

T.C.
TARIM BAKANLIĐI
DEVLET METEOROLOJİ İŐLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĐÜ

POTANSİYEL EVAPOTRANSPIRASYONUN
METEOROLOJİK MALÜMATLARLA HESAPLANMASI

YAZAN

Dr. G. STANHILL

ÇEVİREN

Şinasi ÇELENK
Ziraat Yüksek Mühendisi

ANKARA

1973

POTANSİYEL EVAPOTRANSPIRASYONUN
METEOROLOJİK MALUMATLARLA HESAPLANMASI

YAZAN

Dr. G. STAMHILL

ÇEVİREN

Şinasi ÇELENK

Ziraat Yüksek Mühendisi

A N K A R A

1973

GİRİŞ

Bitkilerden EVAPOTRANSPIRASYON ile toplam su kaybı klimatolojik bakımdan önemli bir faktör olduğu genellikle bilinmektedir. İklim deneleri kullanılarak birçok metodlarla evapotranspirasyon hesaplanır. İklim denelerinin tarifleri ve testleri yapılarak neticeye başarı ile gidilebilir. Buharlaşmanın fiziksel hareketinin hesaplanmasında bazı metodlarda karışıklık arz etmektedir. Bu gibi durumların doğru olarak cevaplandırılması için mikroklima sahalarında ölçümleri tam olarak tesbit etmek ve hava sıcaklığında ölçülen evapotranspirasyon arasında korrelasyon ampirik metodlarla düzeltmeler yapılmalıdır.

Tarla şartlarında evapotranspirasyonun direkt olarak ölçümleri pratikte oldukça güçtür. Farklı iklim şartlarında çeşitli metodlar, sırf sahalarında kullanıldığı ve orijininin çok farklı şartlarla geliştirildi. Bu gibi hallerde, metoda başlamadan önce yeni şartları ihtiva edenleri önemli testlere tabii tutulmuştu.

Bu sebeple izahını yaptığım bu çalışmamı araştırma sahası olarak NEGEV'de başladım ve yeni testlerimi burada geliştirdim. Ümitsiz toprak rutubeti şartları altında toplam evapotranspirasyonun ölçümü, referansta belirtildiği gibi sekiz farklı metodu hesaplanmıştır.

METODLAR

Toplam potansiyel evapotranspirasyonu kuzey Negev'deki Gilat'ta mevcut lisimetri değerlerinden elde edilmiştir. Bu metodun kullanılmasında her sabah lisimetri bulunan tarla sahasında sulama uygulandı. Sulama ile bu sahada yeteri kadar günlük su kaybı temin edildi ve bu suretle drenaj sahasındaki toplam evapotranspirasyonu lisimetri ile ölçüldü. Lisimetri sahası yaklaşık olarak 1 dunandır. (1 dunan = 1000 m² = 1/4 acre) Bu tarla sahasında yonca ekilir. GARNIER tarafından lisimetri için 3 şey tavsiye etmektedir. Tarla etrafını iyice açmak ve her birini borularla ana lisimetreye bağlamak, drenaj sahasının yeraltı deposundaki su toplama kovanında sulama yapılmadan önc seviyesinin kaydının yapılması ve birkaç tesiste bu şekilde terörubeler yaparak kayıplar bulunur.

Lisimetri bulunan saha üzerindeki yağış ve sulamayı drenaj sahasında mevcut 12 adet küçük yağış plüviometresi ile tam olarak ölçümü yapılmıştır. Tedbir olarak tarla ve etrafında bulunan nebatların büyümesini dikkatlice temin edildi. Yonca bitkisi birer aylık fasıla ile biçildi. Bitki 15 ilâ 55 Cm.yüksekliğinde olduğu zaman bu ameliyeyi yapmak pratik bakımından iyidir.

16 aylık periyod içinde ölçümleri yapıldı, fakat temsili havzada elde edilen bilgiler hesap ameliyesinde temsil etmeyenler alınmadı.

a) Drenaj sahasında günlük yağış toplamı 1 mm.den küçük olanlar hesaplamalara dahil edilmemiştir.

b) Periyod olarak ekim ve ilk hasat devresi alındı.

c) Yıllık, yazlık çayırılar ile fazla büyüyen hububatlar ile iki aylık periyod esnasında ikinci yaz mevsimindeki yonca.

49 haftalık, bitki ile örtülü periyodun gerçek malûmatlar kullanıldı veya 12 aylık eş değerlerin analizleri yapılmıştır. Bütün bu ameliyelerin hesaplanmasında ve değerlendirilmesinde üç türlü baharlaşma kullanılmıştır.

Meteorolojik ölçümleri yapılan klimatolojik istasyonlarının yanında 40X40 metre ve 60 metre kuzeyindeki lisimetrelere sulama sahasını temsil ederler. Potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanmasında sekiz metod kullanılmış ve üç gruba bölünmüştür.

1. FİZİKSEL ANALİZ METODU

Bu kısımda, birçok metodlar kullanılır, fakat tarla çartlarına en uygun ve Pratik olanı PENMAN tarafından izah edilen metod tatbik edilmiştir. Bu metod enerji balansı ve aerodinamik formülün kombine edilmesiyle yüzeydeki ölçümlerinin zorluğunu bertaraf etmek ve açık su yüzey buharlaşmasını tahminlerini verir. Ampirik faktörler, İngiltere'de yapılan ölçümlere göre Penman tarafından potansiyel evapotranspirasyon tahminlerinde kullanılmış olup, mevsimlik çeşitler için bu faktörler tadil edilmiştir. Kısa yeşil nebatların hepsi için aynı olup, toprak rutubeti için bir limit faktörü olmayıp daima 1 den küçüktür. Ölçüm devamınca güneşin parlaklığı, rüzgârın akışı, hava sıcaklığı, nisbi rutubet v.s gibi malûmatlar hesap ameliyesi için lüzumludur. Açık su yüzey buharlaşması için Penman'ın referanslarına bakmak gerekir.

2. AMPİRİK METODLAR

Bir çok sayıda formüller geliştirilmiş olup, bu formüllerden sadece üç tanesi testlerde kullanılmıştır.

a) THORNTHWAITE FORMÜLÜ

Bu metolla potansiyel evapotranspirasyonun hesaplanmasında, gün uzunluğu ve ortalama hava sıcaklığını logaritmik fonksiyonu olarak tanımlanır. Bu metolla kuzey ve orta Amerika'da birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu metolla ölçülmüş evapotranspirasyonla birkaç korrelasyon yapıldı.

b) BLANEY - CRIDDLE FORMÜLÜ

Bu meto Thornthwaite formülüne benzer. Yalnız gün uzunluğu ve hava sıcaklıkları kullanılmaktadır. Fakat bitkinin ekim mevsimine göre değişen farklı bitki faktörleri ilâve edilmiştir. Bu formül, Amerika'nın batı, güney ve kuzey bölgelerinde bitkinin gelişme devrelerine göre geliştirilerek ticarî bakımından sulama durumlarında tatbik edilmiştir. Bundan dolayı günlük sulama tahminlerinde bu formül çok kullanılmaktadır. Kaliforniya bölgesinde yonca için büyüme devresinde aylık bitki faktörleri bulundu. Tesbit edilen bitki faktörü yaz mevsiminde maksimum 1.10, kış mevsiminde minimum değer ise 0.65, ortalama yıllık bitki faktörü ise 0.80 dir. Bu durum her bitki türüne göre ayrı ayrı tesbit edilmiştir

c) MAKING FORMÜLÜ

Bu metod daha önceki iki metoddan tamamen farklıdır. Daha ziyade hava sıcaklığı ve radyasyon rasat malûmatlarına ağırlık vermektedir. (Buharlaşma için radyasyon enerjisine ve yüksek hava sıcaklığına ihtiyaç vardır) Bu formül Hollanda'da lisimetre ölçülerine dayanarak bitkinin gelişme devresindeki toprak rutubeti şartlarında geliştirilmiştir.

3. METEOROLOJİK ÖLÇÜMLERE AİT KORRELASYONLARLA İLGİLİ METODLAR

A. SU YÜZEYİ

a) BUHARLAŞMA TANKI

Klimatoloji istasyonlarında tesis edilmiş olan standart tipli İngiliz buharlaşma tankı ile günlük su kaybı ölçülür. Bu buharlaşma tankı 180x180 Cm. eb'adında ve 60 Cm. derinliğinde, iç kısmı siyah boya ile boyanmış ve toprağın dışında 6 Cm. kalmak suretiyle tamamen toprağa gömülmüştür.

b) BUHARLAŞMA HAVUZU

Günlük su kaybını Amerikan Class A Pan tipi buharlaşma havuzu ile ölçülür. Bu buharlaşma havuzu galvanizli demir saçıdan olup, 120 Cm. çapında 25 Cm. derinliğinde, ağaç plâtfomu üzerine kurulur. Havuz etrafında ve altında hava sirkülasyonu temin edilir.

Her iki buharlaşma havuzunda açık su yüzeyindeki su kaybı mikrometre ile ölçülür. Havuzdaki su seviyesi 4 Cm. üzerinde dalgakıranlarla tesbit edilir.

c) PIŞ EVAPORİMETRESİ

Bu buharlaşma aletinin esası, taksimatlı cam tüp ve içinde damıtık su ile dolu olarak siperdeki buharlaşma ölçümleri yapılır. Tüpün alt kısmında beyaz filitreli kağıt günlük olarak değiştirilir. Piş evaporimetresi ile standart siper içinde rasat yapılır.

B. GÜNEŞ RADYASYONU

Güneğten gelen, gök yüzündeki mevcut toplam kısa dalga radyasyonu ve aktinografların kalibrasyonu için Solarimetre ile günlük ölçümleri yapılır. Güneş radyasyonu ise, potansiyel buharlaşma ifadeleri için lüzumludur.

4. GRAVİMETRİK METODU İLE TOPRAK RUTUBETİNİN TAYİNİ

Evapotranspirasyon tahminleri ve 8 meteorolojik metodların mukayesesi ve doğruluğundan bahsedilmiştir. Bu bölümde ise, çeşitli topraktan alınan numunelerle, toprağın ihtiva ettiği rutubeti ile bitkinin kök bölgesine kadar ölçümleri yapıldı. 30- 210 Cm. arasında yapılan numune alma neticesinde, rutubetin arttığı görülmüştür. Toprak rutubeti kurak bölgelere ve toprağın yapısına ve kök derinliğine göre aldığımız 10 numunede yaptığımız teorübelere göre değişik şekillerde olduğu görülmüştür.

NETİCE

Çeşitli evapotranspirasyon tahmin metodlarının mukayeseleri şekil 1 ve tablo 1 de gösterilmiştir. Aktüel evapotranspirasyon ölçümleri ve hesapla yapılan tahmin değerleri milimetrik kağıda noktalandı ve en küçük kareler metodu ile en uygun doğru hat çizimleri yapılmıştır.

Lineer eşitliklerin gösterilmesinde ölçülmüş evapotranspirasyonu (Y) değişik tahminlerle yapılanlar ise (X) ile regresyon denklemleri gösterilmiştir. Korrelasyon ve varyasyon kat sayıları tablo 1 de, birlikte verilmiştir.

$[C_v (y/x)]$ ve (r); keza Gravimetrik metodu ile toprak örneklemelerinin varyansları, hesaplar ve mukayeseler ayrıca verilmiştir.

Neticelerin münakaşasından önce, her bir metodun ölçüm ve hesaplamaları minimum zaman, fiat ve ekipmanların mukayeseleri ise enteresandır. Bu bahsedilen bilgilerin tümü tablo 2 de gösterilmiştir. Yalnız alet masrafları ve tesisleri, işçi masrafları dahil edilmemiş olup, klimatolojik rasat istasyonunun kurulması ve aletlerin servise konulması ise masrafa dahil edilmiştir. Aynı zamanda yağış ölçen plüviometreler, sulama ölçümleri ve ihtiyaç duyulan diğer bütün metodların fiat tahminleri listesi de gösterilmiştir.

TABLO 1.

METODLAR	AYLIK PERİYODLAR			HAFTALIK PERİYODLAR		
	Regresyon	r	C_v (Y/X) **	Regresyon	r	C_v (Y/X) **
PENMAN FORMÜLÜ	$Y=0.97x+0.96$	0.96	12	$Y=0.96x+1.12$	0.76	36
THORNTWAITE	$Y=1.48x+1.85$	0.94	16			
BLANEY-CRIDDLE	$Y=1.22x+0.72$	0.90	20			
MAKING	$Y=1.49x+0.06$	0.95	15			
CLASS A PAN	$Y=0.70x+0.47$	0.95	15			

* Y = Günlük ölçülen potansiyel evapotranspirasyon değerleri

X = Hesapla (Tahminle) bulunan

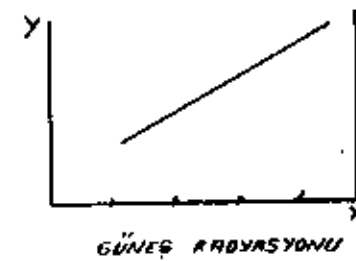
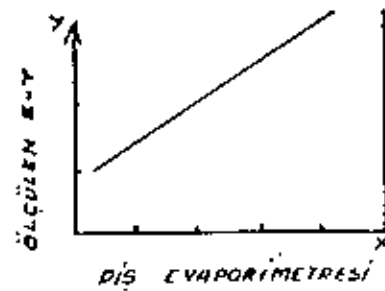
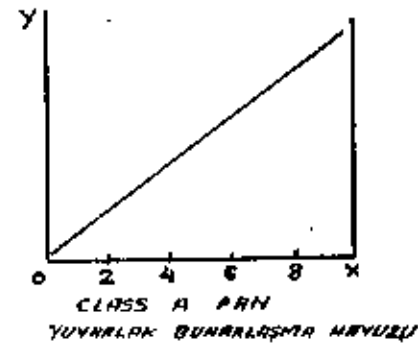
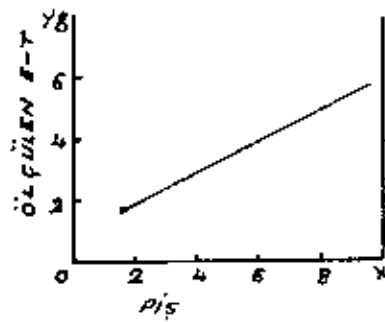
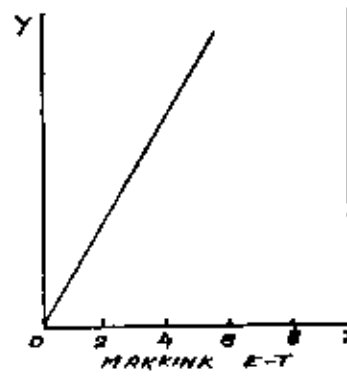
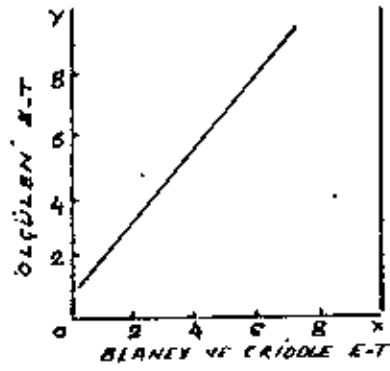
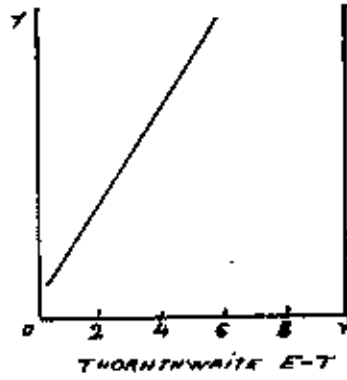
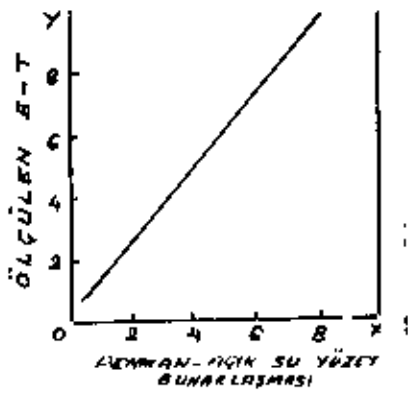
** = Regresyon doğrusunun etrafı daki ortalama Y.değerlerinin % lerinin C_v (Coefficient of variation)

*** = Ortalama Y değ. lerinin % standart hatası

TABLO 2.

Metodlar	Asgari ihtiyaç gösteren Ekipman	Fiyat	Rasat için ihtiyaç olan zaman	Hesaplama zamanı
PENMAN	Termometre siperi, güneşlenme (Helyograf)	1.050	10 Dakika	10 dakika
THORNTWAITE	Termometre siperi ve termometreler	550	5 Dakika	5 Dakika
BLANEY-CRIDDLE	" " "	550	5 Dakika	5 Dakika
MAKING	Termometre siperi ve helyograf	480	5 Dakika	5 Dakika
BUHARLAŞMA KABI	Buharlaştırma leğeni, mikrometre tahta platformu,	100	5 Dakika	5 Dakika
GRAVİMETRİK	Veilmayer tüpü, çekici ve diğer demir edevat, numune alma cihazı kurutma fırını, hassas terazi v.s	650	180 Dakika	30 Dakika

ÖLÇÜLEN EVAPOTRANSPIRASYON İLE DİĞER METODLARLA
OLAN KORRELASYON KAT SAYISI
(Bir aylık periyodun günlük ortalama değerleri)



YORUM

Zirai sulama için evapotranspirasyon tahminleri iki ana sebepten dolayı çok önemlidir. Birincisi, her bölge için mevsimlik su ihtiyacı nalümatlarının cevaplandırılması ile sulama suyunun dağılımının gereği gibi planlanması. Bu durumda aylık tahminler çok önemlidir. Fakat bütün bu işlemlerin doğruluğuna ihtiyaç vardır. Bölge su ihtiyacı tedarikinde ölçümlerin doğruluğuna çok dikkat edilmelidir.

Tablo 1 de evapotranspirasyon tahminleri gösterilmiştir. Bu tablodaki duruma göre, Penman formülü çok başarılı olduğu ve korrelasyon kat sayısının çok yüksek, buna mukabil hata payının düşük olduğu görülmüştür. MAKING formülü ise yanlış tahminler vermiştir. Ölçülen değerlerle yüksek bir korrelasyon vermesine rağmen, hata payı ise çok yüksektir. Making neticesi 1.49 faktörü ile çarpılması gerekmektedir. Thornthwaite metodunda da Making'deki gibi aynı neticeyi vermiştir. Halbuki Blaney- Criddle formülünde ise bitki faktörlerine ihtiyaç gösterir. Normal olarak bu durum tatbikatta elverişli olup, olmadığı bilimsiyor ve en az doğru olanıdır.

Yukarıdaki mukayese gösterdi ki ; gerek Penman metoduyla ve gerekse standart bir yüzey vasıtasıyla açık bir su yüzeyinden buharlaşma hesaplanırken en doğru neticeler elde edilmiştir. Ampirik formüller ya doğru değildir, veya tatbik edilmeden ünos üzerlerinde bazı düzeltmeler yapılmalıdır. Değişik metodlar yapıları, sıhhat dereceleri ve zaman bakımından tetkik edildikleri zaman buharlaşma tankı ve okuma havuzu ile ilgili olanların daha güvenilir neticeler verdikleri görülür.

Değişik metodların sıhhat dereceleri incelenirken lypsometre ölçülerinin herhangi bir hataya konu teşkil etmedikleri zannına varılmıştır. Bununla beraber, üç lypsimetreden elde edilen neticeler gösterdi ki; ortalama aylık ölçmeler için hata kat sayısı % 8 dir. Bu hata lypsometre, alanın küçüklüğü yanında büyük sayılaş ve potansiyel evapotranspirasyonun tahminiyle ilgili meteorolojik metodların güveni/üzerindeki münakaşaları zorlaştırır.

Çiftliklerdeki sulama programının uygulanması gayesi ile, su kayıpları ile ilgili malûmata bir aydan daha kısa periyodlar için gerçekten ihtiyaç vardır. Bu çiftliklerde müteakip iki sulama arasındaki zamandan daha uzun olmayan periyodlar için meteorolojik tahminlerin yapılması zaruridir. Bu sebepten su kayıplarıyla ilgili tahminleri veren metodları mukayese etmek için haftalık malûmatlar kullanılabilir.

Haftalık periyodlara (Tablo 1) ait neticeler aylık neticelere yakındır. Çünkü hesapla veya ölçülerek elde edilmiş açık su yüzeyi buharlaşması, Piche evaporimetresine nazaran daha iyi sonuç vermiştir. Bununla beraber, pikis metodun hepsinde haftalık tahminler daha az sıhhatlidir. Fakat çiftlik sulama tahminlerine karşı duyulan güven ihtiyacı, plânlama gayeleri için istenen ihtiyaçtan daha azdır. Çünkü ölçüm işlemlerinde ve tarla şartlarındaki su tatbikatlarında aranılan güvenin imkân derecesi sınırlandırılmıştır.

İçerlerinde bir çok metodların mukayese edildiği bu dört döküman hariç, geniş makyastaki literatürde mevcut olan çeşitli meteorolojik metodların güven derecesi ile ilgili araştırmalardan çok a neticeleri buradaki sonuçlarla karşılaştırmak için herhangi bir teşebbüs yapılmayacaktır.

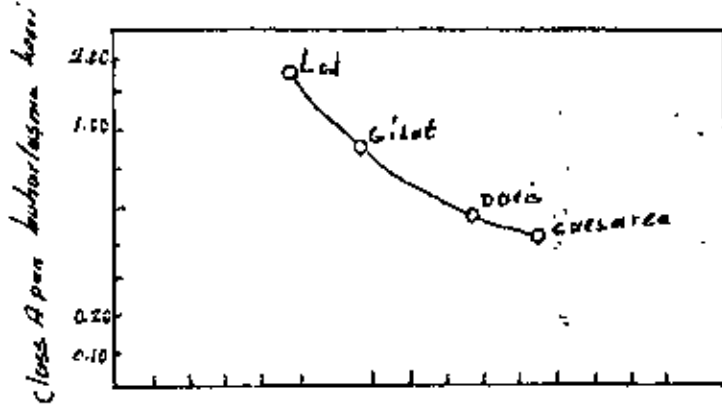
İsrail'de, Monteith (7), Lod buharlaşma istasyonunda potansiyel evapotranspirasyon ile ilgili bazı malûmatları analiz etti. (Alfalfa) yonca (Clover) bitkilerine ait olan bu analizlerin neticeleri, Gilat istasyonundaki analiz neticeleri ile karşılaştırıldı. Monteith'in kullandığı değerler, kullanma sahasının sınırlarından itibaren, rüzgâr istikametinde, 20 metre yüksekliğe kurulmuş 2 laysimetreten alınan 10 günlük ortalama miktarlardır. Bu miktarlar Class A Pan, Piche evap rimetresi ve geliştirilmiş Penman denkleminde elde edilen değerlerle karşılaştırıldı. Ve bu mukayesede bir benzerlik görüldü. Bununla beraber, Lod ve Gilat istasyonlarında elde edilen regresiyon eğrileri arasından dikkate değer bir fark mevcuttur. Class A Pan'e ait eğrinin Slopu Gilat istasyonunda 0.71 olmasına mukabil Lod'da 1.06 bulundu. Laysimetre ve Piche evaporimetre ölçümleriyle ilgili denklemler daha büyük farklar gösterdiler. Bu neticeler, buharlaşmaya nazaran potansiyel evapotranspirasyonun Lod istasyonunda Gilat' takinden daha büyük olduğunu ortaya koydu.

Bu durum her iki istasyonda mevcut lainsimetreleri kuşatan sahaların boyutlarının farklı olmasıyla izah edilebilir. Bu izahı kuvvetlendiren bir başka delil daha sonra tetkik edilecektir.

Rijtema (10) Netherlands'ta (HOLLANDA) lainsimetre ile ölçülmüş bir ot tarlasındaki değerlerle, beş farklı meteorolojik metotla bulunmuş potansiyel evapotranspirasyon tahminlerini mukayese etti. Bu mukayeseden elde ettiği sonuçları İsrail'de uygulamak doğru olmamakla beraber, Rijteman'ın bulduğu neticeler İsrail'dekilerle benzerlik arzederler. Wageningen lainsimetre değerleri esas alınarak geliştirilmiş Gilat istasyonunda Makking'in kurduğu güven derecesi az bir metotun aksine olarak, Wageningen lainsimetre değerleri esas tutularak geliştirilmiş Makking formülü ile Netherlands'ta hesaplanmış değerler, diğer iki metot kadar sıhhatli neticeler verdiler.

Pruitt ve Angus (9) sulanmamış bir tarlanın sınırlarından itibaren hüküm süren rüzgâr istikametinde yaklaşık olarak 180 metreye kurulmuş, ağırlıklı büyük bir lainsimetre ile Davis'de ve kuzey Kaliforniya'da çavdara ait potansiyel evapotranspirasyonu ölçtüler ve bu yaptıkları mukayeselerin neticelerini takdim ettiler. Çeşitli meteorolojik metotları: bu ölçümlerle yüksek bir korrelasyon verdiği görüldü. En yüksek korrelasyonu yine Panman metodu gösterdi ve ölçülen değerlere çok yakın neticeler verdi. Kaliforniya'da Thornthwaite'in formülü ile 1.38 lik bir regresyon slopu bulundu. Bu değer Gilat'taki değere çok yakındı. Potansiyel evapotranspirasyon Class A Pan buharlaşmasının yaklaşık olarak % 60 ı kadardı.

Kısa nebatlardaki evapotranspirasyon ve lainsimetrelerden elde edilen uygun buharlaşma değerleri İsrail'de Cesarea bölgesindeki ölçümlere yakındır. Su kayıpları arasındaki oran % 60 dır. Lod, Gilat ve Cesarea istasyonlarında ve Kaliforniya'da Davis'te ölçülen potansiyel evapotranspirasyon, Class A Pan'deki su kaybının bir kesri olarak alınmış ve bu ölçümlerin yapıldığı yerden itibaren ortalama olarak rüzgâr istikametinde alınan mesafeye göre şekil 2 de logaritmik bir skala üzerinde noktalanmıştır. Şekildeki 5 inci nokta Gilat'ta yetiştirilen bir ticarî bir bitki olan alfalfa'ya aittir. Noktaları birleştiren hat su kayıpları üzerinde arazinin büyük çapta tesiri olduğunu göstermek bakımından dikkate alınmalıdır. Daha az kurak sahalarda elde edilen değerler daha farklı bir münasebet verebilir.



Şekil 2

Relatif evapotranspirasyon ve rüzgâr mesafesi arasındaki münasebeti gösterir bir grafik

Normal sulama altında büyüyen tarla ürünlerine ait aktüel evapotranspirasyonu tahmin etmek ve bununla ilgili tesel problemi çözmek, ortaya çıkan sualleri cevaplandırmak ancak yukardaki neticelerle mümkündür. Pratik gayeler için meteorolojik metodların test ve mukayesesi, mümkün olduğu kadar üniform şartlar altında tutulan toprak nemi ve bu topraklarda yetişen ürünlerle yapılmalıdır. Mutlak evapotranspirasyon miktarındaki farklı durumlara rağmen çeşitli sulama metodları altında büyüyen bitkilerle ilgili hesaplamaların böyle şartlar altında bulunmuş neticelere tatbik edilemeyeceğine dair herhangi bir sebep ileri sürülemez. Bu gibi farklı durumlar birçok sebeplerden ileri gelebilir. Bunlardan en mühimi muhtemelen sulama sahasının boyutlarından ve toprak nem basıncından ileri gelen önemli değişmelerdir.

Şekil 2 de evapotranspirasyonun, saha boyutları artarken azaldığı görülür. 3 haftalık ara ile sulanan Alfalfa'ya ait evapotranspirasyon, lysimetreler ile ölçülmüş potansiyel evapotranspirasyonun % 75 i kadardır. Relatif evapotranspirasyon, mesafenin fonksiyonu olarak grafikte gösterildiği zaman noktalar, Şekil 2 deki 4 esas noktayı birleştiren hattın altına düşecektir. Bu noktaların sapma miktarları, bu durumda saha boyutlarının tesirleri ile su kayıplarının % 40 nisbetinde azaldığını gösterir.

Bir çok sulama sahalarından elde edilen neticeler gösterdi ki; İsrail'de maksimum mahsul ve sulama metodlarına ait evapotranspirasyon potansiyel evapotranspirasyon tahminlerinden daha azdır. Azalma kanunu sebebiyle optimum sulama

usulleri daha az suya ihtiyaç gösterir. Farklı metdlerin uygulandiğı parsellerdeki evapotranspirasyon miktarlarında görülen büyük farklar gösterdi ki, toprak nem seviyesi solma (Wilt) noktasının üstünde olduğu zaman bile, evapotranspirasyon, potansiyel miktarın altına doğru birhayli azalacaktır. Açık havaya doğru yaprak içerisinden su buharının yayılmasına karşı büyük direnç gösteren toprak nem basıncının kontrolüne kalkışmak, nebatın iç su dengesini ayarlayan bir mekanizmaya ait elde kalitatif bilgiler halen mevcut olsa bile, henüz mümkün değildir.

Daha sonraki çalışmaların potansiyel evapotranspirasyona ait meteorolojik tahminlerin düzeltilmesini mümkün kılacağı ümit edilebilir. Böylece su kayıpları üzerinde sulama metodlarının ve saha boyutlarının tesirlerini hesap etmek mümkün olacaktır.

**METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜNÜN İDROMETEOROLOJİK
KONULARLA İLGİLİ YAYINLARI**

- 1) 8-10 ve 14-16/Haziran/1957 tarihleri arasında İçanadoluda kaydedilen şiddetli yağışların meteorolojik analizi. - 1957
- 2) Kıyılarımızda kaydedilen yağışların hava ve deniz nemlilik farkları ile olan münasebetleri. - 1957
- 3) Yağış ve akım münasebetleri. - 1957
- 4) Sakarya Nehri Havzasında yağış ve akım münasebetleri. 1957
- 5) İzmir'de yağış- şiddet ve sıklık rejimi. -1961
- 6) Kar örtüsü. -1962
- 7) Şiddetli yağış tekerrür analizleri. -1962
- 8) Eskişehir bölgesinde yağışın hububat istihsalı üzerindeki tesirleri. -1962
- 9) Nif Çayı drenaj sahasında yağış-seviye münasebetlerinin etüdü. - 1962
- 10) Şiddetli yağış tekerrür analizleri. - 1962
- 11) Meteoroloji istasyonlarımızda yapılan yağış rasatlarına göre kayıtlanmış olan günlük, aylık ve yıllık en çok yağış miktarları ve tarihleri. - 1962
- 12) Kocabaş Çayının hidrometeorolojik etüdü. - 1963
- 13) Şiddetli ve ekstrem yağışlar. - 1966
- 14) Aksak rasatların tamamlanma metodları. - 1966
- 15) Hesap makinesi ile kök alma metodları. - 1966
- 16) Teknelerden ve göllerden vuku olan buharlaşmalar. - 1967
- 17) Yağış ölçü aletlerinin rüzgâr siperleri. - 1967
- 18) Hidrolojik tabirlerin tarif ve anlamları. - 1967
- 19) Dünyada kaydedilen ekstrem yağışlar. - 1967
- 20) Kelkit Nehri drenaj havzasında yağış ve akım münasebetleri. - 1968
- 21) Kirmasti Çayı drenaj havzasında yağış-akım münasebetleri. - 1968
- 22) Yağış fırtınaları bülteni. (Aylık). - 1964
- 23) Günlük yağış dağılışı ve yağış fırtınaları bülteni (1960 dan itibaren aylık)
- 24) Plüviometrik yağışın civardaki üç plüviografa göre altıyar saatlik dağılışı tahmin metodu. - 1968
- 25) Yağış akım ve buharlaşma haritalarının ortaklaşa bir şekilde hazırlanması. -1969
- 26) Bir saha üzerindeki ortalama yağışı tahmin metodları. - 1969
- 27) Türkiye'nin yağış-şiddet-süre ve tekerrür haritaları. - 1969
- 28) Türkiye'nin yağış-şiddet-süre ve tekerrür eğrileri. - 1969
- 29) Küçük Menderes Drenajının Hidrometeorolojik Etüdü. - 1969
- 30) Büyük Menderes Drenajının Hidrometeorolojik Etüdü. - 1969
- 31) Gediz Nehri Drenajının Hidrometeorolojik Etüdü. - 1970
- 32) Türkiye'nin kar örtüsü Etüdü. - 1970
- 33) Türkiye'nin ekstrem yağışları. - 1970
- 34) İçanadolu bölgesinde bazı kültür bitkileri için sulama suyu ihtiyacı - 1971
- 35) Buharlaşma ve metodları - 1971
- 36) Kitasal kuraklığın meydana gelmesi ve yayılması - 1971
- 37) Taşkının rotası (Tercüme) - 1971
- 38) İstatistikî metodlarla yağış tahminleri - 1971
- 39) Yağış ile Hava- Deniz Sıcaklığı İlişkileri - 1971
- 40) Kar hidrolojisine sun'î peyklerin uygulanması (Tercüme) - 1971
- 41) Türkiye'nin kar ve rüzgâr yükü hesapları - 1971
- 42) Hidrolojik gayeler için atmosferde mevcut nemin değerlendirilmesi (Tercüme)-1972
- 43) Efektif yağışlar - 1972
- 44) Potansiyel Evapotranspirasyonun meteorolojik malûmatlarla hesaplanması (Tercüme) 1972