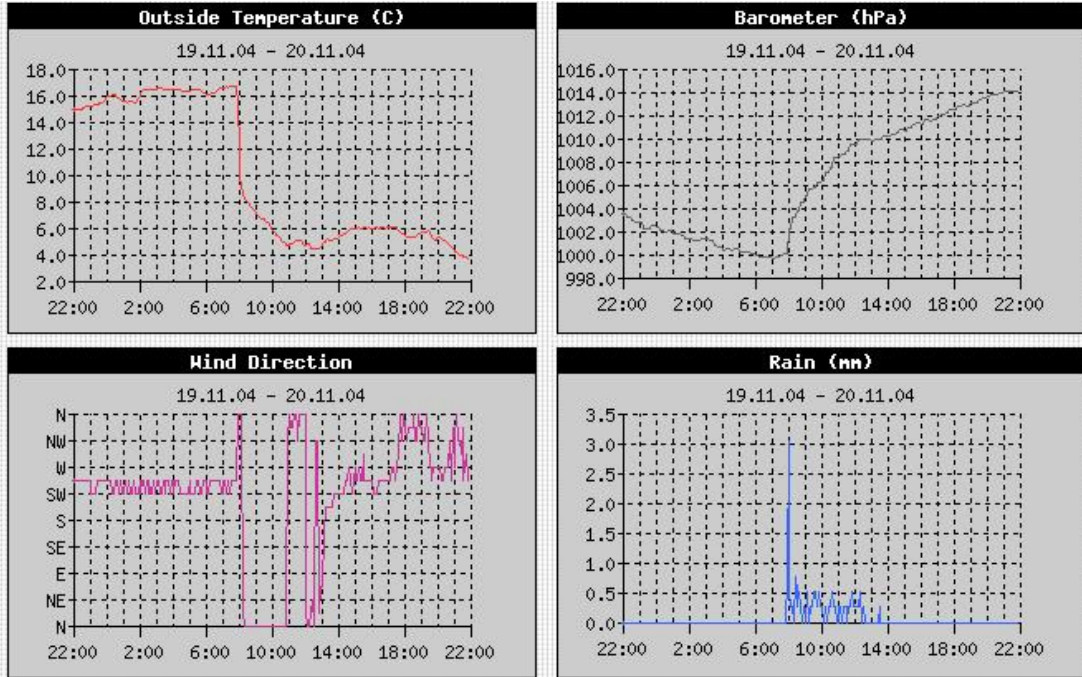
## 5.2. SOĞUK CEPHE

Soğuk cephenin önünde sıcak cephedeki bulunan işaretler olmadığından görsel tahmini çok zordur. Ancak barometrede hızı giderek artan bir düşüş, rüzgar hızının 6 ila 12 saat kadar öncesinde belirgin şekilde ve türbülanslanarak artması gibi belirtileri vardır.



Soğuk cephede sıcak cephe gibi tüm gökyüzünün bulut kaplaması olasıdır ama her zaman beklenmez. Aşırı instabilite ile Cumulonimbus (CB) bulutları oluşur. Bu bulutların içinde çok güçlü yukarı doğru konveksiyon akımları vardır. Dolayısıyla etraflarındaki hava da hızla aşağı çökmekte ve bulut oluşumunu engellemektedir.

Aşağıda 20 Kasım 2005'te İstanbul'dan geçen soğuk cephenin Enka otomatik meteoroloji istasyonu tarafından kaydedilmiş verilerini görebilirsiniz:



Cephenin istasyonun üzerinden saat 8'de geçişi ile sıcaklık ve basınçtaki değişiklikler ve yağış ile türbülans net bir şekilde gözükmemektedir.

Soğuk cephelerde yağış başladığında cephenin önünden yüksek hızla ilerleyen "gust front" denilen soğuk rüzgar oluşabilmektedir. Bunun göstergesi yan yatmış ince uzun bir silindir

şeklindeki ve hızlı hareket eden “billow” bulutudur. Gust front ile birlikte ruzgar 2-3 dakika içinde 180° dönebilir.

Ayrıca cephenin şiddetine bağlı olarak dolu da olabilir

### Soğuk cephe manzaraları:



1) Rüzgarın türbülanslanması ve hız artışı ile dağınık hale gelen cumulus (fractocumulus)

2) Rüzgar belirgin derecede artmış, iki farklı bulut tabanı mevcut (karişmakta olan iki farklı hava kitlesine işaret)



3) İnstabilite artıyor, bulutlar kısmen dağınık ama asıl kalınlıkları artıyor

4.a) Uzaktan büyük bir Cumulonimbus'un (CB'nin) görünüşü



4.b) Bir CB'nin eteklerindeki muhtemel görüntü



5) Mutlu son: Cephe geçişinden sonra soğuk ama güneşli, yelken için hoş şıkır bir hava

## 6. Lokal Etkiler

Hava durumunu değiştiren temel faktörler radyasyon sonucu soğuma (güneş ışığı kesildiği zaman etkili), adveksiyon (farklı sıcaklıkta havanın yatay hareketle bölgeye girmesi) ve konveksiyon olarak özetlenebilir.

- Işıma ile soğuma özellikle bulutsuz gecelerde yeryüzünün çok soğuması ile çığ ve sise neden olur. Ayrıca havanın sabah daha stabil (dolayısıyla rüzgarsız) olmasının da nedenidir.
- Adveksiyon sadece büyük hava kitlelerinin karşılaştığı cephe sistemlerinde olmaz. Nemli ve serin deniz havasının meltem sonucu karadaki sıcak havayla karşılaşması ve onu yukarı itmesi gibi küçük ölçeklerde de lokal stabiliteyi değiştirebilir ve lokal bulutlanma gibi sonuçları olabilir.
- Konveksiyon, yüksek irtifadaki hava ile yeryüzündeki havanın sirkülasyonu dolayısıyla irtifadaki rüzgarın aşağıya taşınmasına aracı olur.
- İrtifadaki rüzgar genelde daha hızlıdır, ayrıca yönü de yer rüzgarından çoğunlukla farklıdır (bkz. Basınç ve Rüzgar). Bu nedenle irtifa rüzgarını bilmek, sağanakların hangi kontrada açıp hangisinde çekeceğini tahmin etmekte faydalı olur.

Ayrıca konveksiyonla yükselen havanın (termiğin) yerine yüzeyde her yönden hava emilir, yere kadar alçalan hava da yeryüzünde her yöne saçılır. Bu da sağanaklara ve açan-çeken rüzgarlara neden olur.

Genel olarak termik çıkış noktası kümülüslerin rüzgar gücüne bağlı bir miktar rüzgarüstüdedir. Termiğin içine emilen hava rüzgarüstünden gelirken daha hızlanır, veya rüzgaraltı tarafında ana rüzgar yönüne ters olduğu için yavaşlar, hatta bu bölgede kalabilir. Ancak genel olarak konveksiyonun olduğu günler daha rüzgarlıdır.

Rüzgar kendine en az direnç gösteren yolu seçer; mesela nehir yatağı doğrultusu, gölün uzun yakası, vadiler ve tepe araları, adaların etrafı gibi.

Ancak ada gibi bir engelin rüzgarı engelleme miktarı havanın dikine hareket rahatlığına bağlıdır. Hava instabilse adanın tepesinden termik olarak yükselir. Eğer irtifa rüzgarı da sertse engelin rüzgaraltında hava sert ve sağanaklı olur. Stabilitenin yüksek olduğu durumlarda da hava engelin etrafından dolaşmayı tercih eder. Bu da dönen rüzgarlara neden olur.

Dik yamaçların rüzgarüstü tarafına yaklaşmak rüzgarsız kalmaya neden olabilir. Engelin üzerinden geçmeye çalışan rüzgar sudan yükselecek ve rüzgarsız bir alan bırakacaktır.

Boğazlarda hava sıkıştığı için hızı artar. Ayrıca boğazın genişlediği yerde rüzgar da kıyıya yakın yerlerde kıyıya paralel olarak yön değiştirir. Bu durum çeken olarak kullanılabilse dahi ortadan kıyıya yaklaştıkça azalan rüzgar nedeniyle avantaj bir anda dezavantaja dönebilir.

Denizde lokal gelişimleri tahmin etmek kadar sağnakları tanımak da hem yarışçılık hem güvenli seyir açısından önemlidir. Rüzgarın değişimi sonucu su üzerinde yarattığı çarpıntılar ve serpintiler genelde daha koyu bir alan yaratır. Ancak denizdeki her koyu alan sağnak göstermez. Sağnakların görünmesinde etkili olan birkaç nokta:

- akıntının rüzgara olan yönü
- genel dalga yüksekliği
- denizin genel çarpıntı durumudur.

Özellikle en yanıltıcı sağnak görüntüsü akıntının yön değiştirdiği yerde olur. Çünkü rüzgara karşı dönen suyun üstü sağnak olmasa da bir anda çarpıntılanır. Bunun tam tersi de akıntı rüzgara döndüğünde olur; sağnak olsa dahi akıntının dönüşüyle birlikte suyun üstü ayna gibi olabilir. Dolayısıyla sağnakları tahmin etmek için lokal akıntı değişimleri ve rüzgar yönünü birarada düşünmek gereklidir.

Ayrıca Beaufort 4-5 seviyesinden itibaren deniz üzeri zaten çarpıntılı olacağı için sağnağın habercisi süprüntüler ve daha yoğun beyaz köpüklerdir.

#### **internet meteorolojik data kaynakları:**

- <http://www.meteor.gov.tr>
  - Yer haritası, uydu görüntüleri
- <http://forecast.uoa.gr/forecastnew.html>
  - Atina Üniversitesi
- <http://www.wetterzentrale.de/topkarten>
  - UKMetOffice, DWD ve USAF izobar, rüzgar ve bulut model tahminleri
- <http://www.enkaspor.com/weather/>
  - Gerçek-zamanlı meteorolojik veri istasyonu
- <http://www.uwyo.edu/upperair/europe.html>
  - Lapse rate radyosonda ölçümleri
- [http://www.poseidon.ncmr.gr/weather\\_forecast.html](http://www.poseidon.ncmr.gr/weather_forecast.html)
  - Poseidon izobar, rüzgar ve bulut model tahmini

#### **Resim ve Fotoğraflar:**

UN Meteorology Course Notes

Dennis Pagen - Understanding the Sky

UK MetOffice - The Cloud Atlas'tan alınmıştır.