

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUHARLAŞMANIN HESAPLANMASINA VE BELİRLENMESİNE
YÖNELİK BİR MODEL TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. M. Rifat OK

Anabilim Dalı: Meteoroloji Mühendisliği

Programı: Meteoroloji Mühendisliği

MAYIS 2003

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUHARLAŞMANIN HESAPLANMASINA VE BELİRLENMESİNE
YÖNELİK BİR MODEL TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. M. Rifat OK

511001303

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2003

Tez Danışmanı :

Doç.Dr. Levent ŞAYLAN

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Mehmetçik BAYAZIT

Prof.Dr. Mikdat KADIOĞLU

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Meteorolojik ölçümler içerisinde buharlaşma ölçümleri özellikle bu verilerden yararlanan Meteoroloji biliminin uygulama alanındaki bilim dallarından biri olan Tarım ve Orman Meteorolojisi ve Su meteorolojisinin de son derece önemlidir. Ancak bu verinin doğrudan ölçülmesi çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Ayrıca geçmişe yönelik çalışmalarda doğrudan buharlaşma ölçümlerinin bulunmaması, hesaplamalarla bu değerin belirlenmesini gerektirmektedir. Bu sebeple, dolaylı ölçüm yöntemleri üzerinde bir çok çalışma yapılmış, buharlaşmanın hesaplanması için çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Bunları basitten karmaşığa doğru götüren eşitliklerin ihtiyaç duyduğu parametrelerin büyük çoğunluğu meteorolojik parametrelerdir. Bu da kullanıcıları mevcut veriler ile hangi bağıntıları kullanacakları konusunda belirsizlik yaşanmak gibi önemli bir zorlukla karşı karşıya bırakmaktadır. Karmaşıklığı basitleştirmek için, bu çalışmada, buharlaşmanın hesaplanmasına ve belirlenmesine yönelik bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Programın tasarım aşamasından geliştirilerek, kullanım aşamasına gelinceye kadar benden hiçbir yardımı esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Levent Şaylan'a, eşim Elif Ok'a ve arkadaşım Ufuk Turunçoğlu'na, bulanık mantık konusu vesilesiyle bana farklı bakış açısı kazandıran Sayın Prof. Dr. Zekai Şen'e teşekkür ederim.

Mayıs 2003

M. Rifat Ok

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	x

1. GİRİŞ	1
-----------------------	----------

2. BUHARLAŞMA VE TARİHSEL GELİŞİMİ	3
---	----------

2.1. Buharlaşma İle İlgili Tanımlar	3
2.2. Buharlaşmanın Hesaplanması İle İlgili Çalışmaların Tarihsel Gelişimi	4
2.3. Meteorolojik Veriler Yardımıyla Evapotranspirasyonu Hesaplama Kullanılan Eşitlikler	9
2.3.1. Sıcaklık İle İlişkili Buharlaşma Eşitlikleri	9
2.3.1.1. Thornthwaite Eşitliği	10
2.3.1.2. Blaney-Criddle Eşitliği	12
2.3.2. Neme Bağlı Buharlaşma Eşitlikleri	14
2.3.2.1. Albrecht Eşitliği	14
2.3.2.2. Haude Eşitliği	15
2.3.3. Çok Sayıda Değişkenin Kullanıldığı Eşitlikler	16
2.3.3.1. Meyer Eşitliği	17
2.3.3.2. Turc Eşitliği	17
2.3.3.3. Geliştirilmiş Blaney-Criddle Eşitliği	18
2.3.4. Fiziksel Açıdan Yarı Ampirik Eşitlikler	20
2.3.4.1. Makkink'ın Radyasyon Eşitliği	21
2.3.4.2. Penman'ın Kombinasyon Eşitliği	23
2.3.4.3. Penman Monteith Kombinasyon Eşitliği	25
2.4 Buharlaşma Modelleri	26
2.4.1. ENWATBAL	26
2.4.2. REF-ET Modeli	27
2.4.3. Oklohoma Evapotranspirasyon Modeli	28

3. BUHARLAŞMANIN HESAPLANMASINA VE BELİRLENMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN PROGRAMIN ÖZELLİKLERİ	29
---	-----------

3.1 Giriş	29
3.2 Bulanık Mantık	30
3.2.1 Bulanık Mantık Sistemi	31
3.2.2 Bulanık Mantık ve CALCET	33
3.3 CALCET' in amacı	33

3.4 Programın gereksinimleri.....	34
3.5. Programın işleyişi.....	34
3.5.1. Projedeki ekranlar ve işlevleri.....	37
3.5.1.1 Formül Seçim Ekranı	38
3.5.1.2. Proje Ekranı.....	41
3.5.1.3. Grafik ekranı	43
3.5.1.4. Formül önerme ekranı	44
3.5.1.5. Parametre, formül ve sabit düzenleme ekranı	45
3.5.1.6. Bulanık Mantık Editör Ekranı	46
3.5.2. Proje arşiv dosyası.....	46
3.5.2.1. PARAMETS tablosu.....	47
3.5.2.2. FORMULA tablosu.....	48
3.5.2.3. FOR_PAR tablosu.....	49
3.5.2.4. CONST tablosu	51
4. CALCET PROGRAMI İLE İLGİLİ ÖRNEK UYGULAMALAR	52
4.1. Giriş.....	52
4.2. Örnek uygulamalar.....	52
4.2.1. Formül ve parametre seçim uygulaması	52
4.2.2. Veri dosyasındaki sıraya göre parametre diziliş ve veri okutma uygulaması	54
4.2.3. Grafik ve Proje Kaydetme Uygulaması	57
4.2.4. Formül Önerme Ekranı	58
4.2.5. Formül, parametre ve sabit düzenleme uygulaması	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR	68
EKLER.....	70
EK A Hesaplama Paneli ve Dosya Okuma Blokları Örnek Kodları.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	77

KISALTMALAR

ET	: Evapotranspirasyon
CALCET	: Buharlaşma Hesaplama (Calculation of Evapotranspiration)
LAI	: Yaprak Alan İndeksi (Leaf Area Index).
FOR_PAR	: Formüller ve Parametreler
FLL	: Bulanık Mantık Dili (Fuzzy Logic Language)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	: Klasik Sistem	31
Şekil 3.2	: Genel Bulanık Sistem	32
Şekil 3.3	: Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem	33
Şekil 3.4	: CALCET programının veri akış şeması	36
Şekil 3.5	: Açılış ekranı	37
Şekil 3.6	: İşlev Seçim ekranı	37
Şekil 3.7	: Formül Seçim Ekranı	39
Şekil 3.8	: Hesaplama Paneli (Calculate Panel)	40
Şekil 3.9	: Proje Ekranı	41
Şekil 3.10	: Proje Ekranı 2. Kısım	42
Şekil 3.11	: Grafik Ekranı	43
Şekil 3.12	: Formül Önerme Ekranı	44
Şekil 3.13	: Parametre, formül ve sabit düzenleme ekranı	45
Şekil 3.13a	: Bulanık Mantık Editörü Ekranı	46
Şekil 3.14	: DB2 dosyasındaki tablolar ve ilişkiler	47
Şekil 3.15	: PARAMETS tablosu	48
Şekil 3.16	: FORMULA tablosunun bir kısmı	49
Şekil 3.17	: FOR_PAR tablosu	50
Şekil 3.18	: CONST tablosu	51
Şekil 4.1	: İşlev seçim ekranı	52
Şekil 4.2	: Formül Seçim Ekranı	53
Şekil 4.3	: Parametre Seçimi	54
Şekil 4.4	: Parametre eksik mesajı	54
Şekil 4.5	: Hesap Paneli	55
Şekil 4.6	: Veri dosyası seçme ekranı	56
Şekil 4.7	: Yanlış veri dosyası uyarı mesajı	56
Şekil 4.8	: Proje Ekranı	56
Şekil 4.9	: Grafik Ekranı	57
Şekil 4.10	: Proje Kaydetme Ekranı	57
Şekil 4.11	: Formül önerme ekranı	58
Şekil 4.12	: Parametre listesi	60
Şekil 4.13	: Parametre ekleme paneli	60
Şekil 4.14	: Yeni parametrenin eklenmiş hali	61
Şekil 4.15	: Parametre ekleme paneli	62
Şekil 4.16	: Parametre ekleme paneli	62
Şekil 4.17	: ATMOSPHERE kategorisindeki parametreler	63
Şekil 4.18	: Parametre ekleme paneli	63
Şekil 4.19	: Formül paneline aktarma	64
Şekil 4.20	: Formül düzenleme paneli	64
Şekil 4.21	: Birim sorgu ekranı	65
Şekil 4.22	: Birim onaylama iletişim kutusu	65

SEMBOL LİSTESİ

γ	: Psikrometre sabiti (kPa/°C)
γ^*	: Değiştirilmiş psikrometre sabiti (kPa/°C)
CU	: Günlük ortalama su tüketimi (mm/gün)
e	: T_m sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı
e_s	: T_m sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı
ET	: Evapotranspirasyon (Bitki su tüketimi, mm/gün)
f	: Su sarfiyat faktörü
G	: Toprak ısı akısı
K	: Bitkiye, bitkinin gelişme aşamasına ve iklim bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı deneysel bir katsayı
L	: Rüzgarın ölçüldüğü yükseklik
N	: Ölçülen güneşlenme uzunluğu
N	: Olası maksimum güneşlenme uzunluğu
P	: Atmosfer basıncı
R_a	: Atmosferin dış yüzeyine gelen radyasyon
r_a	: Aerodinamik direnç
r_c	: Bitki örtüsü direnci
RH	: Bağıl nem
R_n	: Net radyasyon
R_{nl}	: Uzun dalga boylu net radyasyon
R_{ns}	: Kısa dalga boylu net radyasyon
R_s	: Yeryüzüne ulaşan kısa dalga boylu radyasyon
S	: Buhar basıncı ile sıcaklık arasındaki eğrinin eğimi. (kPa/°C)
T_m	: Aylık ortalama hava sıcaklığı (°C)
u	: Rüzgar hızı
ETP	: Aylık potansiyel evapotranspirasyon
f	: Ay uzunluğuna bağlı düzeltme faktörü
J	: Isı indeksi

BUHARLAŞMANIN HESAPLANMASINA VE BELİRLENMESİNE YÖNELİK MODEL ÇALIŞMASI

ÖZET

Günümüzde buharlaşma hesaplamalarında kullanılan çok sayıda eşitlik mevcuttur. Bu eşitlikleri temel alarak geliştirilen bilgisayar modelleri de buharlaşmanın belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak bağıntıların çok sayıda ve çeşitlilikte olması, parametre sayısının fazlalığı, yapılacak bir hesaplamada kullanılacak eşitliklerin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Literatüre geçmiş olan belli başlı eşitliklerin iyi analiz edilmeden kullanılması da hatalı hesaplamalara neden olabilmektedir.

Türkiye’de buharlaşma konusunda yapılan çalışmalarda kullanılan modellerin büyük çoğunluğu, yurtdışında geliştirilmiş olan ve belirli bağıntıları içeren modellerdir. Bu modeller geliştirildikleri bölgeye ve koşullara göre özelleştirilmiştir. Bazı bağıntılarda bu özelleştirmeler, parametreler yardımı ile sağlanabilmektedir. Ancak bu işlemi her model üzerinde gerçekleştirmek mümkün olmamaktadır. Ayrıca bu bağıntılar ve ilişkili parametreler çok sayıda olduğundan, araştırmacılar için bu model ve bağıntıları kullanmak, güçlük yaratmaktadır.

Buharlaşmanın hesaplanmasına ve belirlenmesine yönelik olan bu çalışma ile, belirtilen eksiklikleri gidermede bir ilk adım atılmıştır. Buna ilave olarak Türkiye koşullarına uygun buharlaşma modellerinin geliştirilmesi için bir bağıntı arşivi oluşturulmuş ve ilerideki çalışmalara zemin olacak bir modelin ortaya çıkması amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmanın bulanık mantık ile desteklenmesi, karmaşık olan buharlaşma bağıntılarının sözel verilerden faydalanarak sadeleştirilmesini sağlanmıştır. Bu çalışma ile evapotranspirasyon hesabında, eşitlik seçiminde yardımcı olacak, eşitlik tanımlanmasına imkan verecek, istendiğinde bulanık mantık yardımı ile hesap yaparak analiz çıktıları üreten bir bilgisayar programı

hazırlanmıştır. Çalışma, kullanıma örnek teşkil etmesi ve uygulamanın işlevselliğinin sergilenmesi amacı ile örnek bir veri dizisi ile test edilmiştir.

A MODEL DESIGN ON THE CALCULATION AND ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION

SUMMARY

There are many equations on the modelling of the evapotranspiration. Computer models that are based on these equations play an important role for the estimation of the evapotranspiration. However, numerous quality and quantity of those equations makes it very difficult to select one of them for an application, because there are many types of equations based on various parameters. Furthermore, unanalysed usage of some famous models in the literature can cause erroneous results. Most of the evapotranspiration aimed models in Turkey are foreign based international models and include definite equations. Those models are characterised according to the regional conditions on which they are developed. For some equations, these characterisations can be done by using corresponding parameters, but this is not applicable on each model. In addition, high numbers of the equations and their related parameters increase the calculation complexity and hence, make them difficult to be used by researchers.

With this study, a first step has been taken for the elimination of the above mentioned problems on evapotranspiration calculations. Besides, an equation archive is implemented for the possible development of some future evapotranspiration models that could be suitable for Turkey's conditions. Moreover, the study has been supported by fuzzy logic method, which provides the simplification of the evapotranspiration calculations by using simple linguistic data instead of complex equations. In this study, a computer program has been developed, which can help the user by equation selection, definition, fuzzy logic application and producing the related analysis results. The study application has been tested by using some sample data set to give an example for the usage and show the functionality of the application.

1. GİRİŞ

Buharlaşma dünya atmosfer su dengesinde en önemli parametrelerden biridir. Büyük lekli ekonomik çalışmalarda sulama ve su kaynakları önemli yer tutmaktadır. Yağışın % 70'i buharlaşma veya buharlaşma-terleme şeklinde atmosfere geri dönmektedir. Kurak bölgelerde bu % 90'ı bulmaktadır **(Rosenberg ve ark., 1983)**. Yakın gelecekte dünyada su sıkıntısının başlayabileceği de göz önünde bulundurulduğunda buharlaşma ile ilgili çalışmalar daha da önem kazanmaktadır **(Burman ve Pochop, 1994)**.

Buharlaşma ile ilgili hesaplamalar, tarım, orman ve su ile meteorolojinin en fazla i ie girdiği alandır. Buharlaşma olayı son derece karmaşık bir sisteme sahiptir. Meteorolojik değişkenlerin büyük etkisi altında bulunan buharlaşma olayı, sadece bu faktörler tarafından yönlendirilmediği için hesaplanmasında glkler bulunmaktadır. Buharlaşma (evaporasyon) ile terleme (transpirasyon) olaylarının birleşimi sonucunda ortaya evapotranspirasyon denilen olay çıkar. Evapotranspirasyon doğrudan ölçülebileceği gibi bir çok atmosferik parametre barındıran çeşitli bağıntılar yardımı ile de hesaplanabilir. Bu nedenle buharlaşma tarımsal meteorolojinin en önemli araştırma konularından birini oluşturmaktadır.

Evapotranspirasyon bir çok değişkene bağlı olduğundan ve ölçüm aletlerinin doğal yüzeydeki reaksiyonları taklit ederek buharlaşmayı belirlemesi nedeniyle doğrudan ölçümü oldukça zordur. Bu nedenle dolaylı yöntemler uzun zamandır kullanılmaktadır.

Evapotranspirasyonu kolay ölçülen sıcaklık, basınç gibi atmosferik değişkenler ile elde etme düşüncesi, doğrudan ölçümlerin zor, maliyetli, sınırlı yer ile sayıda ve bazı kabullere dayanması nedeniyle ortaya çıkmıştır. Yapılan alışmalar sonucunda, buharlaşmanın meteorolojik değişkenler yardımı ile hesaplanması mümkün olmuştur. Fakat geliştirilen bu bağıntılar zamanla çok sayıda parametreye bağlı olmaları

bakımından pratik kullanım özelliklerini kaybetmişlerdir. Diğer yandan eşitliklerin kullanımı bölgesel olarak değişimler göstermektedir.

Bu eşitliklerden hangisinin kullanabileceği konusunda kullanıcılar açısından bir karmaşa söz konusudur. Eşitliklerdeki karmaşıklık arttıkça kullanımları da zorlaşmaktadır. Bu nedenle geliştirilen bu yazılım ile amaçlanan, kullanıcıya, eşitliklerden seçme şansı tanımak, alternatifler sunmak ve bu karmaşayı daha basit bir duruma dönüştürmektir. Bu çalışma ile var, olan modellerden farklı olarak aşağıda belirtilen hedefleri gerçekleştirecek bir hesaplama ve belirleme modelinin yapılması amaçlanmıştır. Bunlar:

- Formül arşivi oluşturmak,
- Eldeki veriye göre formül analizi yapmak,
- Formül düzenlemesi yapmak,
- Yeni bağıntı tanımlamak,
- Kullanıcı arabirimi ile kolay kullanım sağlamak,
- Veri aktarımına imkan vererek diğer analiz araçlarına veri sağlamak,
- Bulanık mantık desteği sağlamak

şeklinde sıralanabilir.

İkinci bölümde buharlaşma hesabında kullanılan bağıntıların tarihsel gelişimi açıklanmış ve bölüm sonunda bu bağıntıları kullanan modellerden örnekler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, geliştirilen modelde kullanılan bulanık mantık yaklaşımlarına değinilmiş ve daha sonra modelin ayrıntılı modül açıklamaları yapılmıştır.

Dördüncü bölümde ise, programın aşamalı olarak kullanımını ve işlevselliğini açıklamak amacı ile bir veri dosyası ile örnek bir uygulama yapılmıştır.

Beşinci bölümde, bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve daha sonraki aşamalarda yapılabilecek çalışmalara değinilmiştir.

2. BUHARLAŞMA VE TARİHSEL GELİŞİMİ

2.1. Buharlaşma İle İlgili Tanımlar

Buharlaşma: Maddenin sıvı halden gaz haline dönüşmesine denir. Bu çalışma içerisinde madde sudur. Toprak ve/veya su yüzeylerinden suyun atmosfere geçişidir.

Terleme (Transpiration): Bitki içersideki suyun, bitki tarafından atmosfere verilmesi işlemine denir.

Evapotranspirasyon (Evapotranspiration): Toprak ve bitki üzerinden olan buharlaşma ile bitki yüzeyinden meydana gelen terlemenin birleşimidir.

Maksimum Evapotranspirasyon: Belirli bir bitki için, belirli bir zamanda, su kısıtlamasının olmadığı bir durumda meydana gelen en büyük evapotranspirasyondur.

Gerçek (Aktüel) Evapotranspirasyon: Belirli bir bitki için, belirli bir zamanda, su koşulları göz önünde bulundurularak tespit edilen evapotranspirasyondur.

Potansiyel Evapotranspirasyon: Yeterli miktarda suyun sürekli bulunması durumunda meydana gelen evapotranspirasyondur.

Referans Bitki Evapotranspirasyonu: Tanımlanan bir bitki için belirlenen evapotranspirasyondur.

Bitki Katsayısı: Referans Bitki Evapotranspirasyon'undan gerçek evapotranspirasyonu bulmak için kullanılan boyutsuz sayıdır. Bitkiye göre değişmektedir.

Kap Buharlaşması: İçerisinde su bulunan açık buharlaşma havuzlarından meydana gelen buharlaşmadır **(Burman ve Pochop, 1994)**.

Aşağıda değinilen bağıntıların bir kısmı su yüzeyinden buharlaşmayı, bir kısmı da toprak, su ve bitkilerden olan buharlaşmayı hesaplamada kullanılmıştır. Buharlaşma hesaplamalarında su dengesi, enerji dengesi, kütle transferi metodlarının yanısıra ampirik formüllerden de yararlanılmıştır (**Bayazıt, 1999**). İlk geliştirilen formüllerden Dalton bağıntısı su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşma hesaplamaları içindir.

Aynı şekilde daha sonraki yıllarda geliştirilen Penman eşitliği açık su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşmanın hesaplanması için kullanılmıştır. Bu eşitlik daha sonra Monteith tarafından evapotranspirasyon hesaplamaları için bitki katsayıları ilave edilerek yeniden düzenlenmiştir.

Aşağıda su yüzeylerinden buharlaşma, toprak, su ve bitkilerden meydana gelen evapotranspirasyon için geliştirilen eşitliklerin dikkate aldığı meteorolojik faktörlere göre sınıflandırılması yapılmıştır.

Sıcaklık ile ilişkili buharlaşma eşitlikleri:

Thornthwaite Eşitliği

Blaney-Criddle Eşitliği

Nem parametresine bağlı buharlaşma eşitlikleri:

Albrecht Eşitliği

Haude Eşitliği

Çok sayıda değişkenin kullanıldığı eşitlikler:

Meyer Eşitliği

Turc Eşitliği

Geliştirilmiş Blaney-Criddle Eşitliği

Fiziksel Açıdan Yarı Ampirik Eşitlikler:

Makkink'ın Radyasyon Eşitliği

Penman'ın Kombinasyon Eşitliği

Penman Monteith Kombinasyon Eşitliği

2.2. Buharlaşmanın Hesaplanması İle İlgili Çalışmaların Tarihsel Gelişimi

Buharlaşma, araştırmacılar tarafından çok eski tarihlerden itibaren gözlemlenmiş ve bu doğal olayı anlamak için çeşitli fikirler ileri sürülmüştür. Günümüzdeki

buharlaşma ile ilgili mevcut durumun daha iyi anlaşılabilmesi için, bu bölümde, buharlaşmanın yapısal ve zamansal gelişimi açıklanmıştır.

Geçmişte filozoflar bugünkü bilim adamlarının görevlerini de yapmaktaydılar. Eski yunanlılarda doğa olaylarını filozoflar inceliyorlardı ve evrenin merkezini buharlaşmanın teşkil ettiği düşünülüyordu. Bu nedenle buharlaşma hakkındaki ilk fikirler yunanlı filozoflar tarafından ortaya atılmıştır (**Leartius, 1972**). Filozoflar hava olaylarını daha iyi anlayabilmek için toprak ile hava arasında bir ilişki kurmaya çaba göstermişlerdir (**Eyüboğlu ve Erhat, 1977**).

İlk olarak M.Ö. 800’de Hesoid, “her şeyin temelinde su vardır, güneş ve yıldızlar hatta evrenin kendisi su buharı ile beslenmektedir” diyerek nemin oluşumunu açıklamıştır ve çiftçilere çeşitli onerilerde bulunmuştur (**Brutsaert, 1991**).

Miled şehrinde yaşamış olan Anaximender; meteorolojinin temel elemanlarından biri olan rüzgarı, “ ... yerden güneş ile yükselen nem parçalanır; küçük parçalar rüzgarı, diğer parçalar yağışı meydana getirir...” şeklinde açıklamıştır (**şaylan ve ark., 1998**).

Xenophenes’e (M.Ö. 570-460) göre ise “ ... gökyüzüne güneşin ısısı ile denizlerden nem yükseltilmektedir. Küçük parçalar onun seyreltik yapısından ayırmak için, bulutlar oluşur ve sıkışması ile de yağmur yere düşer. Rüzgar bunların etrafında meydana gelir.”

Bu iki fikir günümüzde ayrıntılarıyla bilinen hidrolik evirimin temelini oluşturmuştur. Aristo (M.Ö. 384-322) buharlaşmayı nl “Meteoroloji” adlı kitabında “ ... buhar suyun parçalanmış durumudur... Dünya durmakta ve nem güneş ışınları ve diğer ısı kaynakları ile yükselmektedir, onun yükselmesine sebep olan ısı kaybolursa; yukarı bölgede bir kısmı yayılır, bir kısmı ise yükselmeden dolayı soğur; buhar ısı eksikliğinden dolayı ve yükseklikten yoğunlaşarak tekrar su haline dönüşür; oluşan su tekrar dünyaya döner. ...” biçiminde açıklamaktadır (**Brutsaet, 1991**).

Aristo’nun uzun süre geçerli olan ve “gizli buharlaşma ısısı” kavramının ipuçlarını içeren bu düşüncelerine göre buharlaşma ile güneş ve diğer ısı kaynaklarının büyük bir ilişkisi vardır. Fakat buharlaşmanın rüzgar ile arasındaki ilişkiye karşı çıkmıştır.

Roma devrinde doğayı anlamak yerine daha uygulamalı işler ile, mühendislik işleri ile uğraşan filozoflar yunanlı filozofların etkisi altında kaldığı için özgün fikirlere bu dönemde pek rastlanmamaktadır.

Demokritos, rüzgarın buharlaşmayı arttırıcı etkisi üzerine “... nemli, örneğin güneyli rüzgarlar aynı zamanda sıcaktır; ısı gerçekte kurutma görevi görür. Fakat rüzgarın kendisi aynı zamanda soğuktur ve kurudur; bu nedenle rüzgarın kurutma etkisine sahip olması şaşırtıcı değildir. ...” şeklindeki düşüncelerini ifade etmiştir.

Eski Arap dünyasında ise Ayyub al-Ruhani al-Abras, konveksiyon ve yağışın mekanizmasının da buharlaşmanın tek kaynağı olan güneş olduğu fikrini ileri sürmüştür ve “... bazen rüzgar var, bazen de yoktur; buhar ise büyük veya küçük miktarda sürekli olarak yeryüzünden yükselmektedir...” demiştir. Ayyub’un bu fikirlerinden rüzgarın buharlaşma üzerindeki etkisinin farkında olmadığı anlaşılmaktadır (**Kırk ve Raven, 1976**).

Anaximender ve Theophrasto rüzgarı hava hareketi olarak ele almışlar ve buharlaşmanın nedeninin rüzgar olması fikrini kabul etmemişlerdir. Temel düşünce tarzları Aristo ile tamamen aynıdır.

Descart buharlaşma ile rüzgarın ilişkisine “... buharlaşmaya güneş ısısı sebep olmaktadır; rüzgar havanın hareketidir; ama nemin bir sonucudur, başka bir sebebi bulunmamaktadır ...” şeklinde yaklaşmıştır.

Perrault’un tarihte buharlaşma üzerine ilk gözlem ve deney yapan kişi olduğu bilinmektedir ve gözlemleri sonucu “... çok açıktır ki buharlaşma üzerinde ısının etkisi bulunmaktadır, aynı zamanda soğuk da benzeri bir etki yapar....” fikrini ortaya atmıştır (**Schrödter, 1985**).

Dalton’nun 1802’de yaptığı çalışmalarda gaz karışımları ile buharlaşmanın sıcaklığın fonksiyonu olduğunu bulmuş ve doymuş buhar basıncı tabloları oluşturmuştur (**Schrödter, 1985**). “Bazı akışkanlar diğerlerinden daha hızlı buharlaşmaktadır; buharlaşma miktarı doğrudan yüzeye bağlıdır; sıcaklıkta olabilecek artış, buharlaşmada da artışa neden olmaktadır, ancak doğrudan orantılı değildir; hava akımı varsa buharlaşma artacaktır ve buharlaşma, daha az miktardaki atmosferdekine

oranla daha çok olacaktır.” fikirleri Dalton’un buharlaşma teorisinin temellerini oluşturan fikirlerdir. Dalton’un buharlaşma eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$E = f_D(\bar{u})(e_s^* - e_a) \quad (2.1)$$

e_s^* : Doymuş buhar basıncı.

e_a : Havanın gerçek buhar basıncı.

$f_D(\bar{u})$: Ortalama rüzgar hızının bir fonksiyonu.

Dalton rüzgar hızı sınıflarına göre, buharlaşmanın sıcaklıkla değişimini gösteren çeşitli tablolar oluşturmuştur. Daha sonra, 1804 yılında Soldner isimli bir araştırmacı Dalton’un atmosfer basıncını kullanmadığını işaret etmiş ve Dalton’un tabloları ile kendi bulduklarını birleştirip

$$E = E_b \left(\frac{e_s^* - e_a}{p} \right) \quad (2.2)$$

şeklinde formüle etmiştir.

E_b : p basıncında kuru havadaki kaynama noktasında buharlaşma.

Soldner bu ifadeyi Dalton’un deneysel sonuçlarına dayanarak

$$e^* = p \exp \left[- (250 + T_b - T)(T_b - T) / 6976 \right] \quad (2.3)$$

olarak ifade etmiştir.

T : Sıcaklık

T_b : p basıncında kaynama sıcaklığı.

O sıralarda Laplace da benzeri bir denklem önermiştir, fakat bu denklemin Dalton’un verilerine uymadığı görülmüştür.

1877 yılında Welenman’a göre buharlaşma, ortalama rüzgar hızı $\bar{u}$ ’nın doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilmelidir :

$$E = (A_w + D_w \bar{u})(e_a^* - e_a) \quad (2.4)$$

A_w : Sabit.

D_w : Sabit.

e_a^* : Hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı.

Daha sonra 1882 yılında Stelling isimli araştırmacı yukarıdaki denklemdeki eksiklikleri tamamlayarak

$$E = (A_s - B_s \bar{u})(e_s^* - e_a) \quad (2.5)$$

şeklinde eşitliği değiştirmiştir.

A_s : Deneysel sabit

B_s : Deneysel sabit

Eşitlikte kullanılan deneysel sabitler, ilkel-buhar ölçer tarafından Özbekistan'ın Nukuz şehrinde yapılan bir ölçümde elde edilen veriden yararlanılarak bulunmuşlardır.

Daha sonraları enerji dengesi yöntemleri geliştirilmiştir ve ilk enerji dengesi yöntemi Home'n tarafından 1897 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem daha sonra 1915 'te Schmid ve 1926 yılında Bowen tarafından değiştirilip tamamlanmıştır ve halen de kullanılmaktadır (**Schrödter, 1985**).

50'li yılların ortalarında, evapotranspirasyonu doğrudan tespit etme çalışmaları yavaşlamış ve bazı temel fiziksel kavramlara dayanan formüller yönlendirici rol oynamaya başlamıştır. Bu formüllerin ortaya çıkışında etki eden iki temel düşünce bulunmaktadır:

- Buharlaşma miktarını belirleyen tek etken yüzeydeki su içeriği değildir, toplam enerji de evapotranspirasyonu belirlemede önemli rol oynamaktadır.
- Yüzeyden atmosfere doğru gerçekleşen su buharı transferi, evapotranspirasyon hesabında oldukça önemlidir.

Yukarıdaki kavramların birleştirilmesi sonucu evapotranspirasyon hesabında daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmıştır. Sadece toprak su içeriğinin hesaba katılmasıyla yapılan evapotranspirasyon belirleme çalışmalarında pek çok problem ortaya çıkmıştır.

Dolaylı hesaplama yöntemlerinin içeriği ve kullanım amaçları iyi bilindiği takdirde, farklı beklentilerin oluşması, geliştirilme amaçları dışında kullanımları engellenmiş olur.

2.3. Meteorolojik Veriler Yardımıyla Evapotranspirasyonu Hesaplama Kullanılan Eşitlikler

Esas önemli nokta, kolayca erişilebilecek ve her meteoroloji istasyonunda ölçülebilen değişkenler yardımıyla buharlaşma miktarını belirleyen formüller elde edilmesidir. Bu formüllerin pratikte sundukları en önemli avantajlar aşağıda belirtilmiştir:

- Özel verilerin ölçümünü gerektirmemeleri nedeniyle, özel meteoroloji istasyonlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırmaları.
- Geçmiş zaman dilimleri için de evapotranspirasyon hesabının yapılabilmesini sağlamaları.

Bölgenin buharlaşma karakteri bu bağıntılar yardımıyla belirlenebilmektedir ve bölgedeki uç değerlere de ulaşılabilir. Kuraklık indeksinin belirlenmesi için çeşitli eşitlikler mevcuttur. Kuraklık indeksleri, potansiyel evapotranspirasyon için birer ölçüdür. Kuraklık indislerinde kullanılan genelde, yağışın potansiyel evapotranspirasyona oranıdır ve bu nedenle evapotranspirasyon eşitlikleri kuraklığı belirlemede çok önemli bir rol oynamaktadır.

2.3.1. Sıcaklık İle İlişkili Buharlaşma Eşitlikleri

Bu eşitlikler; buharlaşma miktarı ve sıcaklığın birbirleri ile olan ilişkisinden meydana gelmektedir. Aylık ortalama hava sıcaklığı ve potansiyel buharlaşma arasında görülen paralellik, yukarıdaki ana düşüncüyü desteklemektedir. Bu eşitlikler kullanılarak güneşlenme uzunluğu, enlem derecesi ve mevsim etkisi göz önüne

alınarak kolayca her meteoroloji istasyonundan elde edilebilecek sıcaklık verileri ile buharlaşma miktarı arasındaki ilişki gözlenebilir.

Aşağıda tüm dünyada kullanılmakta olan ve doğruluğu ispatlanmış, sıcaklık koşullarına dayanan iki eşitlik ele alınacaktır.

2.3.1.1. Thornthwaite Eşitliği

Sıcaklık değerleriyle potansiyel buharlaşma miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren Thornthwaite, potansiyel buharlaşma miktarının sadece sıcaklığın bir fonksiyonu olduğunu ve bölgenin ikliminin belirlenmesinde oldukça önemli rol oynadığını ortaya atmıştır. Bu sonucu çıkarmasındaki asıl neden potansiyel buharlaşma miktarının, buharlaşmayı yönlendiren kuvvetleri temsil ettiğini düşünmesidir. Bu kuvvet, yağışa karşı ne kadar büyük direnç gösterirse o bölgenin ikliminin de aynı oranda kurak olacağı ve bunun tersine ne kadar az direnç gösterirse, iklimin o kadar nemli olacağını belirtmektedir. Bu düşüncelerden yola çıkılarak Thornthwaite Eşitliğinin de temeli elde edilmiş olur. Thornthwaite Eşitliğin ana yapısı aşağıdaki şekildedir:

$$ETP = ct^a \quad (2.6)$$

ETP : Aylık potansiyel evapotranspirasyon.

t : Aylık ortalama sıcaklık.

c ve a : Her bölgenin iklimine bağlı olarak belirlenen sıcaklık indeksi faktörü katsayıları.

c ve a katsayıları, uzun yıllar boyunca yapılan iklimsel gözlemler sonunda ortaya çıkarılmıştır. Bu katsayıların ve sıcaklık indeksinin hesaba katılması sonucunda ve 30 günlük ay ve 12 saatlik güneş radyasyonu süresi gibi ideal değerler kullanılarak eşitliğe oluşturan ara eşitlikler elde edilir. Eşitlikteki bazı bileşenlerin idealize edilmiş olmaları nedeniyle sonuçta elde edilen buharlaşma miktarı da her bölge için yaklaşık bir değer olmaktadır. Bu nedenle, elde edilen sonucun her bölge için bir kontrole tabi tutulması gerekir. Bu kontrole ilişkin çalışmaların Siegert ve Schrödter tarafından 1975 yılında yapılmasıyla Thornthwaite eşitliği daha da geliştirilmiştir:

$$ETP=0.533f((10T_m)/J) \quad (2.7)$$

T_m : Potansiyel evapotranspirasyonun belirleneceği zaman aralığına ait ortalama sıcaklığı.

f : Ay uzunluğuna bağlı düzeltme elemanı.

J : Isı indeksi.

Elde edilen sonuç, zaman aralığı için (mm/gün) cinsinden buharlaşma miktarını vermektedir.

f 'e ilişkin eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$f = (N*d) / (12*30) \quad (2.8)$$

N : Gerçek gündüz uzunluğu.

d : Gerçek ay uzunluğu.

12 : İdeal gün uzunluğu.

30 : İdeal aydaki gün sayısı.

d değeri için sadece 28-31 arası sayılar alındığından (28 ve 29 sayıları Şubat ayı için, 30 ve 31 sayıları ise öteki aylar için), ay uzunluğu için bir bileşen kullanılarak, f değeri için daha basit bir eşitliğe ulaşılabilir:

$$F = N*k \quad (2.9)$$

k : Ay uzunluğu bileşeni.

Ay uzunluğu bileşeninin alacağı değerler ise aşağıda verilmiştir:

28 gün için (Şubat): $k = 0.0778$

29 gün için (Şubat, dört yılda bir): $k = 0.0806$

30 gün için: $k = 0.0833$

31 gün için: $k = 0.0861$

k bileşeninin kullanılması sonucu, f değeri, astronomik gün uzunluğunu veren tablolar yardımıyla daha kolay hesaplanabilir.

Thornthwaite eşitliği; su içeriği, klimatolojik araştırmalar için çok fazla kullanılmış olsa da bu eşitliğin verdiği sonuçların mükemmel olması beklenmemelidir. Örneğin; iklim koşulları nedeniyle Orta Avrupa bölgesinde troposferik nem, yılın ikinci yarısında yılın ilk yarısına oranla daha yüksektir; bu ise buharlaşma miktarının aynı sıcaklıkta olmasına rağmen yılın ikinci yarısında daha az gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Halbuki sadece sıcaklık ve gündüz uzunluğu değerlerini kullanmakta olan Thornthwaite eşitliği bölgelere özel iklimsel koşulları dikkate almaz ve Orta Avrupa’da seçilen bir bölgede yılın ikinci yarısı için buharlaşma miktarı hesabında Thornthwaite eşitliği kullanılırsa; gerçek değer, bu eşitlikten elde edilen değerden daha küçük olması beklenir. Siegert ve Schrödter’in, 1975 yılında yaptıkları çalışmalar sonucunda, Thornthwaite eşitliğinin başka eşitliklerle karşılaştırmalı olarak çeşitli yılların ikinci yarısına uygulandığında elde edilen değerlerin kabul edilemeyecek kadar büyük sapmalar gösterdiği görülmüştür (**Schrödter, 1985**). Thornthwaite eşitliği; özellikle sıcaklık farklarının az olduğu, buna karşılık atmosferik nem farklarının çok olduğu durumlarda hatalı sonuçlar vermektedir. Diğer deneysel eşitliklerde olduğu gibi Thornthwaite eşitliğinin de, geliştirildiği koşullardan farklı koşullarda kullanılması yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olmuştur.

2.3.1.2. Blaney-Criddle Eşitliği

Blaney-Criddle eşitliği sıcaklık ve gündüz uzunluğu değerlerini kullanan önemli bir eşitliktir. Bu eşitlik günümüzde tarımsal amaçlara hizmet etmek üzere dünya çapında kullanılmaktadır, tercih edilmektedir. Öncelikle hedeflenen belirli bir bölgedeki sulama koşullarının düzenlenmesidir. Bu nedenle eşitlik, bölgede buharlaşma yoluyla kaybedilen suya karşılık gelen miktarın bölgeye verilmesi ve bu şekilde su eksikliği nedeniyle bölgeden elde edilen verimin azalmasının engellenmesidir. Potansiyel evapotranspirasyona eşit olan bu su miktarı aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$CU = K \cdot f \quad (2.10)$$

CU : (mm/gün) cinsinden günlük ortalama su tüketimi

K : Bitkiye, bitkinin gelişme aşamasına ve iklim bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı deneysel bir katsayı (kurak bölgeler için 0.65 ile 0.85 arasında yer alır)

f : Su sarfiyat faktörü.

Su sarfiyat faktörü, metrik sistemde aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$f = ((25.4 T_m * p) / d) \text{ (mm/gün)} \quad (2.11)$$

T_m : °C cinsinden aylık ortalama sıcaklık

d : Ayın gün sayısı

p : Saat cinsinden gündüz saatlerinin, yıllık toplam gündüz saatlerine oranı

p değeri, coğrafi enlem derecesine bağlı olarak, astronomik gündüz uzunluğundan elde edilir. Bu değer elde edilebileceği birçok yardımcı tablo mevcuttur. Yukarıdaki temellere dayanılarak elde edilen Blaney-Criddle Eşitlikleri'nin en sık kullanılan şekilleri şunlardır :

$$ETP = 25.4 ((1.8 T_m + 32) / 100) p \text{ (mm/gün)} \quad (2.12)$$

$$ETP = p (0.457 T_m + 8.128) \text{ (mm/gün)} \quad (2.13)$$

T_m : °C cinsinden ortalama sıcaklığı göstermektedir.

Blaney-Criddle Eşitliği, Amerika Birleşik Devletleri'nin batısında uygulanmak üzere geliştirilmiştir ve bu eşitliğin diğer bölgelere uygulanması güvenilir sonuçlar vermez. Ancak; bir bölge için bitki türüne bağlı K katsayısı uygun şekilde düzenlendiğinde; bölgenin gerçek potansiyel evapotranspirasyon değerini veren eşitlikle, Blaney-Criddle Eşitliğinin (burada 2.13 Eşitliği) birbirine oldukça yakın olduğu görülür. Bu yakınlık, aşağıdaki regresyon eşitliğiyle kendini gösterir:

$$ETP = a + b (p(0.457 T_m + 8.128)) \text{ (mm/gün)} \quad (2.14)$$

Eşitlikteki a ve b katsayıları ilgili bölgenin iklimsel koşullarına dayanarak hesaplanır. Bu değerler özellikle güneş radyasyonuna, bağıl neme ve rüzgara bağlıdır.

Blaney-Criddle Eşitliğinin Orta Avrupa için kabul edilebilir bir şekli aşağıdaki gibidir:

$$ETP = -1.55 + 0.96(p(0.457T_m + 8.128)) \text{ (mm/gün)} \quad (2.15)$$

Bu denklemde ortalama sıcaklık haricinde ölçülen veya tahmin edilen bir değer bulunmamaktadır. Hesaplanan evapotranspirasyon değerini ayın gün sayısı ile ayrıca çarpmak gerekir. Blaney-Criddle Eşitliğinin her bölgenin iklim koşullarına göre düzenlenmesi gerekliliği, eşitlik için yapılan örnek uygulamalara bakıldığında açıkça ortaya çıkar. Denklemdeki sıcaklık haricindeki diğer veriler elde edilemezse, katsayıların (a ve b) çeşitli bölgeler için aynı alınması hatalı sonuçlar elde edilmesine neden olabilir, bu ancak geçici bir çözümdür.

2.3.2. Neme Bağlı Buharlaşma Eşitlikleri

Potansiyel evapotranspirasyonu tamamen ya da kısmen nem koşullarına bağlı olarak hesaplayan eşitliklerin temelinde, Dalton'un kapalı bir hacim için ortaya attığı buharlaşma yasası yatar: “ $V = (A/p) (E - e)$ ” eşitliğinde V, buharlaşan suyun, birim zamanda cm^2 başına düşen miktarını; p, atmosfer basıncını; (E-e), havanın bir t sıcaklığındaki doyma açığını; A, orantı faktörünü göstermektedir. Orantı faktörü (elemanı); içindeki havanın hareket halinde olmadığı kapalı bir hacim için, su buharının difüzyon katsayısına eşittir. Bu değer, 0°C 'de $0.212 \text{ cm}^2/\text{s}$ olarak belirlenmiştir.

Buharlaşmayı nem koşullarına dayanarak hesaplayan eşitlikler, pek çok meteoroloji istasyonunda ölçümü yapılabilen, havanın doyma açığı değerini kullanırlar. Esas amaç; buharlaşma sürecine etki eden doğal koşullar haricindeki faktörleri birer sabit ya da değişken şeklinde tanımlayarak, bu sabit veya değişkenlerin ortalama durum kabullerinin kullanılmasıyla buharlaşma sürecinin en iyi şekilde temsil edilmesidir.

2.3.2.1. Albrecht Eşitliği

Buharlaşma miktarının klimatolojik verilere dayanarak hesaplanması çalışmaları 40'lı yılların sonuna doğru hızlanmıştır. Albrecht'in 1950'de geliştirmiş olduğu eşitlik bu çalışmalar için bir rehber görevi görmüştür (**Schrödter, 1985**). Albrecht'in bu eşitliği günümüzde pek kullanılsa da bu rehberlik özelliği ile tarihsel bir öneme

sahiptir. Bu eşitlikte potansiyel evapotranspirasyon bir “muhtemel buharlaşma” değerine eşitlenir:

$$ETP = F(E_s - e)(\text{mm/ay}) \quad (2.16)$$

E_s : Aylık ortalama sıcaklık değerine karşılık gelen doyma buhar basıncını

e : Gerçekte ölçülen buhar basıncı değerlerinin aylık ortalamasını

F : Ortalama rüzgar koşullarına uygun olacak şekilde ($F=16$) bir orantı faktörünü göstermektedir.

Yukarıdaki eşitlik bir miktar değiştirilerek daha kısa zaman aralıkları için de uygulanabilir hale gelmektedir:

$$ETP=0.53(E_s - e) (\text{mm/gün}) \quad (2.17)$$

2.3.2.2. Haude Eşitliği

Haude tarafından ilk olarak 1952 yılında geliştirilen ve daha sonra yine Haude tarafından üzerinde çeşitli değişiklikler yapılan bu eşitlik, aslında Albrecht Eşitliği’nin düzenleme yapılmış bir halidir. Bu eşitlik, havanın doyma açığını ana parametre olarak kullanarak kullanılmaktadır. Haude Eşitliğini Albrecht’in Eşitliğinden ayıran en önemli özellik, ele alınan günün ortalama sıcaklık ve buhar basıncı değerleri yerine, o günün ikinci klima rasatından elde edilen değerlerin (yerel saatle 14:00’da ölçülen değerler) kullanılmasıdır. Böylece Haude Eşitliği aşağıdaki şekilde ortaya çıkar:

$$ETP=f(E_{s14} - e_{14}) \quad (2.18)$$

E_{s14} : Yerel saatle 14’te ölçülen sıcaklık.

e_{14} : Yerel saatle 14’te ölçülen buhar basıncı.

f : Orantı faktörü.

f değeri, Albrecht Eşitliğindeki F değerindeki gibi bir sabit değil, mevsime veya aya bağlı bir değişkendir. Doyma buhar basıncının sıcaklığa ve güneş radyasyonuna bağımlılık göstermesi nedeniyle Haude Eşitliği’nde de(Albrecht Eşitliği gibi), nem

yapısının yanı sıra enerji yapısının da buharlaşma miktarına etkisi dolaylı olarak dikkate alınmıştır.

Haude Eşitliğinin en büyük dezavantajı, eşitliğin belirli bir zamandaki doyma açığına göre buharlaşma miktarını hesap etmesi ve bu zaman için geçerli olan meteorolojik koşulları bütün günün karakteristiği olarak ele almasıdır. Hesaplanan bir değerin o günün gerçek değeri olması kesin değildir. Ancak, zaman aralığının büyük alınması ile, gerçek değerle hesaplanan değer arasında uyumluluk olduğu söylenebilir.

Haude Eşitliği pratikte çok yönlü bir kullanım alanına sahiptir, bu nedenle eşitlik tarımsal sulama zamanı ve miktarı konusunda karar verilmesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda, Haude Eşitliği, kendisinden çok daha karmaşık yapıya sahip hesaplama mekanizmalarının sağladığı başarıya oldukça yaklaşmış olduğu görülür. Bu eşitlik sonucu hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon değeri, ilgili bölgede yetişen bitkinin fenolojik gelişme aşaması dikkate alınarak düzeltilmelidir. Ancak bu, klimatolojik tabanlı tüm eşitlikler için bir zorunluluktur. Haude Eşitliğinin, toprak neminin yıllık hareketini hesaplamada Thornthwaite Eşitliğinden daha güvenilir olduğu, Siegert'in ve Schrödter'in 1975 yılında yaptıkları bir çalışmayla kanıtlanmıştır (**Schrödter, 1985**).

2.3.3. Çok Sayıda Değişkenin Kullanıldığı Eşitlikler

Klimatolojik veriler kullanılarak kolay, dolaylı buharlaşma miktarı hesabı yapılabilmesi için, evapotranspirasyonu etkileyen üç önemli faktörün (enerji yapısı, nem yapısı, havalandırma yapısı) en azından ikisi arasındaki deneysel ilişkiyi, gerekli değişkenlerle ya da ilgili regresyonlarla ortaya çıkarmak gereklidir. Dalton Eşitliği; ısı geçiş sayısı ile etkisi görülen havalandırma yapısını, rüzgar hızını içeren bir bileşen cinsinden ifade etmeye çalışan ilk eşitliktir ve bu bölümde yer alan eşitlikler için bir temel teşkil eder. Ayrıca bu eşitliklerde, güneş radyasyonunun doğrudan ya da en azından bir ilişki ile gün uzunluğuna bağlanılmasına çalışılmıştır.

Dikkat edildiğinde eşitliklerden aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir:

- Evapotranspirasyonu dolaylı olarak belirlemek gayesiyle ortaya çıkarılan eşitlikler bu amaca yeterli katkı yapmamaktadır.

- Kullanılacak eşitlik, tamamen kullanıcının inisiyatifindedir ve eldeki veriler karar vermede önemli rol oynar, çünkü bu verilere uygun, bu verileri kullanan eşitlikler kullanılmalıdır.

2.3.3.1 Meyer Eşitliği

1926 yılında geliştirilen Mayer eşitliği çok sayıda değişkeni birarada kullanan en eski eşitliklerden biridir. Benzer eşitlikler kadar kullanışlı bir denklem olmasına rağmen 1967 yılında Bereny'i tarafından ele alınana kadar gerekli önemi görmemiştir. Nem yapısının ile havalandırma yapısını dikkate alan Meyer Eşitliği aşağıda verilmiştir:

$$ETP=15(E_s-e)(1+0.224u) \text{ mm/30 gün} \quad (2.19)$$

Bu eşitliğin kullanılan bir diğer şekli de şöyledir:

$$ETP=0.5(E_s-e)(1+0.224u) \text{ mm/gün} \quad (2.20)$$

E_s : Aylık ortalama sıcaklığa bağlı olarak hesaplanan doymuş buhar basıncı.

e : Ölçülmüş buhar basıncı değerlerinin aylık ortalaması (mm Hg).

u : 2 m seviyesinde ölçülen rüzgar hızının aylık ortalaması (m/s).

2.3.3.2. Turc Eşitliği

Turc'un 1961 yılında geliştirdiği eşitlik, güneş radyasyonu, sıcaklık ve bağıl nem değerlerini kullanan, fakat rüzgar değerini hesaba katmayan deneysel bir eşitliktir. Özellikle Fransa'da geniş bir şekilde kullanılmakta olan Turc Eşitliği, aylık potansiyel evapotranspirasyon değerini aşağıdaki şekilde hesaplar:

$$ETP=0.4(T_m/(T_m+15))(R_s+50)(1+(50-RH)/70) \text{ mm/30gün} \quad (2.21)$$

T_m : °C cinsinden aylık ortalama sıcaklık

R_s : Ortalama global güneş radyasyonu ($\text{cal/cm}^2 \text{ gün}$).

RH : % cinsinden ortalama bağıl nem.

Çok az sayıda meteoroloji istasyonunda global güneş radyasyonu ölçülebilmektedir, halbuki gündüz uzunluğu ile ilgili ölçüm değerleri kolay elde edilebilir. Böylece global güneş radyasyonu değeri (R_s); ölçülen gündüz uzunluğunun (n) en uzun gündüz uzunluğuna (N) oranı ve atmosferin dışına gelen güneş radyasyonu (R_a) değerlerinin kullanılmasıyla şu şekilde hesaplanabilir:

$$R_s = R_a(0.18 + 0.62n/N) \quad (2.22)$$

R_a ve N değerlerinin pek çok durum için düzenlenmiş tabloları mevcuttur. Locoste; 1963 yılında yaptığı çalışmada, eşitliği için nomogramlar geliştirmiştir. Bu nomogramların yardımıyla eldeki veriler üç basit adımda hesaba tabi tutularak potansiyel evapotranspirasyon grafiksel olarak elde edilebilir. Bağlı nemin %50'nin altında olduğu durumlarda hesap adımı sayısı dörde çıkar.

Bağlı nem %50'nin üzerindeyse:

$$ETP = 0.0133(T_m/(T_m + 15))(R_a(10.54 + 36.31n/N) + 50) \text{ mm/gün} \quad (2.23)$$

Bağlı nem %50'nin altındaysa:

$$ETP = 0.0133(T_m/(T_m + 15))(R_a(10.54 + 36.31n/N) + 50)(1 + (50 - RH)/70) \text{ mm/gün} \quad (2.24)$$

R_a 'nın biriminin mm/gün olarak alınması önemlidir. R_a ve N değerleri için genellikle birimlerin de dikkate alındığı yardımcı tablolardan yararlanılır.

Turc Eşitliğinin de diğer eşitlikler gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Eşitlikte rüzgar faktörü ile ilgili herhangi bir bileşen bulunmaması ve eşitlikte sadece %50'nin altındaki bağlı nem değerleri için ek işlem yapılması nedeniyle bu eşitlikten elde edilen sonuçlar, geniş bir ölçüm istasyonu açısından ölçülen değerlerle sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır. Bu eşitliğin geliştirildiği Orta Avrupa'da genelde bağlı nem %50'nin üzerinde olduğundan Turc Eşitliği'nde bağlı nem %50'nin üzerinde kabul edilmiştir.

2.3.3.3. Geliştirilmiş Blaney-Criddle Eşitliği

Klimatolojik koşullar altında ortaya çıkan potansiyel evapotranspirasyon değerleri ile Blaney-Criddle eşitliği ile elde edilen değerler birbiriyle oldukça uyumludur. Bu

uyuma bir regresyon eşitliği olan (2.25) ile daha önce değinilmiştir. 1977 yılında Doorenbos ve Pruitt tarafından, 2.25 numaralı eşitlikteki a ve b elemanlarını ek meteorolojik değişkenlerin yardımıyla bulmak ve değerlendirmek amacıyla çeşitli klimatolojik koşullar altında araştırmalar yapılmıştır. Bu regresyon eşitliği Blaney-Criddle Eşitliğinin bir şekli olduğundan; yapılan bu çalışma sonucunda yeni bir Blaney-Criddle Eşitliği geliştirilmiştir (**Allen ve Pruitt, 1986**).

$$ETP=a+b(p(0.457T_m+8.128)) \text{ mm/gün} \quad (2.25)$$

Doorenbos ve Pruitt'a ait çalışmalar; a bileşeninin, minimum bağıl nem değerine ($RH_{\min}$) ve ölçülen gün uzunluğunun astronomik gün uzunluğuna oranına (n/N) bağlı olduğu belirlenmiştir. b bileşeniyse; a'nın bağlı olduğu değerlere ve gündüz süresi boyunca 2 m seviyesinde (m/s) cinsinden ölçülmüş rüzgar hızına (u) bağlıdır. a elemanı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$a = a_0 + a_1 RH_{\min} + a_2 n/N \quad (2.26)$$

b elemanı ise lineer olmayan bir ilişki yardımıyla elde edilir. Doorenbos ve Pruitt tarafından n/N ve u giriş verilerini kullanarak b bileşeni tabloları hazırlanmıştır.

Bağıl nemin minimum değerleri ve yerden 2 m yükseklikteki rüzgar hızı değerleri birçok meteoroloji istasyonunda ölçülen değerler değildir. Bu yüzden bu değerlere bazı kabuller yapılarak başka yöntemlerle erişilmesi gerekmiştir. Bağıl nemin minimum değeri yerel saatle 14:00'da yapılan ikinci ölçümde elde edilen değere eşit olarak kabul edilir. a elemanını veren aşağıdaki eşitlik ortaya çıkar:

$$a = 0.0043 RH_{14} - n/N - 1.41 \quad (2.27)$$

a değeri için de hazır tablolar mevcuttur. Bu tablolarda; ikinci klima rasatından okunan bağıl nem değeri ve ölçülen gündüz uzunluğunun en uzun gündüz uzunluğuna oranı kullanılarak a için gerekli sayılar elde edilir.

Doorenbos ve Pruitt tarafından b değeri için de yaklaşık sonuç veren lineer bir eşitlik geliştirilmiştir. Bu eşitliğin elde edilmesi için, Orta Avrupa iklim koşullarının dikkate alınarak 2m seviyesindeki günlük ortalama rüzgar hızı ve rüzgar şiddeti arasındaki bağımlılık araştırılmıştır ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$b=1.21+0.0545U_m+0.6n/N- RH_{14}/100 \quad (2.28)$$

U_m : Beaufort (Bofor) cinsinden günlük ortalama rüzgar şiddeti.

b değeri için de yardımcı tablolar mevcuttur. Bu tablolarda b değerinin U_m 'e, (n/N) oranına ve RH_{14} değerine gösterdiği bağımlılık dikkate alınmış ve b için muhtemel değerlere yer verilmiştir. Gereken veriler elde bulunduğu sürece a ve b elemanlarının alacağı değerler yukarıdaki (2.28) ve (2.27) eşitlikleriyle hesaplanabilir.

2.3.4. Fiziksel Açıdan Yarı Ampirik Eşitlikler

Yukarıda bahsedilen eşitliklerin tümü tam ampiriktir ve bu eşitlikler, evapotranspirasyonla bazı kolay ölçülebilir meteorolojik büyüklükler arasında stokastik bir bağıntıyı ortaya koymaya çalışırlar. Fiziksel açıdan yarı ampirik eşitlikler ise buharlaşma miktarını fiziksel incelemeler sonucunda elde etmeye çalışırlar. Bu eşitlikler; toplam enerji ve kütle transferi gibi temel kavramları ve bu kavramlarla, ölçümü zor bazı etkenlerin ilişkisini ele alarak, evapotranspirasyon hesabı yaparlar. Sözü edilen ilişkinin belirlenmesi, evapotranspirasyon hesabı için bir dizi ara hesap evresini kapsadığından, bu eşitlikler tam deneysel olarak değerlendirilmezler ve yarı deneysel eşitlikler olarak adlandırılırlar.

Yarı ampirik eşitliklerin geliştirilmesi çalışmalarının temeli Penman ve arkadaşları tarafından atılmıştır. Bu çalışmalarda Penman'ın bazı temel düşüncelerinden yola çıkılmış ve su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşmanın daha kolay yollardan belirlenmesine çalışılmıştır. Bu çalışmaların, mevcut formüllerde ki ampirik kısımların daha da basitleştirilmesini öngörmeleri, daha sonra geliştirilen yarı deneysel eşitliklerin temelini atmıştır. Bu kısımda ele alınacak olan eşitliklerden olan Makkink Eşitliği, potansiyel evapotranspirasyon hesabında ampirikliği tamamen etkisiz hale getirmeyi deneyen bir yöntemi temsil eder. Suyun topraktan bitkiye geçişi, bitkiden de atmosfere iletilmesi süreçlerinde ortaya çıkan direnç kuvvetlerinin incelenmesi potansiyel evapotranspirasyondan aktüel (gerçek) evapotranspirasyona geçişi mümkün kılar (**Çaldağ, 1997**).

Bu eşitliklerin her biri kendi özel kullanım amaçlarına hizmet eder (deneysel eşitliklerde olduğu gibi); yani her eşitlik, farklı kullanım alanlarında farklı güvenilirlikte sonuçlar verir. Son yıllarda bu eşitlikleri kullanan gelişmiş modelleme

çalışmalarının yapılması, standart bir klima istasyonunda ölçülen verilerin giriş verileri olarak değerlendirilerek gerçek evapotranspirasyona ulaşılmasına katkı sağlamıştır. Nitel ve nicel açıdan ilerleyen bu modelleme çalışmaları, yarı deneysel eşitliklerin kullanım alanının genişlemesini sağlamıştır. Bu bölümde önce, basit bir eşitlik olan Makkink'in radyasyon eşitliği ele alınacaktır. Ardından; görünüşte daha karmaşık olan ama kombinasyonla oldukça basitleşen Penman Eşitliğine değinilecektir.

2.3.4.1. Makkink'in Radyasyon Eşitliği

Tam deneysel eşitliklerden fiziksel temelli yarı ampirik eşitliklere bir geçiş olarak ele alınabilecek olan bu eşitlik, Hollanda'da yapılan lizimetre ölçümlerinden elde edilen sonuçlarla geliştirilmiştir. Makkink Eşitliği, aşağıdaki Penman Eşitliği'ne dayanır:

$$ETP = (s \cdot R_n + \gamma \cdot f(u) \cdot (E_s - e)) / (s + \gamma) \quad (2.29)$$

R_n : Evapotranspirasyonun gerçekleştiği yüzeyin enerji bilançosu.

$f(u)$: Rüzgarın bir fonksiyonu

$(E_s - e)$: Havanın doyma açığı

s : Sıcaklığa bağlı olarak doyma buhar basıncı eğrisinin eğimi.

γ : psikrometre sabiti.

Makkink; ventilasyonu gözardı etmiş ve bir “denge evapotranspirasyonu” tanımlamıştır. Yeteri kadar genişlemiş nemli bir alan için adveksiyon ısı akısı geri planda kalır. Böylece evapotranspirasyon, güneş radyasyonu bilançosuna ve toprak ısı akısına bağlı olan enerji kazancı yardımıyla hesaplanabilir. Sözü edilen denge evapotranspirasyonunu veren eşitlik, aşağıdaki gibidir:

$$E_{eq} = s / (s + \gamma) (R_n + G) \quad (2.30)$$

G : Toprak ısı akısı

Bölümde ele alınan Bowen Oranı (H/IE) ile yakından ilgilidir.

Penman eşitliğinde toprak ısı akısına yer verilmediği görülmektedir. Makkink, bu basitleştirmeye ek olarak, güneş radyasyonu bilançosunu (R_n) toplam (global) radyasyona eşit kabul etmiştir. Bu kabulden ve ventilasyonun ihmalinden kaynaklanan hatalar ise regresyon bağıntılarıyla yok edilmiş ve potansiyel evapotranspirasyon için aşağıdaki eşitlik bulunmuştur:

$$ETP = -0.12 + 0.61(s/(s+\gamma))R_s \quad (2.31)$$

(2.31) Eşitliği, sadece kendi geliştirildiği bölgenin iklimsel verilerini kullandığında sağlıklı sonuç vermektedir. Bu eşitliğin daha genel kullanımının sağlanması için, eşitlikteki a ve b sabitlerine müdahale etmek gerekir. Bu amaçla Doorenbos ve Pruitt, 1977 yılında yaptıkları çalışmada çeşitli iklim koşulları için karşılaştırmalı ölçümler yapmışlardır. Sonuçta; a için -0.3 gibi bir sabitin kullanılabileceği; b'nin ise, günlük ortalama bağıl neme ve 2 m seviyesinde ölçülmüş rüzgar hızına bağlı bir değişken olarak ele alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Böylece (2.31) Eşitliğinin genelleştirilmiş hali aşağıdaki şekilde elde edilmiştir:

$$ETP = -0.3 + b(s/(s+\gamma))R_s \text{ (mm/gün)} \quad (2.32)$$

Günlük ortalama bağıl nem ve 2 m seviyesinde ölçülmüş rüzgar hızı arasındaki ilişkiyle de b değişkeni elde edilir:

$$b = 1.165 + 0.043U_m - 0.00575RH_m \quad (2.33)$$

($s/(s+\gamma)$) değerlerini vererek hesap kolaylığı sağlayan yardımcı tablolar da mevcuttur.

Toplam güneş radyasyonu için ölçülmüş değerlerin çok az sayıda istasyonda yapılması sorunu, bu değeri veren aşağıdaki Doorenbos-Pruitt ortak eşitliğiyle çözülür:

$$R_s = R_a(0.25 + 0.50n/N) \quad (2.34)$$

R_a : (mm) cinsinden evapotranspirasyona uyarlanmış atmosferin dışına gelen (ekstraterrestrial) radyasyon.

n : Ölçülen gün uzunluğu.

N : Maksimum olası gün uzunluğu.

2.34 eşitliğindeki $a=0.25$ ve $b=0.50$ katsayılarına kullanıcılar tarafından farklı değerler atanmaktadır. Avrupa için a değeri 0.15 ile 0.23 arasında değişirken b değeri 0.50 ile 0.62 arasında yer alır.

$$R_s = R_a(0.2 + 0.5n/N) \quad (2.35)$$

Makkink'ın radyasyon Eşitliği için yapılan örnek uygulamalara bakıldığında; hesaplama yoluyla tahmin edilen toplam güneş radyasyonu değeriyle ölçülen güneş radyasyonu değerleri arasındaki farkın, elde edilen potansiyel evapotranspirasyon değerlerinde önemli bir hataya neden olmadığı görülebilir. Ekstraterrestrial radyasyonun ve gündüz uzunluğu süresinin yardımıyla toplam radyasyonun hesaplanmasında yaz aylarında yapılan hata, kış aylarındakine nazaran daha azdır.

2.3.4.2. Penman'ın Kombinasyon Eşitliği

Penman'ın temel fiziksel düşüncelerden yola çıkarak geliştirdiği bu eşitlik, kısa çim yüzeylerinden ve serbest su yüzeylerinden meydana gelen evapotranspirasyonu belirlemeye çalışır. Yarı ampirik eşitliklerin atası olarak nitelenebilecek olan bu eşitlik, sonraki yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından tekrar tekrar ele alınmış ve geliştirilmiştir. Çeşitli model çalışmalarında bu eşitliğe yer verilmiş ve bu eşitliğin yardımıyla, toprak-bitki-atmosfer sisteminin karmaşık işleyişi anlaşılmaya çalışılmıştır. Örneğin sadece suyun topraktan bitkiye geçişi ve bitkiden atmosfere karışması süreçleri değil, gizli ve hissedilir ısıнын aktarılmasına etkiyen aerodinamik faktörler ve bitki örtüsünün fenolojik yapısı da anlaşılır hale gelmiştir. Penman'ın kombinasyon eşitliğinin öncülük ettiği yarı ampirik fiziksel eşitlikler, geliştirilmeye, tam ampirik eşitliklerden daha müsaittirler. Ölçümü zor verilerin pratik kullanım için şart olmaması, Penman Eşitliği'ni (düzenlenmiş Penman Eşitliği'ni) dünya çapında uygulanır ve tavsiye edilir eşitliklerin ilk sırasına oturtmuştur.

Penman ilk olarak toplam enerji eşitliğini ele almıştır. Bu eşitlikten yola çıkan Penman; güneş radyasyonu bilançosunu uzun ve kısa dalgaboylu radyasyonlar için ayrı ayrı ele alarak ve toprak ısı akısını uzun bir zaman aralığı kabulüyle ihmal ederek, toplam enerji eşitliğini modifiye etmiş ve toplam ısı enerjisini veren aşağıdaki eşitliği bulmuştur:

$$IE+H=R_{ns}-R_{nl} \quad (2.36)$$

R_{ns} : Net kısa dalgaboylu radyasyon.

R_{nl} : Net uzun dalgaboylu radyasyon.

Penman, transfer katsayısını rüzgarın bir fonksiyonu olarak ele almış ve bu fonksiyonu havanın doyma açığında hesaba katmıştır.

Penman'ın potansiyel evapotranspirasyon eşitliği aşağıda verilmiştir:

$$ETP=(s*R_n+\gamma*f(u)*(E_s-e))/(s+\gamma) \quad (\text{mm/gün}) \quad (2.37)$$

Bu eşitliğin daha kullanışlı bir hali aşağıdaki gibidir:

$$ETP=(s/(s+\gamma))R_n+(1-s/(s+\gamma))(E_s-e)f(u) \quad (\text{mm/gün}) \quad (2.38)$$

s : Buhar basıncı ile sıcaklık arasındaki eğrinin eğim

γ : Psikrometre katsayısı

R_n : Net radyasyon

E_s : Tm sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı

E : Gerçek buhar basıncı

u : Rüzgar hızı.

R_n 'in belirlenmesinde ($R_n = R_{ns} - R_{nl}$) eşitliği kullanılır. $f(u)$ değeri de u için rüzgarın 2 m seviyesinde (km/gün) cinsinden gün boyunca izlediği yol olarak alınırsa, (2.38) eşitliği aşağıdaki gibi olur:

$$ETP=s/(s+\gamma R_n+(1-s/(s+\gamma))(E_s-e)0.27(1+u/100) \quad (\text{mm/gün}) \quad (2.39)$$

Penman'ın bu eşitliği de kendisinin geliştirildiği iklim koşullarına dayanır. Bu durum özellikle rüzgar fonksiyonu elde edilirken yapılan su yüzeyi ve kısa kesilmiş çim yüzeyi kabullerinde ortaya çıkar. Farklı iklim koşullarında rüzgar fonksiyonunun spesifik fonksiyonlar olarak elde edilmesi gerekir. Ayrıca günlük rüzgar yolunun kullanımı, adveksiyon nedeniyle rüzgar hızında meydana gelen gece-gündüz farkının

da ele alınamamasına neden olur. Bu sorunları ortadan kaldırmak ve Penman Eşitliğinin dünya çapında kullanımını mümkün kılmak için çalışan Doorenbos-Pruitt ikilisi; yaptıkları sayısız araştırmalar (bu araştırmalar karşılaştırmalı uygulama denemelerini kapsar) sonucunda, Penman Eşitliği'nin genelleştirilmesini sağlayan bir c düzeltme elemanı buldular. Böylece eşitliğin genelleştirilmiş hali aşağıdaki gibi olmuştur:

$$ETP = c((s/(s+\gamma))R_n + (1-s/(s+\gamma))(E_s - e)0.27(1+u/100)) \quad (2.40)$$

Düzeltilme elemanı c; her bir iklim bölgesinin kendine özgü bağıl nem maksimumuna ve (yine iklim bölgesine özgü olan) rüzgar hızının (gündüz/gece) oranına bağlıdır. Düzeltme elemanı olan c değeri; gündüz boyunca gerçekleşen toplam güneş radyasyonuna ve rüzgar hızına da bağlıdır. Yukarıda belirtilen ilk iki özellik Orta Avrupa koşulları için sabit alınabileceğinden, bu değerleri veren yardımcı tablolar düzenlenmiş ve c değeri, son iki özeliğe bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle bulunur hale gelmiştir:

$$c = 0.79 - 0.034U_m + 0.028R_a \quad (2.41)$$

Penman Eşitliğinin değiştirilmiş biçimi görünüşte karmaşık olmasına rağmen (daha önce de belirtildiği gibi), her klima istasyonundan ölçülebilecek büyüklükleri içermesi itibarıyla kullanışlıdır (**Burman ve Pochop, 1994**).

2.3.4.3 Penman Monteith Kombinasyon Eşitliği

Penman metodu Monteith tarafından büyük ölçüde geliştirilmiştir (**Burman ve Pochop, 1994**). Penman- Monteith metodu, bitki direnç ve daha çok aerodinamik direnç parametrelerinin kullanımı esasına dayanmaktadır. Bu metod üzerindeki çalışmalar günümüze kadar devam etmiştir. Yapılan son değişikliklerle, Penman-Monteith metodu, günümüzde ET hesabında kullanılmaktadır. Orijinal eşitlik kısa periyot hesabına uygundur, günlük periyot hesapları için çeşitli eklemeler ve değişiklikler yapılması gerekmiştir.

$$ETP = (s(R_n + G) + \gamma f(u)(E_s - e)) / (s + \gamma) \text{ (mm/gün)} \quad (2.42)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2.43)$$

$$R_{ns} = 0.75 R_s \quad (2.44)$$

$$s = 4098 E_s / (T + 237.3)^2 \quad (2.45)$$

$$E = E_s / (RH/100) \quad (2.46)$$

$$\gamma^* = \gamma [1 + r_c/r_a] \quad (2.47)$$

Aerodinamik direnç r_a bazıları tamamiyle deneysel sonuçlara bağlı olarak çıkarılmış pek çok formüle sahiptir. Bağntıların pek çoğu kararlı belirli bir durum için geçerlidir, oysa gerçekte hem kararlı hem de kararsız durumlar meydana gelmektedir. Aerodinamik direnç, hava ile bitki yüzeyi arasındaki sürtünmeyi kapsar. Akışkan sürtünme denklemlerinin tamamı, deneyler sonucu bulunmuş bir bileşen içerir. Bu nedenle tüm bağntılarda deneysel olarak elde edilmiş, fiziksel anlamlara sahip sabitler yer almaktadır (**Burman ve Pochop, 1994**).

Kısmen ıslak yüzey koşullarında bu eşitliğin kullanılması buharlaşma hesabında hatlara yol açmaktadır (**Shuttleworth, 1976; Lafleur ve Rouse, 1990**).

2.4 Buharlaşma Modelleri

Modeller, saha çalışmalarıyla zor elde edilen gözlemlerin simülasyon ile tahmin edilmesine yarayan faydalı araçlardır. Aynı zamanda karmaşık sistemlerin parçalara ayrılarak irdelenmesinde önemli rol oynamaktadır. Aşağıda dünya da kullanılan evapotranspirasyon modellerinin özellikleri açıklanmıştır.

2.4.1. ENWATBAL

ENWATBAL (Energy and Water Balance) evapotranspirasyonu belirlemeye yarayan modellerden biridir. Genellikle pamuk bitkisi için buharlaşmayı tahmin etmekte kullanılmıştır (**Lascono and van Bavel, 1986; Lascano ve ark., 1987**). Diğer bazı bitkiler için de kullanılabilir.

ENWATBAL'in temel amacı, ayrı şekilde, toprak ve bitki buharlaşmasının bitki gelişimi ve atmosferin bir fonksiyonu olarak, toprak – bitki – atmosfer sisteminde enerji ve su dengesi yöntemleri ile hesaplamaktır (**Evelt ve Lascano, 1993**).

ENWATBAL toprak – bitki - atmosfer su sisteminin enerji ve su dengesinin bir boyutlu sayısal modelidir. Toprak yüzeye yakın çeşitli katmanlara bölünür. Bitki örtüsü kalınlığı olmayan bir seviye olarak düşünülmüş ve bu sebeple su tutmadığı kabul edilmiştir. Atmosfer bilinen buhar basıncı ve sıcaklığı ile birlikte kaynak ve alıcı olarak tanımlanmıştır.

ENWATBAL aşağıda belirtilen veriler ile çalışmaktadır.:

- günlük yaprak alan indeksi,
- kök derinliği,
- her katman için kalınlık, su içeriği verilerinden oluşan başlangıç toprak verileri,
- yağış ve sulamanın derinlik ve süre bilgileri
- atmosfer ve bitki parametreleri

Bu bilgilerin temin edilmesi ve istenilen biçimde modele yüklenmesi durumunda ENWATBAL oldukça başarılı bir modeldir. Ancak söz konusu modeli kullanmak için incelenecek bölgenin ihtiyaç duyulan verilerinin temin edilmesi, kullanım için ise iyi bir analizin yapılması gerekmektedir.

2.4.2. REF-ET Modeli

REF-ET modeli referans evapotranspirasyon hesaplaması için geliştirilmiş içerisinde değişik parametreleri barındıran bir yazılımdır. İstenilen veri dizilişinde verileri okuyabilmekte ve birim altyapısına destek vermektedir. İlk olarak 1990 yılında geliştirilmiş olan bu model 1999 günümüz bilgisayarlarında kullanılacak şekilde revize edilmiş ve arşivine Penman-Monteith denklemleri ilave edilmiştir.

Kullanıcı arayüzünde oldukça büyük eksiklikler göze çarpmaktadır. Kullanım için giriş dosyalarının seçilmesi gerekmektedir.

2.4.3. Oklohoma Evapotranspirasyon Modeli

Oklohoma Evapotranspirasyon Modeli bitki örtüsünden buharlaşma ve terleme yolu ile meydana gelen su kaybını belirlemeye yarayan atmosfer parametrelerine bağlı bir modeldir. Oklohoma Mesonet'ten aldığı meteorolojik verilere göre günlük çim referans evapotranspirasyonunu hesaplamaktadır. Bu değeri kullanarak diğer bitki tipleri için de evapotranspirasyonu belirlemektedir.

Model Penman-Monteith bağıntısını kullanmaktadır. Ancak bağıntı içerisinde kullanılan bazı parametreler çevre ve bölge koşullarına özelleştirilmiştir. Toprak ısı akısı 0 olarak alınmıştır. Özellikle güneş radyasyonu parametresi Mesonet bölgesine göre 5 yıllık verilerden faydalanılarak özelleştirilmiş bir bağıntı ile elde edilmektedir.

Oklohoma Evapotranspirasyon Modeli aşağıdaki verilerden faydalanmaktadır.

- Güneş radyasyonu (W/m^2)
- 2 m Rüzgar hızı (m/s)
- 1.5 m Hava sıcaklığı (C)
- 1.5 m Bağıl nem (%)
- Hava Basıncı (kPa)

Belirtilen modellerin içerdiği buharlaşma bağıntılarını kullanan başka modeller de mevcuttur

Üçüncü bölümde bu çalışma kapsamında geliştirilen modelin ayrıntılı açıklaması yapılacaktır.

3. BUHARLAŞMANIN HESAPLANMASINA VE BELİRLENMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN PROGRAMIN ÖZELLİKLERİ

3.1 Giriş

Günümüzde, birinci bölümde belirtilen eşitlikleri baz alarak hazırlanmış çok sayıda buharlaşma modeli vardır. Fakat bu modellerin kullanılabilmesi için model içerisinde kullanılan bağıntıların ve parametrelerin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Zira bağıntılarda kullanılan parametrelerin ne anlama geldiğini bilmek, kullanılacak arazinin şartlarına, çevre koşullarına uygunluğunu tespit etmek gerekmektedir. Ancak bu aşamalardan geçtikten sonra, veri alınıp bir model yardımı ile analiz edilebilir ve sağlıklı sonuçlara ulaşılabilir.

İncelenen modellerde aşağıdaki durumlar tespit edilmiştir:

1. Bazı modeller verdiği sonuçlar bakımından başarılı olmasına rağmen kullanım olarak kullanıcıyı zor durumda bırakmaktadır..
2. Bazı modeller uygulanacak yöreye uygun olamayabilir. Bu modeller yöreye uygun hale getirmek için çalışma sistemine müdahale edilmesine izin vermemektedir.
3. Modeller belli bir eşitlik veya eşitlik grubunu ele almaktadır. Geniş çaplı bir model analizi yapmak için çok sayıda ayrı program ile çalışmak ve çıktılarını değerlendirmek gerekmektedir.
4. Genelde bir modelde bulunan eşitliklerin değiştirilmesine izin verilmemektedir.
5. Modellerde çalışma şartlarına uygun bir bağıntı geliştirilmesine imkan verilmemektedir.

Bu çalışmada hazırlanan yazılımın ismine CALCET (Calculation of evapotranspiration) verilmiştir. CALCET programı diğer modellerin yukarıda belirtilen eksik veya olumsuz yanlarını da göz önünde bulundurarak tasarlanmış ve içeriği bu doğrultuda zenginleştirilmiştir. Ayrıca proje kapsamına bulanık mantık motoru eklenmiş ve bağıntıların bulanık mantık desteği ile oluşturulmasına imkan tanınmıştır.

3.2 Bulanık Mantık

İnsanlar günlük hayatında kesin olmayan bir çok durum ile karşılaşmaktadır. Bu durumlar karşısında kesin planlanmış sayısal sonuçlara varılabilmesi için bazı kabullerin yapılması gerekmektedir. Mühendislik çalışmalarında bu varsayım ve kabullere kesinlik kazandırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak insan algısının dışına doğru çıkan durumlar belirsizlikler içermeye başlar. Örneğin limana yaklaşmakta olan bir gemi çok uzakta iken bir nokta daha sonra çizgi, ardından da yüksekliği ve derinliği olan bir cisme dönüşür. Böylece boyutlar arasında kesin geçişlerin olmadığı, kademeli bir geçişin olduğu akıl yolu ile bulunabilir.

İçinde bulunduğumuz yaşam karmaşıktır. Bu karmaşıklık bazı belirsizliklerin ve durumlar karşısında ortaya çıkan kararsızlığımızın bir sonucudur. Bilgisayarlar bu tür belirsiz durumları çözemezler. Çünkü çalışabilmeleri için sayısal verilere ihtiyaçları vardır. İnsanın bir olayı idrak edebilmesi, bilginin yetersiz olması sebebiyle tam anlamıyla mümkün değildir. Bu noktadan insan bilgisayardan farklı olarak canlandırma veya yaklaşık düşünme, eksik veri ile işlem yapabilme yeteğine sahiptir. Değişik durumlarda karşımıza çıkan bu belirsiz kaynaklara bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Sayısı fazla olan bilgi kaynağından gelen veriyi insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan bir sonuç çıkaramaz. Ayrıca bu kaynakların sadece sayısal olmadığı sözel verileri de içerdiği unutulmamalıdır.

Bulanık ilkeler konusunda ilk bilgiler Azerbaycan asıllı Lütfü Askerzade tarafından (**Zadeh, 1965**) literatüre geçirilmiştir. Fakat etkin olarak üzerinde çalışılmaya başlanması 1970'li yıllardan itibaren Doğu dünyasında özellikle Japonya'da

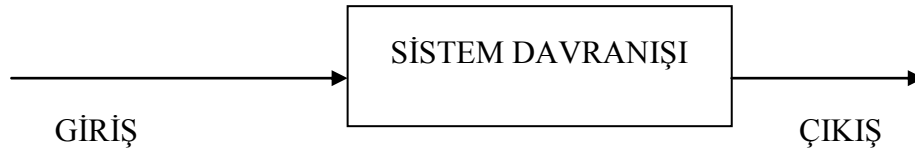
gerçekleşmiştir. Günümüzde bir çok teknolojik cihazda ve sistemde bulanık mantık kullanılır hale gelmiştir.

Bulanık mantık ilkelerinin ortaya atılması ile birlikte bir çok tenkitte beraberinde ortaya çıkmıştır. Özellikle istatistik ve ihtimal hesaplarında yapılan çalışmaların bulanık mantık ile çıkarılan sonuçları çıkartabileceği ileriye sürülmüştür. Daha da ileri gidilerek bu yöntemlerin bulanık mantıktan çok daha iyi sonuçlar verdiği iddia edilmiştir. Bu tartışmalar bulanık mantık uygulamasının o yıllarda henüz bulunmamasından ötürü çoğu zaman felsefik düzeyde kalmıştır (**Şen, 2001**).

Bulanık mantık ve sistemlerin dikkatleri çekmesi 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan bir kontrol uygulaması ile gerçekleşmiştir.

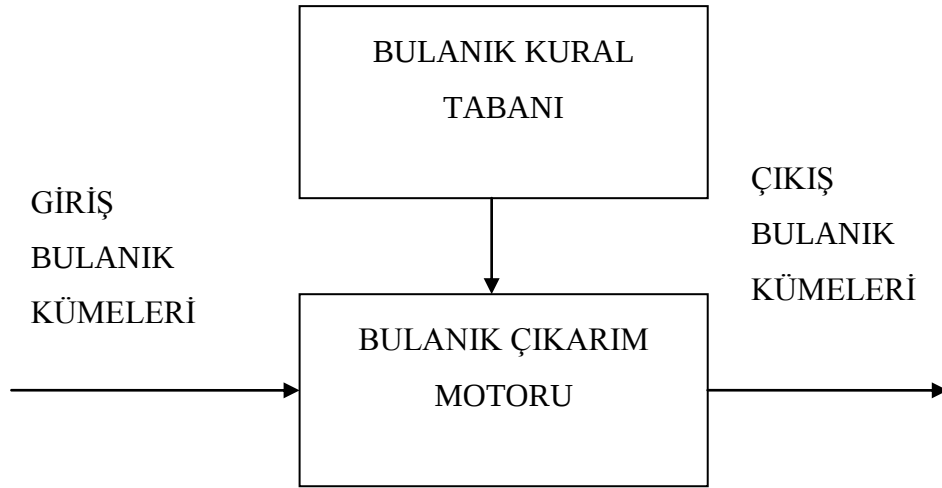
3.2.1 Bulanık Mantık Sistemi

Bulanık Mantık Sistemi'nde diğer modellerde olduğu gibi, giriş ve çıkış parametreleri vardır. Diğer modellerde veya sistemlerde giriş verilerine uygulanan çeşitli hesaplamalar ile çıkış verileri üretilmektedir (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Klasik Sistem (**Şen, 2001**)

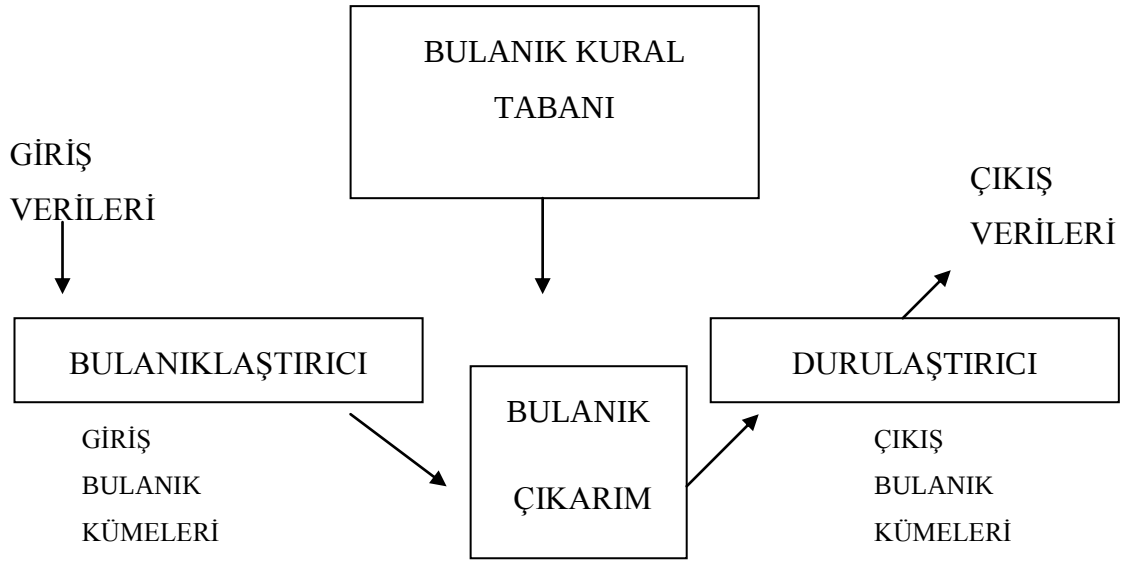
Klasik sistemlerde giriş ve çıkış birimleri sayısal bilgilerdir. Bulanık mantık sistemleri temel olarak 4 ana birimden oluşur:



Şekil 3.2 Genel Bulanık Sistem (Şen, 2001)

1. **Giriş Bulanık Kümeleri:** İncelenecek duruma ait bulanık giriş değişkenlerini içerir.
2. **Bulanık Kural Tabanı Birimi:** Giriş değişkenlerini çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER-İSE türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içeren birimdir.
3. **Bulanık Çıkarım Motoru Birimi:** Bulanık kural tabanında Giriş ve Çıkış bulanık kümeleri ile kurulmuş olan ilişkilerin değerlendirilip çıktıların oluşturulmasını sağlayan birimdir.
4. **Çıkış Bulanık Kümeleri:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı topluluğudur (Şen, 1998).

Bulanık sistemlerde çıkış ve giriş değişkenleri her zaman bulanık olmak zorunda değildir. Ayrıca sözel bilgilerin de işlenebilmesi doğrudan bu birimler ile mümkün değildir. Bu sebeple sisteme iki adet daha birim ilave edilmesi düşünülmüştür. Birincisi, girişlerin sayısal olmaları durumunda bir işleme tabi tutularak bulanıklaştırılmasına yarayan **bulanıklaştırıcı** birim. İkincisi ise bulanık olan çıktıların sayısallaştırılmasına yarayan **durulaştırıcı** birimdir. Bu birimlerin ilavesi sonucunda ortaya çıkan bulanık sistem Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem (Şen, 2001)

3.2.2 Bulanık Mantık ve CALCET

Bulanık mantık bu çalışmanın formül oluşturma ve hesaplama modülünde etkin olarak kullanılmıştır. Evapotranspirasyonun belirlenmesinde bir çok parametrenin etkili olması bulanık mantık ile sistemin bir bölümünün veya tümünün modellenebilmesi fikrinin oluşmasına neden olmaktadır.

3.3 CALCET' in amacı

CALCET, daha önce de belirtildiği gibi evapotranspirasyon hesabının karmaşasından kullanıcıyı kurtarması ve ona yol göstererek ET hesabında kullanılan formüllerin seçilmesinde yardımcı olması amacıyla tasarlanmış ve geliştirilmiş bir programdır. Esnek yapısı sayesinde diğer bir çok modelin aksine güncellenebilir bir formül arşivi ve buna bağlı olarak sabitler ve parametreler arşivi bulunmaktadır. Bu arşivlerin kullanımı ileriki kısımlarda açıklanacaktır. Programın amacını gerçekleştirmesi için kullanılan yöntemlerin getirdiği başka kolaylıklar da CALCET programında mevcuttur. Örneğin, sadece ET hesabının dışında diğer radyasyon eşitliklerinin, termodinamik eşitliklerinin de gerekli ayarlar yapılarak analiz edilmesi mümkündür. Ancak olayın temeli ET hesabının gerçekleştirilmesi üzerine kurulmuştur.

Daha önceki bölümlerde bahsedilen ET hesabı yöntemlerinin tamamını programa dahil etmek son derece kolaydır. Ancak programın bu sürümünde bazı sınırlamalar söz konusudur. Model hesap kolaylığı sağlaması dışında, ayrıca kullanıcıya iyi bir arabirim sunmaktadır. Çıktılarının diğer yardımcı araçlarla kolayca işlenebilmesi de programın tasarlanması aşamasında düşünülmüş ve amaçlara dahil edilmiştir. Programın en önemli özelliği ise, kişiden sadece talep etmemesi, öneri de yapmasıdır. Bu özellik kullanıcıdan elinde mevcut hangi tipte veriler olduğunu sorarak ve ona göre yöntem önererek gerçekleştirilmektedir.

3.4 Programın gereksinimleri

Program Windows platformu için geliştirilmiş bir masaüstü uygulamadır. Windows 98, NT ve XP üzerinde çalışabilir. İşlemci ve bellek açısından günümüzdeki bir çok standart bilgisayar tarafından sorunsuz çalıştırılabilir **(Cross, 1999)**. Ancak unutulmaması gereken, bilgisayarın hızının programlara doğrudan etki etmesidir. Bunun için işlemlerin hızlı sonuç vermesi açısından bilgisayarın performanslı olması kullanıcının yararınadır. Program, Visual Basic 6 işlem, ADO (ActiveX Data Objects) veri erişim kütüphaneleri ve de bazı bileşenlere ihtiyaç duymaktadır. Bunların olmaması durumunda tek başına program dosyası çalışmayacaktır. Bunun için programın “Kurulum” paketleri hazırlanmıştır. Şu an için bu sürümde programda her hangi bir kilitlenme veya şifreleme uygulanmamıştır. Program veritabanı olarak “Microsoft Access” i kullanmaktadır. Fakat “Microsoft Access” in kendisi gerekli değildir. Programın ileride kullanım hatasından veya diğer başka sebeplerle arızalanması durumunda doğrudan müdahale için gerekebilir. Programın 800x600 veya üstü grafik modunda çalıştırılması ekran üzerindeki her bileşenin rahatça kullanılmasını sağlar.

3.5. Programın işleyişi

Programın işleyiş ana yapısı kullanım kolaylığı oluşturma teması üzerine oturtulmuştur. İşlevsel olarak ise evapotranspirasyon hesabının gerçekleştirilmesi baz alınmıştır. Programın bileşenlerini oluşturan modüller ve ekranlar şunlardır:

- Açılış ekranı

- İşlev Seçim ekranı
- Formül Seçim ekranı
- Formül Önerme ekranı
- Parametre, Formül ve Sabitler düzenleme ekranı
- Proje ekranı, grafik izleme ekranı
- Bulanık Mantık Editör Ekranı
- Aktarıcı Modül
- Formül Parametre Veritabanı, Data dosyaları, Proje dosyaları
- Birim ekranı

Bu birimler arasındaki bilgi akışı aşağıdaki Şekil 3.4’de gösterilmiştir.

Bu ekranlar ve kodun işleyişi ayrı ayrı iki kısımda incelenecektir.

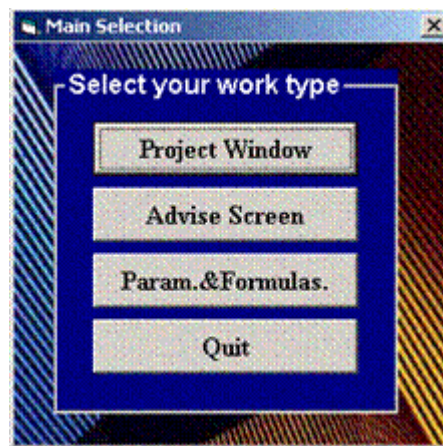
3.5.1. Projedeki ekranlar ve işlevleri

Program başarılı bir şekilde kurulup çalıştırıldığında ilk olarak ekrana, çalıştığı platform, logo ve diğer bazı sürüm bilgilerini içeren bir açılış ekranı çıkacaktır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Açılış ekranı

Açılış ekranının gösterilmesi aşamasında arka planda veritabanı açılır ve gerekli bilgiler yüklenir. Bu arada program bellekte bulunursa ikinci bir defa çalıştırılmaz. Kısa bir süre sonra işlev seçim ekranı çıkar (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 İşlev Seçim ekranı

Bu ekranda görülen 4 seçenek ve açıklamaları şunlardır:

- **Project Window:**Yeni bir çalışma veya mevcut bir çalışma dosyasını açmak için kullanılır. Formül Seçim ekranını açar.
- **Advise Screen :** Tavsiye ekranı, kullanıcı elinde olan verilere göre bir yöntem seçememişse buradan ona yol gösterilmesi bakımından bir arabirim sunar.
- **Parameters and Formulas:** Kullanıcının formül, parametre ve sabitler arşivine müdahale edebilmesi, düzenleyebilmesi, yeni formüller,sabitler veya parametreler ekleyebilmesi için hazırlanmış bir ekrandır.
- **Quit:** Programdan çıkmak için kullanılır

Şimdi sırasıyla bu seçeneklerin ardındaki ekranları inceleyelim.

3.5.1.1 Formül Seçim Ekranı

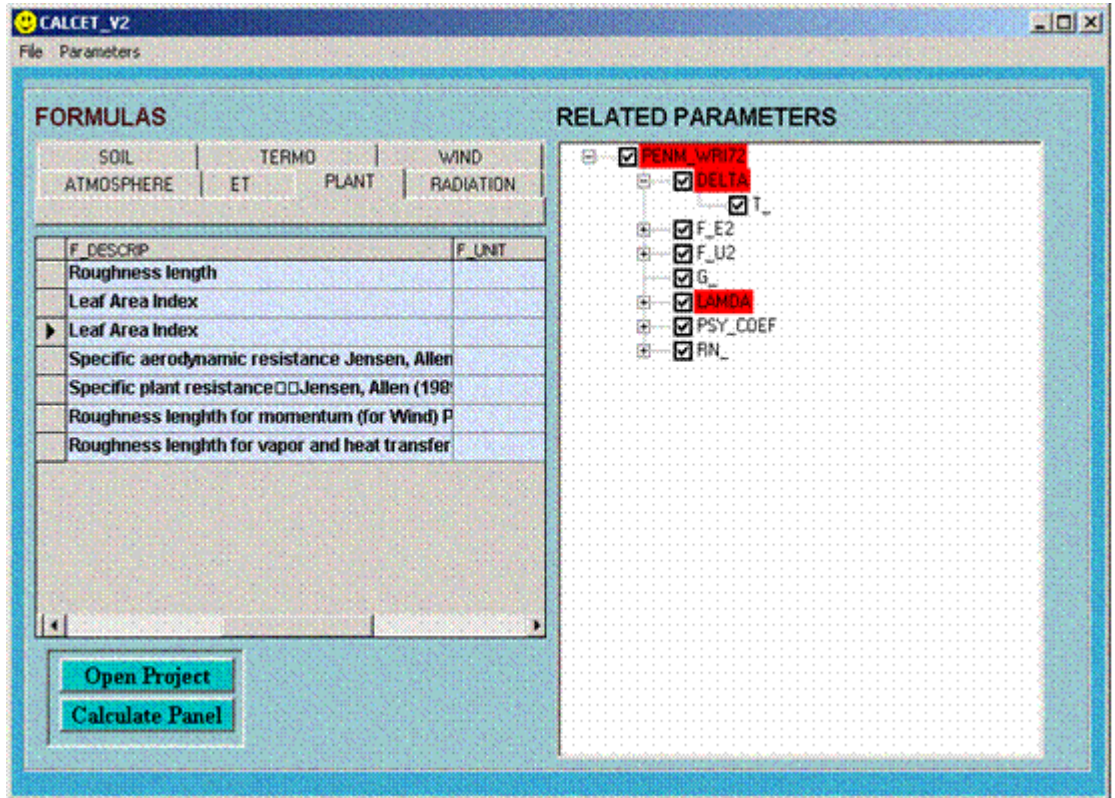
Programın temel mantığı “Formül Seçim Ekranı” üzerine oturtulmuştur (Şekil 3.7). Bu ekran aslında arka planda açılışta yüklenmiş durumdadır. Çünkü programın kullandığı bazı temel bağlantı ve yüklemeler bu ekranda gerçekleştirilmektedir.

Kullanıcı bu ekran yardımıyla mevcut formül arşivini kategorileştirilmiş olarak görebilir ve istediği bir formüle çift tıklayarak analize başlayabilir. Ya da daha önceden kaydettiği bir proje dosyasını açabilir. Bu ekranın temel bileşenleri ve açıklamaları şunlardır:

Formül tablosu: Mevcut formülleri ve açıklamalarını listeler. Yukarıdaki sekmelerden, istenen kategorideki formüller görülebilir. Bu tabloda analiz edilmek istenen formüle çift tıklandığında formülün ismi, sağ tarafta bulunan panele geçer.

Treeview: Sağda bulunan beyaz paneldir. Çift tıklanan formül ve ilişkili olduğu parametre listesi hiyerarşik bir yapıda burada görüntülenir. Elde hangi veriler varsa bu panel vasıtasıyla seçilir. Daha sonra programa eklenebilecek diğer bir seçenek ile ilişkili parametre araştırma adım sayısı ayarlanabilir. Program bu sürümünde 6.seviyeye kadar alt araştırma yapabilmektedir. Sağa doğru açılan bir yapıya sahip olan bu aracın üzerinde farenin gezdirilmesiyle parametrelerin açıklamaları görülebilir. İçerisinde bulunan küçük kutular işaretlenerek hangi parametrelerin

verilerine sahip olunulduğu sisteme bildirilir. Hesaplanması istenen formüldeki parametreler başka bağıntılara bağlı ise ve bunlar arşivde tanımlanmışsa, parametrenin yanında küçük bir kutu içerisinde “+” işareti belirir. Buna tıklanması durumunda o bağıntıya ait olan diğer alt parametreler belirir. Eğer onlarda diğer başka parametrelerle bağıntılı ise yine “+” işareti belirir ve bu işlem bu şekilde 6 adım sürdürülür. En dıştaki formül analiz edilmesi istenen formüldür ve kırmızı hale gelmeden hesaplama paneline geçilmez. Onun ve diğer parametrelerin kırmızı hale gelmemesi demek, o parametreyi hesaplamak için yeterli bilginin olmaması demektir. Yeşil renkte görülen parametreler ise sabitlerdir ve verilmelerine gerek yoktur.



Şekil 3.7 Formül Seçim Ekranı

Open Project düğmesi: Daha önce hazırlanmış olan bir çalışmayı açmak için kullanılır. Kullanıcı karşısına çıkan dizinden veya başka bir dizinden daha önce kaydettiği bir çalışmayı yükler.

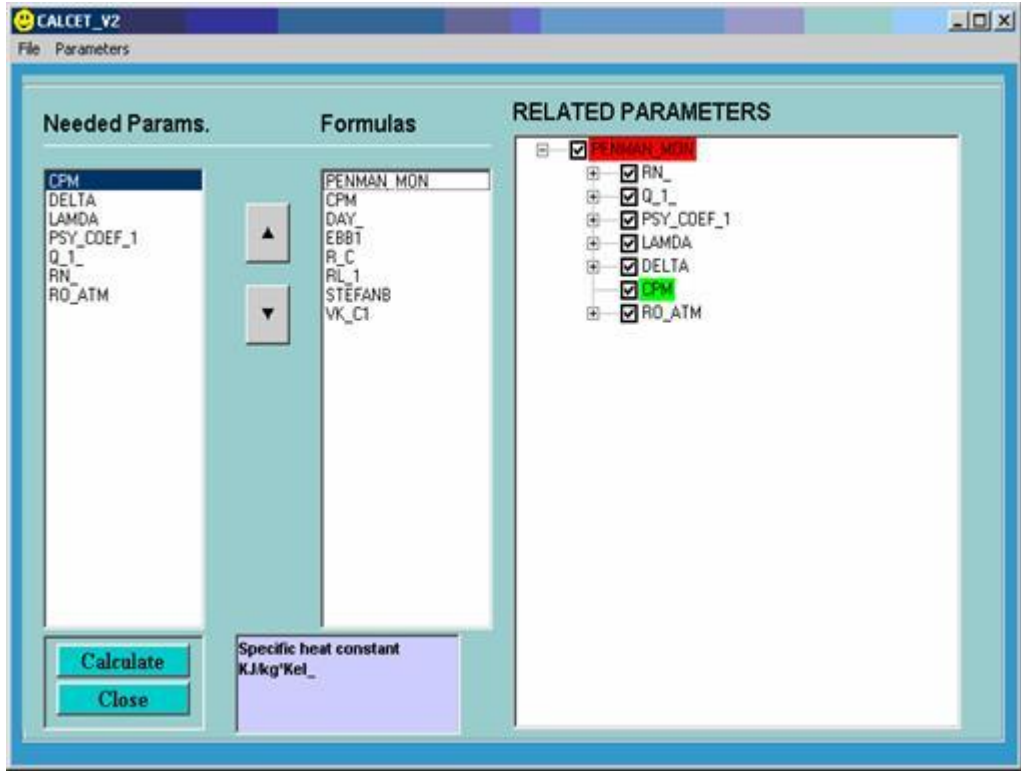
Calculate Panel düğmesi: Seçilmiş formül ve parametreler için hesaplama ve dizme panelini aktif hale getirir (Şekil 3.8). Bu panelden veri dosyası da okunmaktadır. Sol tarafta bulunan liste kutusunda seçtiği parametrelerin listesi sağ taraftaki liste

kutusunda ise hesaplanacak olan formüllerin bir listesi bulunmaktadır. Kullanıcı seçtiği parametrelerin veri dosyasında hangi sırada bulunduğunu da burada belirtir. Bunu yapmak için ortada bulunan “up” ve “down” düğmeleri kullanılacaktır. Sağ altta bulunan kutuda ise seçilmiş olan parametrelerin açıklamaları ve hangi birimde veri dosyasında bulunması gerektiği bildirilmektedir. “Read data and Calculate” düğmesi bütün ayarlar yapıldıktan sonra veriyi okumak ve proje ekranına geçmek için kullanılır. Veri dosyasının biçimi :

- Tabbed Text
- Excel 5,4

şeklinde olabilir. En uygun biçim çok kullanılan “tabbed text” biçimidir. Bir çok veri bu şekilde saklanır.

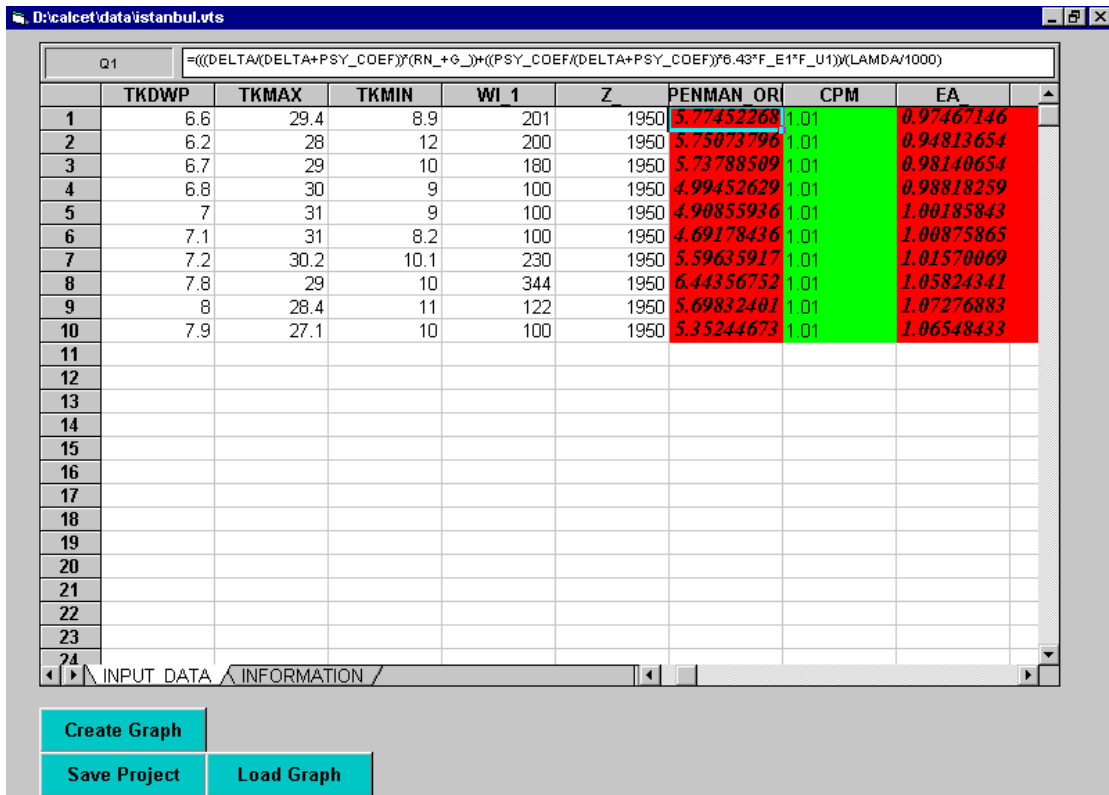
“Cancel” düğmesi ise bir önceki parametre seçim kısmına geri dönmek için konmuştur. Bu işlemlerle ilgili ayrıntılı bir örnek daha sonraki bölümde verilecektir.



Şekil 3.8 Hesaplama Paneli (Calculate Panel)

3.5.1.2. Proje Ekranı

Bu ekranda okunan verilerin ve hesaplanan değerlerin bir arada bulunduğu proje dosyası görüntülenir (Şekil 3.9). CALCET'in tüm yaptığı hesap bu ekran üzerinde gösterilir. Kolon isimleri seçilen parametrelere göre verilmiştir. Bu ekrandaki hesaplanan kolonlar kırmızı, sabit kolonlar ise yeşil rengi ile renklendirilmiştir. Böylece hangi kolunun veri, hangi kolunun hesaplanan değer olduğu kullanıcı tarafından kolayca ayırt edilebilir.



	TKDWP	TKMAX	TKMIN	WI_1	Z	PENMAN OR	CPM	EA
1	6.6	29.4	8.9	201	1950	5.27452268	1.01	0.97467146
2	6.2	28	12	200	1950	5.75073796	1.01	0.94813654
3	6.7	29	10	180	1950	5.73788509	1.01	0.98140654
4	6.8	30	9	100	1950	4.99452629	1.01	0.98818259
5	7	31	9	100	1950	4.90855936	1.01	1.00185843
6	7.1	31	8.2	100	1950	4.69178436	1.01	1.00875865
7	7.2	30.2	10.1	230	1950	5.59635917	1.01	1.01570069
8	7.8	29	10	344	1950	6.44356752	1.01	1.05824341
9	8	28.4	11	122	1950	5.69832401	1.01	1.07276883
10	7.9	27.1	10	100	1950	5.35244673	1.01	1.06548433
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Şekil 3.9 Proje Ekranı

Yukarıda bulunan giriş kutusu özel isteklere göre veya birimlerde dönüşüm yapmak için formülleri değiştirmek amacıyla konmuştur. “Create Graph” düğmesi seçili olan kolonları grafiğe dökmek için kullanılır. Önce kolonlar fare yardımıyla seçilir (“Ctrl” tuşuna basarak) ve “Create Graph” düğmesine basılır. Seçilen kolonlar ayrı ayrı seriler olarak görüntülenecektir. “Load graph” düğmesi ise, daha önceden hazırlanmış bir grafik varsa onu görüntülemek amacıyla kullanılır. “Save Project” düğmesi ise hazırlanan çalışma sayfasını kaydetmek için kullanılır.

Kayıt bir kaç farklı biçimde gerçekleştirilebilir. Bunlar:

- Özel VTS

- Microsoft Excel 5
- Microsoft Excel 4

biçimleri olabilir. Diğer seçeneklerin seçilmemesi daha doğru olur. Çünkü o seçeneklerde yaralan biçimler formül yerleşimini desteklemez.

Tüm parametrelerin ve hesaplanan kolonların ekrana sığmaması sebebiyle sağ alt kısımda iki eksen için kaydırma çubukları mevcuttur.

Proje ekranı iki ayrı kısımdan meydana gelmiştir. Bunlardan birincisi “INPUT_DATA” kısmı ikincisi ise “INFORMATION” kısmıdır. “INPUT_DATA” sekmesine tıklandığında okunan veriler ve hesaplan değerlerin bulunduğu sayfa gösterilir. “INFORMATION” sayfasında ise programın bu proje için kullandığı parametrelerin açıklamaları ve istenen birimler gösterilmektedir (Şekil 3.10).

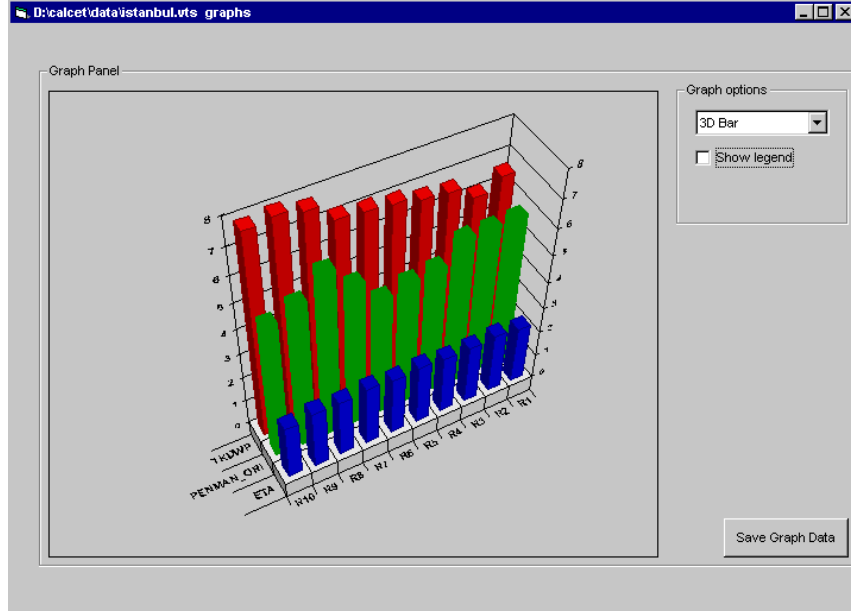
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ALBEDO	Albedo			PENMAN_ORI					1	1
2	DAY	Calendar day max radiation occurs								1	4
3	DAY_A	Calendar day under consideration								1	7
4	DAY_INM	Day in the month									
5	DELTA	Slope of vapor pressure and temperature relationsh	KPa/Kel								
6	G	Soil heat flux	MJ/(m2*Day)								
7	LAMDA	Latent heat of vaporization	KJ/kg								
8	LAT	Latitude									
9	MON	Month number									
10	PSY_COE	Psychrometric coefficient	KPa/Kel								
11	RS	Actual solar radiation	MJ/(m2*Day)								
12	TKDWP	Dew point temperature	Cel								
13	TKMAX	Daily max temperature	Cel								
14	TKMIN	Daily min temperature	Cel								
15	WI_1	Distance taken by wind in day	km/day								
16	Z	Elavation	m								
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

Şekil 3.10 Proje Ekranı 2. Kısım

Bu sayfa aynı zamanda grafik ve parametreler ile ilgili bazı bilgileri içerdiğinden sadece görüntülenmek maksadıyla hazırlanmıştır. Başka herhangi bir amaçla kullanılması proje dosyasının bozulmasına sebep olabilir.

3.5.1.3. Grafik ekranı

Bu ekranda bir önceki ekrandan seçilmiş olan kolonların grafiği gösterilir. Her seri bir kolonu temsil eder. Serilerin isimleri kolonların isimleri olarak kendiliğinden eksenin yanına yerleştirilir.



Şekil 3.11 Grafik Ekranı

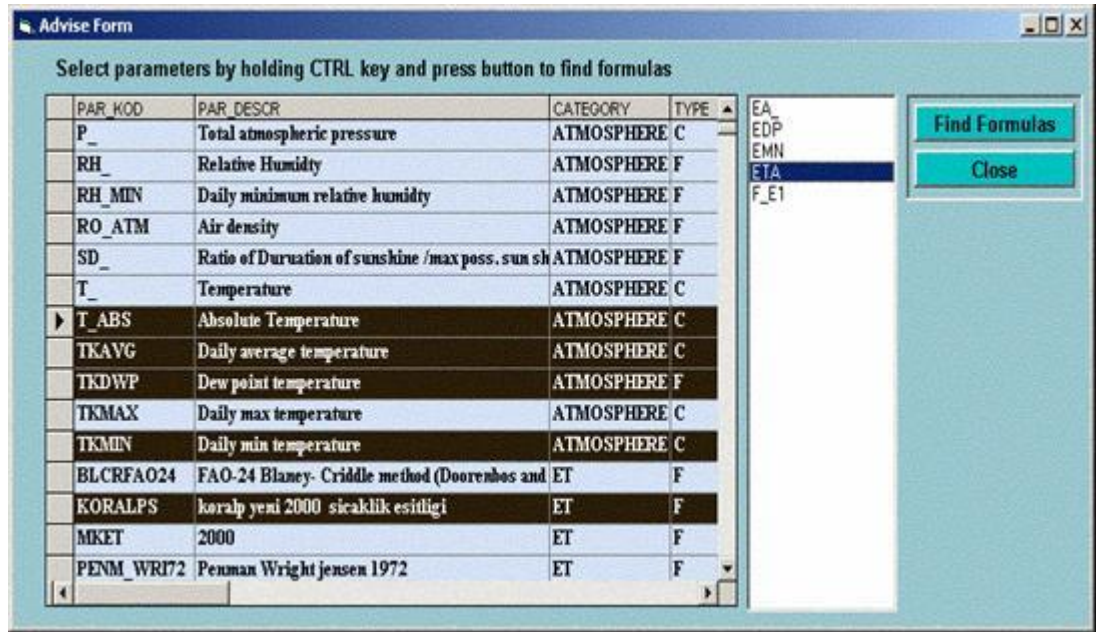
Üç boyutlu grafikleri “Ctrl” tuşuna basılı tutarak döndürmek mümkündür. Yanda bulunan kutudan istenen grafik türü seçilebilir. Kullanılabilecek grafik türleri şunlardır:

- "3D Bar"
- "2D Bar"
- "3D Line"
- "2D Line"
- "3D Area"
- "2D Area"
- "3D Step"
- "2D Step"
- "3D Combination"
- "2D Combination"
- "2D Pie"
- "2D XY"

Bu grafik türlerinden bazıları programın bu sürümünde kullanılamayabilir. Programın grafik özellikleri ilk sürümünde sınırlı aşamadadır. “Show legend” seçeneği serilerin isimlerini grafiğin yanında belirtmeye yarar. “Save Graph Data” düğmesi sayesinde grafik bilgileri proje dosyasına kaydedilir.

3.5.1.4. Formül önerme ekranı

Buraya kadar açıklanan ekranlar, işlev seçim ekranındaki “Project Window” düğmesinin ardından gelebilecek ekranlardı. Bu kısım işlev seçim ekranından “Advise Screen” düğmesine basıldığında ekrana gelecek olan ekranın açıklamasıdır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Formül Önerme Ekranı

Bu ekran kullanıcıya kolaylık olması maksadıyla yapılmış bir ekrandır. Sol tarafta listelenen parametreler “Ctrl” tuşuna basılı olarak seçilir ve “Find Formulas” düğmesine basılırsa sağ tarafta bulunan kutuya seçilen parametrelerle hangi eşitliklerin çözülebileceği görüntülenir. Bu sayede kullanıcı eğer hangi ET eşitliğini kullanacağını bilmiyorsa bu ekran yardımıyla en azından eldeki verileri bilgisayara bildirir. Daha sonra program ona çözülebilecek eşitlikleri listeler. Bu ekran ileriki sürümlerde daha da zenginleştirilecektir.

3.5.1.5. Parametre, formül ve sabit düzenleme ekranı

Bu ekran kullanıcının yeni formül, parametre ve sabit girmesi için hazırlanmış çok fonksiyonlu bir ekrandır (Şekil 3.13). Aynı zamanda dikkatli kullanılması gereken bir arabirimi vardır. Yanlış kullanım sonucunda formüller zarar görebilir ve program yanlış sonuçlar verebilir. Bu sebeple bu ekranı kullanmadan önce arşiv dosyasının bir yedeğinin alınması daha sağlıklı olur. Yeni bir formül oluşturmak için önce formülün parametresi girilmelidir. Bu kural sabitler için de geçerlidir. Kısacası her eleman bir parametredir. Önce parametre tablosuna bu eleman girilmelidir. Bu işlemlerin ayrıntılı açıklaması Bölüm 3’de verilecektir.

par_kod	par_descr	category
P_	Total atmospheric pressure	ATMOSPHERE
RH_	Relative Humidity	ATMOSPHERE
RH_MIN	Daily minimum relative humidity	ATMOSPHERE
RO_ATM	Air density	ATMOSPHERE
SD_	Ratio of Duration of sunshine /max poss	ATMOSPHERE
T_	Temperature	ATMOSPHERE
T_ABS	Absolute Temperature	ATMOSPHERE
TKAVG	Daily average temperature	ATMOSPHERE
TKTAMP	Daily minimum temperature	ATMOSPHERE

Şekil 3.13 Parametre, formül ve sabit düzenleme ekranı

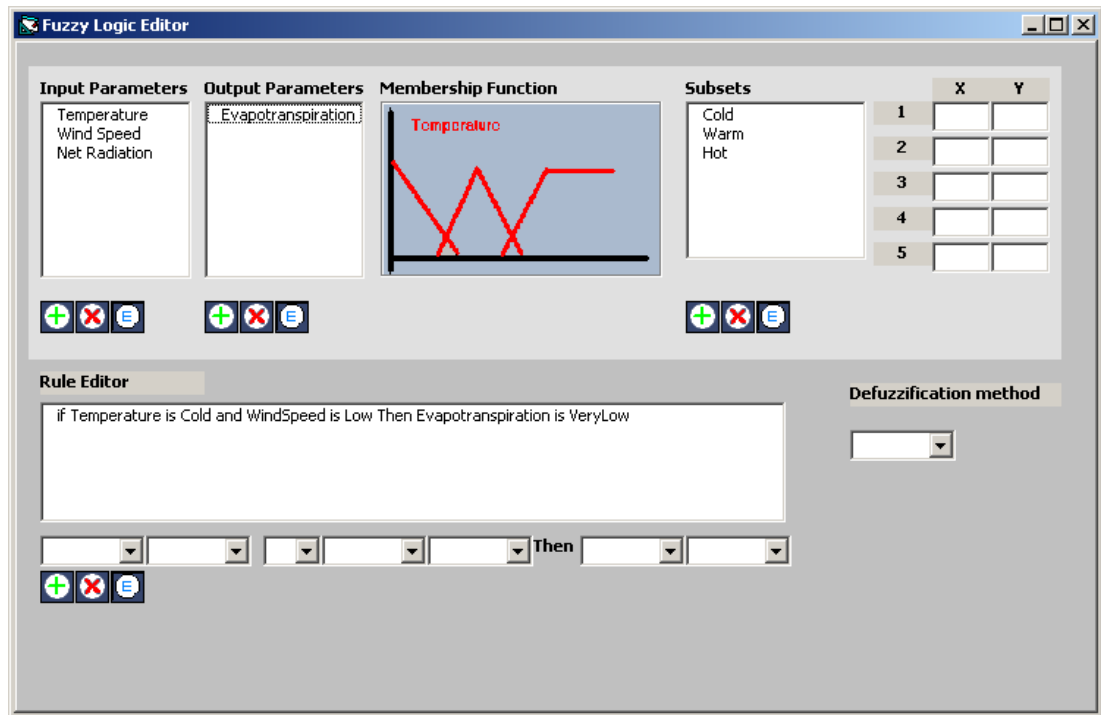
Bu ekran üç ana panelden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi sol üstte kategorilerine göre sınıflandırılmış olan parametre listesidir. Ekranın işlevselliği bu panel üzerinden gerçekleştirilmektedir. Alt kısımda bulunan “Formula Panel” bölümü formülleri düzenlemek veya yeni formül hazırlamak için kullanılır. Sağ üstte bulunan kısım ise yeni parametre oluşturmak için kullanılan paneldir. Yukarıdaki sekmelerden kategori değiştirilebilir ve istenen kategoriye ait liste görüntülenebilir.

3.5.1.6. Bulanık Mantık Editör Ekranı

Bu ekranda bulanık mantık modelinin oluşturulması için gerekli temel bileşenler bulunmaktadır. Bunlar Giriş ve Çıkış parametreleri, Parametre alt kümeleri ve değerleri, kural veri tabanı bileşenleridir (Şekil 3.13a).

Bulanık Mantık Editörü ile FLL (Fuzzy Logic Language) tipinde bir dosya yaratılmaktadır. Bu dosya bulanık mantık motoru tarafından değerlendirilerek çıktı üretilmektedir.

Bu çıktılar diğer bağıntıların bir parametresi veya kendi başına bir bağıntı olabilir. Bu sayede bağıntılar ile sözel verilerin entegrasyonu mümkün hale gelmiştir. Ancak sistemin sağlıklı çalışabilmesi için kullanılacak kural tabanının iyi analiz edilerek oluşturulması gerekir.



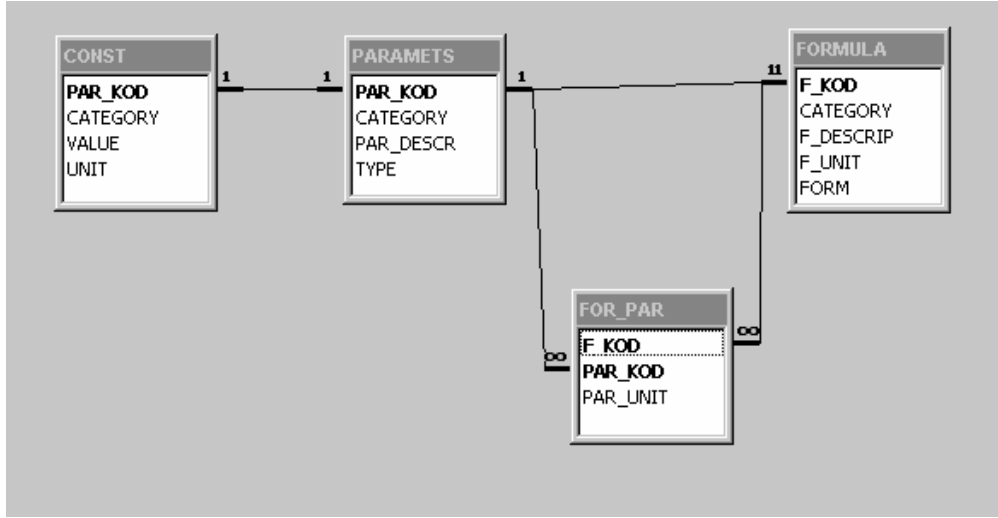
Şekil 3.13a Bulanık Mantık Editörü Ekranı

3.5.2. Proje arşiv dosyası

Bu dosya program dizininde bulunan “DB2” adındaki dosyadır. Aşağıdaki Şekil (3.14) bu dosyadaki tablolar ile bunlar arasındaki ilişkileri göstermektedir. Daha önceden bulunan veya yeni girilen parametre, eşitlik ve sabitler bu dosya içerisinde

saklanır. Aslında bir “Microsoft Access” dosyasıdır. İçerisinde bulunan tablolar ve açıklamaları şu şekildedir.

- PARAMETS tablosu
- FORMULA tablosu
- FOR_PAR tablosu
- CONST tablosu



Şekil 3.14 DB2 dosyasındaki tablolar ve ilişkiler

3.5.2.1. PARAMETS tablosu

PARAMETS tablosu tüm parametrelerin bulunduğu tablodur. Formüller ve sabitler aynı zamanda birer parametre olduklarından dolayı bu tabloda bulunmayan bir parametre FORMULA veya CONST tablosunda bulunamaz. Kısacası tüm değişkenler ve sabitler burada bulunmalıdır. PARAMETS tablosundan çıkan çizgiler ilişki çizgileridir ve FORMULA, CONST ve FOR_PAR tablosunun kendisiyle ilişkili olduğunu gösterir.

PARAMETS tablosunun bir kısmı Şekil 3.15’ de gösterilmiştir.

PARAMETS : Table				
	PAR_KOD	CATEGORY	PAR_DESCR	TYPE
+	ALBEDO	RADIATION	Albedo	F
+	ALBEDO1	RADIATION	Albedo wright 1982	F
+	AW_1	WIND	Penman wright 1982 f(u) const	F
+	BW_1	WIND	Penman wright 1982 f(u) const	F
+	CPDA	TERMO	Specific heat dry air	C
+	CPM	TERMO	Specific heat constant	S
+	D_ROUGHL	PLANT	Roughness length	F
+	DAY_	RADIATION	Calendar day max radiation occurs	S
+	DAY_A	TIME	Calendar day under consideration	C
+	DAY_INMON	TIME	Day in the month	C
+	DELTA	TERMO	Slope of vapor pressure and temperature relations	F
+	EA_	TERMO	Actual Vapor Pressure	F
+	EBA	RADIATION	Long wave radi. E bulk Coef.	C
+	EBA1	RADIATION	Long wave radi. E bulk Coef.	F
+	EBB	RADIATION	Long wave radi. E bulk Coef.	F
+	EBB1	RADIATION	Long wave radi. E bulk Coef.	S
+	EDP	TERMO	Saturation vapor press. at dew point	F
+	EE_	TERMO	Ratio of mole weight of water to air	C

Şekil 3.15 PARAMETS tablosu

PARAMETS tablosunun alanları:

- **PAR_KOD** : Parametrelerin proje içerisinde kullanılan kodları bu alanda tutulur. Aynı isimde iki ayrı parametre olamaz. Kodlarda rakam, harf ve “_” işaretinden başka karakterler kullanılamaz.
- **CATEGORY** : Parametrelerin hangi kategoriye ait oldukları bu alandır.
- **PAR_DESCR**: Parametrelerin açıklamaları burada tutulmaktadır.
- **TYPE** : “F”, “C” ve “S” bilgilerinden birini alabilir. Programın bu sürümünde şimdilik “F” ve “C” arasında bir fark yoktur. Ancak “S” bilgisi parametreye ait olan sabit bir değerin CONST tablosunda bulunduğunu gösterir.

3.5.2.2. FORMULA tablosu

FORMULA tablosu tüm eşitliklerin tutulduğu bir tablodur. Bütün kategorilere ait eşitlikler ve diğer tüm alt ilişkiler buradadır. Program, formül seçim ekranında listelediği formülleri buradan alır. Bu tablonun bir kısmı Şekil 3.16’ de gösterilmiştir.

FORMULA : Table					
	F_KOD	CATEGORY	F_DESCRIP	F_UNIT	FORM
+	ALBEDO	RADIATION	Albedo		
+	ALBEDO1	RADIATION	Albedo wright 19		$((RS_ /RSO_ HERR)>0.7)*(0.29+0.06*SIN((PI()/180)*30*($
+	AW_1	WIND	Penman wright 1		$(0.4+1.4*(EXP(-1*((DAY_A-173)/58)^2)))$
+	BW_1	WIND	Penman wright 1		$(0.007+0.004*(EXP(-1*((DAY_A-243)/80)^2)))$
+	CPM	TERMO	Specific heat cor		
+	D_ROUGHL	PLANT	Roughness lengt		$(2/3)*ZV_1$
+	DELTA	TERMO	Slope of vapor pr	kPa/C	$(2503/((T_+237.3)^2))*EXP((17.27*T_)/(T_+237.3))$
+	EA_	TERMO	Actual Vapor Pre		$0.6108*EXP((17.27*TKDWP/(TKDWP+237.3)))$
+	EBA	RADIATION	Coef.		$((RS_ /RSO_ HERR)>0.7)*1.126+((RS_ /RSO_ HERR)<=0$
+	EBA1	RADIATION	Coef.		$((0.26+0.1*EXP(-1*(0.0154*(30*MON+DAY_INMON-207$
+	EBB	RADIATION	Coef.		$((RS_ /RSO_ HERR)>0.7)*0.07+((RS_ /RSO_ HERR)<=0$
+	EDP	TERMO	Saturation vapor		$0.6108*EXP((17.27*TKDWP/(TKDWP+237.3)))$
+	EMN	TERMO	Daily min vapor p		$0.6108*EXP((17.27*TKMIN/(TKMIN+237.3)))$
+	EMX	TERMO	Daily max vapor		$0.6108*EXP((17.27*TKMAX/(TKMAX+237.3)))$
+	ES_	TERMO	Saturation Vapor		$0.6108*EXP((17.27*T_/(T_+237.3)))$
+	ETA	TERMO	Saturation vapor		$0.6108*EXP((17.27*TKAVG/(TKAVG+237.3)))$
+	F_E1	TERMO	VPD1 Penman o		ETA-EDP

Şekil 3.16 FORMULA tablosunun bir kısmı

FORMULA tablosunun alanları:

- **F_KOD** : Formüllerin kodlanmış isimleridir. Aynı zamanda PARAMETS tablosunda da bulunması gereken kodlardır.
- **CATEGORY** : Formüllerin hangi kategoriye ait oldukları bu alanda belirtilir.
- **F_DESCRIP** : Formüllerin açıklamaları burada tutulmaktadır.
- **F_UNIT** : Henüz bir işlevi yoktur.
- **FORM** : Bu alanda formüllerin kendileri saklanmaktadır. Burada geçen parametre isimleri, parametre, formül ve sabitler tablosunda bulunduğu ismiyle aynı olmalıdır.

3.5.2.3. FOR_PAR tablosu

FOR_PAR tablosu hiyerarşik yapının gerçekleştirilmesi açısından işlevselliği çok önemli olan bir tablodur Şekil (3.17). Bu tabloda hangi bağıntının hangi parametreler ile ilişkili olduğu tutulur.

FOR_PAR : Table			
	F_KOD	PAR_KOD	PAR_UNIT
▶	ALBEDO	LAT	
	ALBEDO	MON	
	ALBEDO1	DAY_INMON	
	ALBEDO1	MON	
	ALBEDO1	RS_	MJ/(m2*Day)
	ALBEDO1	RSO_HERR	MJ/(m2*Day)
	AW_1	DAY_A	
	BW_1	DAY_A	
	D_ROUGHL	ZV_1	m
	DELTA	T_	Cel
	EA_	EDP	Kpa
	EBA	RS_	MJ/(m2*Day)
	EBA	RSO_HERR	MJ/(m2*Day)
	EBA1	DAY_INMON	
	EBA1	MON	
	EBB	RS_	MJ/(m2*Day)
	EBB	RSO_HERR	MJ/(m2*Day)

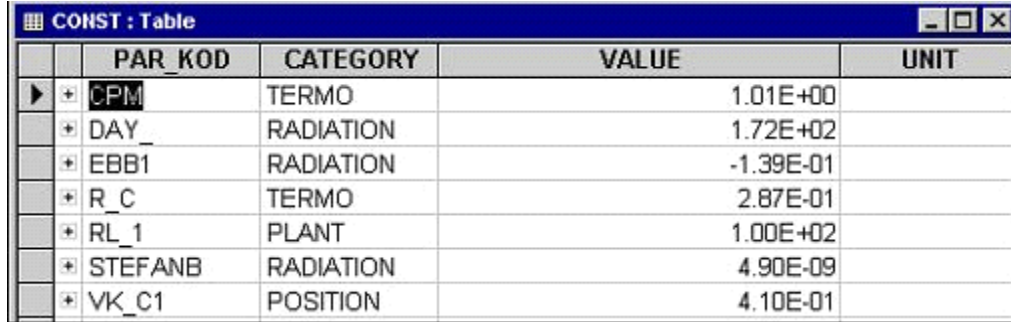
Şekil 3.17 FOR_PAR tablosu

FOR_PAR tablosunun alanları:

- **F_KOD** : Bu alan FORMULA tablosundan gelecek olan formül kodunu tutmakta kullanılmaktadır.
- **PAR_KOD** : Bu alan ise F_KOD alanında belirtilen formül ile ilişkili olan ve PARAMETS tablosundan gelen parametre kodlarını tutmaktadır.
- **PAR_UNIT** : Burada kullanılan parametrenin hangi birimde kullanılacağı tutulmaktadır. Hesaplama açısından bu sürümde bir fonksiyonelliği bulunmamaktadır. Ancak kullanıcıya gösterilir. Bir parametre bir formülün ilişkisi olduğunda bu alana yazılan birim her ilişkide aynı olmalıdır. Yani bir kere birim girildiğinde bu otomatik olarak her ilişkide yenilenmektedir. Bununla ilgili ayrıntılı bir örnek Bölüm 3’de verilecektir.

3.5.2.4. CONST tablosu

CONST tablosunda PARAMETS tablosunun TYPE alanında “S” olarak belirtilen parametrelerin değerleri bulunmaktadır. Buradaki değerler Formül, parametre ve sabit düzenleme ekranından değiştirilebilir (Şekil 3.18).



	PAR_KOD	CATEGORY	VALUE	UNIT
▶ +	CPM	TERMO	1.01E+00	
+	DAY_	RADIATION	1.72E+02	
+	EBB1	RADIATION	-1.39E-01	
+	R_C	TERMO	2.87E-01	
+	RL_1	PLANT	1.00E+02	
+	STEFANB	RADIATION	4.90E-09	
+	VK_C1	POSITION	4.10E-01	

Şekil 3.18 CONST tablosu

CONST tablosunun alanları:

- **PAR_KOD** : Bu alan PARAMETS tablosunda bulunan parametre kodlarının aynısıdır.
- **CATEGORY** : Sabit parametrenin hangi kategoriye ait olduğu bu alanda belirtilir.
- **VALUE** : Sabit parametrenin değeri bu alanda tutulur.

4. CALCET PROGRAMI İLE İLGİLİ ÖRNEK UYGULAMALAR

4.1. Giriş

Bu bölümde programın temel işleyişini göstermek amacıyla bazı uygulamalar hazırlanmıştır. Bu uygulamalar “CINARCIK.VTS” adlı veri dosyası ile gerçekleştirilmiştir. Bu dosya içerisinde Çımarcık’ ın 1998 yılında Ağustos ayına ait 7 günlük maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, günlük güneş radyasyonu, günlük rüzgarın aldığı yol miktarı değerleri bulunmaktadır. Uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Formül ve parametre seçimi
- Veri dosyasındaki sıraya göre parametre dizilişi
- Veri dosyası okutma
- Grafik hazırlama
- Proje kaydetme
- Önerme ekranının kullanımı

4.2. Örnek uygulamalar

4.2.1. Formül ve parametre seçim uygulaması

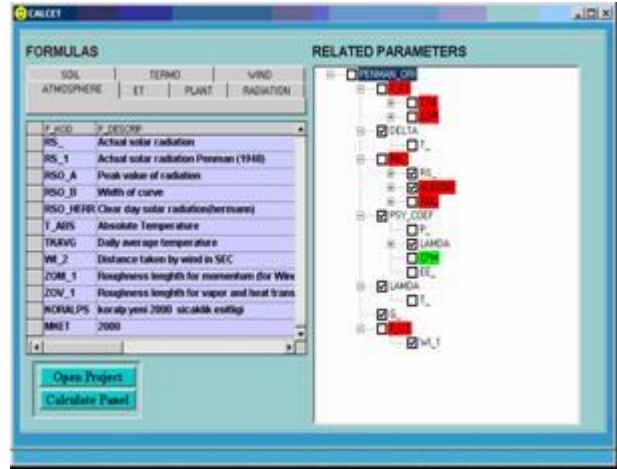
Öncelikle programı çalıştırılır. İşlev seçim ekranından “Create new or open a project” düğmesine tıklanır (Şekil 4.1). Ekranı formül seçim ekranı gelecektir.



Şekil 4.1 İşlev seçim ekranı

Bu örnekte hesaplanmak istenen eşitlik Penman Original eşitliği olsun. Bu sebeple formül seçim ekranından “PENMAN_ORI” seçilir. Bunun için :

Sol tarafta bulunan formül listesindeki kutucuğa çift tıklanır. Sağ taraftaki beyaz panele “PENMAN_ORI” yazısının görüntülediği görülür. Yazının sol tarafında bulunan küçük “+” işaretine tıklanır. Ekranda Şekil 4.2’ye benzer bir görüntü oluşacaktır.



Şekil 4.2 Formül Seçim Ekranı

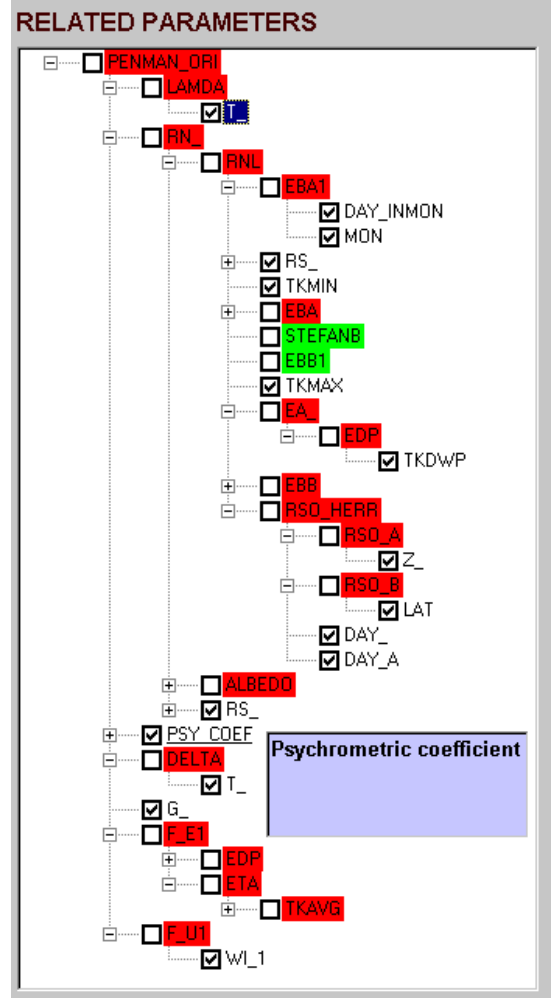
Elde şu verilerin olduğunu kabul edilir:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1-Lamda: Buharlaşıma Gizli ısısı | 10-Günlük maksimum sıcaklık |
| 2-Albedo: Albedo | 11-Günlük minimum sıcaklık |
| 3-Gün numarası | 12-Toprak ısı akısı |
| 4-Ay numarası | 13-Delta |
| 5-Rs (Güneş Radyasyonu) | 14- psycoef (Psikometrik katsayı) |
| 6-Takvim günü | 15-Çiğ noktası sıcaklığı |
| 7-Rüzgarın bir günde aldığı ort. Yol | 16-Maksimum radyasyon günü |
| 8-Yükseklik | |
| 9-Enlem | |

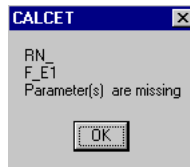
Bu verilere göre “Treeview” üzerinde seçme yapılır. Seçme yapmak için parametre isimlerinin yanında bulunan boş kutucuklara tıklanır. Aynı zamanda parametrelerin açılımlarını fare imlecinin altında oluşan açıklama kutusunda görülür. İşaretlenen parametre aynı zamanda başka bir bağıntının da parametresi ise, otomatik olarak o da işaretlenecektir. Diğer “+” işaretlerine de tıklayarak zincir genişletilir. Yeşil renkle gözükenler sabitlerdir. Bu işlemlerin ayrıntıları için Şekil 4.3’ e bakılmalıdır.

“LAMDA” ya bağlı olan “T_” parametresi işaretlendiğinde aynı zamanda “DELTA” parametresi altında bulunan “T_” parametresi de kendiliğinden işaretlenir. Yeşil renkte olan parametreler sabittir. Kırmızı olan parametreler hesaplanabilecek konuma gelir. Elde olan tüm parametreler işaretlenirse “PENMAN_ORI” bağıntısının da kırmızı hale geldiği görülür. Açıklama kutusu, fare imleci parametreler üzerinde gezdirildiğinde onu takip eder.

Hesaplanmak istenen bağıntı kırmızı hale gelmeden “Calculate Panel” düğmesine basılırsa ekrana Şekil 4.4’ te gösterilen bir mesaj çıkar.



Şekil 4.3 Parametre Seçimi



Şekil 4.4 Parametre eksik mesajı

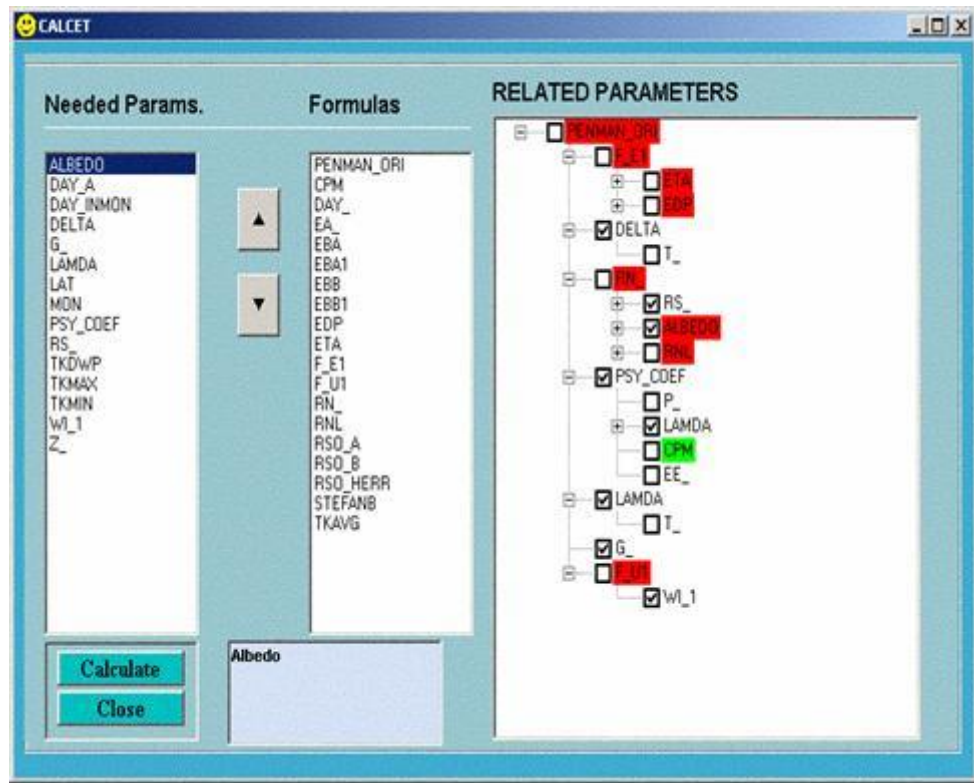
4.2.2. Veri dosyasındaki sıraya göre parametre diziliş ve veri okutma uygulaması

Parametreler doğru şekilde seçildikten sonra “Calculate Panel” düğmesine basılır. Bu düğmeye basıldıktan sonra ekrana seçilen parametreleri ve hesaplanacak olan bağıntıları içeren bir panel gelir. Şekil 4.5’ de bu panel ile ilgili aşamalı açıklama verilmiştir. Veri dosyasında verilerin sırası bir önceki sayfada verilen sıradadır. Program parametrelerin alfabetik sırasına göre verileri almak isteyecektir. Bu sebeple

veri dosyasında verilerin sırası nasılsa kullanıcının da o şekilde verilerin giriş biçimini sıralaması gerekir.

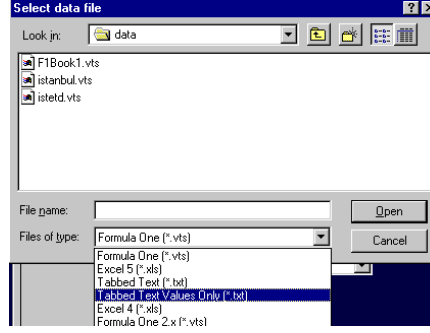
Bunun için “Needed Parameters” kutusunun yanında bulunan “Up” ve “down” tuşları kullanılır (Şekil 4.5)

Veri dosyasındaki verilerin sırası bir önceki sayfada verilen listedeki sırayla aynı kabul edilirse, “up” ve “down” tuşları kullanılarak alış sırası ayarlanır. Daha sonra “Calculate” düğmesine basılır. Gerekli olan birim sağ altta açıklamanın yanında belirtilecektir.



Şekil 4.5 Hesap Paneli

“Select Data File” başlığı altında bir ekran çıkınca buradan dosya türü Şekil 4.6’ da görüldüğü gibi seçilir ve daha önce hazırlanan “deneme.txt” veri dosyası tıklanır.



Şekil 4.6 Veri dosyası seçme ekranı

Eğer işaretlenen parametre sayısı veri kolon sayısından fazla ise ekrana Şekil 4.7’deki gibi bir mesaj çıkacaktır.



Şekil 4.7 Yanlış veri dosyası uyarı mesajı

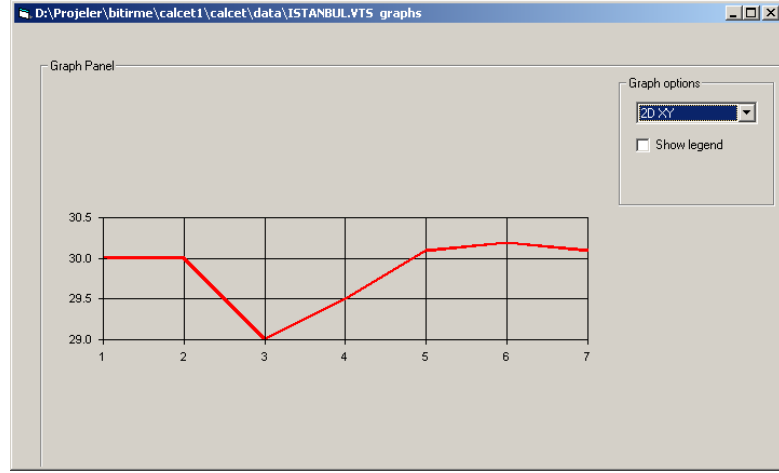
Q5	RS	TKDWP	TKMAX	TKMIN	WI 1	Z	PENMAN ORI	CPM
1	24.8	6.6	30	22.5	560	10	11.3420682	1.01
2	25.8	4.6	30	23	600	10	12.537494	1.01
3	26.8	9.6	29	24	700	10	12.7733854	1.01
4	27.8	8.6	29.5	23	750	10	13.4948513	1.01
5	28.8	6.6	30.1	23	800	10	14.9177232	1.01
6	29.8	5.6	30.2	22	810	10	15.0144123	1.01
7	29.8	8.6	30.1	22	910	10	15.2677648	1.01
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Şekil 4.8 Proje Ekranı

Buradaki renksiz kısımlar veri dosyasından okunan ve aynen proje dosyasına dahil edilen kısımlardır. Renkli kısımlar ise programın hesapladığı veya sabit olarak aldığı değerlerdir. Kaydırma çubuğunu hareket ettirerek kolonlar arasında geçiş yapılması mümkündür. Aynı şekilde eğer veri sayısı gözükebilen miktardan fazla ise sağ yanda dikey kaydırma çubuğu ortaya çıkacaktır. Buradan da yukarıya doğru verileri kaydırmak mümkündür.

4.2.3. Grafik ve Proje Kaydetme Uygulaması

Programın grafik özelliği kullanılmak istenirse aşağıdaki adımlar izlenmelidir. “Ctrl” tuşuna basarak istenilen hücre aralığı fare yardımıyla seçilir, daha sonra eğer çizdirilmek istenen başka bir seri varsa “Ctrl” tuşu kaldırmadan ikinci hücre aralığı seçilir (Şekil 4.8). Hücre aralıkları seçildikten sonra “Create Graph” düğmesine basılarak grafik ekranına geçilebilir.

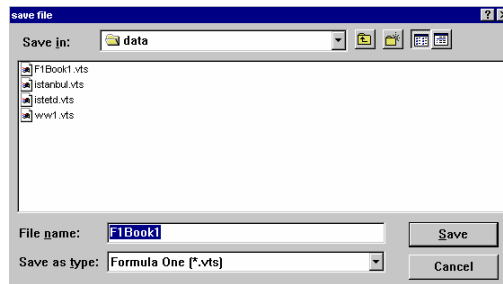


Şekil 4.9 Grafik Ekranı

Grafik seçenek panelinden grafiğin türünü değiştirmek mümkündür. Görüldüğü gibi seçilen kolon bilgilerinin grafiği alındı. Burada “Ctrl” tuşuna basılarak fare yardımıyla grafik her ekseninde döndürülebilir.

“Save Graph” tuşuna basarak seçilen kolon bilgisi kayıt edilebilir. Daha sonra proje dosyası açılıp “Load Graph” tuşuna basıldığında aynı grafik kolon seçmeden görülür.

Oluşturulan bu proje dosyasını kayıt etmek için, Şekil 4.8’ de görünen proje ekranındaki “Save Project” düğmesine basılırsa, ekrana Şekil 4.10’ da görünen bir ekran çıkar.



Şekil 4.10 Proje Kaydetme Ekranı

Şimdi FAO-24 Blaney-Criddle eşitliğini formül arşivimize yükleyelim. Bunu yapabilmek için önce eşitliğin kendisini ve bağlı olduğu eşitlikleri birinci kademeye kadar yazalım:

$$ETrg = a + bf \quad (4.1)$$

$$f = p (0.46 T + 8.13) \quad (4.2)$$

$$a = 0.0043 RH_{min} - (n/N) - 1.41 \quad (4.3)$$

$$b = a_0 + a_1 RH_{min} + a_2 (n/N) + a_3 U_d + a_4 RH_{min} (n/N) + a_5 RH_{min} U_d \quad (4.4)$$

$$U_d = ((DN_r U_2)/(1 + DN_r)) ((1000)/(12 \cdot 3600)) \quad (4.5)$$

Yukarıda verilen denklemlerde ,

p Gündüz saatinin toplam yıllık olası gündüz saatine oranını,

T Günlük ortalama sıcaklığını,

RH_{min} Günlük minimum bağıl nem değerini,

(n/N) günlük güneşlenme süresinin, olabilecek maksimum güneşlenme süresine oranını,

a₀, a₁, a₂, a₃, a₄, a₅ regresyon sabitlerini

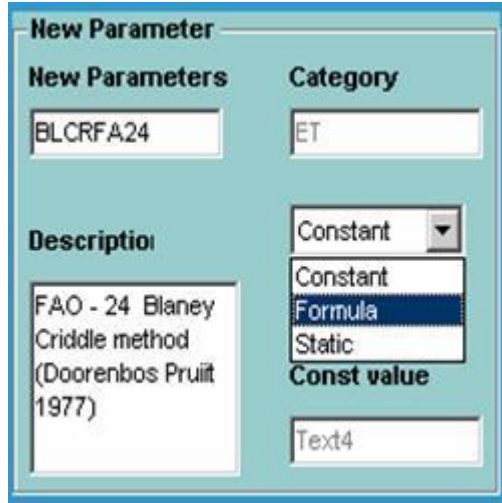
U_d gündüz rüzgar hızını ve

DN_r gündüz rüzgar hızının gece rüzgar hızına oranını göstermektedir.

Görüldüğü gibi bağıntı kendi içerisinde dallanmış başka bir çok bağıntıyla ilişki içerisine girmiştir. 1. denklemden işe başlanırsa



Şekil 4.12 Parametre listesi



Şekil 4.13 Parametre ekleme paneli

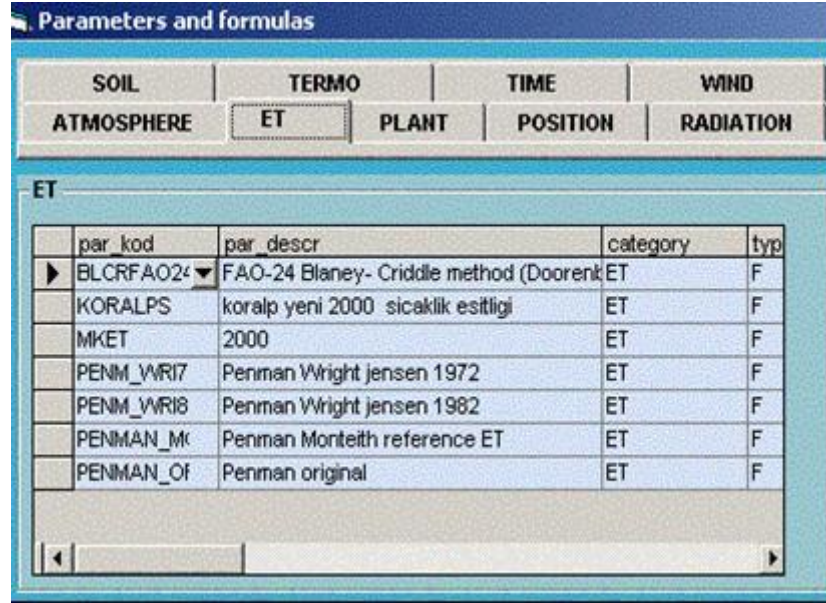
Öncelikle sol üstte bulunan parametre kategorisi “ET” ye getirilir. Girilecek denklemin önce kendisinin PARAMETS tablosuna eklenmesi ve daha sonra bu denkleme bir kod verilmesi gereklidir. Kolay anlaşılabilir bir isim verilmesi daha iyi olur. Bu “New parameters Code” kutusundan yapılır.

Bu isim “BLCRFA24” olsun.

Daha sonra parametrenin tipi seçilir. Bu parametre formül olduğu için “Formula” seçeneği seçilmelidir.

“Description” bölümüne de parametrenin ayrıntılı açıklaması yapılır. En son “Add” tuşuna basılır. Böylece formül parametre listesine eklenmiş olur.

Artık parametre listesinde “ET” kategorisi altında “BLCRFA24” ismi görülebilir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Yeni parametrenin eklenmiş hali

Şimdi girilen parametrenin bağlı olduğu parametrelerin girilmesi gerek. Ancak bunu yapmadan önce o parametrelerin daha önceden girilip girilmediğini, ait olduğu kategoriye göre irdelemek gerekiyor. 1. denklemdeki **a**, **b** ve **F** Blaney-Criddle eşitliğinde kullanıldığı için diğer denklemlerde kullanılmadığı için burada bir karar verilmesi gerekir:

Bütün parametreleri (4.1) denkleminde yerine koyarak bir büyük denklem elde etmek veya a' yı, b' yi ve f' i ayrı ayrı formül olarak girmek.

Kaynağa göre bu parametreler sadece Blaney-Criddle'da kullanılıyor. O zaman bütün denklemin bir kerede girilmesi gerekir. Parametreleri yerlerine yerleştirirsek bütün denklem:

$$ETrg = (0.0043 RHmin - (n/N) - 1.41) + (a0 + a1 RHmin + a2 (n/N) + a3 Ud + a4 RHmin (n/N) + a5 RHmin Ud) * (p (0.46 T + 8.13)), \quad (4.6)$$

halini alır.

Ud, **Rhmin**, **T**, **(n/N)** ve **p** diğer eşitliklerde kullanılabilir. Önce bu denklemlerin tanımlanması gereklidir.

The screenshot shows a software interface for adding a new parameter. The title bar reads 'New Parameter'. The main area is divided into two columns. The left column has a 'New Parameters' section with a text input field containing 'UD_1', a 'Description' section with a text area containing 'Daytime Wind velocity', and a 'Const value' section with an empty text input field. The right column has a 'Category' section with a dropdown menu showing 'WIND', a 'Formula' section with a dropdown menu showing 'Formula', and a 'Const value' section with an empty text input field. To the right of the main area are four buttons: 'Add', 'Delete', 'Update', and 'Close'.

Şekil 4.15 Parametre ekleme paneli

U_d, gündüz rüzgar hızı olduğuna göre rüzgar kategorisi seçilir. Yine aynı şekilde parametreye bir isim verilir, açıklaması yapılır ve tipi belirlenir. Daha sonra “Add” düğmesine basılarak parametre kaydedilir. Aynı şekilde **RH_{min}** parametresi de eklenir (Şekil 4.16).

The screenshot shows the same 'New Parameter' panel as in Figure 4.15, but with different data. The 'New Parameters' field now contains 'RH_MIN', the 'Category' dropdown shows 'ATMOSPHERE', and the 'Description' text area contains 'Daily minimum relative humidity'. The 'Formula' dropdown still shows 'Formula' and the 'Const value' field is empty. The buttons 'Add', 'Delete', 'Update', and 'Close' are still present on the right.

Şekil 4.16 Parametre ekleme paneli

Burada dikkat edilmesi gereken “RH_MIN” ismi verilen parametrenin kategorisinin “ATMOSPHERE” e getirilmesidir. Çünkü nem, atmosfere ait bir özelliktir.

Buradaki T ve (n/N) zaten daha önce başka formüllerde kullanıldığından tekrar girilmeyecektir (Şekil 4.17).

SOIL	TERMO	TIME	WIND	
ATMOSPHERE	ET	PLANT	POSITION	RADIATION

ATMOSPHERE				
	par_kod	par_descr	category	
	RH_MIN	Daily minimum relative humidity	ATMOSPHERE	
	RO_ATM	Air density	ATMOSPHERE	
▶	SD_	Ratio of Duration of sunshine /max poss	ATMOSPHERE	
	T_	Temperature	ATMOSPHERE	
	T_ABS	Absolute Temperature	ATMOSPHERE	
	TKAVG	Daily average temperature	ATMOSPHERE	
	TKDWP	Dew point temperature	ATMOSPHERE	
	TKMAX	Daily max temperature	ATMOSPHERE	
◀	TKMIN	Daily min temperature	ATMOSPHERE	

Şekil 4.17 ATMOSPHERE kategorisindeki parametreler

Görüldüğü gibi her ikisinde “ATMOSPHERE” kategorisi altında bulunuyor. Şimdi **p** parametresi girilmelidir. Bu aslında tablodan bulunacak bir bilgidir. Ancak programın bu sürümünde tablo desteği olmadığından bu parametre kullanıcıdan istenecektir (Şekil 4.18).

New Parameter

New Parameters

PL_1

Description

percent of daytime hours for a single day compared to the day length of entire year

Category

TIME

Formula

Const value

Add

Delete

Update

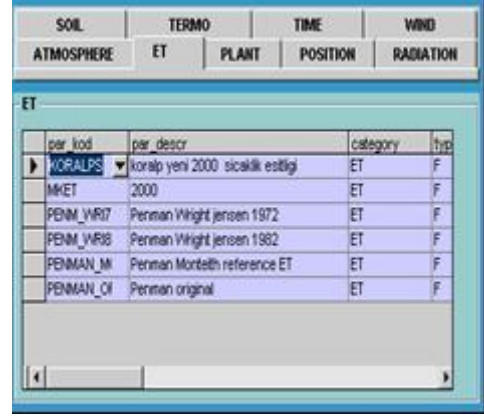
Close

Şekil 4.18 Parametre ekleme paneli

p bir çeşit zaman oranlaması olduğundan “TIME” kategorisi altında girilmesi uygun olur. Artık Blaney-Criddle bağıntısı yazılabilir.

Bunu yapabilmek için alt taraftaki formül paneli kullanılır, ancak daha önce hangi formülü düzenlenmesi veya oluşturulması isteniyorsa, parametre listesinden önce o seçilmelidir (Şekil 4.19).

Bunun için önce “ET” kategorisine geçilmeli daha sonra düzenlemek istenen ET eşitliğine tıklanmalıdır. Yandaki küçük düğmenin çıkması sağlanır. Daha sonra düğmeye basılır ve alt panele formül isminin geldiği görülür.



Şekil 4.19 Formül paneline aktarma

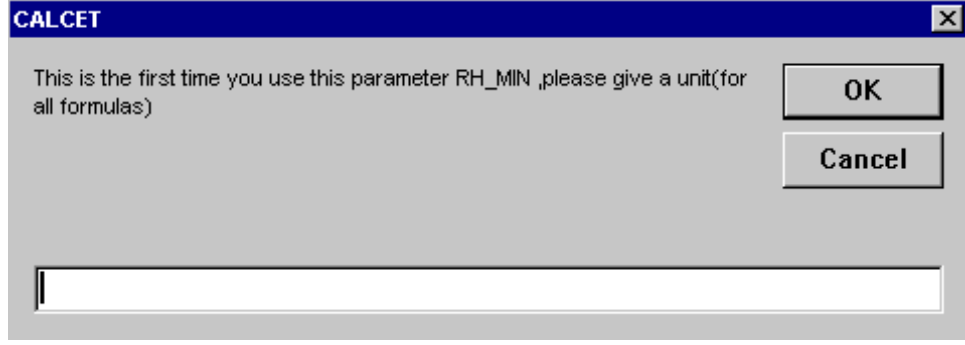


Şekil 4.20 Formül düzenleme paneli

Yukarıda Şekil 4.20’ de görülen düğmeler kullanılarak veya doğrudan kutu içerisine yazılarak formül oluşturabilir. Parametre isimlerini yanlış girmemek için parametre listesinden isimler üzerine çift tıklayarak parametreleri kutuya dahil etmek mümkündür. Formülün oluşturulmuş hali aşağıdaki gibidir.

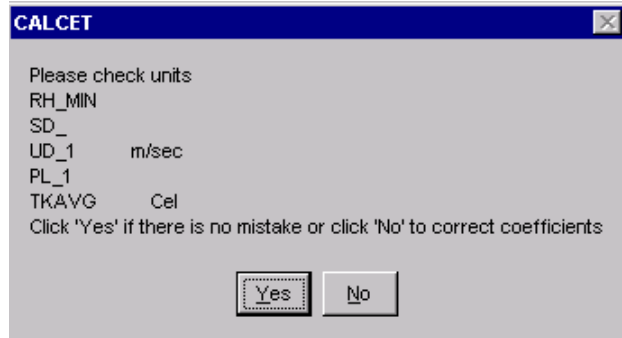
$$(0.0043 * RH_MIN - SD_ - 1.41) + ((0.81917 + (-0.0040922) * RH_MIN + 1.0705 * SD_ + 0.065649 * UD_1 + (-0.0059684) * RH_MIN * SD_ + (-0.0005967) * UD_1 * RH_MIN) * (PL_1 * (0.46 * TKAVG + 8.13))) \quad (4.7)$$

Formülü oluşturulup “Save” düğmesine basıldığında ekrana Şekil 4.21’ deki gibi bir form çıkacaktır. Eğer parametre isimlerinde hata varsa o parametrenin olmadığına dair bir mesaj ekrana çıkacaktır.



Şekil 4.21 Birim sorgu ekranı

Bu ekran eğer bir parametre, bir formülde ilk kez kullanılıyorsa çıkar. Bu durumda bu parametrenin bundan sonra bu eşitlikte ve diğer eşitliklerde hangi birimde kullanılacağını girmek gereklidir. Unutulmamalıdır ki bu sadece ekranda görüntülenmek içindir. Program bu sürümde birim dönüşümü yapmaz. Girilen bu birim, daha sonra diğer eşitlikleri oluştururken, bu parametrenin kullanıcı tarafından herhangi bir katsayı ile çarpılmasının gerekip gerekmediğinin anlaşılmasına yarar. Bundan sonra gelecek olan UD_1 için birim giriş ekranına “m/sec” girilir. Bu demektir ki artık “UD_1” parametresini tüm formüllerde “m/sec” olarak kullanılmalıdır. Yani kullanıcı bu veriyi kullanırken, veri dosyalarında “m/sec” cinsinden tanımlamalıdır.



Şekil 4.22 Birim onaylama iletişim kutusu

Şekil 4.22’ de görüldüğü gibi kullanılacak olan parametreler ve hangi birimlerde olmaları gerektiği onay için ekrana getirilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye’de ilk kez, buharlaşma konusunda geliştirilen çok sayıda eşitliği bir çatı altında toplamayı hedeflemiş bir yazılımın geliştirilmesini amaçlamıştır. Sadece bağıntıların bir yerde toplanmasını değil, aynı zamanda hesaplarda kullanılacak ve ilişki oluşturulabilecek bir yapıyı da beraberinde getirmesi hedeflenmiştir. ET hesabının yapılması için oluşturulan çeşitli yöntemler araştırılmış ve bu yöntemlerin bağlı olduğu parametrelerin birbirileri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Parametreler arasındaki ilişkilerin yazılıma dökülerek kullanılabilir bir arşiv haline gelmesinin, ET hesabının çözümlenmesinde bir temel teşkil edeceği saptanmıştır. Ancak bu arşiv içerisindeki parametrelerin birbirleri içerisindeki ilişkilerin doğrudan bilgisayar koduna dönüştürülmesinin aynı zamanda dezavantajları da belirlenmiştir.

Bu modelin, araştırmacılara, akademisyenlere, öğrencilere ve diğer tüm kullanıcılara bir kaynak ve analiz aracı olarak hazırlanması düşünülmüştür. Çalışmanın kullanıcılar tarafından geliştirilmesi mümkündür. Kullanıcının kendi istediği eşitlikleri oluşturup, bunları arşivdeki mevcut bağıntılarla bütünleştirebilmesinin olabilirliği araştırılmış ve uzun bir tasarım aşamasından sonra bu problem çözülmüştür. Belirtilen problemlerin çözülmesi sadece amaçlanan hedefin gerçekleştirilmesini değil aynı zamanda hesaplarda kullanılabilen bir formül yönetim uygulamasının da ortaya çıkmasını sağlamıştır. Özellikle formül tanımlama yeteneğinin programa kazandırılmış olması sistemin kullanıcıya özel gelişimine imkan tanınması bakımından dikkat çekicidir.

Çalışmada bulanık mantık yapısının eklenmesi çalışmanın en uzun süreli bölümünü oluşturmuştur. Bağıntılar ile bulanık mantık motorunun bir arada bir problemi çözmesinin sağlanması için formül parametre bağıntılarında temel değişikliklerin yapılması gerekmiştir.

Bu çalışmaya ilave olarak yapılması gereken modüller şöyle özetlenebilir.

- Yardım Sistemi: Etkili bir yardım sistemi ile formüllerin tarihçesi, oluşturulmaları ile ilgili anahtar noktaların belirtilmesini sağlamak. Ayrıca bu yardım sistemi kapsamına formüllerin avantaj ve dezavantajlarını bildirmek.
- Eksik Veri Tamamlama Modülü: Sisteme verilen verilerde bir eksiklik olduğunda çeşitli yöntemler ile veri tamamlama sistemlerinin entegrasyonu.
- Tablo Desteği: Bağıntılarda kullanılan ve tablolardan elde edilen sabitlerin kullanılmasına yönelik ilave modüllerin eklenmesi.
- Birim Dönüşümü: Bağıntılarda kullanılan parametrelerin birim dönüşümlerinin otomatik olarak yapılmasını sağlayacak modül.

Bu çalışmada hedeflenenlerin bir çoğuna ulaşılmış ve ortaya bir paket program çıkarılmıştır. Bu yazılımın belirtilen geliştirmelerin ilavesi ile çok daha geniş kitlelere ulaşması mümkün olabilir. Türkiye’de böyle bir çalışmanın yapılması ile buharlaşma ile ilgili çalışmaların gelişimi konusunda da bir adım atılmıştır.

KAYNAKLAR

- Allen, R. G., and W. O. Pruitt**, 1986. Rational use of the Blaney-Criddle formula. J. Irrigation and Drainage, ASCE 112(IR2):139-155.
- Bayazıt, M.**, 1999. Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, s. 43 - 61.
- Brutsaert, W.**, 1991. Evaporation into the Atmosphere, Kluwer Acad. Publishers. Netherland.
- Burman, R. ve L.O. Pochop**, 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data, Elsevier Science.
- Cross, M.**, 1999. Analyzing Requirements, Osborne Prs., 660 s.
- Çaldağ, B.**, 1997. Evapotranspirasyon hesaplama yöntemleri, Atmosfer, Toprak, Bitki sisteminde buharlaşma dersi Raporu.
- Evelt, S.R., and R.J. Lascano**, 1993. ENWATBAL.BAS: A Mechanistic Evapotranspiration Model Written in Compiled BASIC. Agronomy Journal, Vol. 85, No. 3, 763-772.
- Eyüboğlu, S. ve A. Erhat**, 1977. Hesiodos Eseri ve Kaynakları, T.T.K. yayını.
- Kirk, G.S. ve J. E. Raven**, 1976. The PreSocratic Philosophers, Cambridge.
- Lafleur P.M., W.R. Rouse**, 1990. Application of an energy combination model for evaporation from sparse canopies. Agric. For. Meteorol., 49:135-153.
- Lascano, R.J., and C.H.M. van Bavel**, 1986. Simulation and measurement of evaporation from a bare soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1127-1132.
- Lascano, R.J., C.H.M. van Bavel, J.L. Hatfield, and D.R. Upchurch**, 1987. Energy and water balance of a sparse crop: simulated and measured soil and cropevaporation. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1113-1121.
- Leartius, D.**, 1972. Lives of eminent philosophers, Loeb Classical Library.
- Rosenberg, N. J., B.L. Blad and S.B. Verma**, 1983. Microclimate-the Biological Environment, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Newyork, 495 s.
- Schrödter, H.**, 1985. Verdunstung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

- Shuttleworth W.J.**, 1976. Experimental evidence for the failure of the Penman-Monteith equation in partially wet conditions. Boundry-Layer Meteorol.,10:91-94.
- Şaylan, L., E. Omay ve H.Tatlı**, 1998. Buharlaşma ile ilgili çalışmaların tarihi gelişimi, Tarım ve Orman Meteorolojisi Sempozyumu, İstanbul. İTÜ 21-25.
- Şen, Z.**, 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat.
- Şen, Z.**, 1998. Fuzzy algorithm for estimation of solar irradiation from sunshine duration. Solar Energy, 63, 1, 39-49.
- Zadeh, L. A.**, 1965. Fuzzy sets. Information and Control, 8, pp. 338-353.

EKLER

EK A Hesaplama Paneli ve Dosya Okuma Blokları Örnek Kodları

Option Explicit

```
Public Sub scannode(et1 As Node)
Dim tnode As Node Dim i As Long
If et1.Children > 0 Then
Set tnode = et1.Child
For i = 1 To et1.Children
Call scannode(tnode)
List1.AddItem (tnode.Text)
List1.ItemData(List1.NewIndex) = Val(Mid(tnode.Key, 2, 4))
Set tnode = tnode.Next
Next
End If
End Sub
```

```
Public Sub Check1(nnode As Node)
Dim pNode As Node Dim s As Integer
If nnode.Children > 0 Then
Set pNode = nnode.Child
For s = 1 To nnode.Children
Call backc(pNode)
Call Check1(pNode)
Set pNode = pNode.Next
Next
End If
```

End Sub

```
Public Sub backc(nno As Node)
Dim pno As Node Dim cno As Node Dim a As Integer
Set pno = nno.Parent
If pno Is Nothing Then Exit Sub
Set cno = pno.Child
For a = 1 To pno.Children
If Not ((cno.Checked = True) Or (cno.BackColor = vbRed) Or (cno.BackColor = vbGreen)) Then
GoTo 100
Set cno = cno.Next
Next
If pno.BackColor = vbRed Then
Exit Sub
Else
pno.BackColor = vbRed
Call Check1(TreeView1.Nodes(1))
End If
Exit Sub
```

```

100:
If pno.BackColor = vbWhite Then
Exit Sub
Else
pno.BackColor = vbWhite
110:
Call Check1(TreeView1.Nodes(1))
End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Dim ff As String
Dim aa As Integer
Dim t As Integer
Dim t2 As Integer
On Error GoTo 100
ff = App.Path
Load FRMCALC
FRMCALC.Hide
FRMCALC.F1Book1.NumSheets = 2
FRMCALC.F1Book1.DeleteSheets 1, 1
FRMCALC.Caption = "New Work"
FRMCALC.F1Book1.Title = "New Work"
FRMCALC.F1Book1.ShowEditBar = True
ChDir (App.Path + "\data")
FRMCALC.F1Book1.OpenFileDialog "Select data file", FRMCALC.hWnd, ff
FRMCALC.F1Book1.Read ff, aa
FRMCALC.F1Book1.SheetName(1) = "INPUT_DATA"
FRMCALC.F1Book1.Sheet = 1
For t = 1 To List3.ListCount
If FRMCALC.F1Book1.TextRC(1, t) = "" Then
MsgBox "Data file has different columns"
GoTo 100
End If
Next t

t = 1
While FRMCALC.F1Book1.TextRC(t, 1) <> ""
t = t + 1
Wend
FRMCALC.F1Book1.NumSheets = 2
FRMCALC.F1Book1.Sheet = 2
FRMCALC.F1Book1.SheetName(2) = "INFORMATION"
FRMCALC.F1Book1.TextRC(1, 5) = TreeView1.Nodes(1).Text
For t2 = 0 To List3.ListCount - 1
FRMCALC.F1Book1.TextRC(t2 + 1, 1) = List3.List(t2)
FRMCALC.F1Book1.TextRC(t2 + 1, 2) = ListView1.ListItems(List3.List(t2)).Text
Next t2
FRMCALC.F1Book1.Sheet = 1
Call CALC(t - 1)
100:
Unload FRMCALC
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Call filternodes
If List2.ListCount > 0 Then
Frame1.Enabled = False
List3.ListIndex = 0
Call List3_Click

```

```

Frame2.Visible = True
End If
End Sub

```

```

Private Sub DataGrid1_DblClick()
subtree (DataGrid1.Columns("F_KOD").Text)
End Sub

```

```

Private Sub DataGrid1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Text1.Text = "Double-click on a formula to see related parameters"
Text1.Top = Frame1.Top + Y + 1500
Text1.Left = Frame1.Left + X + 1500
Text1.Visible = True
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
Dim sConnect As String
Dim sSQL As String
Dim dfwconn As ADODB.Connection
Dim rs11 As New Recordset
Dim s1 As String
Frame1.Visible = True
Frame2.Visible = False
Me.Caption = App.Title

```

```

TabStrip1.Tabs.Clear
sConnect = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.3.51;Persist Security Info=False;User ID=Admin;Data
Source=" + App.Path + "\db2.mdb;Mode=Share Deny None;Extended
Properties=';COUNTRY=0;CP=1252;LANGID=0x0409';Locale Identifier=1033;Jet OLEDB:System
database=';Jet OLEDB:Registry Path=';Jet OLEDB:Database Password=';Jet OLEDB:Global Partial
Bulk Ops=2"
Set dfwconn = New Connection
dfwconn.Open sConnect

```

```

Set datprimaryRS = New Recordset
Set datsecRS = New Recordset

```

```

datprimaryRS.CursorLocation = adUseClient
datsecRS.CursorLocation = adUseClient

```

```

sSQL = "select F_KOD,F_DESCRIP,CATEGORY,form,F_UNIT from FORMULA "
datprimaryRS.Open sSQL, dfwconn, adOpenForwardOnly, adLockReadOnly
Set DataGrid1.DataSource = datprimaryRS

```

```

sSQL = "select * from for_par order by f_kod"
datsecRS.Open sSQL, dfwconn, adOpenForwardOnly, adLockReadOnly

```

```

rs11.CursorLocation = adUseClient
sSQL = "select PAR_KOD,PAR_DESCR,type FROM PARAMETS"
rs11.Open sSQL, dfwconn, adOpenForwardOnly, adLockReadOnly
rs11.MoveFirst

```

```

ListView1.ListItems.Clear

```

```

While Not rs11.EOF

```

```

    ListView1.ListItems.Add , rs11!Par_KOD, IIf(IsNull(rs11!PAR_DESCR), "", rs11!PAR_DESCR)
    If rs11!Type = "S" Then
        s1 = rs11!Par_KOD
    
```

```

        ListView1.ListItems(s1).Tag = 1111
    End If
    rs11.MoveNext
Wend

DataGrid1.Columns.Remove (2)
DataGrid1.Columns.Remove (2)
DataGrid1.Columns(0).Width = 1000
DataGrid1.Columns(1).Width = 4000

rs11.Close

sSQL = "select category from formula group by category"
rs11.Open sSQL, dfwconn, adOpenForwardOnly, adLockReadOnly
rs11.MoveFirst

While Not rs11.EOF
    TabStrip1.Tabs.Add , , rs11!CATEGORY
    rs11.MoveNext
Wend

rs11.Close

Set rs11 = Nothing

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Mainsel.Show
End Sub

Private Sub Frame1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
Text1.Visible = False
End Sub

Private Sub List3_Click()
Text1.Text = ListView1.ListItems(List3.List(List3.ListIndex))
Text1.Top = Picture1.Top + 220
Text1.Left = Command6.Left
Text1.Visible = True
End Sub

Private Sub List4_Click()
Text1.Text = ListView1.ListItems(List4.List(List4.ListIndex))
Text1.Top = Picture1.Top + 220
Text1.Left = Command6.Left
Text1.Visible = True
End Sub

Private Sub TabStrip1_Click()
Dim cat As String
cat = TabStrip1.Tabs(TabStrip1.SelectedItem.index).Caption
datprimaryRS.Filter = "CATEGORY=" + cat + ""
If datprimaryRS.RecordCount = 0 Then
datprimaryRS.Requery
datprimaryRS.Filter = "CATEGORY=" + cat + ""
End If

End Sub

```

```

Private Sub TreeView1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
If Not (TreeView1.HitTest(X, Y) Is Nothing) Then
Text1.Text = ListView1.ListItems(TreeView1.HitTest(X, Y).Text).Text
Text1.Top = Y + 800
Text1.Left = X + TreeView1.Left + 800
Text1.Visible = True
Else
Text1.Visible = False
End If
End Sub

```

```

Private Sub TreeView1_NodeCheck(ByVal Node As MSComCtlLib.Node)
If Node.index = 1 Then
Node.Checked = False
GoTo 100
End If
Dim s As Integer
For s = 1 To TreeView1.Nodes.Count
If TreeView1.Nodes(s).Text = Node.Text Then
TreeView1.Nodes(s).Checked = Node.Checked
End If
Next s
Call Check1(TreeView1.Nodes(1))
100:
End Sub

```

```

Private Sub filternodes()
Dim k As Integer
Dim dumstr As String
Dim cnode As Node
List2.Clear
If (TreeView1.Nodes.Count > 0) Then
If (TreeView1.Nodes(1).BackColor = vbRed) Then
List2.AddItem (TreeView1.Nodes(1).Text)
Call scannode2(TreeView1.Nodes(1))
120:

```

```

For k = 0 To List2.ListCount - 2
If List2.List(k) = List2.List(k + 1) Then
List2.RemoveItem (k)
GoTo 120
End If
Next k

```

```

List3.Clear
List4.Clear
List4.AddItem (TreeView1.Nodes(1).Text)
For k = 0 To List2.ListCount - 1
If List2.Selected(k) Then List3.AddItem List2.List(k)
If (List2.ItemData(k) = 1010) And (Not List2.Selected(k)) Then List4.AddItem List2.List(k)
If List2.ItemData(k) = 1111 Then
List4.AddItem List2.List(k)
List4.ItemData(List4.NewIndex) = 1111
End If
Next k
Else
Set cnode = TreeView1.Nodes(1).Child
For k = 1 To TreeView1.Nodes(1).Children
If cnode.BackColor <> vbRed And (Not cnode.Checked) Then dumstr = dumstr + cnode.Text
+ Chr(13) + Chr(10)

```

```

        Set cnode = cnode.Next
        Next k
        MsgBox dumstr + "Parameter(s) are missing"
    End If

End If

End Sub

Public Sub scannode2(et1 As Node)
    Dim tnode As Node
    Dim s1, s2 As String
    Dim i As Long
    If et1.Children > 0 Then
        s1 = et1.Text
        Set tnode = et1.Child
        For i = 1 To et1.Children
            Call scannode2(tnode)
        s2 = tnode.Text
        datsecRS.Filter = "f_kod=" + s1 + " and par_kod=" + s2 + ""
        List2.AddItem (tnode.Text)
        List2.Selected(List2.NewIndex) = tnode.Checked
        If (Len(datsecRS!par_unit) > 0) And (Right(ListView1.ListItems(tnode.Text).Text, 1) <> "_") Then
            ListView1.ListItems(tnode.Text).Text = ListView1.ListItems(tnode.Text).Text + " " + datsecRS!par_unit + "_"
        End If
        If tnode.BackColor = vbRed Then List2.ItemData(List2.NewIndex) = 1010
        If tnode.BackColor = vbGreen Then List2.ItemData(List2.NewIndex) = 1111
        Set tnode = tnode.Next
    Next
End If

End Sub

Public Sub subtree(na As String)
    Dim Q As Integer
    Dim et As Node
    Dim i As Integer
    Dim s As String
    Dim s1 As String
    Dim rel As String
    Dim k As Integer
    Dim rs As New Recordset
    Dim STRSQL As String

    TreeView1.Nodes.Clear

    s = na
    k = 1001

    Set et = TreeView1.Nodes.Add(, , Str(k) + "E", s)
    List1.Clear
    List1.AddItem (et.Text)
    List1.ItemData(List1.NewIndex) = Val(Mid(et.Key, 2, 4))

    For Q = 1 To 6
        Call scannode(et)
        For i = 0 To List1.ListCount - 1
            datsecRS.Filter = "F_KOD=" + List1.List(i) + ""
            If datsecRS.RecordCount <= 0 Then GoTo 200
            datsecRS.MoveFirst
            If TreeView1.Nodes((List1.ItemData(i) - 1000)).Tag <> 9910 Then

                While Not datsecRS.EOF
                    k = k + 1
                    rel = Str(List1.ItemData(i)) + "E"
                    TreeView1.Nodes.Add rel, tvwChild, Str(k) + "E", datsecRS!Par_KOD
                Wend
            End If
        Next i
    Next Q
End Sub

```

```

        s1 = datsecRS!Par_KOD
        If ListView1.ListItems(s1).Tag = 1111 Then
            TreeView1.Nodes(Str(k) + "E").BackColor = vbGreen
        End If
        datsecRS.MoveNext
    Wend

    TreeView1.Nodes((List1.ItemData(i) - 1000)).Tag = 9910
End If
200
    Next
    List1.Clear
Next Q
100:
End Sub

Private Sub Command7_Click()
Dim k1 As Integer Dim ff As String Dim aa As Integer Dim t As Integer

On Error GoTo 100
ff = App.Path
Load FRMCALC
FRMCALC.Hide
ChDir (App.Path + "\data")
FRMCALC.F1Book1.OpenFileDialog "Select Project file", FRMCALC.hWnd, ff
FRMCALC.F1Book1.Read ff, aa
If FRMCALC.F1Book1.NumSheets <> 2 Then
    MsgBox "This is not CALCET project file"
    GoTo 100
Else
If FRMCALC.F1Book1.SheetName(2) <> "INFORMATION" Then
    MsgBox "This is not CALCET project file"
    GoTo 100
Else
    FRMCALC.F1Book1.Sheet = 2
    subtree (FRMCALC.F1Book1.TextRC(1, 5))
    t = 1
    While FRMCALC.F1Book1.TextRC(t, 1) <> ""
        For k1 = 1 To TreeView1.Nodes.Count
            If TreeView1.Nodes(k1).Text = FRMCALC.F1Book1.TextRC(t, 1) Then
                TreeView1.Nodes(k1).Checked = True
            Next
            t = t + 1
        Wend
    Call Check1(TreeView1.Nodes(1))
    FRMCALC.F1Book1.Sheet = 1
    FRMCALC.Caption = ff
    FRMCALC.F1Book1.Title = ff
    FRMCALC.F1Book1.ShowEditBar = True
    FRMCALC.Show vbModal
End If
End If
Unload FRMCALC
Set FRMCALC = Nothing
Exit Sub
100:
Unload FRMCALC
Set FRMCALC = Nothing
End Sub

```

ÖZGEÇMİŞ

6 Şubat 1976 tarihinde Diyarbakır ilinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul ilinde, Kültür Lisesi' nde tamamladı. 1993 senesinde İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 2000 senesinde mezun oldu. Aynı bölümde yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir.