



T.C.

**ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**



**HİDROLOJİK MODELLEME: WFLOW-HBV**

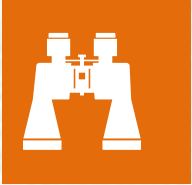
**NEŞAT ONUR ŞANLI**

**23/10/2015**

# Sunum İçeriği



**Hidroloji-Hidrolojik Modelleme**



**WFLOW-HBV Hidrolojik modeli**



**Modelinin kurulumu ve gerekli programlar**



**Model için gerekli olan veriler**



**Modelin çalıştırılması – Büyük Menderes Uygulaması**



**Soru ve Öneriler**

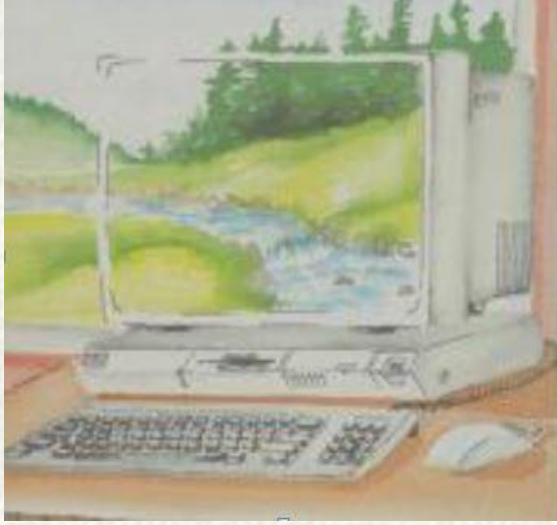
# Hidroloji

Hidroloji (Hydro = su + logos = bilim): Yer kürede (**yer üstünde**, **yer altında** ve **atmosferde**) **suyun** çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı(hidroloik) bilime verilen addır.

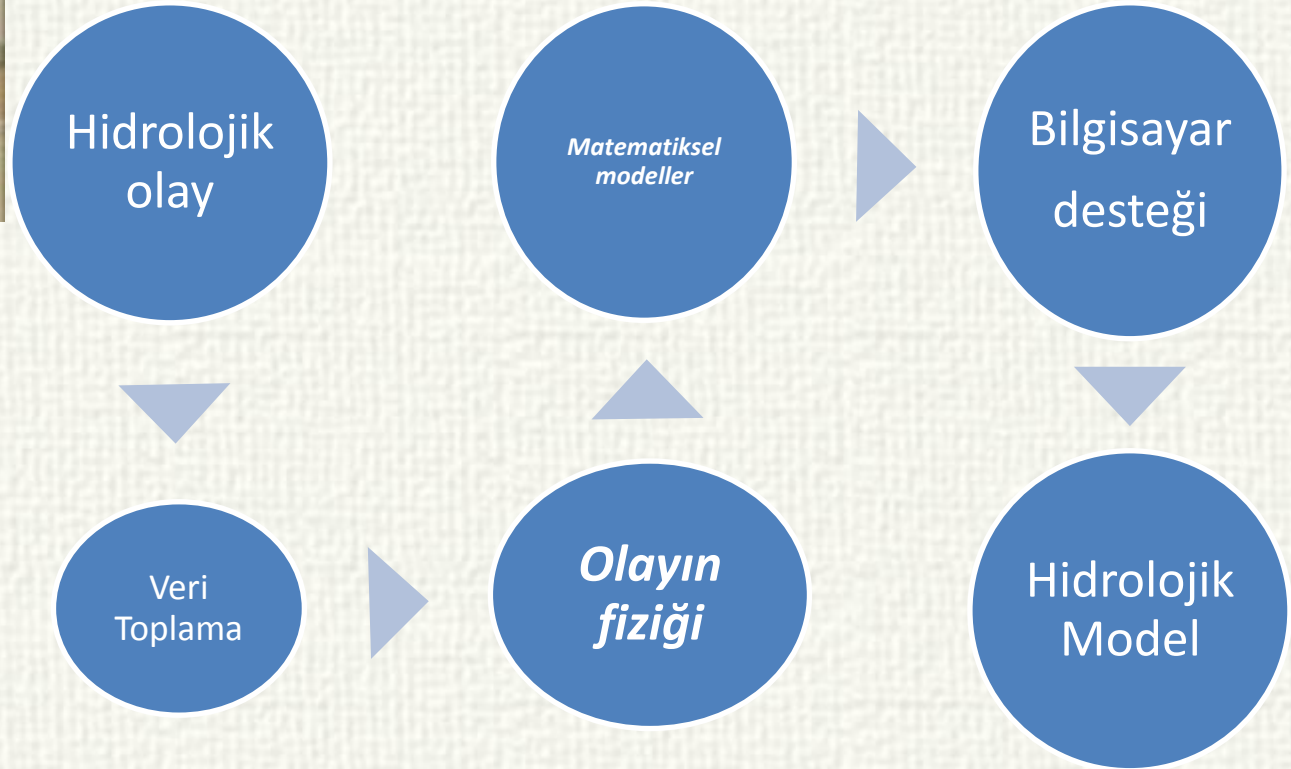
## *Hidrolojinin Mühendislikteki görevi*

‘Belli bir maksatla yapılan projenin tüm aşamalarında suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili verileri sağlamaktır.’

# Hidrolojik Modelleme



'Hidrolojik model, hidrolojik sistemin basitleştirilmesidir.'

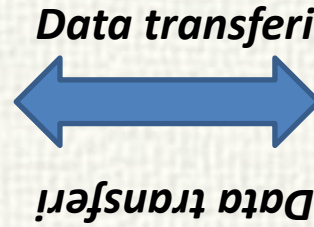


## Hidrolojik Modellerin kullanım alanları

- ✓ *Akarsu kalitesi*
- ✓ *Akarsu hidrodinamiği*
- ✓ *Göl/sulak alanlar/baraj göllerinin kalitesi*
- ✓ *Göl/sulak alanlar/baraj göllerinin hidrolojisi*
- ✓ *Akarsularda kirletici taşınımı*
- ✓ *Göl/sulak alanlar/baraj göllerinin kirletici taşınımı*
- ✓ *Yeraltı sularının hidrojeolojisi*
- ✓ *Taşkın yönetimi*
- ✓ *Kuraklık yönetimi*
- ✓ *Havza Yönetimi*

# Projenin Amacı

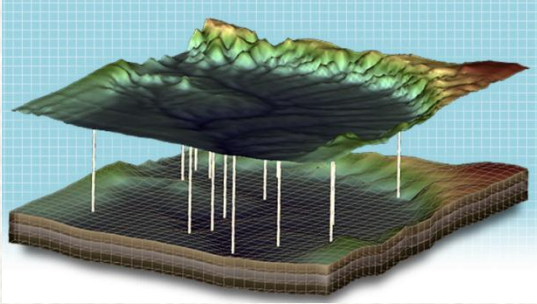
1) Modellerin birbirine entegre edilmesi sonucu havzada bulunan data sorununun giderilmesi.



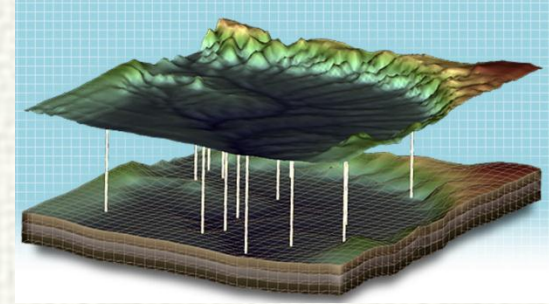
2) Global dataların işlenmesi ve model kurlumu.

\*Hollanda da şu an Rhine havzasında üzerinde çalışılan entegrasyon Modflow+WFLOW+Ribasim.

# WFLOW-HBV MODELİ



Tasarım yılı 2011



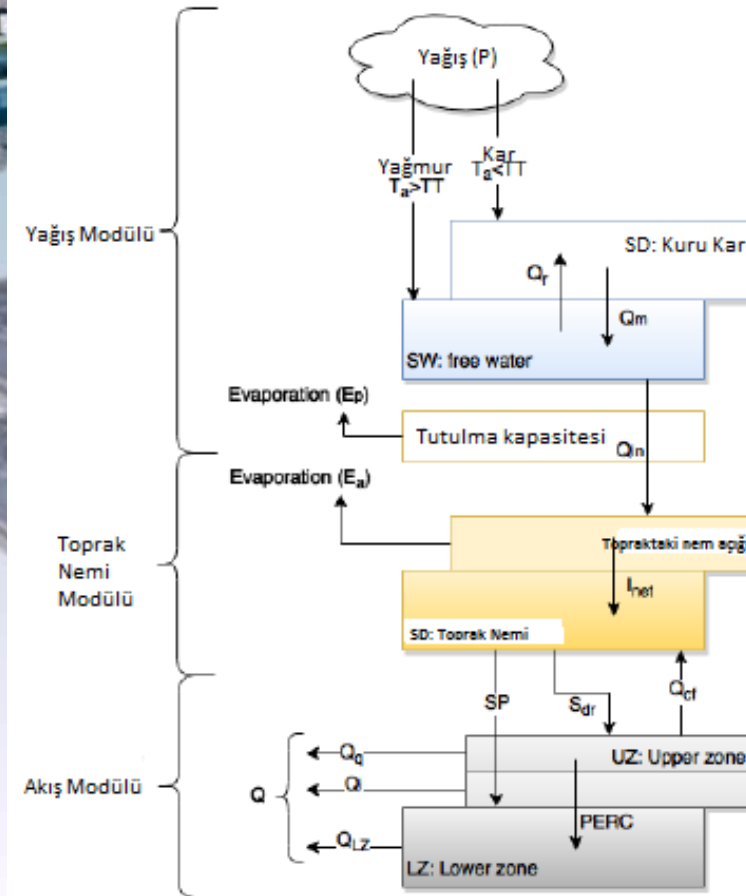
Tasarımcı Jaap Schellekens bir  
Özellik: Tam dağılımlı yağış akış modeli.

Kaynak kodu: Açık

(OpenStream projesi-DELTARES)

Yararlanılan modeller: HBV-96 & SBM

# WFLOW-HBV ÇALIŞMA MEKANİZMASI

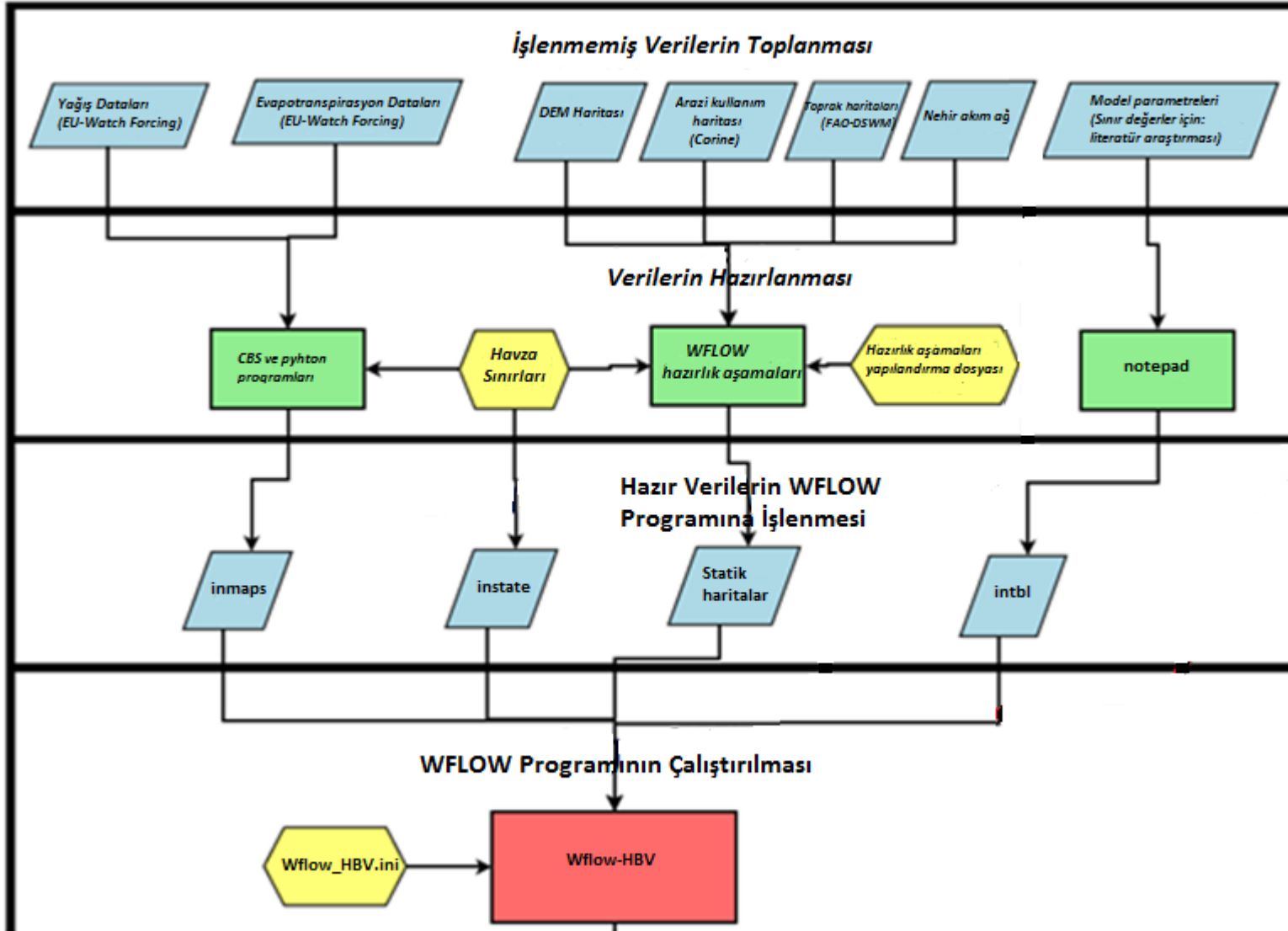


## Lejant

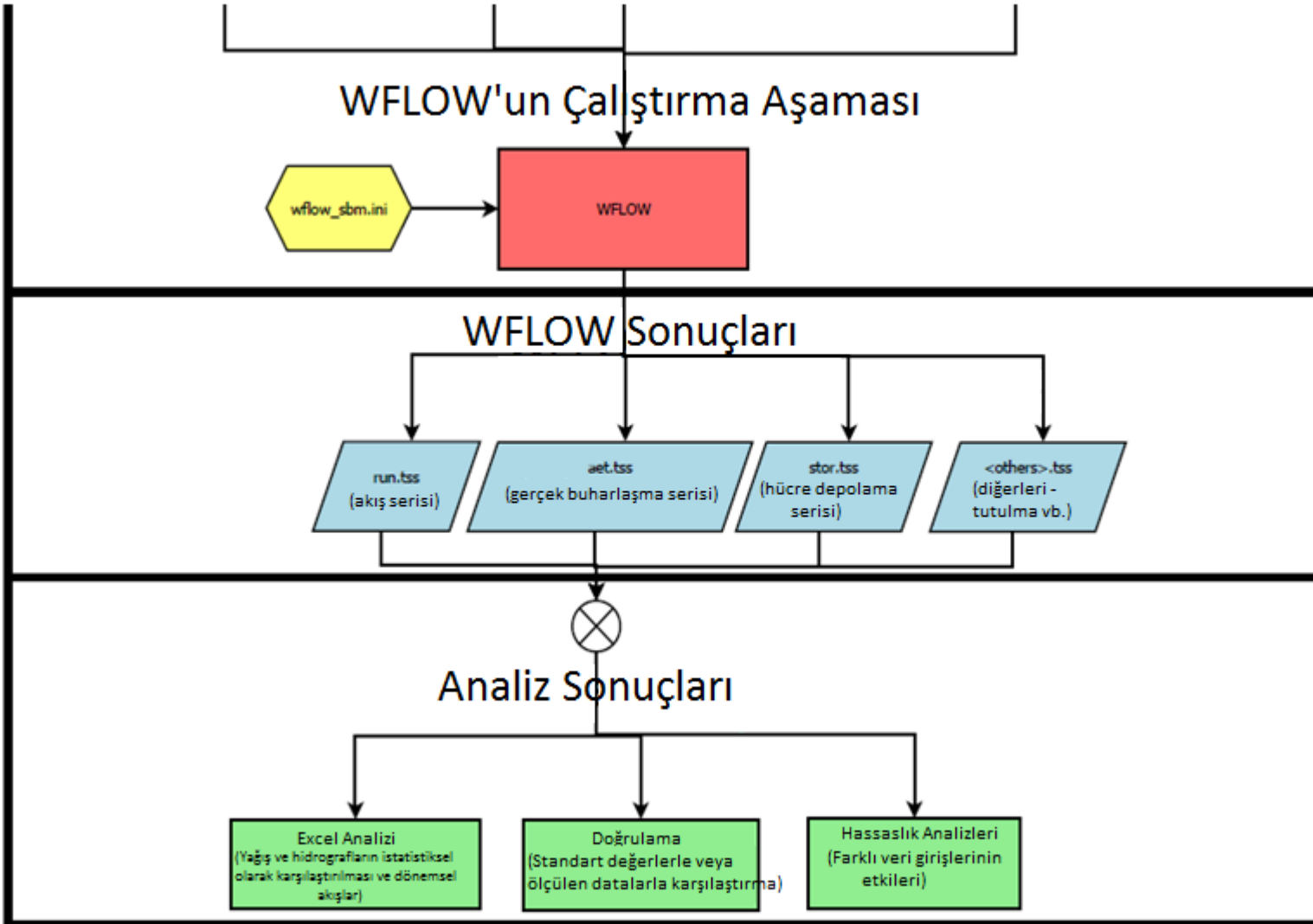
- $T_a$  = Hava sıcaklığı
- $TT$  = Sıcaklık eşik değeri kar modülü için
- $Q_m$  = Kar erime oranı
- $Q_r$  = Serbest suyun donma oranı
- $Q_{in}$  = İnfiltrasyon oranı
- $E_p$  = Potential evaporation
- $E_a$  = Actual evaporation
- $I_{net}$  = Sızma net su miktarı
- $S_{dr}$  = Direkt akış
- $SP$  = Sızma
- $Q_{cf}$  = Kapiler akış
- $Q_i$  = Hızlı akış
- $Q_i$  = Interflow
- $Q_{LZ}$  = Slow runoff
- PERC = Percolation
- $Q$  = Toplam akış oranı



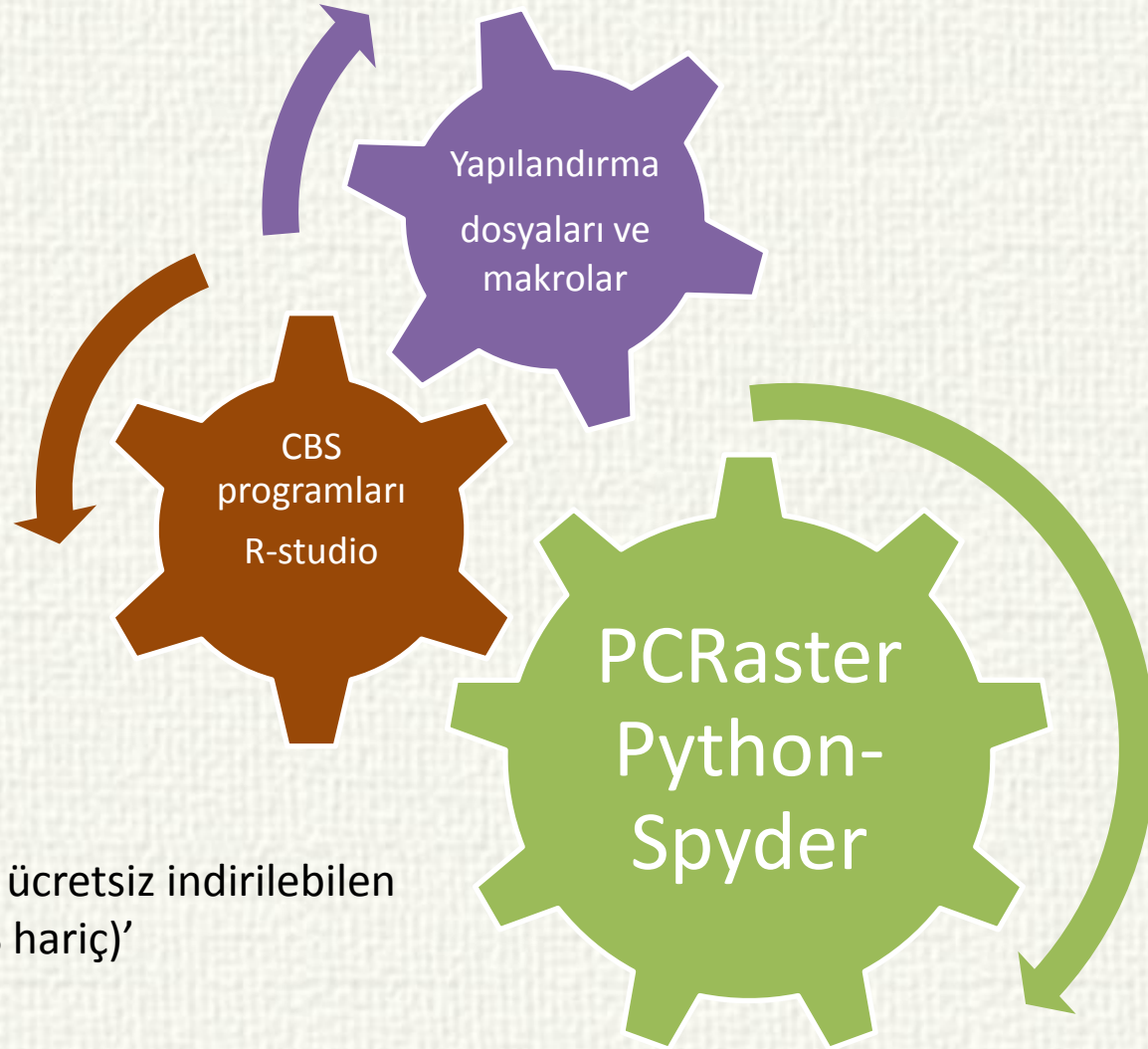
# WFLOW-HBV Ana Şematizasyon Adım-1



# WFLOW-HBV Ana Şematizasyon Adım-2



# WFLOW-HBV için Gerekli Programlar



'Açık kaynak kodlu, ücretsiz indirilebilen programlar(Arc GIS hariç)'

# Statik Datalar ve Fonksiyonları

**DEM**

- Sayısallaştırılmış yükseklik haritaları.
- Suyun akış yönü ve arazideki eğim belirlenmesi

**Toprak  
haritaları**

- Arazideki toprak tiplerinin ve özelliklerinin modele tanıtılması.

**Arazi  
kullanım  
haritaları**

- Arazi kullanımlarının modele tanıtılması.
- Bitki örtüsü su ihtiyacının belirlenmesi.

**Havza  
haritaları**

- Havza sınırı haritası.
- Havza içerisindeki akarsu ve göllerin haritası.

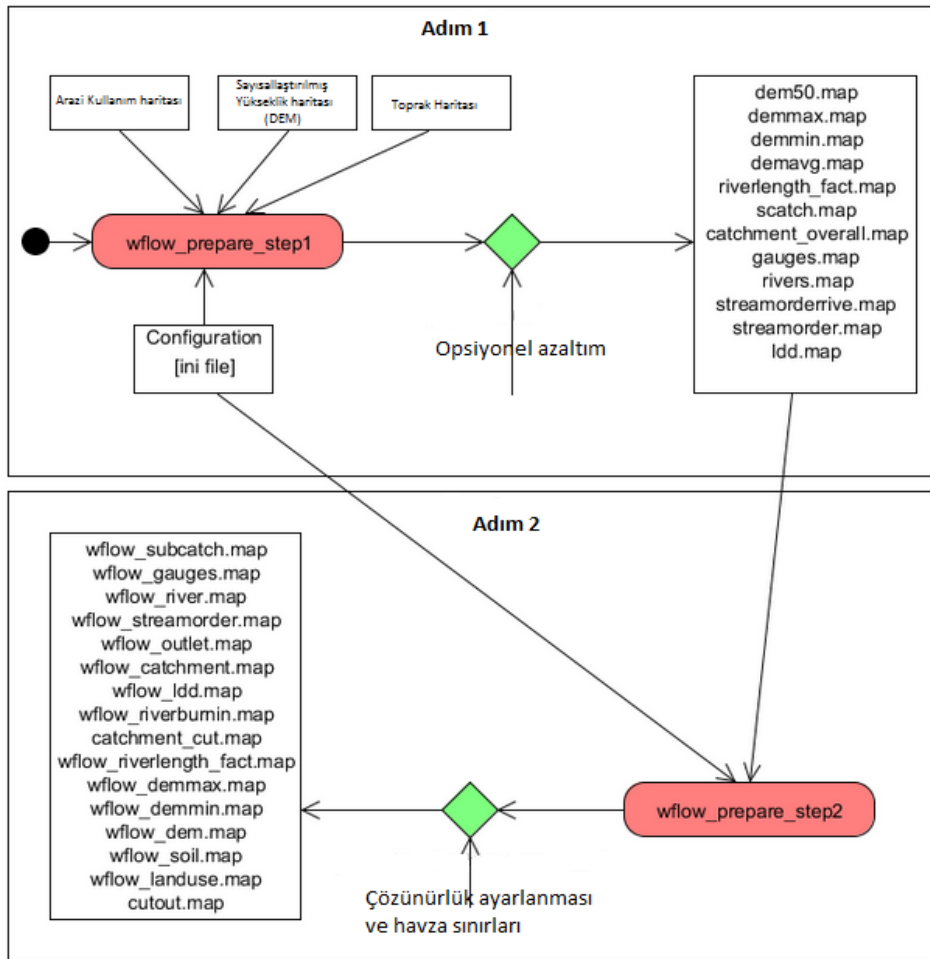
# Statik Dataların Kaynakları

Veri	Kaynak	Tür ve özellik
Sayılaştırılmış yükseklik haritası	NASA <a href="http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1">http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1</a>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 90 metre çözünürlük</li><li>• .tiff format</li></ul>
Toprak haritaları	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ FAO</li><li>➤ Tarım ve Gıda Hayvanlık bakanlığı</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• .shp</li></ul>
Arazi kullanım haritaları	Corine landuse	<ul style="list-style-type: none"><li>• raster</li></ul>
Nehir akım ağı ve diğer alanlar	Modelleme Şube müdürlüğünden	<ul style="list-style-type: none"><li>• .shp</li></ul>

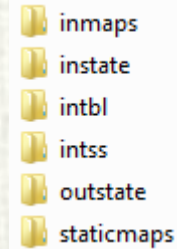
## **UYARI!!**

- Koordinat sistemleri
- Çözünürlükleri ve dosya türleri
- Dosya boyutları

# Statik dataların hazırlanması



1. Yapılandırma dosyalarının hazırlanması
2. Wflow adım 1 ve Wflow Adım 2 nin yürütülmesi için cmd konsolunun kullanılması.
3. Wflow adım 2 sonrası oluşan dosyaların kopyalanıp ana klasöre taşınması.



# Dinamik datalar

Yağış  
dataları  
(P)

- Hidrolojik sistem analizlerinde ana girdi yağıştır.

Sıcaklık  
dataları (T)

- Kar modülü için kullanılmaktadır.

Potansiyel  
evapotransp  
irasyon  
(PET)

- Atmosfere geri gönen su miktarını temsil etmektedir.  
(Buharlaşma+Terleme)
- FAO Penman Monteith metodu.

Akım  
gözlem  
verileri

- Hassaslık analizi, kalibrasyon ve doğrulama işlemlerinde kullanılmaktadır.

## *Lokal Datalar*

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Tümas)  
Noktasal ölçüm
- Devlet Su İşleri genel Müdürlüğü  
Akım Gözlem istasyonlar

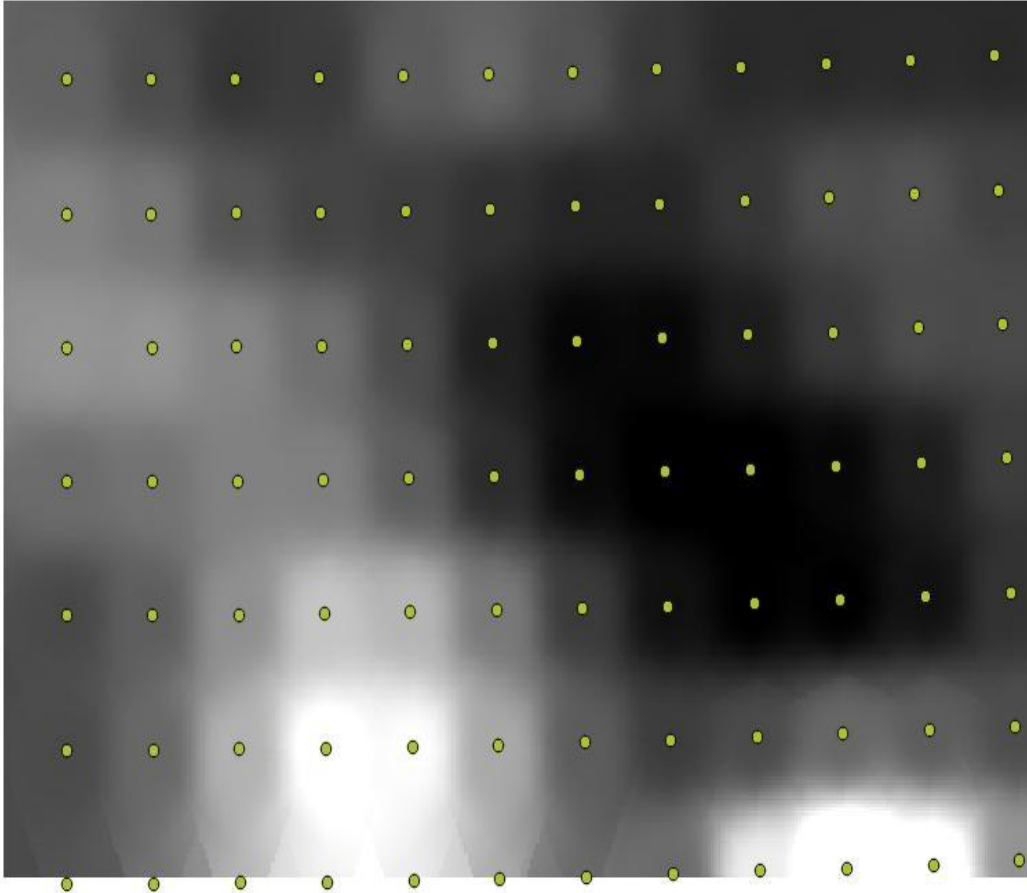
## *Global Datalar*

- CFSR ( Model)
- EU-Watch Forcing (Avrupa Birliği) (Radar+ölçüm)



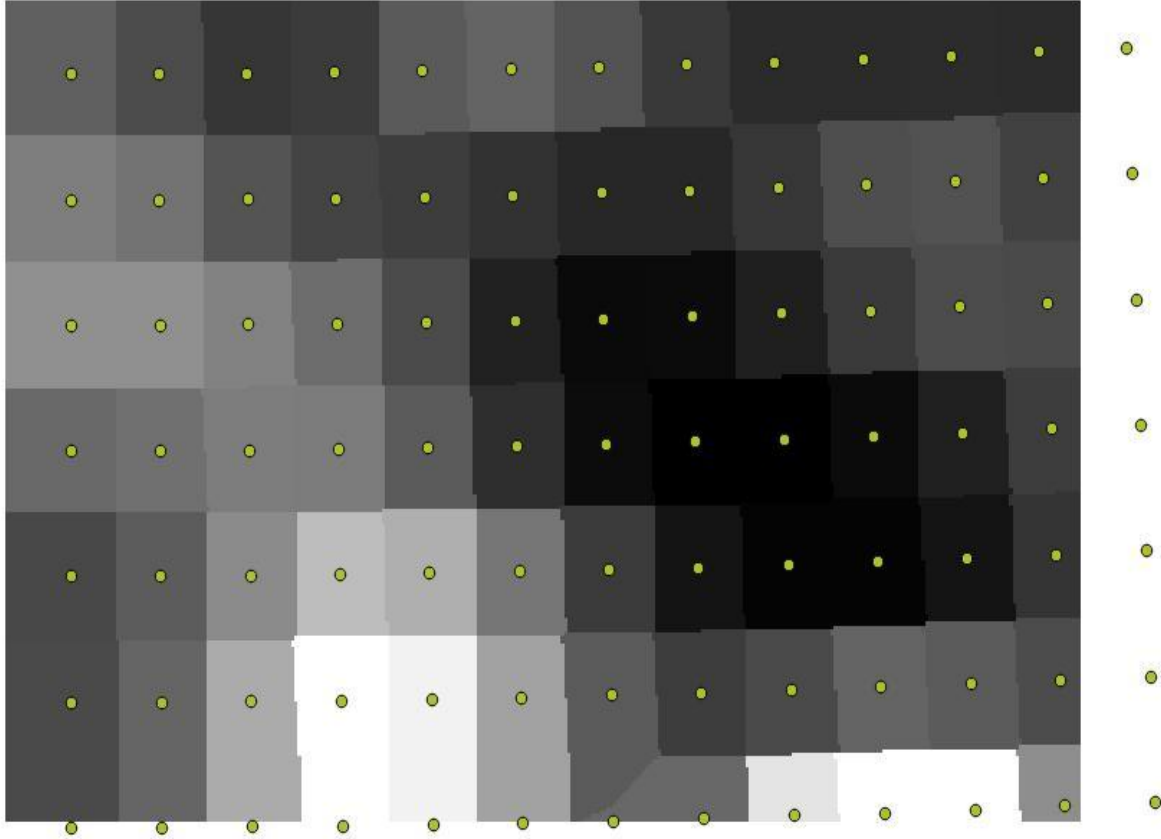
# Dinamik Dataların İşlenmesi

- 1) Dataların NET CDF dosyasından okunması.
- 2) Noktasal dataların interpolasyonu.



Uygulanan  
method: 3.  
dereceden  
inverse distance.

# Dinamik Dataların İşlenmesi



Uygulanan method:  
Thiesen poligonu

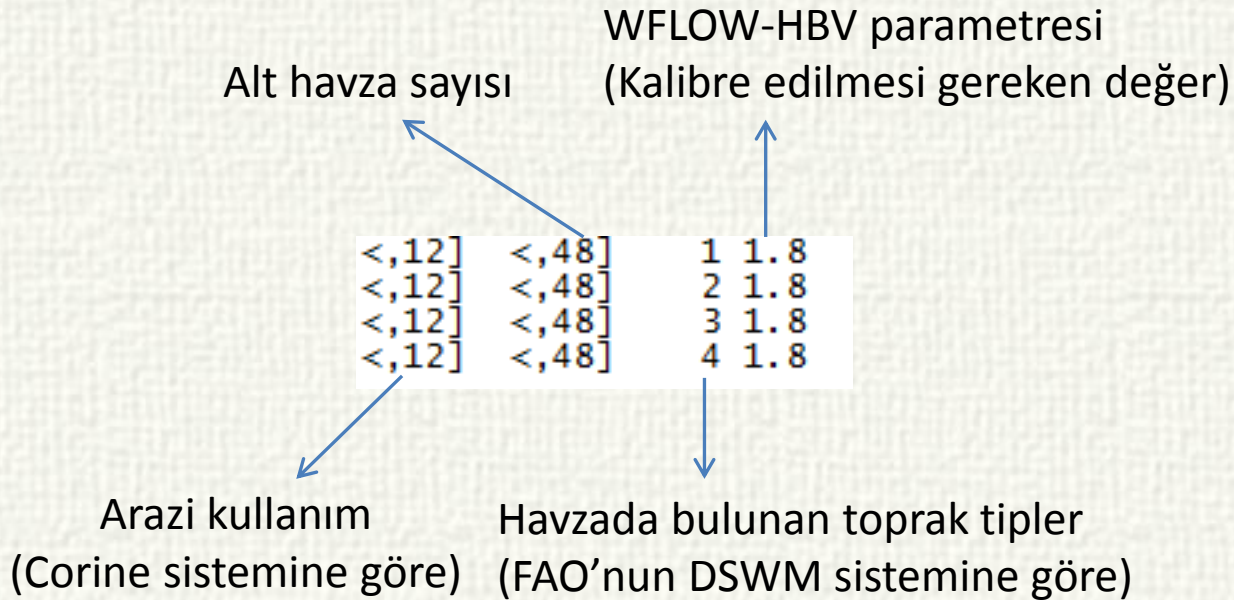
3) interpolasyon yöntemi belirlendikten sonra döngü oluşturularak bütün data'lara aynı yöntem uygulanır.

# Model Optimizasyonu

## 1) Hassaslık Analizi

'WFLOW-HBV modeli toplam 26 parametre içermektedir. Bu parametreler toprak tipine, arazi tipine ve modüllere bağlı olarak değişmektedir.' Bu parametrelerden model üzerinde en etkili olan parametreler seçilerek kalibrasyon işlemi uygulanır.'

### *Parametre dosyası örneği*



# Modelin Verimliliğinin Kontrol Edilme Aşamaları

## 2) Kalibrasyon işlemi (Sensitivity Analysis)

- Hassaslık analizi neticesinde belirlenen parametreler için kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir.
- Kalibrasyon işlemi kullanılmakta olan model içerisindeki parametrelerin sınır değerler, her parametre için belirlenmiş üst ve alt limitler vardır, içerisinde kalmak koşulu ile çalışma alanına tanıtılması işlemidir. (Örnek: Potansiyel Evapotranspirasyon azaltım faktörü)

### Otomatik kalibrasyon (Automatic Calibration)

Monte Carlo  
(Çalışılmakta)

HydroPSO  
(Optimizasyon paketi)

PEST  
(<http://www.pesthomepage.org/>)

### Manuel Kalibrasyon (Manuel Calibration)

Parametreler sırayla kalibre edilir.

Zaman açısından tavsiye edilmemektedir.

Kalibrasyon işleminin amacının kavranması için tavsiye edilir.

# Modele uygulamasının çalıştırılması

## WFLOW-HBV için ana komut dosyasının oluşturulması.

```
d:WflowHBV_Büyükmenderes\wflow_HBV.exe -C WflowHBV_BM -R Wflow_0023 -c wflow_hbv.ini -T 10950
```

`d:WflowHBV_Büyükmenderes\wflow_HBV.exe`

KOMUT WFLOW Uygulamasının yerinin bulunmasını sağlar.  
Örnek için d klasörü/WflowHBV\_Büyükmenderes dosyası.

`-C WflowHBV_BM`

Simülasyona verilen isim için kullanılan komut.  
Oluşturulan dosya ismi WflowHBV\_BM

`-R Wflow_0023`

Simülasyon numarası özellikle manuel kalibrasyonda çok önemli

`-c wflow_hbv.ini`

Simülasyon numarası özellikle manuel kalibrasyonda çok önemli

`-T 7400`

Simülasyonu yapılacak süreyi (günlük) göstermektedir.  
Örnekte 20 yıllık simülasyon yapılmıştır. İlk 5 yıl ısınma süresi.

# Modelin yürütülmesi

## 3) Doğrulama-Verifikasyon (Verification)

- Kalibrasyon işleminden sonra ölçülen akım verileri ile simülasyon işlemi ile oluşturulan akım verilerinin karşılaştırılması işlemidir. İki şekilde yapılır.
  - 1) Zaman (temporal) bazlı doğrulama (7-3, 8-2 )
  - 2) Mekan (spatial) bazlı doğrulama (farklı noktalarda model kontrolü)

# Kalibrasyon ve Doğrulama aşamalarında kullanılan kriter

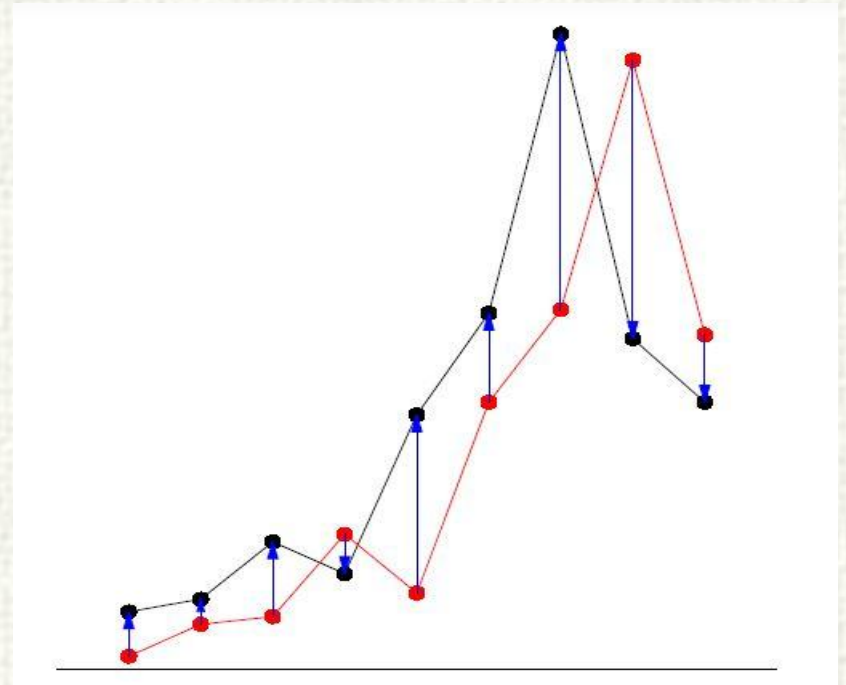
## Nash Sutcliffe verimliliği

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(t) - Q_{mod}(t))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(t) - \overline{Q_{obs}(t)})^2}$$

- $-\infty < N.S < 1$
- \* 1 : Mükemmel uyum
  - \*  $< 0$  : Ortalama değer alınmalı

***'Düşük akımların olduğundan fazla, yüksek akımlar olduğundan az modellenmesine yol açar.***

**Krause et al. (2005)'**



# Model verilerinin kontrol edilmesi

## ***Modelin yürütülmesi işlemi için tamamlanması gereken adımlar:***

- ❖ Dinamik data
- ❖ Statik datalar
- ❖ Yapılandırma dosyaları
- ❖ Yürütme dosyaları

## ***Kontrol edilmesi gereken noktalar:***

- ✓ Koordinat sistemleri
- ✓ Çözünürlük ve dosya boyutları
- ✓ Dosya tipleri (.map)



# Büyük Menderes Havzası Uygulaması

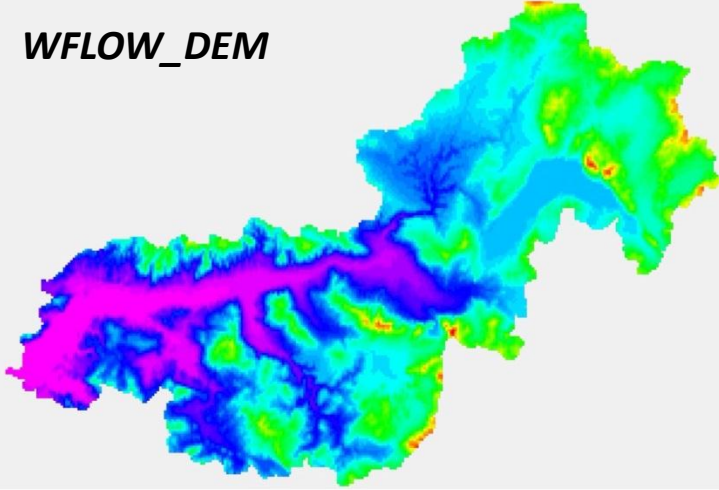


Drenaj alanı: 25000 km<sup>2</sup>

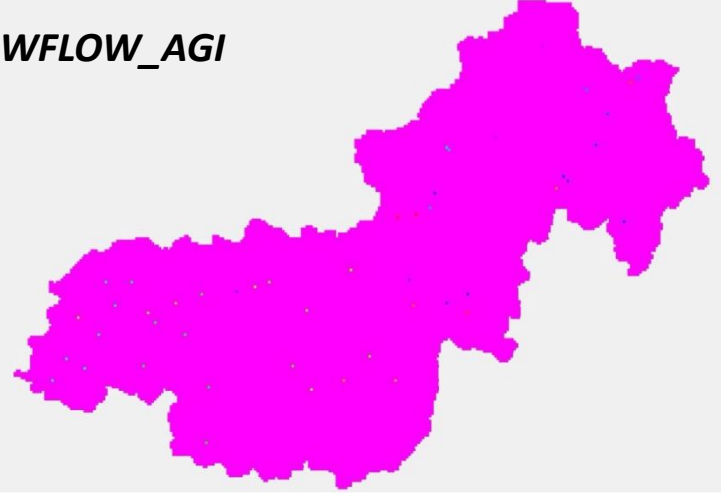


# Hazırlanmış Statik datalar

**WFLOW\_DEM**



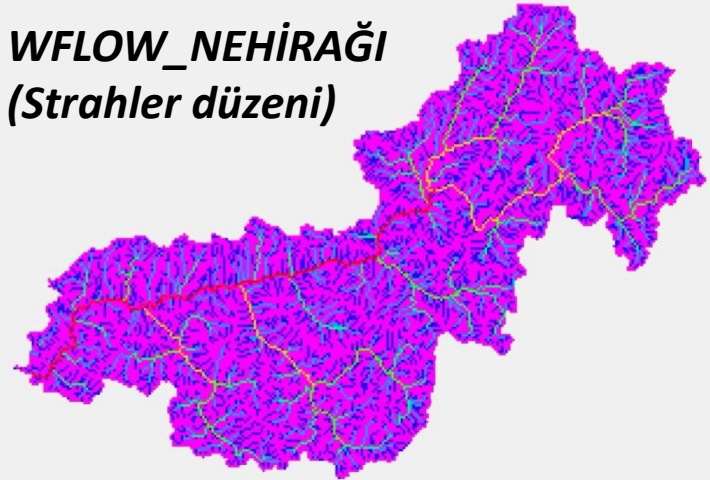
**WFLOW\_AGI**



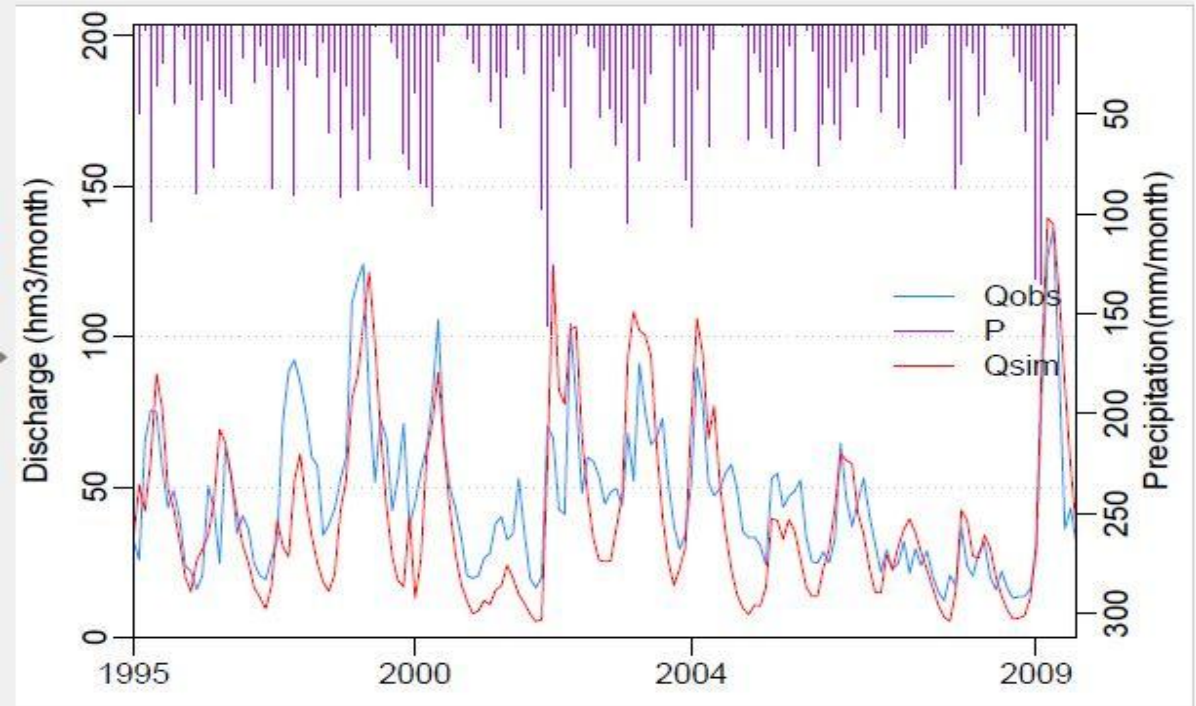
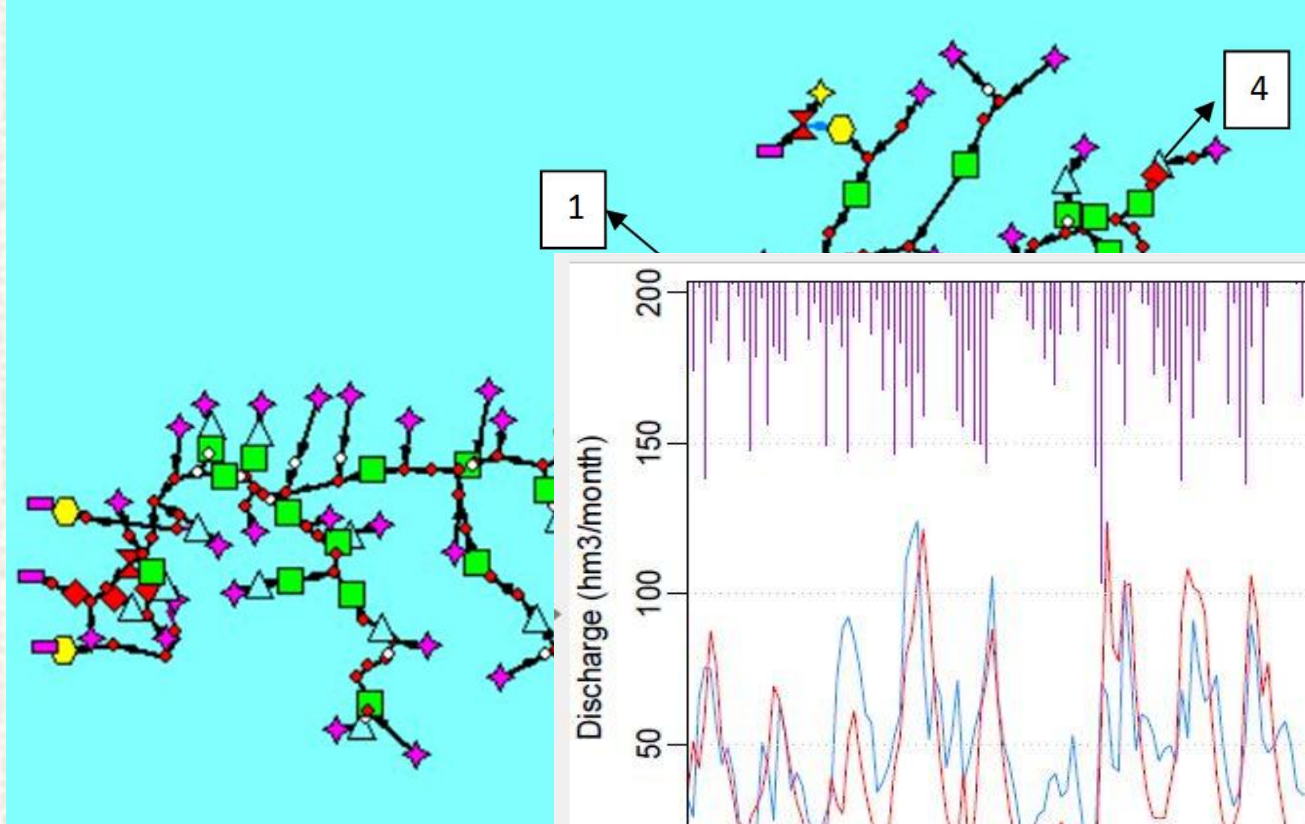
**WFLOW\_ALHAVZA**



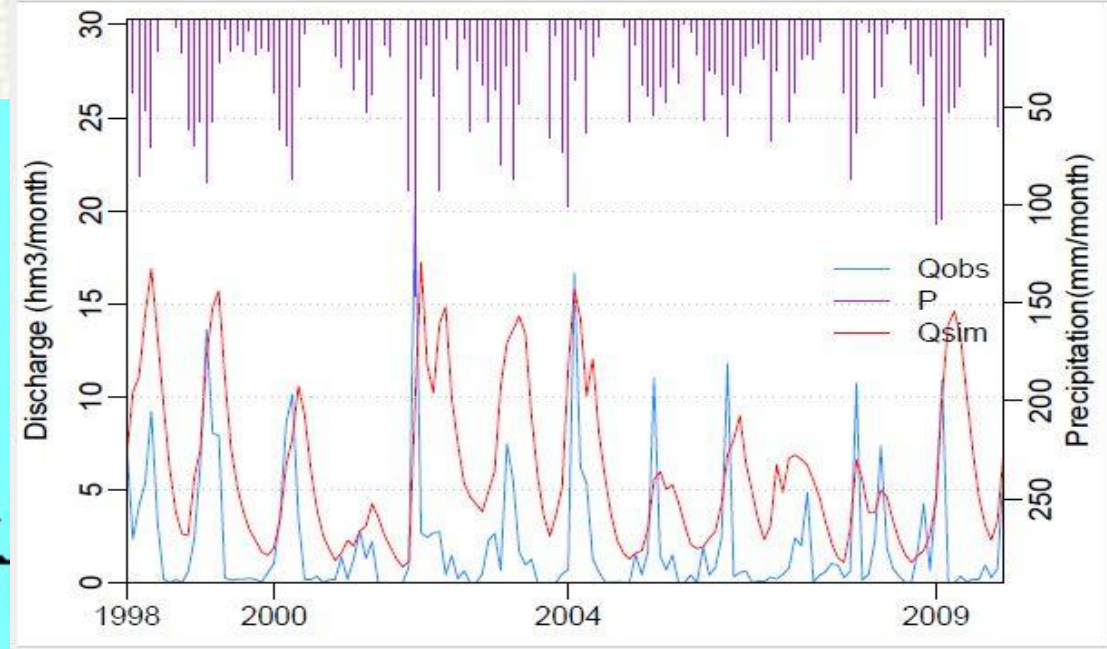
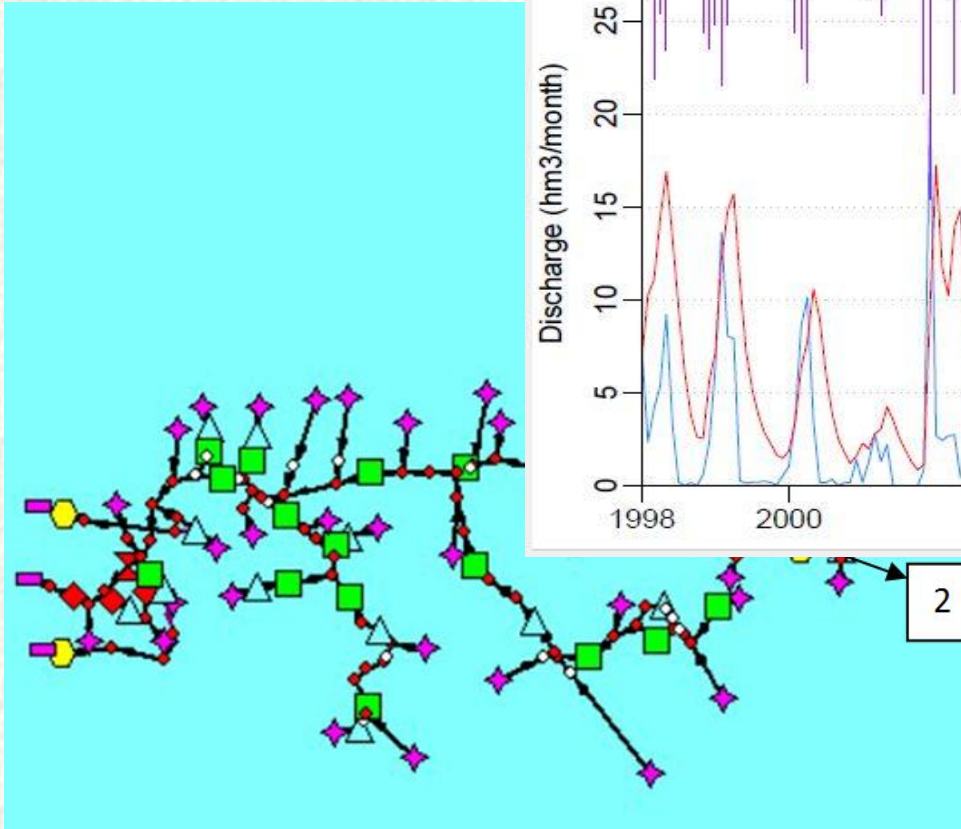
**WFLOW\_NEHİRAĞI**  
(Strahler düzeni)



# Büyük Menderes Havzası Uygulaması Sonuçları

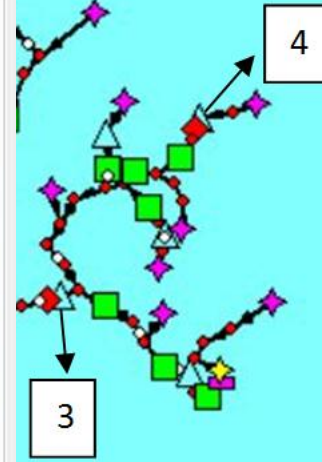
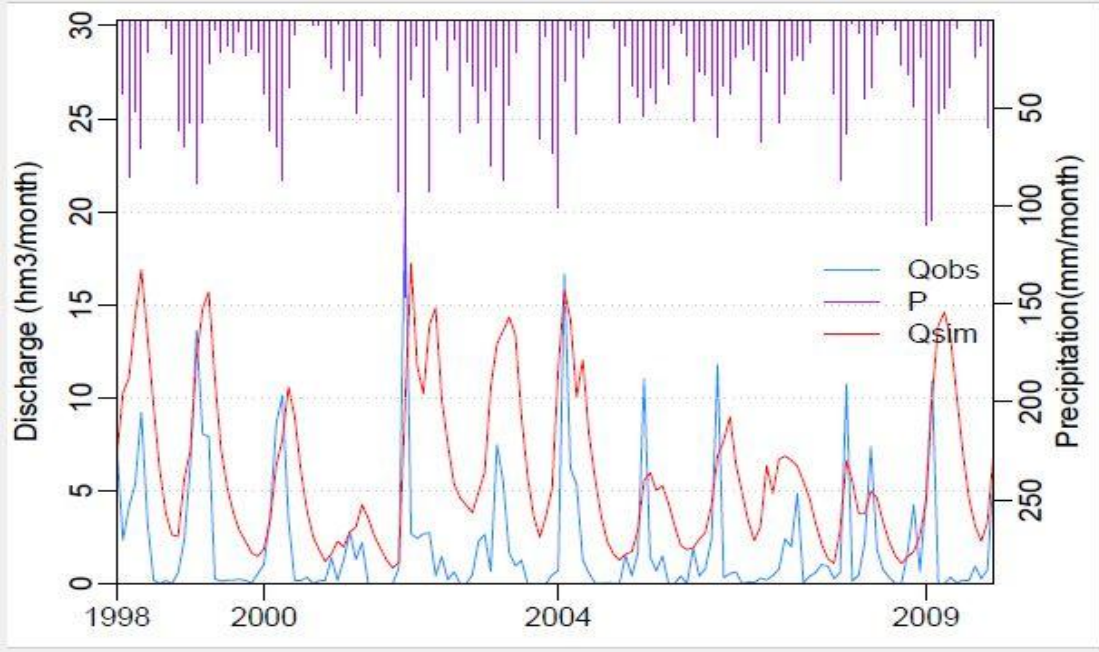


# Büyük Menderes Havzası Uygulaması Sonuçları



2

# Büyük Menderes Havzası Uygulaması Sonuçları



# Model Sonuçlarının değerlendirilmesi

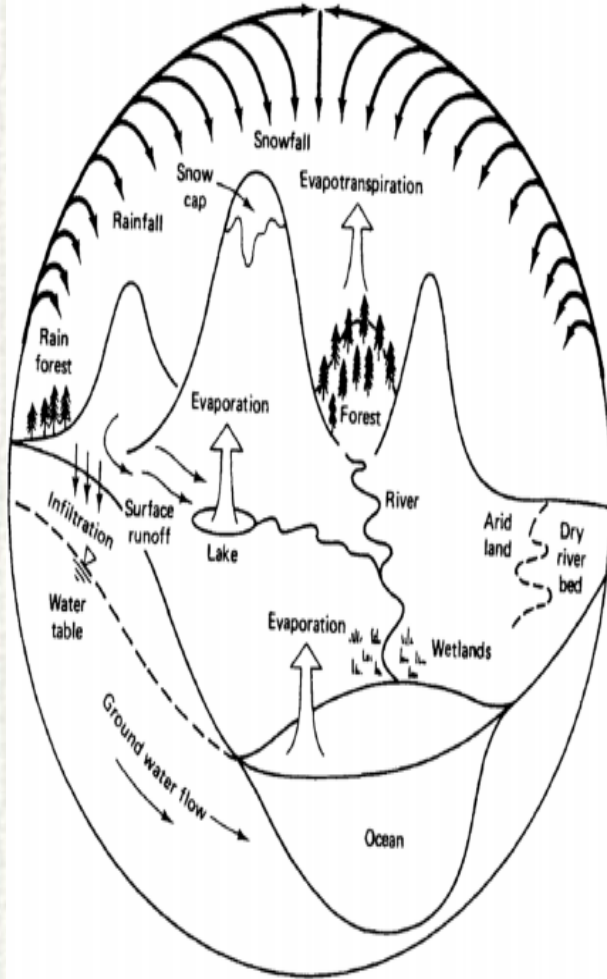


FIGURE 1-1 Hydrologic cycle of a natural environment.

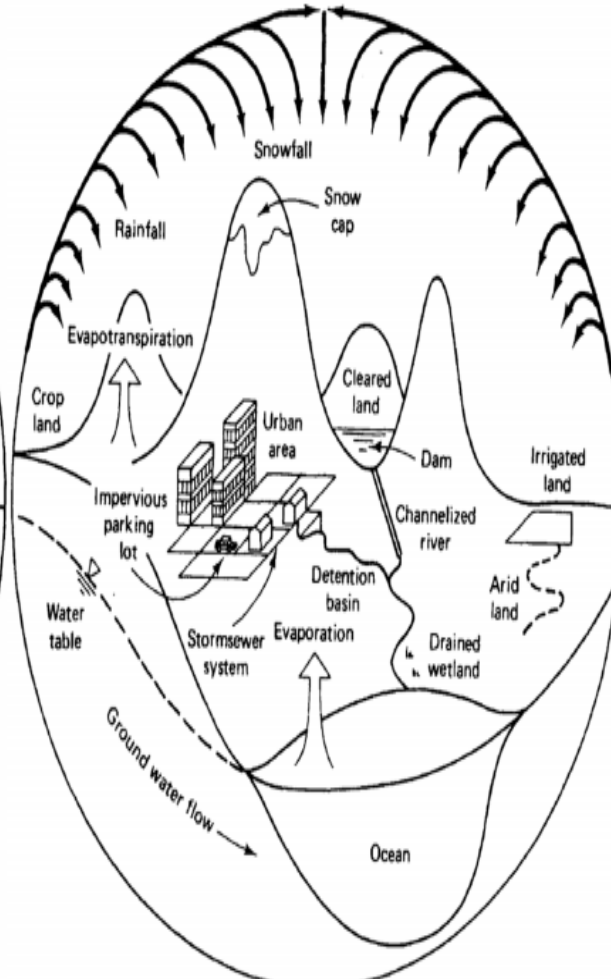


FIGURE 1-2 Hydrologic cycle of a developed environment.

Modelin henüz tam performans vermemesinin nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- ❖ Sulama ile ilgili hiçbir işlem devreye sokulmamıştır.
- ❖ Su transferleri dikkate alınmamıştır.
- ❖ Baraj işletme verileri modele işlenememiştir.
- ❖ Temin edilen verilerdeki teknik aksaklıklar

# Modelin Geliştirilmesi için düşünülen adımlar

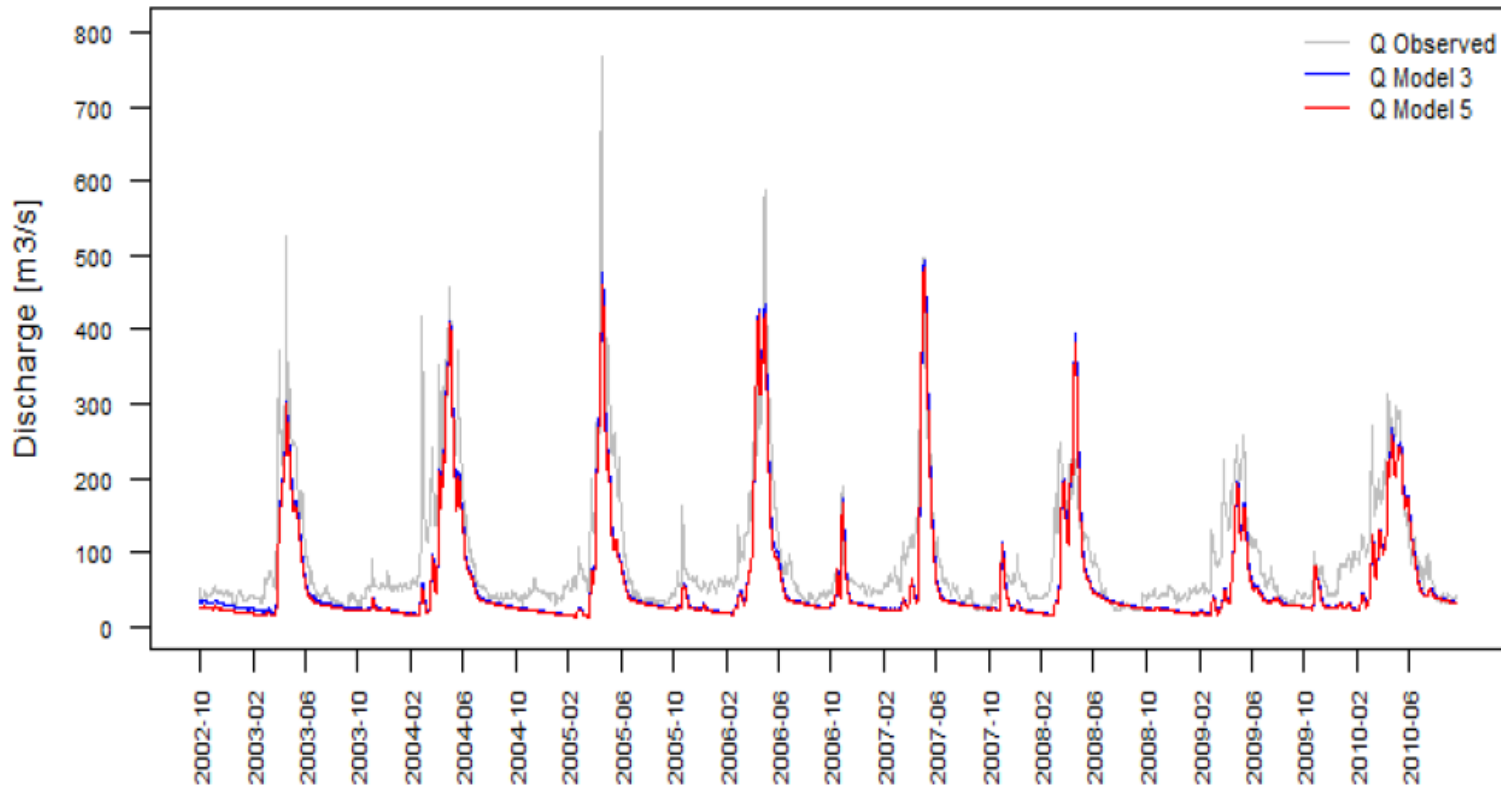
- **Modele İnsan faktörünün eklenmesi**
  - **Barajlardan salınan suların işlenmesi**
  - **Tarımsal alanlardaki su çekimlerinin işlenmesi.**
- **Modelin kalibrasyonunda otomatik kalibrasyona geçilmesi.**
- **Modelde kullanılan çözünürlüğün artırılması.**
- **Havzanın mansap kısmı için Ribasim datalarından yararlanılması.**

# Model Kullanımıyla ilgili son Uyarılar

- Modelleme bir basitleştirme değildir ve gerçekliği birebir yansıtamaz!
- Koordinat sistemi!
- Dosya tipleri/uzantıları!
- İnterpolasyon yöntemi!
- Akım gözlem istasyonlarının koordinatları!
- Kalibre edilecek parametrelerin belirlenmesi!  
Parametreler ve model içerisindeki belirsizlik birbirleri ile doğru orantılıdır!
- Kalibrasyondaki amaç fonksiyonunun belirlenmesi!



# Karasu-Havzası WFLOW-HBV



# ***ARZ EDERİM***

