BHM

Versiyon 1.0.0

Beray Hidroloji Modülü

Kullanıcı Kılavuzu

HAZİRAN, 2013

Beray Mühendislik İnşaat Bilgi Teknolojiler

www.beraymuhendislik.com

İçerik

Giriş 3

BHM (Beray Hidroloji Modeli) Yazılımı 4

Sistem Gereksinimleri 4

Kurulum 4

Program 5

Yeni Proje Oluşturma 5

Proje Açma 10

Proje Kaydetme 11

Proje Kapatma 11

Havza Özelliklerini Güncelleme 12

Yükseklik Bölgesi Ekleme-Çıkarma/Göl Parametrelerini Güncelleme 13

Gözlenen Yağmur Sıcaklık Akım Verilerini Güncelleme 14

Akım Tahmini Hesaplama 15

Havza Parametreleri Kalibrasyonu 18

Programı Kapatma 19

HBV Hidroloji Modeli 20

Kar Erimesi ve Kar Birikmesi Modülü 20

Toprak Nemi ve Evatranpirasyon Modülü 21

Toprak Kutusu Tepki Fonksiyonu 23

Akış Tepkisi Modülü 24

Hata Hesaplamaları 24

RMSE 24

Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı 25

Nash-Sutcliffe modeli verim katsayısı 25

Giriş

HBV hidrolojik modeli Sten Bergström tarafından 1972 yılında tasarlandı. Daha sonra 1976 yılında SMHI(İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü) tarafından İsveç'te kullanılmak üzere 1976 yılında geliştirildi. Bununla birlikte günümüze kadar HBV ve diğer versiyonları yaklaşık 30 ülkede kullanıldı.

Kavramsal bir model olup anlışılması, öğrenilmesi ve uygulanması basit bir modeldir. Uygulandığı birçok havzada iyi sonuçlar vermiştir. Özellikle kuzey ülkelerinde akış tahmini dersleri için standart haline gelmiştir.

BHM (Beray Hidroloji Modeli) Yazılımı

BHM Yazılımı Beray Mühendislik İnşaat Bilgi Teknolojileri tarafından geliştirilen HBV tabanlı akım tahmin yazılımıdır.

Sistem Gereksinimleri

Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 işletim sistemi

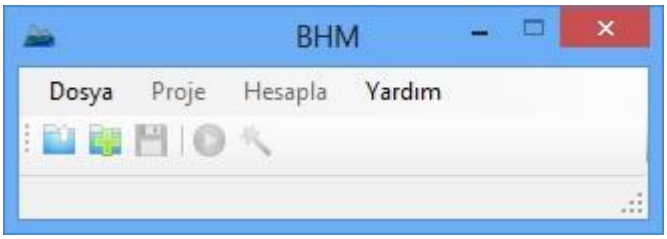
Microsoft .Net 4.0 veya üzeri

Kurulum

Kurulum dosyası "setup.exe" dosyasıdır. Kurulumu yapmak için bu dosya çalıştırıldıktan sonra kurulum penceresinden talimatlar takip edilerek kurulum tamamlanır.

Program

BHM programı belirli bir havzada gözlenen yağmur sıcaklık ve akım değerlerini işleyerek uyguladığı algoritma ile hesapladığı parametreler sayesinde meteorolojik tahmini yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak akım hesaplar.

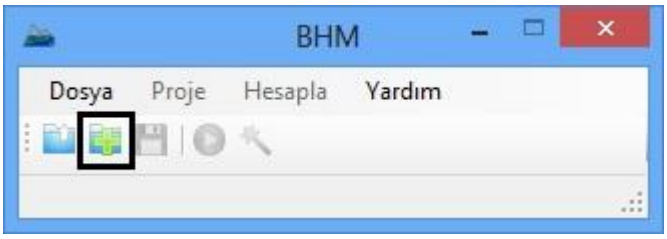


Resim 1.1 – BHM Ana Ekran

Yeni Proje Oluşturma

"Dosya" menüsünden "Yeni" menü alt ögesi ile ya da araç çubuğundaki "Yeni Proje" ikonu ile yeni proje oluşturma ekranı açılır.

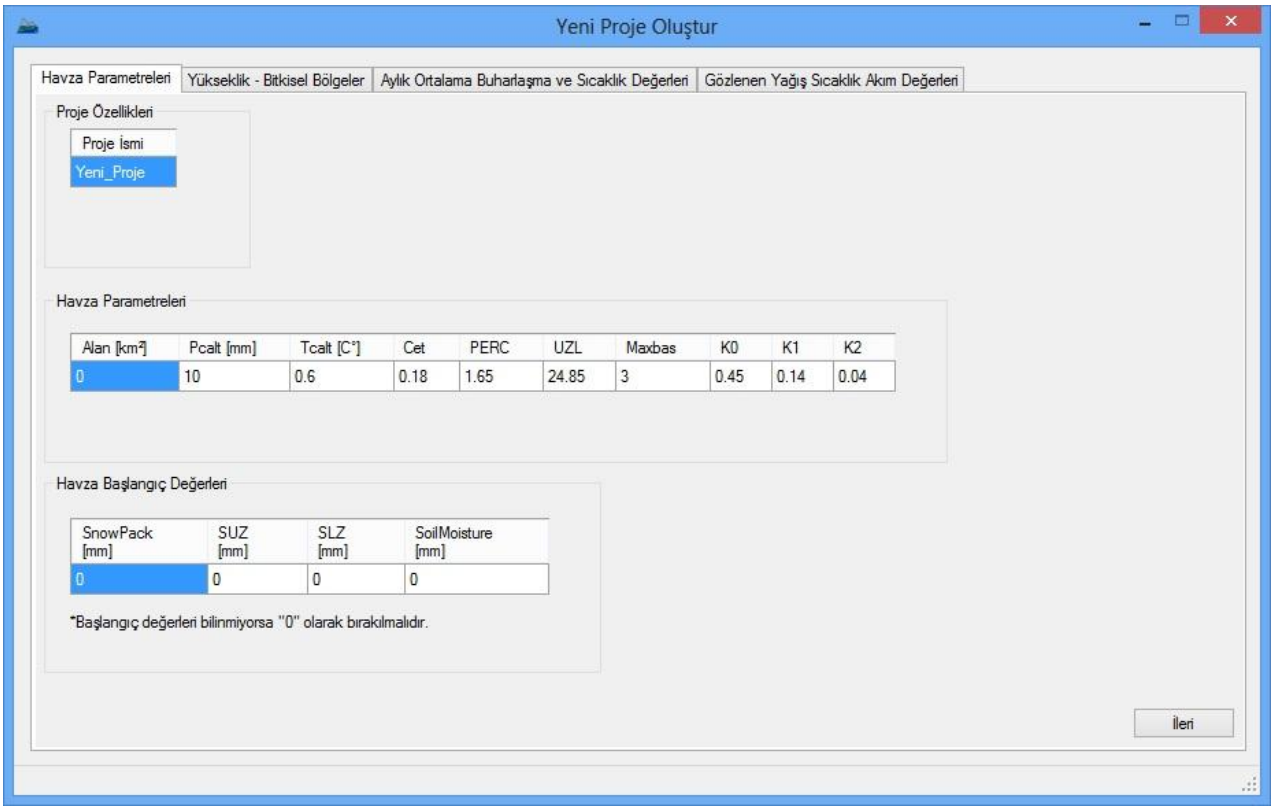
Resim 2.1 – BHM Yeni Proje Oluşturma Menü Ögesi



Resim 2.2 – BHM Yeni Proje Oluşturma Araç Çubuğu İkonu

Açılan "Yeni Proje Oluştur" ekranında proje parametreleri başlangıç değerleri ile açılır. Bu ekran 4 sekmeden oluşur.

"Havza Parametreleri"
"Yükseklik-Bitkisel Bölgeler"
"Aylık Ortalama Buharlaşma ve Sıcaklık Değerleri"
"Gözlenen Yağış Sıcaklık Akım Değerleri"



Resim 2.3 – BHM Yeni Proje Oluşturma Ekranı Havza Parametreleri Sekmesi

"Proje İsmi" alanı projenin ismi girilir.

"Havza Parametreleri" grubu;

"Alan" değeri havzanın toplam alanı [km²]
"Pcalt" değeri havzada her 1000 metredeki yağış değişimi [mm]
"Tcalt" değeri havzada her 100 metredeki sıcaklık değişimi [mm]
"Cet" değeri havzanın karakteristik parametresi
"PERC" değeri havzanın karakteristik parametresi
"UZL" değeri havzanın karakteristik parametresi
"Maxbas" değeri havzanın karakteristik parametresi
"K0" değeri havzanın karakteristik parametresi
"K1" değeri havzanın karakteristik parametresi
"K2" değeri havzanın karakteristik parametresi

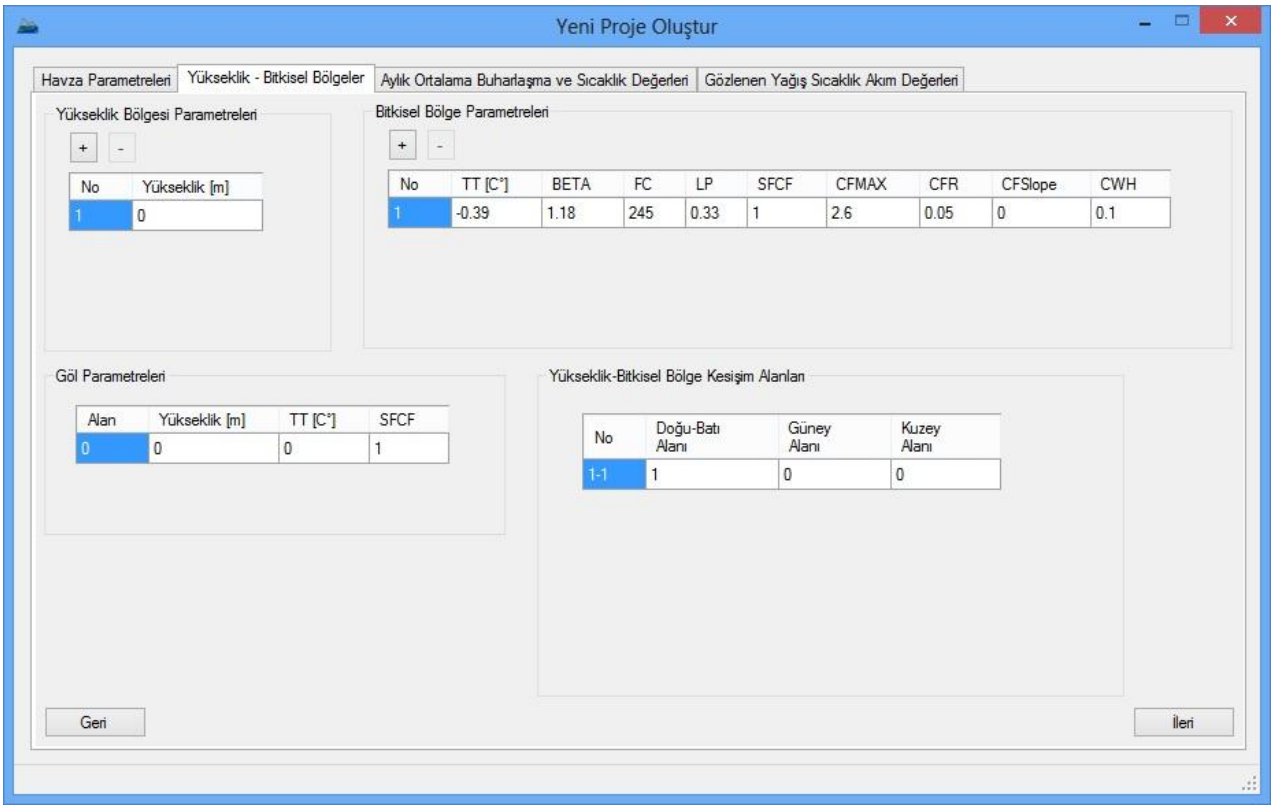
Bu gruptaki "Alan" değeri hariç diğer değerler bilinmiyorsa programın başlangıç değerleri kalmalıdır. "Alan" değeri 0'dan büyük değer girilmediği takdirde yeni proje oluşturulamaz.

"Havza Başlangıç Değerleri" grubu başlangıç değerlerini gösterir;

"SnowPack" değeri havzanın başlangıç kar miktarı değeri [mm]
"SUZ" değeri havzanın başlangıç üst toprak kutusundaki su miktarı [mm]
"SLZ" değeri havzanın başlangıç alt toprak kutusundaki su miktarı [mm]
"SoilMoisture" değeri havzanın başlangıçtaki toprak nemi miktarı [mm]

Bu gruptaki değerler bilinmiyorsa "0" olarak kalmalıdır. Program hesaplama yaparken otomatik olarak başlangıç değerleri hesaplanır.

Ekranın sağ altındaki "İleri" butonu yeni proje oluşturmak için bir sonraki adıma götürür.



Resim 2.4 – BHM Yeni Proje Oluşturma Ekranı Yükseklik-Bitkisel Bölgeler Sekmesi

"Yükseklik – Bitkisel Bölgeler" sekmesinde havzanın farklı yükseklik bölgeleri ve bitkisel bölgeleri tanımlanır. "+" ve "-" butonları yardımıyla yükseklik bölgesi veya bitkisel bölge eklenip çıkarılablir. Havza en az 1 yükseklik bölgesi ve 1 bitkisel bölge bulundurmak zorundadır. Yükseklik bölgesi ve bitkisel bölge sayıları çarpımı kadar "Yükseklik-Bitkisel Bölge Kesişim Alanı" bulunmaktadır. Bu grupta 3 alan bulunmaktadır. Bu 3 alanın değerleri toplamı 1 olmak zorundadır. Havza toplam alanı 1 olarak kabul edilip değer verilmelidir. Eğer 1'den fazla bölge varsa her bir kesişim noktasının değil tüm kesişim noktalarının alanları toplamı 1 olmak zorundadır. Eğer havzada göl bulunuyorsa göl ve kesişim noktalarının toplam alanı 1 olmak zorundadır.

"Yükseklik Bölge Parametreleri" grubu;

"Yükseklik" alanı bölgenin yüksekliğidir [m]

"Bitkisel Bölge Parametreleri" grubu;

"TT" değeri bitkisel bölgenin donma sıcaklığı [C °]
"BETA" değeri havzanın karakteristik parametresi
"FC" değeri havzanın karakteristik parametresi
"LP" değeri havzanın karakteristik parametresi
"SFCF" değeri havzanın karakteristik parametresi
"CFMAX" değeri havzanın karakteristik parametresi
"CFR" değeri havzanın karakteristik parametresi
"CFSlope" değeri havzanın karakteristik parametresi
"CWH" değeri havzanın karakteristik parametresi

Bu gruptaki değerler bilinmiyorsa programın başlangıç değerleri kalmalıdır.

"Yükseklik-Bitkisel Bölge Kesişim Alanları" grubu;

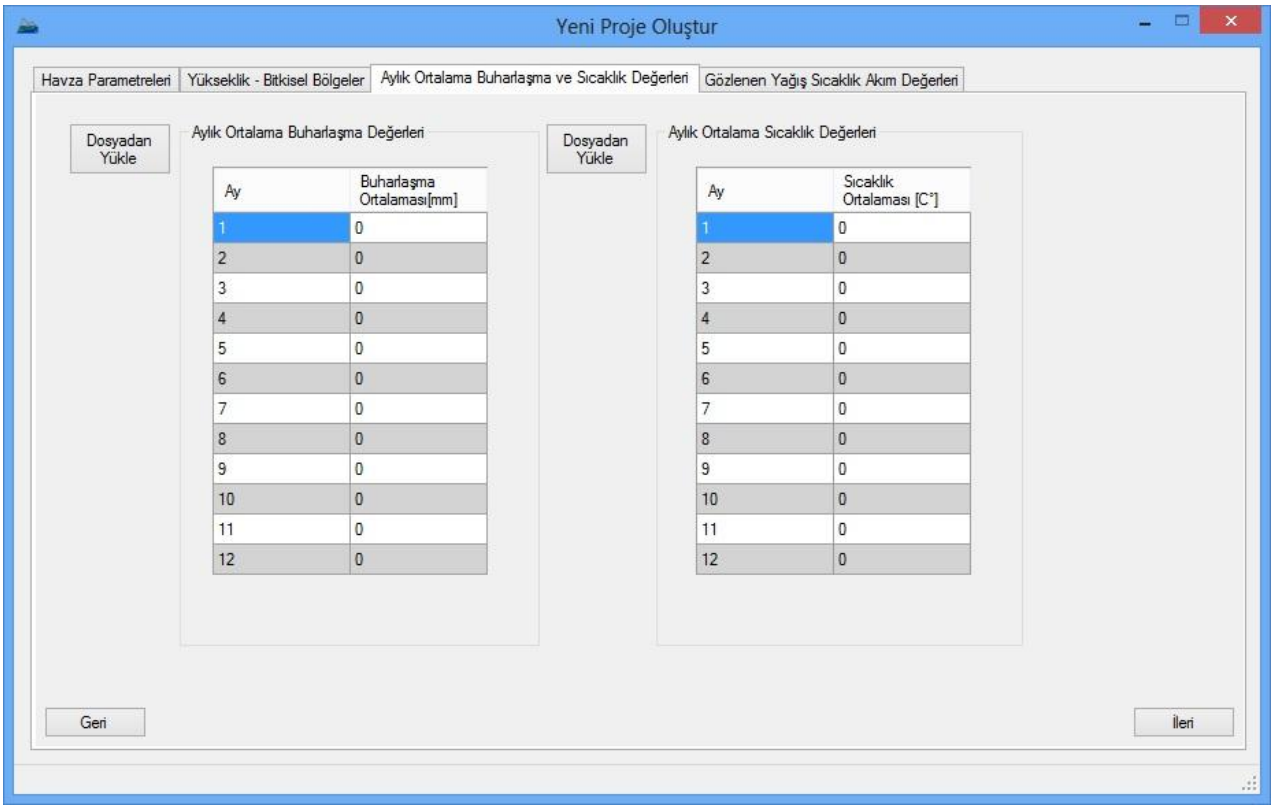
"No" değeri sırasıyla yükseklik bölgesi ve bitkisel bölge numarasına ait olan kesişim alanını temsil eder.

"Doğu-Batı Alanı" değeri kesişim alanındaki doğu ve batı yönlere bakan alandır. 0-1 arasında değer almak zorundadır.
"Güney Alanı" değeri kesişim alanındaki güney yönüne bakan alandır. 0-1 arasında değer almak zorundadır.
"Kuzey Alanı" değeri kesişim alanındaki kuzey yönüne bakan alandır. 0-1 arasında değer almak zorundadır.

"Göl Parametreleri" grubu;

"Alan" değeri gölün havza içindeki alanıdır. Toplam havza alanı 1 kabul edilerek değer girilmelidir.
"Yükseklik" değeri gölün yüksekliğidir. Eğer göl havzanın akım toplama merkezindeyse yükseklik 0 kabul edilir. Yükseklik havzanın dip noktası 0 kabul edilerek değer verilmelidir.
"TT" değeri gödeki suyun donma sıcaklığıdır [C°].
"SFCF" değeri gölün karakteristik parametresi

Ekranın sol altındaki "Geri" butonu yeni proje oluşturmak için bir önceki adıma götürür.
Ekranın sağ altındaki"İleri" butonu yeni proje oluşturmak için bir sonraki adıma götürür.



Resim 2.5 – BHM Yeni Proje Oluşturma Ekranı Aylık Ortalama Buharlaşma ve Sıcaklık Değerleri Sekmesi

"Aylık Ortalama Buharlaşma ve Sıcaklık Değerleri" sekmesinde havzanın hesaplanmış "Buharlaşma Ortalaması" değerleri [mm] ve "Sıcaklık Ortalaması" değerleri [C°] girilmelidir. "Ay" değeri yıllık ay numaralarını temsil eder (1=Ocak, 2=Şubat, 3=Mart, 4=Nisan, 5=Mayıs, 6=Haziran, 7=Temmuz, 8=Ağustos, 9=Eylül, 10=Ekim, 11=Kasım, 12=Aralık). Girilen aylık ortalama değerler o aya ait tüm günleri temsil eder.

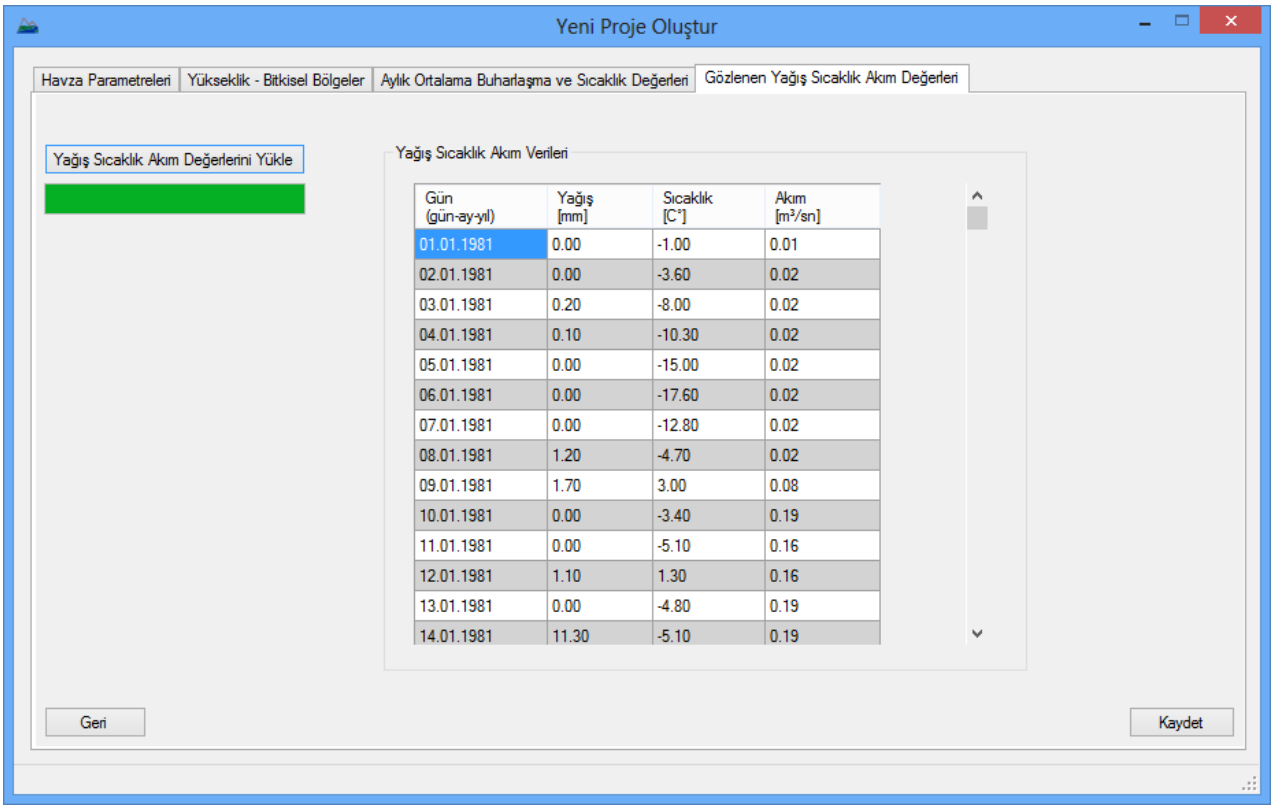
"Dosyadan Yükle" butonu değerlerin ".txt" uzantılı dosyadan yüklenmesi için kullanılır. Text dosyalarının ilk satırı açıklama satırı olmalıdır ve program tarafından önemsenmez. İkinci satırdan başlayarak alt alta 12 değer okunur.

BHM Test Havzası Aylık Buharlaşma Verileri
0.05
0.14
0.46
1.5
3.01
4.15
3.66
2.72
1.42
0.43
0.03
0

Örnek dosya şu şekilde olmalıdır:

Bu parametrelerin doğru hesaplanıp yüklenmesi akım tahmin başarısını önemli ölçüde etkiler.

Ekranın sol altındaki "Geri" butonu yeni proje oluşturmak için bir önceki adıma götürür.
Ekranın sağ altındaki"İleri" butonu yeni proje oluşturmak için bir sonraki adıma götürür.



Resim 2.6 – BHM Yeni Proje Oluşturma Ekranı Gözlenen Yağış Sıcaklık Akım Değerleri Sekmesi

"Gözlenen Yağış Akım Sıcaklık Değerleri" sekmesinde "Yağış Sıcaklık Akım Değerleri Yükle" butonu ile ".txt" formatlı dosyadan havzaya ait gözlenmiş yağış, sıcaklık ve akım değerleri okunur. Dosyanın ilk satırı açıklama satırı olmalıdır ve program tarafından önemsenmez. Program ikinci satırdan itibaren sırasıyla 'gün', 'yagış', 'sıcaklık' ve 'akım' değerlerini okur. Her satırda bir günlük veri bulunmalıdır. Aksi takdirde program dosya okuma hatası verir.

Örnek dosya şu şekilde olmalıdır:

Gun	Yagis	Sicaklik	Akim
19810101	0	-1	0.002
19810102	0	-3.6	0.005
19810103	0.2	-8	0.005
19810104	0.1	-10.3	0.005
19810105	0	-15	0.005
19810106	0	-17.6	0.004
19810107	0	-12.8	0.004
19810108	1.2	-4.7	0.004
19810109	1.7	3	0.018
19810110	0	-3.4	0.04

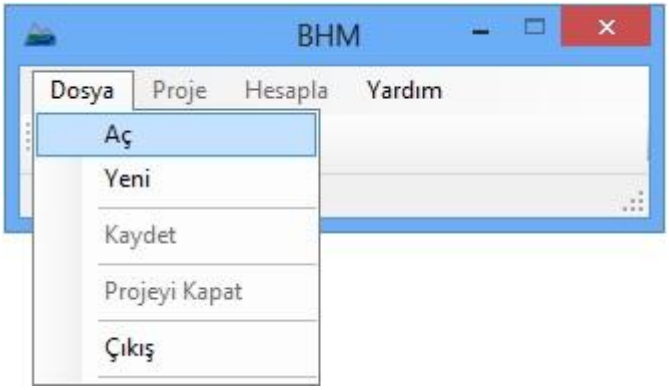
Gün formatı "yyyyMMdd" (19810101), "dd.MM.yyyy" (01.01.01981) ya da "d.M.yyyy" (1.1.1981) olmalıdır. Dosyadaki bütün günler aynı formatla yazılmalıdır. 'y' harfi yıl bilgisi, 'M' harfi ay bilgisi, 'd' harfi gün bilgisini gösterir.

Ekranın sol altındaki "Geri" butonu yeni proje oluşturmak için bir önceki adıma götürür.
Ekranın sağ altındaki "Kaydet" butonu yeni proje oluşturur. Bu butona tıklandığında proje dosyasının kaydedilmesi için kullanıcıya klasör seçmesi için klasör seçme ekranı getirilir. Klasör seçildikten sonra tanımlanan proje belirlenen dizine kaydedilir. Proje dosyası ".bhm" uzantılıdır. Bu dosyayla aynı dizinde "Proje Dosyaları" adında klasör oluşturulur. Bu klasörün içinde 'sqlite' veritabanı dosyası bulunur. Projenin düzgün çalışabilmesi açısından bu dosyalarda değişiklik yapılmaması gerekir.

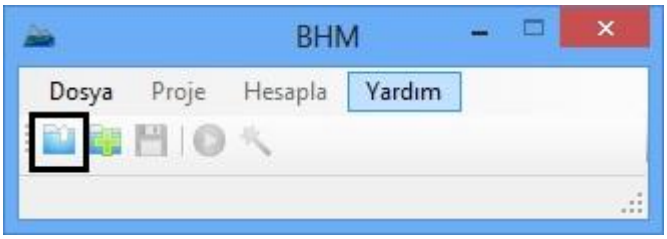
Proje başarıyla kaydedildikten sonra proje BHM programında otomatik olarak açılır. Bu işlem gözlenen verilerin çokluğuna göre ve bilgisayarınızın hızına göre birkaç dakika sürebilir.

Proje Açma

"Dosya" menüsünden "Aç" menü alt ögesi ya da araç çubuğundaki "Proje Aç" ikonu ile açılan dosya seçme ekranından yüklenmesi istenen '.bhm' uzantılı proje dosyası seçilerek proje programa yüklenir. Bu işlem projedeki gözlenen verilerin çokluğuna göre ve bilgisayarınızın hızına göre birkaç dakika ya da daha fazla sürebilir.



Resim 3.1 – BHM Proje Açma Menü Ögesi



Resim 3.2 – BHM Proje Açma Araç Çubuğu İkonu

Proje Kaydetme

Projede yapılan değişiklikler "Dosya" menüsünden 'Kaydet' alt menü ögesi ile ya da araç çubuğundaki "Projeyi Kaydet" ikonu ile kaydedilir. Kaydedildikten sonra işlem geri alınamaz. Kaydedilmeden program kapatılırsa projede yapılan değişiklikler proje dosyasına kaydedilmez. Proejedeki gözlenen verilerde çok fazla sayıda değişiklik varsa kaydetme işlemi birkaç dakika ya da daha fazla sürebilir.

Resim 4.1 – BHM Proje Kaydetme Menü Ögesi

Resim 4.2 – BHM Proje Kaydetme Araç Çubuğu İkonu

Proje Kapatma

BHM programına yüklü olan projeyi kapatmak için "Dosya" menüsünden 'Projeyi Kapat' alt menü ögesi kullanılır.

Resim 5.1 – BHM Proje Kapatma Menü Ögesi

Havza Özelliklerini Güncelleme

"Proje" menüsünden 'Havza Verileri' alt menü ögesi ile "Havza Verileri" ekranı açılır.

Resim 6.1 – BHM Havza Verileri Menü Ögesi

Resim 6.2 – BHM Havza Verileri Güncelleme Ekranı

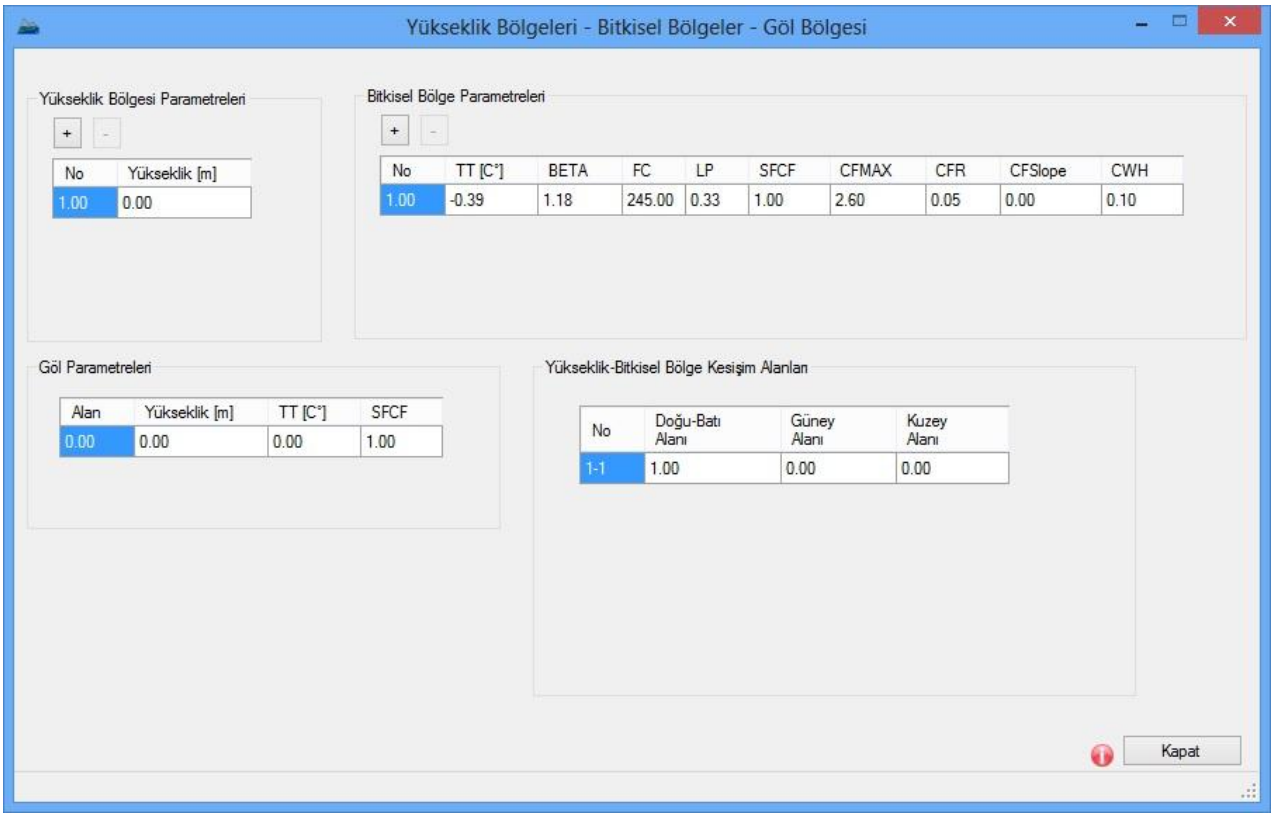
Ekrandaki değiştirilmek istenen veriler değiştirilerek ekran kapatılır. Buradaki değişiklikler ekran kapatıldıkan sonra hafızada tutulur. Hesaplama yapılmak istenirse bu güncellenen veriler kullanılır. Değiştirilen verileri kaydetmek için projenin kaydedilmesi gerekir.

Parametrelerle ilgili daha detaylı bilgi almak için "Yeni Proje Oluştur" konu başlığına bakabilirsiniz.

Yükseklik Bölgesi Ekleme-Çıkarma/Göl Parametrelerini Güncelleme

"Proje" menüsünden 'Yükseklik – Bitkisel – Göl Bölgeleri Parametreleri' alt menü ögesi ile "Havza Verileri" ekranı açılır.

Resim 7.1 – BHM Yükseklik – Bitkisel – Göl Bölgesi Güncelleme menü ögesi



Resim 7.2 – BHM Yükseklik – Bitkisel – Göl Bölgesi Güncelleme Ekranı

Ekrandaki değiştirilmek istenen veriler değiştirilerek ekran kapatılır. Yükseklik bölgesi ve bitkisel bölge eklemek için '+', çıkarmak için '-' butonları kullanılır. Havza en az 1 yükseklik bölgesi ve 1 bitkisel bölge bulundurmak zorundadır. Yükseklik bölgesi ve bitkisel bölge sayıları çarpımı kadar "Yükseklik-Bitkisel Bölge Kesişim Alanı" bulunmaktadır. Bu grupta 3 alan bulunmaktadır. Bu 3 alanın değerleri toplamı 1 olmak zorundadır. Havza toplam alanı 1 olarak kabul edilip değer verilmelidir. Eğer 1'den fazla bölge varsa her bir kesişim noktasının değil tüm kesişim noktalarının

alanları toplamı 1 olmak zorundadır. Eğer havzada göl bulunuyorsa göl ve kesişim noktalarının toplam alanı 1 olmak zorundadır.

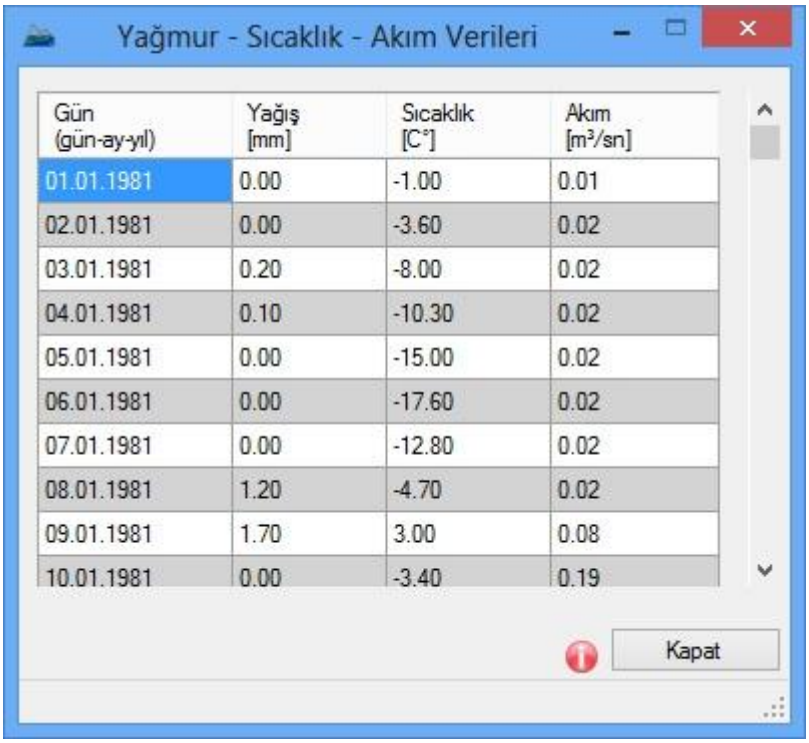
Buradaki değişiklikler ekran kapatıldıkan sonra hafızada tutulur. Hesaplama yapılmak istenirse bu güncellenen veriler kullanılır. Değiştirilen verileri kaydetmek için projenin kaydedilmesi gerekir.

Parametrelerle ilgili daha detaylı bilgi almak için "Yeni Proje Oluştur" konu başlığına bakabilirsiniz.

Gözlenen Yağmur Sıcaklık Akım Verilerini Güncelleme

"Proje" menüsünden 'Gözlenen Yağmur –Sıcaklık – Akım Verileri' alt menü ögesi ile "Havza Verileri" ekranı açılır.

Resim 8.1 – BHM Gözlenen Yağmur – Sıcaklık – Akım Verileri Güncelleme menü ögesi



Resim 8.2 – BHM Gözlenen Yağmur – Sıcaklık – Akım Verileri Güncelleme Ekranı

Ekrandaki değiştirilmek istenen veriler değiştirilerek ekran kapatılır. Buradaki değişiklikler ekran kapatıldıkan sonra hafızada tutulur. Hesaplama yapılmak istenirse bu güncellenen veriler kullanılır. Değiştirilen verileri kaydetmek için projenin kaydedilmesi gerekir.

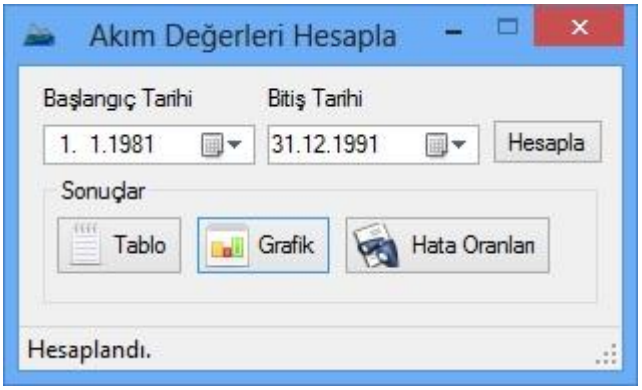
Parametrelerle ilgili daha detaylı bilgi almak için "Yeni Proje Oluştur" konu başlığına bakabilirsiniz.

Akım Tahmini Hesaplama

"Hesapla" menü ögesinden 'Çalıştır' alt menü ögesi ile ya da araç çubuğunda 'Çalıştır (Akım Hesapla)' ikonu ile 'Akım Değerleri Hesapla' ekranı açılır.

Resim 9.1 – BHM Akım Hesaplama Menü Ögesi

Resim 9.2 – BHM Akım Hesaplama Araç Çubuğu İkonu



Resim 9.3 – BHM Akım Değerleri Hesapla Ekranı

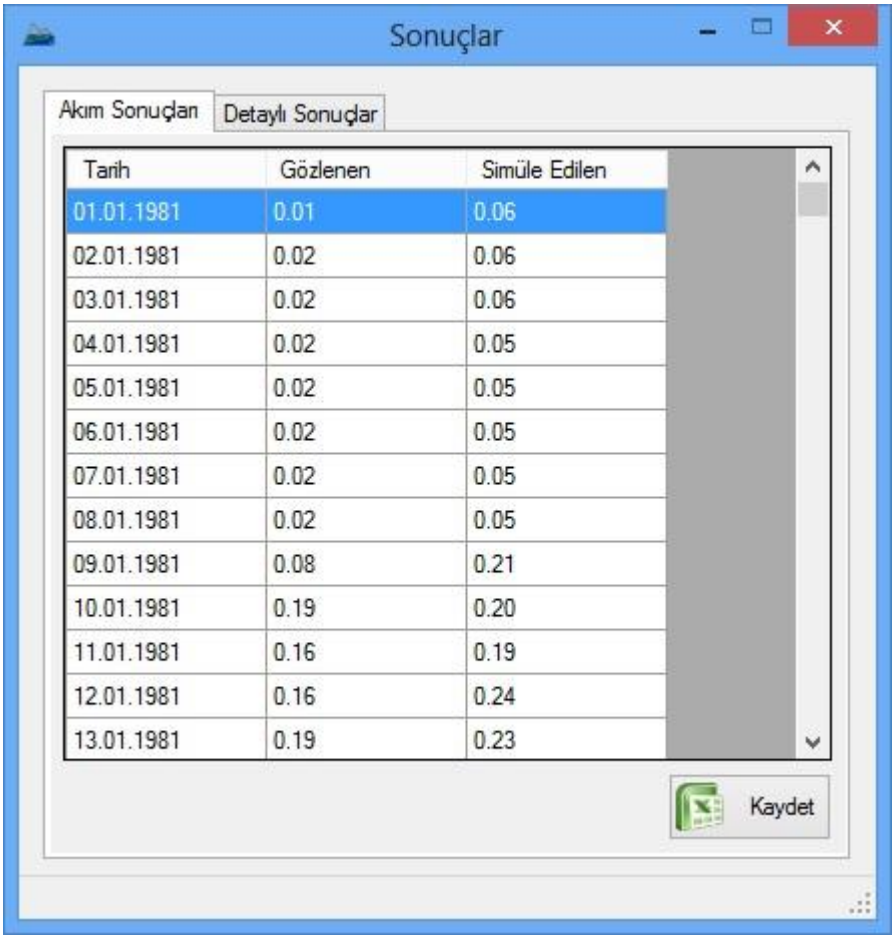
Başlangıç ve bitiş tarihi seçildikten sonra 'Hesapla' butonuna ile havzanın tahmini akmı hesaplanır.

Akım hesaplandıktan sonra "Tablo", "Grafik" ve "Hata Oranları" butonları ekrana gelir. "Tablo" butonu sonuçların tablo üzerindeki gösterimidir. Bu ekran 2 sekmeden oluşur;

"Akım Sonuçları"

"Detaylı Sonuçlar"

"Akım Sonuçları" sekmesinde 'Tarih', 'Gözlenen Akım' ve 'Simüle Edilen Akım' değerleri tablosal olarak gösterilir. "Detaylı Sonuçlar" sekmesinde hesaplanan diğer parametreler ekrana tablosal olarak eklenir. "Kaydet" butonu ile ekrandaki tablo ".xls" (excel) formatında kullanıcının belirlediği dizine kaydedilir.



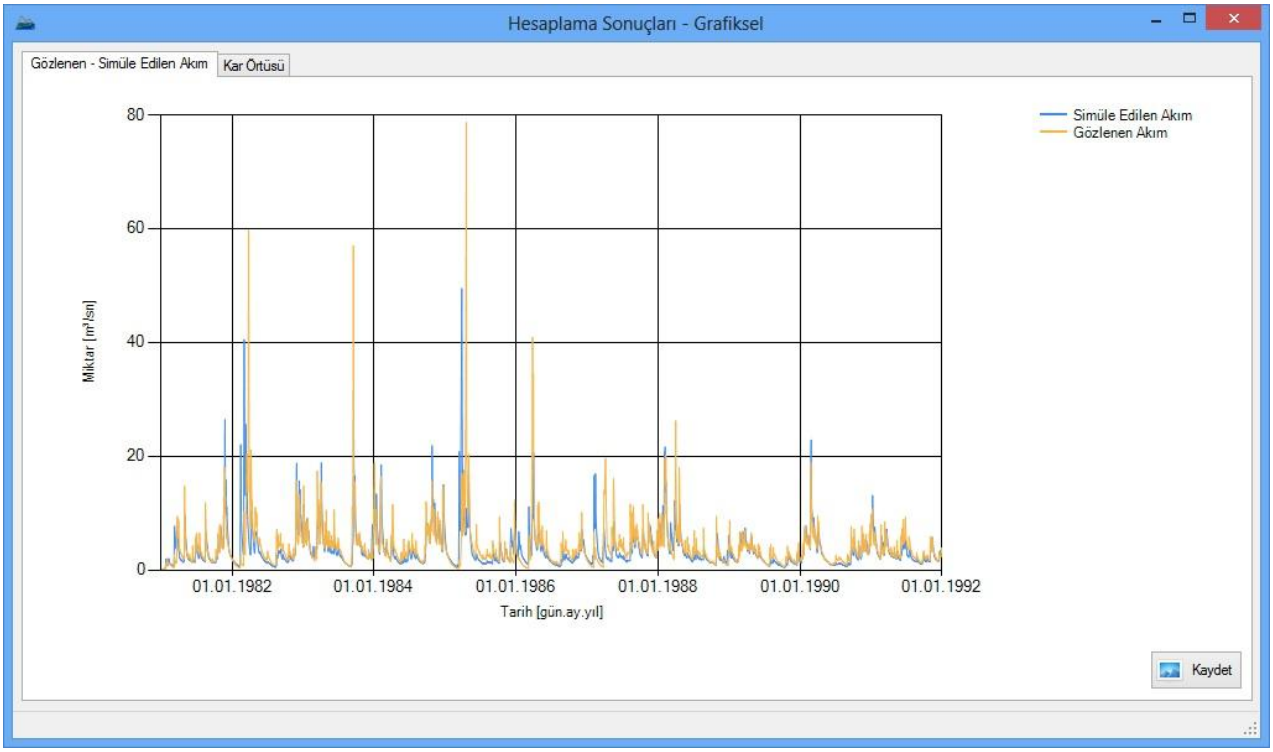
Resim 9.4 – BHM Akım Sonuçları Tablosal Ekran

"Grafik" butonu sonuçları grafiksek olarak gösterir. Bu ekran 2 sekmeden oluşur;

"Gözlenen – Simüle Edilen Akım"

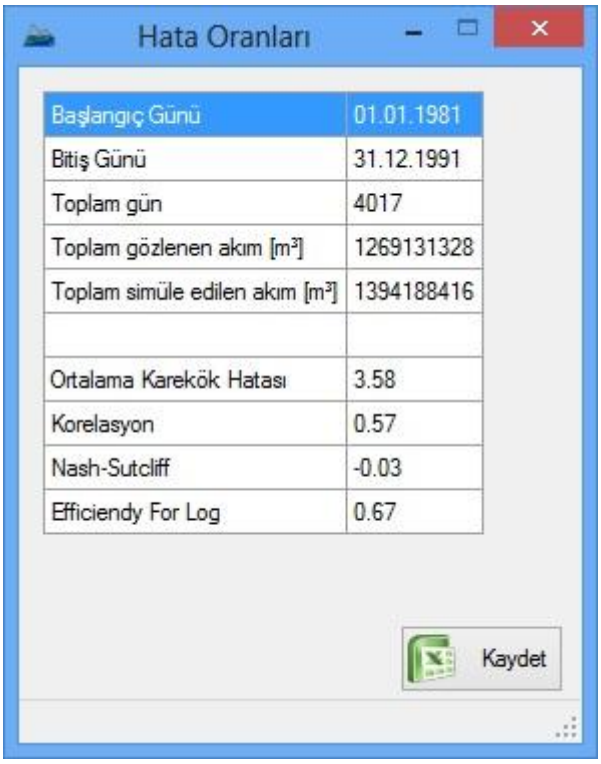
"Kar Örtüsü"

Bu ekrandaki "Kaydet" butonu ekrandaki grafik ".jpg" formatında kullanıcının belirlediği dizine kaydedilir.



Resim 9.5 – BHM Akım Sonuçları Grafiksel Ekran

"Hata Oranları" butonu gözlenen akım ve simüle edilen akım arasındaki hata oranlarını hesaplayıp ekranda gösterir. Hata hesaplamaları ile ilgili detaylı bilgi almak için "Hata Hesaplamaları" konu başlığına bakabilirsiniz.



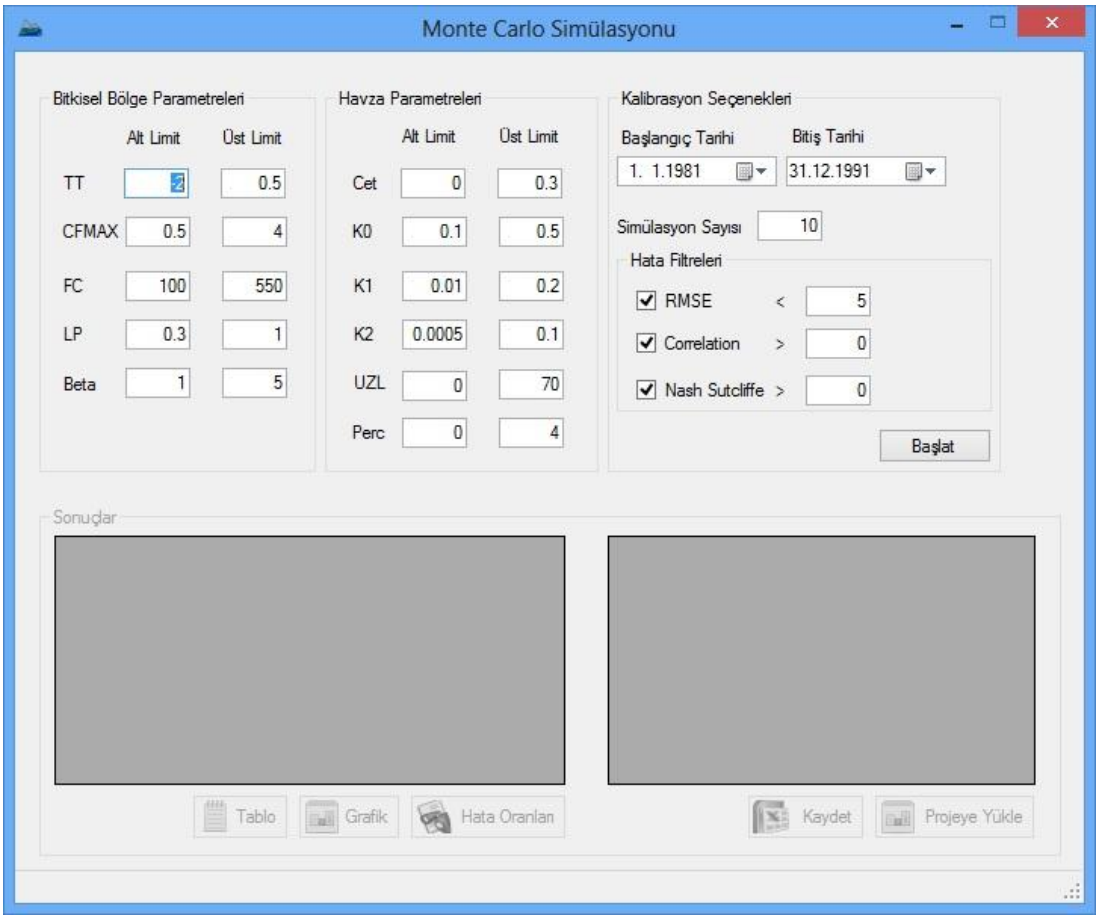
Resim 9.6– BHM Akım Sonuçları Hata Oranları Ekranı

Havza Parametreleri Kalibrasyonu

"Hesapla" menüsünden 'Kalibre Et – Monte Carlo Simülasyonu' alt menü ögesi ile ya da araç çubuğundaki 'Monte Carlo Simülasyonu' ikonu ile havzayı kalibre etmek için ekran açılır.

Resim 10.1 – BHM Havza Kalibrasyonu Menü Ögesi

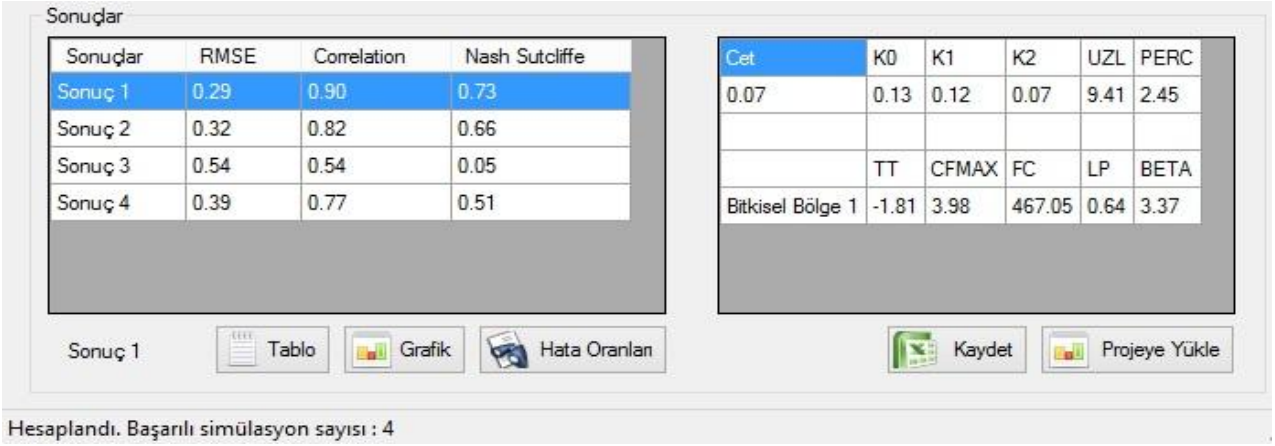
Resim 10.2 – BHM Havza Kalibrasyonu Araç Çubuğu İkonu



Resim 10.3 – BHM Monte Carlo Simülasyonu Ekranı

"Bitkisel Bölge Parametreleri" ve "Havza Parametreleri" gruplarındaki parametrelerin alt ve üst limitleri belirlenir. Program otomatik olarak bu limitlerin optimal değerlerini ekrana yazdırır. Gerektiği takdirde değer aralığı düşürelebilir. Değer aralığının yükseltilmesi önerilmez.
"Kalibrasyon Seçenekleri" grubunda kalibre edilmesi istenen başlangıç ve bitiş tarihleri seçilir.
"Simülasyon Sayısı" değeri havzanın toplam kaç kere kalibre edileceği sayısıdır.
"Hata Filtreleri" grubundaki hata parametreleri belirlenerek "Başlat" butonu ile kalibre başlatılır. Hata parametreleri ile detaylı bilgi almak için "Hata Parametreleri" konu başlığına bakabilirsiniz.

Kalibrasyon sonuçları "Sonuçlar" grubunda yer alır. Belirlenen hata filtrelerinden geçen kalibrasyonlar "Sonuçlar" bölümünde gösterilir.



Resim 10.4 – BHM Kalibrasyon Sonuçları

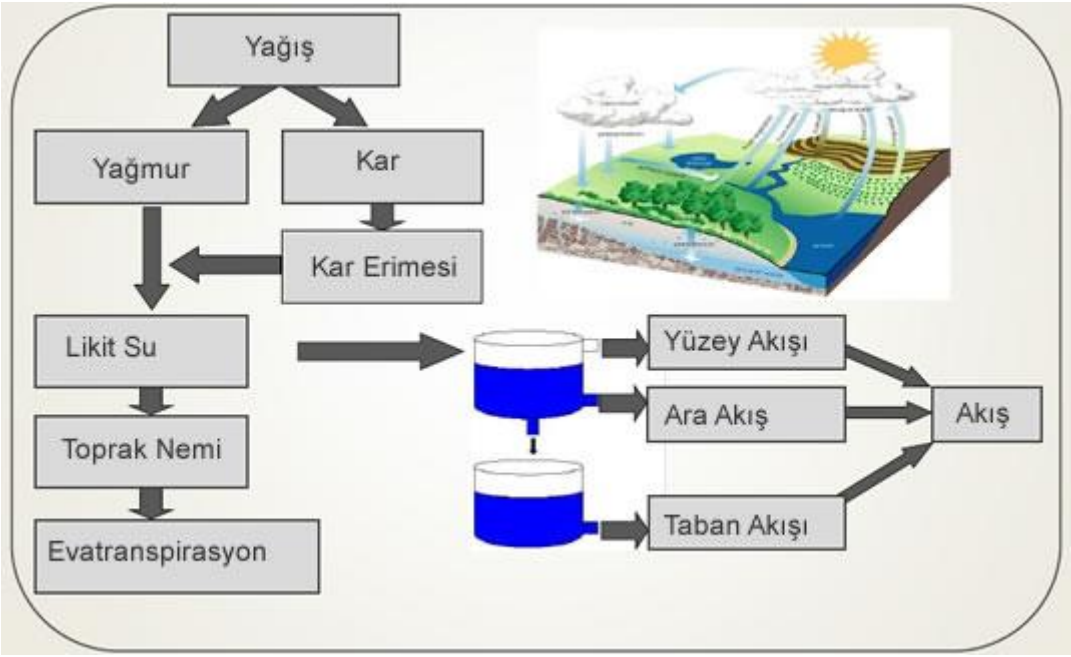
Sol bölümde sonuçların hata değerleri gösterilir. Üzerine tıklanan sonucun sağ tarafta kalibrasyon sonucu oluşturulan parametre değerleri gösterilir.
"Kaydet" butonu değerleri kullanıcının belirlediği dizine '.xls' dosya uzantılı excel formatında dosyaya kaydeder.
"Projeye Yükle" butonu seçilen sonucun parametre değerlerini, yüklü olan proje parametre değerleri ile değiştirir. Bu işlem geri alınamaz. Veriler '.bhm' proje dosyasına kaydedilir.

Programı Kapatma

Programı kapatmak için "Dosya" menüsünden 'Çıkış' alt menü ögesi ya da programın sağ üst köşesindeki 'x' program çıkış ögesi kullanılır.

Resim 11.1 – BHM Program Kapatma Menü Ögesi

HBV Hidroloji Modeli



Temel olarak 4 modülden oluşmaktadır:

	Girdi	Çıktı
Kar Erimesi ve Kar Birikmesi Modülü	⅄ yağış ⅄ sıcaklık	⅄ kar örtüsü ⅄ kar erimesi
Toprak Nemi ve Evatranpirasyon Modülü	⅄ potansiyel buharlaşma ⅄ kar erimesi	⅄ gerçek buharlaşma ⅄ toprağa sızan su
Toprak Kutusu Tepki Fonksiyonu	⅄ topraktaki su miktarı	⅄ yeraltındaki akımlar
Akış Tepkisi Modülü	⅄ yeraltındaki akımlar	⅄ toplam akım

Kar Erimesi ve Kar Birikmesi Modülü

Yağışın yağmur olarak mı kar olarak mı havza yüzeyine ineceğine karar verilip kar örtüsünün ve kar erimelerinin hesaplanıp işlendiği modüldür. Havzanın yüksekliğine ve basıncına bağlı olarak değişen suyun donma noktası eşik değerine(TT) göre yağışın hangi halde düşeceğine karar verilir. Sıcaklık bu değerin altındaysa yağış kar, üzerindeyse yağış yağmur olarak ele alınıp işlenir.

T :Sıcaklık [Cº]
TT : Suyun donma sıcaklığı [Cº]

Eğer, $T > TT \rightarrow yağmur$

$$T < TT \rightarrow kar$$

Eğer yağış kar şeklindeyse miktar SFCF parametresi ile çarpılıp yerdeki kar örtüsüne eklenir.

P : Yağış miktarı
SP : Kar örtüsü
SFCF : Kar yağışı düzeltme faktörü(SnowFall Correction Factor)

$$SP = SP + (P * SFCF)$$

Hava sıcaklığının eşik değerinin üzerinde olduğu durumlarda, kar örtüsündeki karların erimesini hesaplamak için gün sıcaklığı denklemi kullanılır. CFMAX kar erimesini hesaplanmasındaki belirleyici parametre olup genellikle 1.5 ile 4 arasında değerler almaktadır. (Bitkisel alanlar için daha düşük değerler)

CFMAX : Gün faktörü katsayısı [mm d^{-1} C^{o-1}]

$$erime = CFMAX\,(T - TT)$$

Su içeriği eriyen karlar ve yağmurdan oluşur. Yerdeki karın bir miktar su tutma kapasitesi vardır. Bu kapasite CWH parametresi yardımıyla hesaplanır. Toplam su içeriğinden bu miktar çıkarılarak likit su hesaplanır.

WC : Su içeriği

Insoil : Likit su (Toprağa ulaşan su)

CWH : Karın su tutma parametresi

$$WC = erime + yağmur$$

$$Insoil = WC - (CWH * SP)$$

Hava sıcaklığının eşik değerin altında olduğu ve likit suyun oluştuğu durumlarda, likit suyun bir kısmı buza dönüşür. Bu hesaplama için CFR parametresi kullanılır. Bu parametre ile bir bölgedeki likit suyun başka bir bölgeden geçerken, o bölgenin hava sıcaklığı eşik değerine göre likit sudaki azalma miktarı hesaplanmış olur.

CFR : Likit suyun donma parametresi

$$SP = SP + CFR * CFMAX * (TT - T)$$

$$WC = WC - CFR * CFMAX * (TT - T)$$

Toprak Nemi ve Evatranpirasyon Modülü

Yeryüzüne ulaşan suyun bir kısmı buharlaşarak tekrar atmosfere çıkar. Buharlaşma toprak yüzeyinden, birikmiş suların yüzeyinden ve bitkiler aracılığıyla gerçekleşir. Bitkiler fotosentezde kullanmak üzere topraktan bir miktar su temin eder. Fotosentezde kullandığı suyun büyük bir kısmı fotosentez sonucu yaprakların terlemesi yoluyla atmosfere salınır. Toprak ve su

birikintilerinde buharlaşma ve bitkilerdeki terleme olaylarının birlikte ele alınmasına evapotranspirasyon denir. Evapotranspirasyonun hesaplanması modelin önemli parçalarından biridir. Çünkü sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında akışa etkisi büyüktür.

Toprak yüzeyine ulaşan suyun bir miktarı buharlaşır, bir miktarı toprak nemini oluşturur, geriye kalan miktar yeraltında su beslenimlerini oluşturur.

DQ : Yeraltı su beslenimi
SM : Topraktaki nem
FC : Toprağın maksimum nem kapasitesi
β : şekil parametresi

$$DQ = Insoil(t)[\frac{(SM(t-1))}{FC}]^{\beta}$$

Toprağın yapısına derinliğine bağlı olarak her bölgenin farklı nem tutma kapasitesi vardır. Topraktaki nemin miktarının hesaplanması için buharlaşmanın hesaplanması gerekir.

Tavg : Ortalama sıcaklık
Epm : Ortalama buharlaşma
Ep : Potansiyel buharlaşma
Cet : model parametresi

$$Ep(t) = Epm(1 + Cet[T(t) - Tavg(t)])$$

Toprak nemi FC*LP'nin üzerinde olduğu zaman, gerçek buharlaşma potansiyel buharlaşmayla aynı hızda gerçekleşir. Toprak nemi FC*LP'nin altında olduğu zaman gerçek buharlaşma potansiyel buharlaşmadan daha azdır.

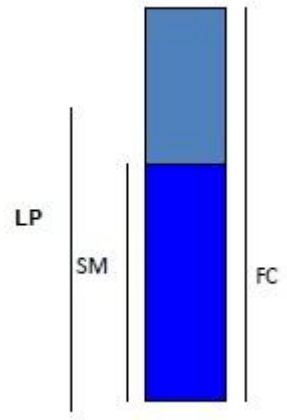
Ea : Gerçek buharlaşma

LP : toprak daimi solma noktası katsayısı

Eğer ;

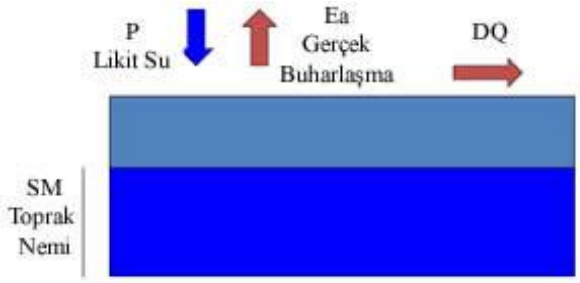
$$SM < FC * LP \rightarrow Ea(t) = Ep(t)[\frac{(SM(t-1))}{(FC * LP)}]$$

$$SM \geq FC * LP \rightarrow Ea(t) = Ep(t)$$



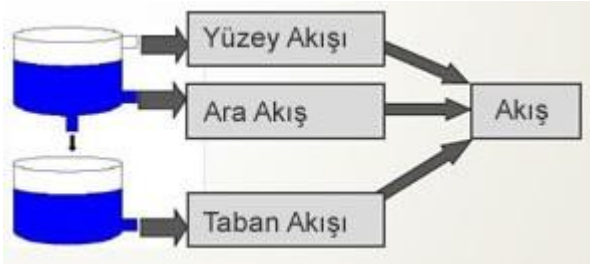
Toprak nemi, başlangıçtaki nem ve gelen likit suyun toplamından yüzey akışı ve gerçek buharlaşmanın çıkarılmasıyla elde edilir.

$$SM(t)=SM(t-1)+P-DQ-Ea$$



Toprak Kutusu Tepki Fonksiyonu

Bu modül katman kavramına dayalı havza çıkışındaki akışı tahmin ediyor. Sistem birbirinin üzerinde iki kavramsal katmandan oluşur . İlk katman yüzey sularını ve alt katmana kadar olan akışların modeli için kullanılır ve ikinci katman taban akışını simüle etmek için kullanılır. Bu iki tabaka sabit bir süzülme oranı (Qperc) kullanımı yoluyla doğrudan birbirine bağlanmaktadır.

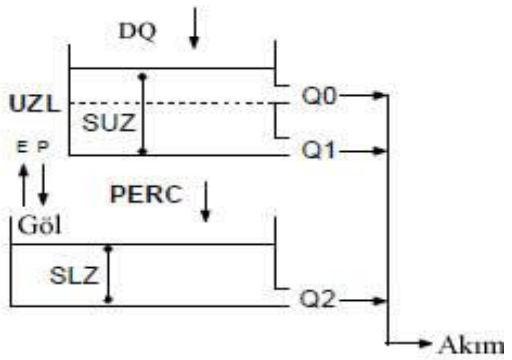


Yüzey akışı toprağın yüzeyinde oluşan akışları oluşturur. Ara akış üst toprak kutusunun alt yüzeyindeki akışları temsil eder. Taban akışı ise alt toprak kutusundaki akışları temsil eder. Alt toprak kutusunun alt yüzeyi sınırı geçirimsiz tabaka olup üst yüzey sınırı havzada bulunan gölün su yüzeyi sınırıdır.

Q0 : Yüzey Akışı
Q1 : Üst Tabaka Akışı
Q2 : Alt Tabaka Akışı
Qperc : Üst toprak kutusundan alt toprak kutusuna sızan miktar

SUZ : Üst Toprak Tabakası
SLZ : Alt Toprak Tabakası

UZL : Şekil parametresi
Kperc : Belirleyici parametre



$$SUZ > UZL \rightarrow Q0=(SUZ-UZL)\,K0$$

$$SUZ \leq UZL \rightarrow Q0=0$$

$$Q1=SUZ\,K1$$

$$Qperc=SUZ\,Kperc$$

$$SUZ(t)=SUZ(t-1)+DQ(t)-Q1-Q2-Qperc$$

$$SLZ(t)=SLZ(t-1)+Qperc-Q2$$

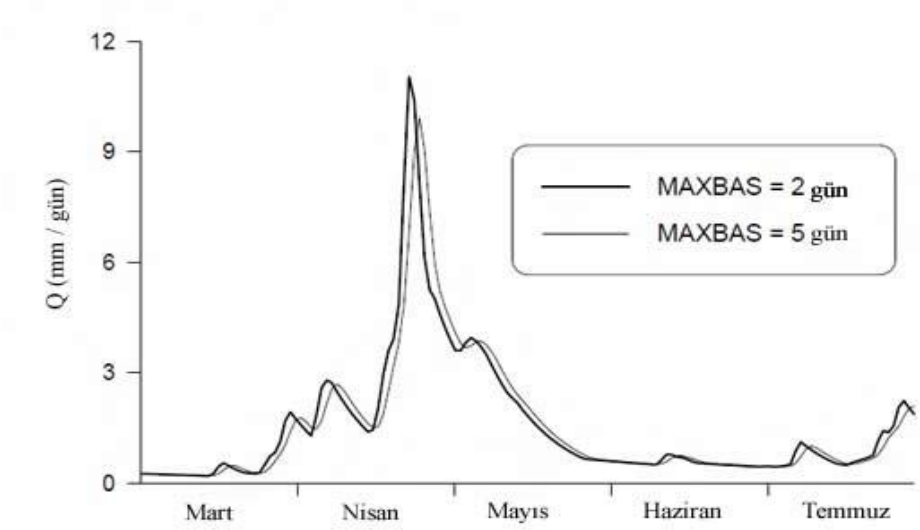
$$Q2 = SLZ\ K2$$

Akış Tepkisi Modülü

Toprak kutusundaki suların akışa katılmasındaki gecikme sürelerinin hesabı bu modülde hesaplanır. Toprak kutusundaki akış miktarları toplanarak parametresi MAXBAS olarak tanımlanan bir üçgen ağırlık fonksiyonu ile simülasyon akışı elde edilir.

$$Qsim = \sum_{(i)}^{MAXBAS} c(i)\,Qtotal(t-i+1)$$

$$c(i) = \int_{(i-1)}^{(i)} \left(\frac{2}{MAXBAS}\right) - \frac{MAXBAS}{2}\,\frac{4}{MAXBAS^2}\,du$$



Hata Hesaplamaları

RMSE

Ortalama karekök hatası (RMSE) kalibrasyon sürecinde kullanılan basit ve etkili bir ölçüm formülüdür. Günlük gözlenen ve simüle edilen miktarların birbirine farkının kareleri toplamının toplam gün sayısına bölümünün karekökü ile elde edilir.

Qs : Simüle edilen akım

Qo : Gözlenen akım

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_s(t) - Q_o(t))^2}{n}}$$

İdeal RMSE = 0

Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı

Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı (R_p), bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirten katsayıdır. Bu katsayı, (-1) ile (+1) arasında bir değer alır. Pozitif değerler direk yönlü doğrusal ilişkiyi; negatif değerler ise ters yönlü bir doğrusal ilişkiyi belirtir. Korelasyon katsayısı 0 ise söz konusu değişkenler arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

$\overline{Q_o}$: Gözlenen akım ortalaması

$\overline{Q_s}$: Simüle edilen akım ortalaması

$$R_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_o - \overline{Q_o})(Q_s - \overline{Q_s})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Q_o - \overline{Q_o})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Q_s - \overline{Q_s})^2}}$$

$$R_p = -1 \rightarrow Ters\ yönlü\ doğrusal\ ilişki$$

$$R_p = 0 \rightarrow Doğrusal\ ilişki\ yok$$

$$R_p = 1 \rightarrow Direk\ \ yönlü\ doğrusal\ ilişki$$

Nash-Sutcliffe modeli verim katsayısı

Nash-Sutcliffe modeli verim katsayısı (R_{NS}) (Verim Katsayısı) simülasyonların tahmin gücünün değerlendirilmesinde kullanılan etkili bir ölçüm formülüdür.

$$R_{NS}=1-\frac{\sum_{t=1}^{n}(Q_s(t)-Q_o(t))^2}{\sum_{t=1}^{n}(Q_o(t)-\overline{Q_o})^2}$$

Eğer :

$R_{NS}=1 \rightarrow Mükemmel\ uyum\ , Q_s=Q_o$

$R_{NS}=0 \rightarrow Gözlenen ortalama\ yağış\ doğruluğu\ kadar\ iyi\ ya\ da\ kötü\ uyum$

$R_{NS}<0 \rightarrow Çok\ kötü\ uyum$