

SERİ
SERIE B

CİLT
TOME XX

SAYI
FASCICULE 2

1970

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



ORMANCILIK POLİTİKASI İÇİN GEREKLİ DONELERİN ARAŞTIRILMASINDA ORMAN HİDROLOJİSİNİN AMACI, METODLARI VE GELİŞİMİ (*)

Yazanlar
E. R. C. REYNOLDS ve L. LEYTON

Çeviren
Dr. Necdet ÖZYUVACI

Özet

Ormanlık politikası kaçınılmaz şekilde toprak ve su korumasında kapsadığından, farklı vejetasyon tiplerinin hidrolojik devir üzerindeki etkileri ve bunların manipulasyonu ile ilgili kantitatif donelere ihtiyaç gösterir. Araştırmalardan, yapıldığı yer dışında bütün reyjona şamil kantitatif genellemeler çıkarmak zorunluğu bu donelerin umumileştirilmesi için özel bir itina gösterilmesine yol açar. Burada, ihtiyaç duyulan donelerin elde edilmesinde kullanılan metodlar toplu halde özetlenmektedir.

Ana fikri ise; bu gayelere varmak için klasik havza araştırmalarının yetersizliği teşkil etmekte ve maliyet, saha seçimi, sahanın temsil kabiliyeti, ebadı, sızmalar, yapılan ölçmelerde sıhhat derecesi, süre, eksperimental havzalarda faktörlerin düzenlenmesi ve donelerin analizi konuları kritik gözle irdelenmektedir. İntensif havza araştırmalarında sahada yapılacak yardımcı gözlemlerle bazı gelişmeler kaydedilebilir. Bunlardan daha yeni ve el'an mevcutların en iyisi diyebileceğimiz bir metod ise havza karakteristiklerinin modellerle veya bunun en ileri şekli olan tam sayılı simulasyon (digital simulation) yoluyla sentezini yapmaktır. Buna paralel bir gelişmede popülasyonu temsil eden örnekler olarak icmalı yapılan hidrometrik kayıtlar üzerindeki işlemlerle tahmin denklemleri (prediktive equations) elde etmektir. Diğer taraftan, tabii drenaj havzasının tümü ele alınmadan uygulanan birçok ekolojik metodda ortaya konmuş-

(*) Bu yazı IX İngiliz Uluslar Topluluğu Ormanlık Konferansında tebliğ olarak sunulan «Research Data for Forest Policy: The Purpose, Methods and Progress of Forest Hydrology» isimli makalenin tercümesi olup, orijinali ayrı baskı halindedir (Ninth British Commonwealth Forestry Conference 1968. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, England).

tur. Bunlardan bazıları alınacak ön tedbirlerle ormanda homojen olarak ayrılmış parsellerde su bilançosunun bir veya bütün fazları üzerinde yapılan güvenilir ölçmelerin değerlendirilmesine iyi bir şekilde uymaktadır. Böylelikle elde edilen doneler ise tüm havza karakteristiklerinin senteziyle kombine edilebilir ki, temel olarak izlenecek yollardan en iyisi bu şekil parsellerde çalışmaktır.

Araştırma programları, iyi bir şekilde düzenlenmiş milli hidrometrik rasat şebekeleri ile parsel metodları üzerine bina edilmek ister. Bunu izleyecek donelerin manipulasyonu ise sentetik usüller ve populasyon çalışmalarına dayanan metodlarla olacaktır.

Büyük ölçüde klasik havza metodlarına istinad edilerek uygulanan araştırmalar, farklı vejetasyon örtülerinin hidrolojik devir üzerinde kantitatif olarak önemli etkilerde bulunduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla artık, ormanlık sahalarda evaporasyonla vukua gelen su kaybının daha büyük olması nedenleri hakkında fikir beyan etmek mümkün olmaktadır. Bütün bunlardan, uygulanacak politikanın esaslarının koyacak kimşelerin ekonomik kalıplara dahil edilmek üzere, âcilen, vejetasyonun diferansiyel etkilerinin kantitatif olarak hesaplanmış rejyonel değerlerine ihtiyaç duydukları sonucu çıkarılabilir ki, makalede esasları verilen araştırma metodları bunu başarmada kullanılabilirler.

Giriş

Arazi amenajmanının bütün ülkelerce aynı araziden su üretimi de göz önüne alınmak suretiyle yapıldığı bir gerçektir. Su ve toprak koruması, sudan mütevellit erozyon mahsulünün azaltılmasında olduğu kadar, o yerde verimliliğin devamı bakımından da birbirinden ayrılamayacak derecede irtibatlıdır. Zira, ormanlık sahalarda dereye ulaşan veya aküferlerde depo edilen suyun endüstri, kullanma ve sulama amaçları için hayati önemi haiz kaynaklar olarak kullanılması hemen hemen her yerde değişmeyen hususlardır. Bu bakımdan ormancı, uygulayacağı politikayı formüle ederken yalnız ağaç yetişmesi için gerekli yetişme muhiti isteklerini değil, aynı zamanda, hidrolojik yönden doğacak sonuçları da düşünmek zorunluğundadır. Bu ise onun, konu ile alakalı kantitatif bilgilere sahip olması demektir.

Dünyanın çeşitli yerlerinde ormanlar ve diğer bitki örtülerinin toprak ve su koruması üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma

yapılmış olmasına rağmen, meselelere her yerde uygulanabilecek karakterde kantitatif bir çözüm şekli bulunmamıştır. Çünkü mahalli iklim şartları, topoğrafya, jeolojik yapı ve toprakların meydana getirdiği kombinasyon o yerde mevcut bitki örtüsünün aracılığı ile kendine has bir özellik kazanır. Ayrıca bu konuda bitki örtüsünün yaptığı etkinin rejyondan rejyona dikkati çekecek derecede değişebilmesi de büyük önem taşır. Örneğin; bir yerde karların erimesi, diğerinde kurak zamanlarda dere akımı, bir diğerinde de erozyon kontrolü büyük öneme sahip olabilir. Böylece biyohidrolojide araştırmaların rejyonel olarak yapılması her yerde cari bir zarurettir (Jeffrey, 1964).

Bu makalenin gayesi; önemli faktörler olarak göz önüne alınan para, zaman ve sonuçların güvenilirliği konuları ile alâkası yönünden geçerli bulunan en yararlı doneleri vermektir. En azından 1935 yılında Güney Afrika'da yapılan toplantıdan beri, ki bu toplantılarda orman hidrolojisi konusunda muntazaman tebliğler verilmiş ve problemler derece derece önem kazanarak son gelişmelerin teminat verici ışığı altında tekrar alâka görmeye başlamıştır. Uluslararası hidrolojik gelişmelerin vuku bulunduğu son on yıllık devreyi idrak eden bizler biliyoruz ki bu vesile ile konuyu bir defa daha ele almak bilhassa yerinde olacaktır.

Araştırma Gayeleri:

Bitki örtüsünün hidrolojik etkisiyle yarattığı problemin genel tabiatı oldukça iyi bir şekilde anlaşılmış olmakla beraber, muvaffakiyetli bir araştırma programının formüle edilmesinde herşeyden önce cevaplandırılacak soruların kesin bir şekilde tarifi istenir. Hidrolojik seyrin bütün veçhelerini kapsayan bilgilerin geliştirilmesi pek tabii olarak programda büyük bir öncelik alacaktır. Ancak, burada arazi plânlaması ile ilgisi yönünden plânlamacıların sorularına da özel bir dikkat atfedilmiş olması gerekir. Böylece genel bir deyişle gaye;

- a — Ağaçlandırma veya ormanların kaldırılması,
- b — Ağaç türlerinin seçimi,
- c — Ormancılık faaliyetlerinin birleştirilmesi

hususlarının ormancılığı ilgilendiren kantitatif hidrolojik etkilerinin her bir rejyon için tayini olacaktır. Bu etkiler ise aşağıda verilen su üretimi (water product) terimleri ile ifade edilmelidir (Anderson, 1960);

- 1 — Dere akımı modelleri, taban veya pik akımları,
- 2 — Su verimi,
- 3 — Toprak erozyonu ve su sarfiyatı.

Eğer imkanlar müsaitse, aşağı yukarı bir ünite olarak sınırlandırılan nisbeten küçük sahalarda done toplanması için, ki bu donelere dayanarak genelleme yapmakta çok sınırlıdır, fazla sayıda iş gücü, zaman ve para sarfedilebilir. Biz burada konunun halli en güç olan yönü ile karşı karşıya geliriz. Doneler genel olarak bir kıymet ifade ederlerse de bunların kantitatif genellemelere veya çok daha fazla bilgiye lüzum kalmadan diğer sahalara tatbikinde hassas davranmak gerekir. Bazı müellifler (Slivitsky ve Hendler, 1965, Kelly ve Glymph, 1965) toplanan donelerden daha geniş genellemeler çıkarmaya doğru giden bir temayül değişikliğinin önemine işaret etmişlerdir. Nelson'a göre (1958) bu değişiklik takriben 1954 yılında olmuştur.

Orman Hidrolojisinde Araştırma Metodları:

Varsayımların denenmesine veya dikkate değer meselelerin cevaplandırılmasına en uygun gelecek metodun seçimine karar verilmesi, çok defa önemsiz bir husus olarak görünür (Clark, 1965, Durrant, 1965, Kelly ve Glymph, 1965, Szesztay, 1965). Wilm (1952) bu konuda uygulanacak tekniğin geniş bir sınıflamasını vererek, yapılan masraf ile bir sonuç almama riski veya sonuçların tek taraflı kalması hususları arasındaki dengeyi inceler. Şekil ve Tablo 1. de su bilançosunda kantitatif donelerin elde edilmesi için kullanılan çeşitli metodların bir özeti verilmekte olup bunlar aşağıda daha detaylı şekilde irdeleneceklerdir.

1 — Havza Araştırmaları:

Bunlar en genel metodların yer aldığı araştırmaları temsil ederler ve günümüzde dahi daima tenkit konusu olurlar. Gerek Kanada'da yağış havzası araştırmaları üzerine yapılan (4th Hydrological Symposium of the National Research Council of Canada, 1964) ve gerekse Budapeşte'de Uluslararası Hidroloji Birliğinin düzenlediği (Representative and Experimental areas, 1965) simpozyumlarda bilhassa bu metodların değeri üzerinde durulmuştur.

Havza araştırmalarının dayandığı prensip; seçilen tabii bir drenaj alanında parametre olarak ele alınan dere akımının ölçülerek, o havzada yer alan bitki örtüsü ile münasebete getirilmesi veya kısaca bu örtünün amenajmanıdır. En genel ifade şekli ile düşünülürse bir mukayeseden ibarettir (Tablo-1, Metod 4. bakınız).

Metodun başlıca avantajı belli bir noktadaki dere akımına dayanarak o yerde yağış ve akışın zaman ve mekan bakımından gösterdiği sey-

rin gerçek integrasyonunu sağlamasıdır. Pek tabiidir ki bu, birinci de-
recede suyu kullanacak olanları ilgilendiren husustur. Slivitsky ve Hend-
ler (1965) havza çalışmalarının normal olarak çeşitli avantajlar sağla-
yacağına hamletmenin aşırı iyimserlik olabileceğini ileri sürmekle bera-
ber onlar da havzayı araç ve gereçlerin denenerek tekâmül ettirilmesi
ve geliştirilebilmesi için gerekli bir işyeri ve aynı zamanda personel için
ideal bir eğitim sahası olarak kabul ederler. Yine havza, araştırmadan
elde edilen bulgular ile bunların hidrolojik yönden önemini halka geniş
ölçüde göstermek bakımından belkide bütün laboratuvar veya parsel ça-
lışmalarından çok daha iyidir. Bütün bu mülâhazalar dolayısıyla havza-
nın, ne olursa olsun daima, elde en son delil veya hiç değilse uygulanan
teknikğin hidrolojik yönden irdelenmesinde baş vurulacak bir temel ola-
rak kalması gerekir.

Havza metodlarına dayanan çalışmaların ilk başta gelen dezavantaj-
ları arasında masraf ve zamana ihtiyaç göstermeleri zikredilebilir. Özel-
likle saha seçimi (Dubreil, 1965), gerekli cihaz ve teçhizatın temini (Hic-
kok ve Rec, 1965), çalıştırılması (Clark, 1965) ve nihayet sonuçların de-
ğerlendirilmesi ve donelerin interpretasyonu için yapılacak çalışmalar
masrafları arttırabilir. Bu nedenle böyle bir projede giderlerin normal
olarak devlet tarafından yüklenilmesi ve karşılanması gerekir (Pereira,
1959).

Griffith (1952) hidrolik mühendislerince üzerinde durulan bazı şart-
lara uyabilen bir araştırma sahasının Amerika'da nasıl seçildiğini izah
etmektedir ki, bugün Coweeta araştırma istasyonunun yer aldığı bu sa-
hanın seçiminden önce 200 havzanın detaylı olarak istikşafını kapsayan
ve iki yılda tamamlanan bir araştırmanın yapılması gerekmiştir. Bu, sa-
dece bir tek örnek değildir. Aynı güçlüklerle Britanya krallığında da kar-
şılaşılmıştır. Budapeşte simpozyumunda verilen 78 tebliğin hemen 10 ta-
nesi özellikle havza seçiminin kriterleri üzerine yazılmıştı. Diğer taraf-
tan bunlara ilâve olarak, konunun kritiği bakımından araştırma sonuç-
larının muayyen istekler için kesin bir sınırla kıymetlendirilmesinde, se-
çilen havzanın kendine has özellikleri ile bir istisna teşkil etmesinin öne-
mi üzerinde durulabilir. Örneğin; jeomorfolik durum ile yakından ilgili
bazı isteklerin havzalara bağlı kalınarak yerine getirilmesi sonucunda bu
isteklerin rejyonun tümünü temsil etme ihtimali çok azalmaktadır. Ca-
vadias (1965) havzaları jeomorfolojik yapı ve iklim karakteristiklerine
göre seçmenin objektif bir yol olduğunu ileri sürmektedir. Burada unsur-
ların temel analizini (principle component analysis) müteakip yapılacak
çok taraflı bir diyagram havza seçiminin yerinde yapılıp yapılmadığını gös-

terecektir. Dubreil (1965) bu konuda, seçim sisteminin bazı rejyonlara dayanılarak yapılması zorunluğundan bahsetmektedir.

Budapeşte simpozyumunda yer alan 21 adet tebliğin başlığı araştırmacıların temsili havzalara dayandığını göstermiş olup, bunların sadece beş tanesinde bilhassa, havzaların buldukları rejyonu temsil ettiklerinin kabul edilip edilmeyeceği sorusu üzerinde durulmakta idi. Bazı başlıklar eksperimental ve temsili deyimlerini birlikte ihtiva etmekle beraber, diğer müellifler kendi çalışmalarını izah ederken sadece eksperimental deyimini kullanarak sahaların temsili olmalarının lüzumsuzluğunu söylemek cesaretinde bulundularsa da, onların yaptığı şeylerde tamamiyle eksperimental bir işlem değildi. Bütün bunlar, temsil kabiliyetinin hidrolojik yönünde üzerinde çok büyük hassasiyetle durulması gereken bir konu olduğunu ortaya koymaktadır.

Havza seçimindeki genel kriter, bitki örtüsü veya arazi amenajmanının yeknesaklığıdır. Aksi takdirde genelleme yapmak hemen hemen imkansız olur. Pereire (1961) havzaların yarısında, gayri muntazam şekilde muameleye tabi tutulmuş sahalardan elde edilen donelerin reddildiği bir çalışma örneği vermektedir. Bu nedenle gerekli yeknesaklığı sağlamak için genellikle araştırma havzalarının büyüklükleri sınırlanır. Hore ve Ayer (1965) bu büyüklüğün 4 ha. ile 65 Km² arasında değişebileceğini ileri sürmektedirler. Bu gibi küçük havzalar, normal olarak hakim jeolojik bünyelerine göre tanımlanan geniş havzaların hilâfına genellikle erozyona dayanan bir orijinden gelmelerine rağmen (Wisler ve Brater, 1949), geniş bir havzada drenaj sisteminin küçük bir havzadan daha uzun sürede gelişmesi nedeniyle saha seçiminde bir kriter olarak alınan bu büyüklük sınırı havzanın temsil kabiliyeti bakımından yinede bir değer taşımaktadır.

Havzalarda vukua gelen sızmalar su bilançosu tayinlerinin geçerliliğini açıkça gayri mümkün kıldığından (Penman, 1963) çalışmaların çoğu bu gayeye yöneltilmektedir. Buradaki tarifimiz gerek poröz jeolojik alt tabakadan gerekse, havzanın sınırlandırılmasında yüzey ve yüzeyaltı^(*) (phreatic) topografyalarının birbirine uymamasından ileri gelen sızmaları kapsamaktadır (Wisler ve Brater, 1949). Hore ve Ayer (1965) sızmalara maruz havzaların geçirgen jeolojik yapısı ile ilgili olarak mate-

(3) Yüzeyaltı topografyası-İngilizce (phreatic) kelimesinin buradaki anlamına karşılık olarak kullanılan bu terim, jeolojik formasyonda yer alan ve yüzeyaltı akışları bakımından büyük önem taşıyan geçirimsiz tabakanın istifleniş yahut yataş tarzını ifade etmektedir (çeviren).

matik modellerin lüzumu üzerinde durmaktadırlar. Witch (1965) ise araştırma için daha az temsil kabiliyetini haiz sahaları seçerek jeolojik bakımdan geçirgen havzalarda sızmanın sabit kalması halinde hiç değilse mukayeseye imkan verecek doneler elde edilebileceğini ümit etmiştir. Bu, belli şartlar altında mümkündür (Pereira et al, 1961). Şöyleki; açık su yüzeyinden evaporasyon ile evapotranspirasyon arasındaki oranı kullanarak yapılan bir su bilançosu ile önceden bulunan su noksanı değerleri, seri halde yapılan ölçmelerle tespit edilen toprak rutubet noksanı değerleri ile karşılaştırılarak havzalarda vukubulan sızmalar ortaya konulabilir.

Meydana gelecek hatanın savağın durumunu ayar etmek suretiyle asgariye indirilmesi mümkün olmakla beraber, havza araştırmalarında yer alan diğer bir hata kaynağı da drenaj suyunun savakla ölçülmesinde meydana gelecek aldanmalardır (Reinhart, 1967, Lull ve Sopper, 1965). Güney Afrika'da yapılan bazı havza araştırmalarında (Wicht ve Schumann, 1957) bu hatanın gözden kaçtığı takdirde sabit kaldığı farzedilmiştir. Fakat buna rağmen, savaktan geçen su miktarının arazi kullanımının etkisinden azade kalamayacağı hususunu belkide, havza çalışmalarının değeri üzerine yapılacak en yıkıcı tenkitlerden biri olarak almak mümkündür. Bazı Rus hidrologistleri (Sokolovsky, 1959, Bochkov, 1959) ağaçlandırılmış küçük havzalarda yüzeysel akışın ota kaplı olanlara kıyasla azalması hususundaki genel bulgunun havzada yer alan ağaçların daha fazla su kullanmalarından değil, derinlere doğru sızma ile vukua gelen ve dere akımı şeklinde ölçülemeyen drenajı (derin drenajı) arttırıcı etkilerinden ileri geldiğini ortaya koymuşlardır.

Havza ile ilgili donelerin interpretasyonu ekseriya çok sayıda yapılan ölçmeler arasındaki küçük farklara dayandığından, ölçmelerin hassasiyeti ile hayatî bir ilişkiye sahip oldukları aşikârdır (Penman, 1963, Durrant, 1965, Cooper, 1963). Örneğin; fazla tepelik sahalarda yağışın hatasız bir şekilde tayini, özellikle büyük kısmının kar şeklinde vukua geldiği hallerde çok güçtür. Wicht (1961) çalıştığı havzalarda yağışın doğru olarak ölçülme imkanını dikkate değer bir şüphe ile izah ederek, ölçmeleri hassas miktarlar olmaktan ziyade birer indeks olarak kullanmıştır. Rotacher ve Miner (1967) dere akımının doğru ölçülmesi hususunu bir defa daha ele alarak burada kabul edilebilecek minimum hatanın yüzde üç ile beş arasında olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Havza çalışmalarını sınırlayan diğer bir husus da bu çalışmaların integrasyonunda arazi amenajmanı, fiziksel karakteristikler ve iklim gibi faktörlere bağlı farklılıkların işin diğer cephesi olarak kıymet kazana-

rak çalışmanın geçerliliğinin menfi yönde etkilenmesine sebep olmasıdır (Slivitsky ve Hendler, 1965). Penman (1963) denenen hipotezlerden, havzada eksperimental yolla elde edilen hususların sadece teferruat olarak düşünülmesi gerektiği sonucunu çıkarmaktadır. Wilm (1952) ise kendi koymuş olduğu rasat sınıflandırma tekniğine göre havza çalışmalarını, tamamiyle kontrol edilemediği için ölçmelerde daima bir risk unsuru veya tek taraflılığın yer aldığı sınıfa sokmaktadır. Diğer taraftan havza araştırmalarındaki kontrol noksanlığı muamelelerin tatbik edildiği sırada hava hallerinin değiştiği zehabına kapılmakla ifade edilmiştir ki (Wicht, 1965) bu hadise, herkesce çok iyi bilinen Coweeta tecrübelerinde gerçekten olmuştur (Penman, 1963).

Çalışma havzası ve rejyonun o yeri, gerek su depolaması ve gerekse dere akımını etkileyen (dere akımında meydana getireceği sonraki tesis bakımından) kontrolü gayri mümkün iklim değişikliklerine tabi olarak temsil ettiği farzedildiğine göre; havza metodları oldukça uzun bir zaman periyodunda ortalama veya normal doneler toplamaya ihtiyaç gösterir. Bu, arazi amenajmanı politikasındaki kararların geciktirilmesine imkan bulunmadığı hallerde bir talihsizlik olur ki (Pereira, 1961), Slivitsky ve Hendler'e (1965) göre bu hususda on yıl veya daha fazla sürede belli bir sonuca varılamaması da normaldir.

Havza çalışmalarından elde edilen sonuçların geçerliliği büyük ölçüde, araştırmanın çeşitli kademelerinde uygulanan istatistik metodların geçerliliğine göre tayin edilir. Morlat (1960) hidrolojist ile istatistikçi arasında çok yakın bir işbirliği bulunduğunu delilleri ile müdafaa ederek konuyla ilgili örnekler vermiştir (bu konuda Cavadias', 1965 a da müracaat edilebilir).

Eşleştirilmiş havzalardan istenen hususlar (Reinhart, 1967) veya değişik muhit şartlarındaki muamelelerin faktörlere bağlı olarak düzenlenişinin (Anderson, 1960, Cooper, 1963, Slivitsky ve Hendler, 1965, Trimble, 1959) iyi bir ilmî metoda dayandığı genellikle bilinmekle beraber bu işlemi yapmak nadiren mümkün olur.

Bir alternatif olarak sahada havzaları eşleştirmenin, hava hallerinin bir yıldan diğerine gösterdiği farklılıkların yankısını ortaya koymada avantaj sağlayacağı ileri sürülmektedir. Bu metod arazi amenajmanında karşılıklı etkilerin en fazla hidrolojik tesirler ile hava hallerinin göstermiş oldukları seyirler arasında bulunması nedeniyle tavsiyeye şayan değildir. Seri haldeki gözlemler arasında serbestiyet olmaması (Wicht 1965, Morlat, 1960) hidrolojik donelerin doğru bir şekilde istatistik analizini yapmaya büyük ölçüde engel teşkil eder. Meselelerin istatistiki olarak mütalaa edilmesi havzalardan donelerin toplanması için da-

ha etkili bir örnekleme yapılmasına yol açabilir (Cavadias, 1965, Morlat, 1960). Wicht (1961) çok taraflı havza çalışmaları için teorik olarak bazı istatistikî düzen tabloları tanzim ettiyse de bunlar ancak rejyonal jeomorfolojinin en elverişli olduğu şartlarda düşünülebilir. Hatta Hursh (1943) bu düzen tablolarının istatistikî işlemlere dahi uymadığını savunmuştur.

Havzalar üzerinde yapılan tecrübelerin analizi Reinhart (1967) tarafından bütün cepheleriyle irdelendikten sonra, istatistikî analizin zait olduğu düşünülmüştür (Wicht, 1965). Fakat bununla beraber, Reinhart (1967) havzalara ait donelerin herhangi şekilde anlam kazanmasında istatistikî kavramsal esaslarının temel teşkil edilmesinin gerekliliğini tam olarak ortaya koymuştur. Ancak yine de bu tip donelerin kıymetlendirilmesinde «istatistikî yönden sıhhat derecesinin şüphe götürmezliğini sağlamak amacıyla izlenecek yolların» inkişaf ettirilmesi için özel bir istekte bulunur.

2 — «İntensif» Havza Çalışmaları:

Havza çalışmalarının kıymetini arttırmak için dere akımı yanında, alakalı diğer parametrelere ait donelerin toplanması hususunda sağlam temellere dayanan isteklerde bulunulmuştur. Bunlar ise vejetasyon örtüsünün tavsifi, toprak derinliği ve rutubet muhtevası gibi nisbeten biraz daha fazla gayret sarfetmekle halledilebilecek hususlardır (Pereira et al, 1961). Güney Afrika'da yapılan araştırmalarda bir çok gözlemler başlangıçta zait görülerek sadece arasıra ve yetersiz bir şekilde yapılmakla beraber sonradan elzem oldukları anlaşılmıştır (Wicht, 1966, Hursh, 1943). Bu gibi yardımcı ölçmeler her zaman açık olarak belirtilmiş amaçlarla yapılmazlar ancak, havzalar arasındaki farklılıkları karakterize etmede (Wicht, 1961) veya sonuçların diğer havzalar için genellemesini yapmada (Jeffrey, 1964) yardımcı olabilecekleri ümit edilirki Reinhart (1967) bunları, eksperimental kontrol yönünden kullanılabilirler şeklinde tavsif eder. Ward (1967) ise akış seyirinin integrasyonunda daha büyük bir kıymet taşıdıklarını ifade etmektedir. En faydalı munzam gözlemlerden biride iklim doneleridir ki bunlar yardımıyla önceden hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon, havzada ölçmelerle tespit edilen su bilançosu ile mukayese edilebilir (Penman, 1963, Pereira, 1959, Pereira et al, 1962).

3 — Sentetik Metod:

İntensif çalışmaların sağladığı mantıkî gelişim, bunları bir araya toplama teşebbüsü veya temel çalışma seyirleri hakkındaki malumattan faydalanarak havzadaki münasebetlerin sentezini yapmaktır. Temel olayların cereyan tarzının bizce anlaşılmasıyla ortaya konan sonuçlar veya bunların kullanılma dereceleri başka sefer yapılacak genellemelerde geçerli olabilirler.

Sentetik metodun basit bir örneği; Subbotin'in (1965) yapılacak kısmî ağaçlandırmalar için çözüm yollarını vermek üzere, açık ve ormanlık sahalara ait doneleri kombine etme teşebbüsüdür. Harrold ve Stephens (1965) ise küçük sahalarda için yapılan matematik modellerin, geniş bir havzadaki münasebetlerin sentezi ile kombine edilebileceğini ileri sürmüşlerdir (ayrıca Uryaev'in (1965) çalışmasına da bakılabilir). Bu konuda verilebilecek diğer bir örnekte bilinebilen kaynaklardan gelen akışın kombine edilmesidir (Betson 1965).

Sentezin başarılmasını sağlamak üzere diğer teknik sahalarda gelişmiş kavramlara istinad eden, muhtevaları ve tatbik kabiliyetleri farklı çeşitli şematik tertiplerde teklif edilmiştir. Bunlar «sistem kavramı» (System concept) (Cavaidas, 1965), «ölçekli model kavramları» (Scale model concepts) (Slivitsky ve Hendler, 1965, Nemec ve Moudry, 1965, Hore ve Ayer, 1965, Nemeth, 1965) ve Cooper (1963) tarafından ileri sürülen «fiziksel analoglar» (physical analogues) ile Kovacs (1965) tarafından kullanılan, geniş havzaların «hidrolik analoglarıdır» (hydraulic analogues) En son sentetik metodlar ise elektronik beyinlerde yapılan «tam sayılı simulasyon metodunda» (digital simulation method) (Crawford, 1967) görülür. Burada, havza hidrolojisinin matematik yolla temsil edilmesi hususu havzalarda yapılan gerçek gözlemler kullanılarak sür'atle kontrol edilir ve geliştirilebilir. Eğer bu modeller eksiklikleri giderilerek uygun bir hale getirilirse hidrolojik doneleri bulunmayan havzalara da uygulanabilirler.

4 — Havzaların Bir Populasyon Olarak Ele Alındığı Çalışmalar:

Belli bir rejyon içersinde seçilerek gerekli ölçmelerin yapıldığı havzalar, o rejyondaki havzaların teşkil ettiği tüm populasyonun bir örneği olarak düşünülebilir. Dolayısıyla buradan, populasyonun ve bu populasyonda yer alan fertler olarak dere akımı ölçülemeyen diğer havzaların hidrolojik karakteristikleri üzerine ön kabullerde bulunmak mümkün olacaktır.

Bir rejyondaki havzaların teşkil ettiği populasyon genellikle hidro-metrik şebekede örneklendiğinden tek taraflı bir durum gösterir. Bu nedenle tahmin denkleminin formüle edilmesinde donelerin seçimi en kritik hususu teşkil eder. Anderson (1962) populasyonun uygun şekilde temsil edilmesini güven altına almak için alâkalı özelliklere ait kombinasyonların çoğunda ekstrem havza tiplerinin ele alınmasını ve bunlardan, doğrusal olmayan etkileri de kapsasa, ortalama birinin seçilmesini teklif etmektedir. Burada kullanılacak doneler ise akla uygun gelecek şekilde

doğru olmalıdır. Uzun süreli rasatlar havzalara ait hususiyetlerin zamanla yeknesak olmasında avantaj sağlarlar. Lokal hidrolojik problemlere ilişkin olarak maksimum akımlar, taban akımı, sediment yükü v.s. gibi hususlardan herhangi biri bağlı değişken olarak karşımıza çıkabilir. Serbest değişkenler ise (ki bunlar sağnak yağışların şiddeti, drenaj kanalının uzunluğu, havzanın eğimi v.s. olabilir) bağlı değişkenlerin gösterdiği hidrolojik seyirle fiziksel olarak ilgili parametrelerin tahvil edilmesinde rasyonel fonksiyonlar olacaklardır. Anderson sadece en basit ve en kolay şekilde çıkarılan parametrelerin tahmin denkleminde kullanılması hususunda ısrar eder ve çok taraflı (multiple) korelasyona görünürde önemli olarak iştirak etmeyen faktörlerin red edilmesi için istatistikî ihtimaliyetin indî testlerinin kullanılmasını şiddetle tenkit eder. İzlenecek böyle bir yolun denklemleri daha rasyonel kılamayacağı ifade edilmekle beraber, istatistikî metodların bu konuda kullanılmaya hazır oldukları hususunda da sür'atli bir evrim vardır. Wallis (1965) en uygun bir metod olarak varimaks rotasyonu ile yapılan ana unsurlar regrasyon analizini (principle component regression analysis with «varimax rotation») tavsiye eder ve bazı sentetik doneleri kullanarak, matematik işlemlerin mekanik olarak yapılması esnasında rasyonel olmayan durumların nasıl ortaya çıkabildiğini örnekleri ile izah eder. Lull ve Sopper (1965) azalan basamak regrasyon usulü (descending escalator regression procedure) nû kullanmak suretiyle bazı havzalara ait akış donelerini analiz ederek kısmî regrasyon katsayılarından %10 unun negatif veya pozitif yönde tamamen gayri rasyonel bulduklarını ortaya koymuşlardır. (Bunlar ağaçlandırma için yapılacak yardımları kapsamaktaydı).

Anderson (1960) popülasyonu temsil eden örnek havzalara ait donelerle yapılan regresyon analizlerine dayanan genelleme formüllerinin muvaffakiyetle kullanılabilmelerinin ancak rasyonel ve gerçek değişkenleri ihtiva ettikleri hallerde mümkün olabileceğini ileri sürmüştür. Bu konuya en uygun geldikleri söylenen matematik modeller ise ön kabullerde daha az muvaffak olacaklardır (Striffler, 1965, Cooper, 1963). Denklemler çıkarılırken işlemlerin bazı kademelerinde gerek topografya ve jeolojik yapı, gerekse yükseklik bakımlarından rejyonel çalışmaya mecbur kalınması pek tabii olarak her yerde uygulanabilecek karakterdeki denklemlerin bulunması ihtimalini ortadan kaldırmaktadır (Anderson, 1960). Eksperimental havzaların yapılacak genellemelerde istinad edilecek esaslar olarak uygun düşmemelerine rağmen (Toebes, 1965), Lull ve Sopper (1965) bunları fizyografik rejyonlar içersinde genellemeler için kullanarak bazı başarılar elde etmişlerdir.

Anderson (1965) bir yerde en yüksek verim veya diğer bir deyişle bir havzanın su üretimini tarif etmek üzere «hidrolojik potansiyel» kavramını ortaya koyarak, tahmin denklemlerini bu verimin artmasında kontrolü mümkün belli havza karakteristiklerini tanımlamada kullanmıştır. Diğer taraftan yine modeller, arazi kullanma tekniğinin geliştirilmesi icap eden yerleri belirtmek amacı ile de kullanılabilirler. Pek tabiidir ki hidrolojik seyrin islahına ait bilgilerimiz arttıkça daha iyi modeller inkişaf ettirilecektir. Tesadüfi münasebetler arasında önemli bir korelasyon bulunduğunu veya gösterdiklerini farzetmek tehlikeli olmakla beraber, bu metodun kullananlarca da takdir edilmediği her zaman rastlanan bir gerçektir.

5 — Homojen Parsel Metodları:

Havzanın tabii şekilde homojen parsellere ayrılması imkansızdır. Bundan başka seçim yapmakla değişkenlik azalarak toprak, iklim veya vejetasyon örtüsü daha büyük ölçüde bir kontrol altına alınmış olur. Bununla beraber havza araştırmalarına yapılan itirazların hepsi değilse bile bunlardan bazıları bertaraf edilebilir (Laurie, 1962). Her parsel üzerinde, su bilançosunun bir tek veya bütün fazları Tablo 1 de yer alan metodlardan biri veya uygun bir kombinasyonu kullanılmak suretiyle hesaplanabilir. Burada en uygun metodun seçilmesi elbetteki bilhassa yer ve bitki örtüsüne bağlı kalacaktır. Örneğin; bir sahada ağaç örtüsü bulunduğu takdirde seçim işi sınırlı olarak yapılabilir. Zira köklerin yayılışı ve masif örtü kitlesi nedeniyle toblodaki 2, 3, 7, 8 ve 14 no lu metodlar nadiren uygulanabilirler. Genel olarak söylemek gerekirse homojen parsellerin seçimi nispeten küçük sahalarda yapılacak çalışmalar için düşünülebilir. Varılan bu sonuçlar parsel çalışmalarının başlıca dezavantajlarından biridir ki Penman (1963) parsellerin küçük alanlarına oranla uzun bir çevreye sahip bulduklarını ve dolayısıyla yan tesirlerin bahis konusu olabileceğini ileri sürmektedir. Bu etkiler artık oldukça iyi bir şekilde anlaşılmiş olup, ölçmelerin yapıldığı yerler etrafında tampon kısımlar düzenlemekle mesele halledilebilir. Diğer bir dezavantaj da küçük parsellerden elde edilmiş olan donelerle havzanın tümüne temsil edilecek bir sentez yapma güçlüğüdür (Rothacher, 1965). Cooper (1963) bu problemin gerçek bir örneğini vermektedir. Teknikteki son gelişmeler tam sayılı simulasyon programlarında zirveye vararak sentez güçlüğüne geniş ölçüde halletmiştir. Trimble (1959) parsel çalışmalarının bilhassa eşleştirme, mevki ve tabakalanma ile ilgili avantajları üzerinde durarak bunları özetler. Penman (1969) ise evaporasyonun ancak küçük parsel-

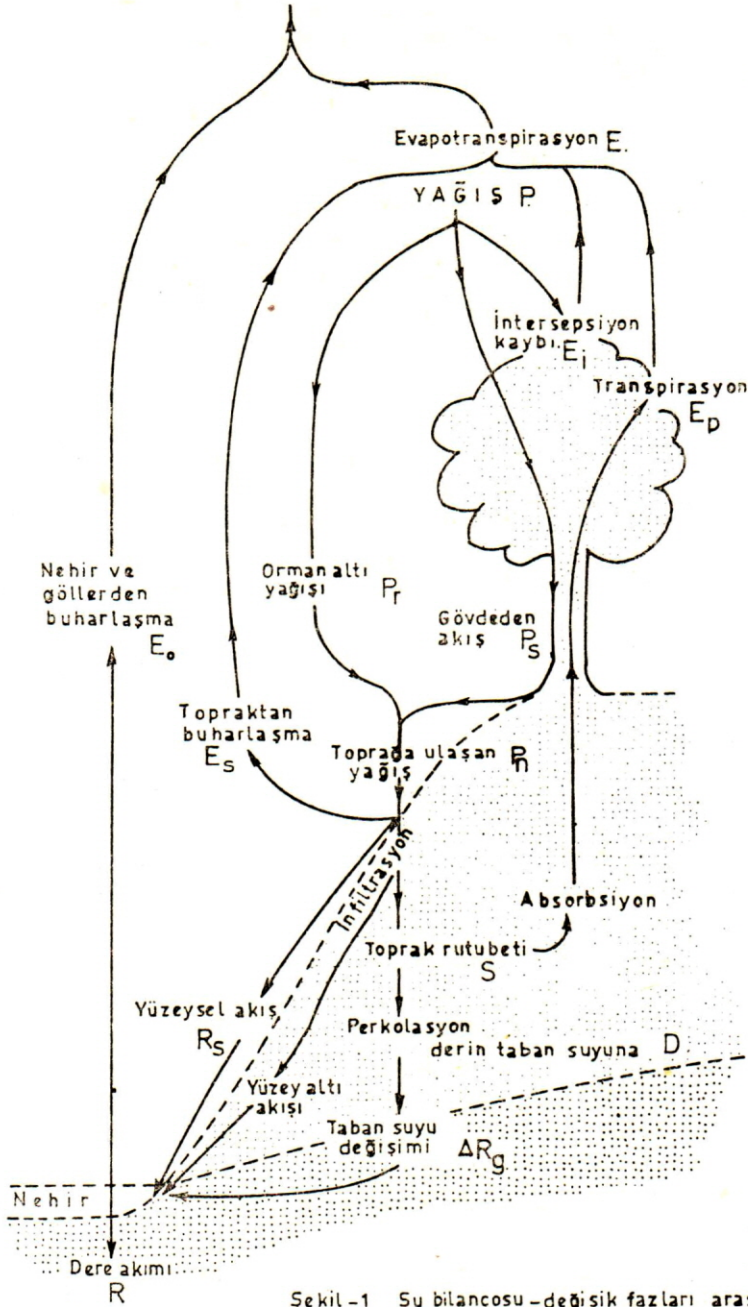
lerde hava halleri ile münasebete getirilebileceğine ve burada teşkil edilen sistem içersinde zaman aralıklarının yeter derecede kısa olacağına işaret etmektedir.

6 — Hidrolojik Seyrin Araştırılması:

Biz burada su bilançosu veya hidrolojik etkilerle ilgili ölçmeleri kapsayan çalışmalar ile hidrolojik seyrin temel esaslarına ait bilgilerimizi geliştirmek amacını güden araştırmaları birbirinden ayırmak isteriz. Ancak bundan sonradır ki arazinin toprak ve su koruması bakımından manipulasyonunu sağlayacak esas teknolojik gelişmeleri bekleyebiliriz. Anderson'un (1965) hidrolojik olaylar arasındaki tesadüfi ilişkiler üzerine yaptığı ön kabul modelleri için gerekli metodlar konuya ışık tutacak ve faydalı olacaktır. Hoover (1959) ve Laurie (1962) ise hidrolojik seyrin bizzat anlaşılan bazı ayrıntılarını listelemişlerdir. Hidrolojide, korelasyonun yer aldığı havza çalışmalarına dayanan ve amenajman için verilecek kararlarda halâ bir kıymeti olabilen daha genel metodların kullanıldığı bir gerçek olmasına rağmen (Hursh, 1943, Nelson, 1958). Trimble (1959) konunun münakaşasını yaparak bunların, parsel çalışmalarıyla kontrol edilmesi gereken fiziksel seyrin anlaşılmasında bir kazanç sağlamayacağını ileri sürmüştür.

7 — Aletli Araştırmalar:

Durant (1965) ve Trimble (1959), ağırlık parsel çalışmalarına verilerek tamamlanan bir araştırma programının eğer pratik bir kıymeti olacaksa bunun açıkça havza hidrolojisine ilişkin bulunması gerektiği sonucuna varmışlardır. En rasyonel bir hidrolojik araştırma programında gaye, hem temel hidrolojik seyre ait bilgimizin gelişmesi ve hem de çeşitli iklim ve toprak şartları altında değişik arazi kullanma ve amenajman pratiklerinin kantitatif etkilerinin tesbiti olmalıdır. Böylece parsellerden elde edilen bilgiler 3. ncü kısımda esasları kısaca verilen havza sentez programlarına uygun gelebilirler. Aynı zamanda, gerek temsili ve gerekse hidrolojik yönden büyük önemi bulunan sahalara akım-rasat istasyonları kurulmakla milli hidrometeorolojik rasat şebekesi de genişletilmiş olur. Böyle bir rasat şebekesi kurmak; 1) içme, kullanma ve sulama amaçlarına hizmet edecek su kaynaklarına ait kantitatif doneler temini, 2) havzalardan sentetik metodları kontrol edecek bilgiler elde edilmesi ve 3) rasatları bulunmayan havzalarda güvenilir genellemeler yapmayı sağlayacak tahmin denklemleri kurmak ve geliştirmek için havzaların teşkil ettiği populasyonun yeter genişlikte örneklenmesi fonksiyonlarını yerine getirecektir.



Şekil-1 Su bilançosu -değişik fazları arasındaki ilişkiler ve tablo-1 de verilen metodlarda kullanılan semboller.

Tablo 1 — Gerçek evapotranspirasyonun ölçülme veya hesaplanmasında kullanılan metodlar. Kullanılan sembollerin çoğu şekil-1 de gematik olarak izah edilmiştir. ([] içindeki terimler farktan hesaplanır)

METOD	DENKLEM	ALINAN KAYNAK
1 — İklimatik donelere dayanılarak hesaplama	$E = f E_s$	Penman (1949)
	E_s — Serbestçe sulanan kısa otlarda hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon değeridir. Su buharlaşma ölçeri, sulamalı ot lizimetleri veya iklim doneleri kullanılarak hesaplanır. Bu konudaki diğer hesaplama metodları ile karşılaştırmak için bakınız (Penman, 1963).	
2 — Enerji dengesi	$E = cH$	Baumgartner (1956)
	H — Vegetasyon tarafından absorbe edilen ve suyun buharlaştırılmasında kullanılan enerji. c buharlaşma için saklı enerji.	
3 — Buhar alışverişi	$E = Q$	Rider (1957)
	Q — O yerde, moleküler ve edidifzyonla vukua gelen su buharı akımı	
4 — Havzada giriş-çıkışın tespiti	$[E] = P - R$	
	P — Ekseriya (yer ve zamana göre) arazi kullanma değişikliklerinin etkisini $\Delta [E]$ ortaya koymak için birlikte kullanılan denklemler tarafından elimine edilir.	
5 — Havzada giriş-çıkış+ taban suyu seviyeleri	$E = P - R \pm \Delta R_f$	Penman (1950)
	E — Potansiyel evapotranspirasyondan (E_s) faydalanılarak bulunur.	
6 — Havzada giriş-çıkış+ toprak rutubet muhtevası	$[E] = P - R + \Delta S$	Pereira et al (1961)
	ΔS daha çok nötron rutubet ölçeri ile ölçülmeye uygun düşer.	
7 — Lizizmetre	$[E] = P - D$	Patric (1961)
	$[E]$ eğer P sulama suretiyle yeterli olarak karşılanabilirse hesaplanır.	
8 — Tartı lizizmetreleri	$E = P - D$	Harrold ve Dreibelbis (1958)
	E — negatif yöndeki, P de pozitif yöndeki ağırlık değişmelerini gösterir.	
9 — Taban suyu değişimi	$[E] = P \pm \Delta R_f$	Jorgensen (1959)
	Sadece taban suyu seviyesinin yüksek olduğu düz araziler için uygundur	
10 — Drenaj banis konusu olmayan topraklar	$[E] = P$	Rutter (1964)
	Tarla kapasitesi gerilim ölçerlerle (tensiyometre) tayin edilir.	
11 — Toprak rutubeti	$[E] = P \pm \Delta S$	Zahner (1955)
	Tarla kapasitesinden daha kuru toprak şartlarında uygulanamaz.	
12 — Toprak suyu akımı	$E = f \text{ grad } S$	Wind (1955)
	Toprakta su potansiyelinin derecesi ve iletkenlikten faydalanılır. Potansiyel derecelerinin tersine olduğu şartlar altında bu işlem D_i nin hesaplanmasına da teşmil edilebilir.	
13 — Transpirasyon	$[E_i] + E_s + [E_s] = P - [D]$ $[E_i] = P - (P_i + P_s), [E_s] = P_s - D_i$	Rutter (1962)
	Transpirasyon kesilen sürgünle veya dal içerisindeki öz suyu akımının sıcaklık kontrolüyle tayin edilir (Leyton ve Reynolds, 1965) D_i drenaj ise bitki köklerinin olmadığı sığ lizizmetrelerden bulunur (lokal olarak).	
14 — Çadır (plastik)	$E = f \Delta e$	Decker ve Skau (1964)
	e — Küvetler içerisindeki dal veya yaprakların her biri yahut plastik çadır içersine alınan toprak ve bitkinin kendi içlerinden veya etraflarından geçen havanın buhar basıncını gösterir.	

Böyle bir programın ise ekip çalışması, çeşitli disiplin (Pereira, 1959, Clark, 1965) ve kuruluşlar (Dils, 1957, Trimble, 1959) arası işbirliği olmadan yürütülmesi imkansızdır.

Ormancılıkta Hidrolojik Yönden Yapılan Araştırmaların Gelişimi:

Özellikle son yıllarda havza çalışmalarının geniş ölçüde tenkit edilmesi, uygulanan değişik bir çok metodların karışık tarafları ve güçlüklerine rağmen, su bilançosu üzerinde etkili olabilen faktörler ve bunların işleyiş tarzı hakkında dikkati çekecek miktarda kıymetli bilgiler toplanmıştır. Evvelce yapılan çalışmaların çoğu Wilm (1946), Harper (1958), ve Hoover (1959) tarafından tekrar gözden geçirilmekle beraber, Penman (1963) daha yakın bir geçmişte konunun geniş ölçüde esaslarını vermiştir.

En önemli ilerlemelerden biri iklim kontrolunda su kaybının evaporasyonla olduğunun anlaşılmasıdır. Artık, açık su yüzeylerinden evaporasyonla vukua gelen kayıplar, kullanılmaya hazır mahdut bazı meteorolojik parametrelerden faydalanmak suretiyle akla uygun gelecek doğrulukta kantitatif değerler olarak hesaplanabilir ve bunlardan yeterli şekilde su verilen kısa ot örtülerindeki evaporasyon kayıpları bulunabilir (Penman, 1963). Bitki örtüsü, ormanlar gibi tepe taçlarında girintili çıkıntılı bir satha sahip olduğu takdirde bugün dahi hesaba katamadığımız komplikasyonlar doğabilir. Eğer toprak rutubeti sınırlı ve su kaybı biyolojik etkenlerin kontrolunda ise iklim donelerine dayanılarak bir metod uygulamak, (Tablo-1, birinci satır) erişilmesi uzak bir çok ön kabuller olmadan kısa zamanda mümkün değildir. Dolayısıyla bu problemler üzerinde halledilmesi gerekli daha bir çok işlem kalmış olur. Buna rağmen hiç değilse bitki örtüsünün su bilançosu üzerindeki diferansiyel etkisine ait bilgilerimiz tamamen önemsizdir denemez. Genel olarak orman örtüsünün ot örtüsüne kıyasla daha fazla su kullandığı müşahede edilmiştir ki (Shachori ve Michaeli, 1965) biz artık buna, sadece kök derinliğindeki farklılıklar değil, yağışlı iklimlerde geniş ölçüde tespit edilen daha yüksek intersepsiyon kaybı nedeniyle de inanabiliriz (Reynolds, 1967).

Ormanların etkisi bahis konusu olduğu takdirde taşkınlar ve erozyonda azalma, kurak zamanlardaki dere akımında ise artma vukua gelecektir ki bu durumun çoğunlukla ormanların toprağın suya karşı gösterdiği permeabilite ve infiltrasyonu etkilemesinden ileri geldiği hakkındaki şüphemiz çok az olmakla beraber halâ bir çok temel sebeplerin ortaya çıkarılması zorunluğu vardır.

Sonuçlar:

Geçmişte yapılan hidrolojik araştırmaların mahdut sayıda bazı küçük havzalar ile daha mahdut bir kaç çeşit bitki örtüsü ve arazi kullanma şekli dışında kifayetsiz kalışı, belkide, oldukça esef edici bir geriye bakıştır ki değişik arazi amenaajmanı şekillerinin su bilançosu üzerindeki kantitatif etkilerine ait bilgilerimiz gerçekten bugün dahi çok sınırlıdır (Cooper, 1963). Bununla beraber Anderson (1960), havzalarda yapılan populasyon çalışmalarına dayanılarak çıkarılan tahmin denklemlerindeki gelişme ile, arazi planlamacıları için kıymet ifade eden donelerdeki eksikliklerin giderilmesinin pek uzun sürmeyeceğini daha cesaret verici olarak iddia etmektedir. Maass ve arkadaşları (1962) bütün bunlardan daha ileriye giderek, su kaynaklarının optimal gelişimini tayin etmek için dere akımlarına ait matematik sentezlerin içine halk idaresiyle ilgili politik doneleri de ithal etmişlerdir. Vejetasyonun su bilançosu üzerindeki etkilerine ait kantitatif donelerin bu gibi analizlere dahil edilmesi çok mahdut hallerde mümkün olabilmektedir. Morlat (1960) ekonomik analizleri biyolojik etkilerle ilgili doneler olmadan da yapmıştır. Griffith (1952) Ormanları ekonomik olarak koruma yolunu bulma teşebbüsünde, böyle bir metodu uygulamanın iyi bilinen güçlükleri üzerinde önemle durmaktadır. Bu istikametteki gelişmelere, kullanılmaya hazır durumda daha fazla miktarda bilgiye sahip olmakla varılacaktır ki bu da ancak daha fazla sayıda konuya ilişkin araştırma yapmakla başarılabilecektir.

L I T E R A T U R

- ANDERSON, H. W. (1960). Water management in forestry -a model approach. *Wld For. Congr.* 5, pp. 5.
- (1962). A model for evaluating wildland management for flood prevention. *Tech. Pap. Pacif. Sthwest. For. Range Exp. Sta., No. :* 69, pp. 19.
- (1967). Watershed modelling approach to evaluation of the hydrologic potential of unit areas. *I.S.F. H.,** 737-748.
- BAUMGARTNER, A. (1956). Wärme-und Wasserhaushalt eines jungen Waldes. *Ber. dt. Wetterd., Bad Kissingen Nr. 28, 5,* pp. 53.
- BETSON, R. P. (1956). Upper Bear Creek Experimental Watershed research in hydrologic analysis-synthesis. *A.I.H.S.,*** No. 66,* 178-184.
- BOCHKOV, A. P. (1959). The forest and the river run-off. *A.I.H.S.,*** No. 48,* 174-181.
- CAVADIAS, G. S. (1965). Methods of analysis and interpretation. *P. H. S.,*** 275-284.
- CLARK, R. H. (1965). Opening address. *P.H.S.,*** 1-2.
- COOPER, C. F. (1963). Investigational methods in forest hydrology. *Austr. For.* 27, 93-105.
- CRAWFORD, N. H. (1967). Digital hydrologic synthesis. *I.S.F.H.** 761-769.
- DECKER, J. P. and SKAU, C. M. (1964). Simultaneous studies of transpiration rate and sap velocity. *Pl. Physiol. Lancaster,* 39, 213-215.
- DILS, R. E. (1957). Watershed management research needs in the forests of the Lake States. *Spec. Bull. Mich. agric. Exp. Sta.,* 416, pp. 35.
- DUBREUIL, P. (1965). Contribution a l'étude d'implantation de bassins representatifs de régions hydrologiques homogènes. *A.I.S.H.,*** No. 66,* 54-63.
- DURRANT, E. F. (1965). Summing-up. *P.H.S.,*** 307-310.
- GRIFFITH, A. L. (1952). Watershed management research in the U.S.A. *Emp. For. Rev.* 31, 103-114.
- HARPER, H. J. (1958). Fifty years of soil and water conservation research at the state level. *Proc. Soil Soc. Am.* 22, 358-366.
- HARROLD, L. L. and DREIBELBIS, F. R. (1958). Evaluation of agricultural hydrology by monolith lysimeters, 1944-1955. *Tech. Bull. U. S. Dep. Agric.,* 1179, pp. 166.

- HAROLD, L. L. and STEPHENS, J. C. (1965). Experimental watersheds for research on up-stream surface waters. A.I.S.H.,*** No. 66, 39-53.
- HICKOK, R. B. and REE, W. O. (1965). Instrumentation of experimental watersheds. A.I.S.H.,*** No. 66, 286-298.
- HOOVER, M. D. (1959). Forest watershed research-some accomplishments and opportunities. Proc. Soc. Am. Foresters 59, 198-200.
- HORE, F. R. and AYERS, H. D. (1965). Objectives of research watershed programs. P.H.S.,** 5-10.
- HURSH, C. R. (1943). Discussion of C. L. Wichts, Determination of the effects of watershed management on mountain streams. Trans Am. geophys. Un., 24, 606-608.
- JEFFREY, W. W. (1964). Vegetation, water and climate: needs and problems in wildland hydrology and watershed research. Proceedings of the Water Studies Institute Symposium, Saskatchewan, 121-150.
- JøRGENSEN, H. H. (1959). Investigations of root systems of oak, beech and Norway spruce on groundwater-affected moraine soils with a contribution to elucidation of evapotranspiration of stands. Forst. Fors Vaes. Danm. 25, 225-288.
- KELLY, L. L. and GLYMPH, L. M. (jnr.) (1965). Experimental watersheds and hydrologic research. A.I.H.S.*** No. 66, 5-11.
- KOVACS, G. (1965). Scale-effect in evaluating the data of representative basins. A.I.H.S.,*** No. 66, 275-282.
- LAURIE, M. V. (1962). Forests and water supplies. Forestry Commission, London, 6. (Eighth British Commonwealth Forestry Conference, East Africa).
- LEYTON, L. and REYNOLDS, E.R.C. (1965). Hydrological relations of forest stands. Rep. For. Res. For. Comm. Lond, 1963/64, 116-120.
- LULL, H. W. and SOPPER, W. E. (1967). Prediction of average annual and seasonal stream flow of physiographic units in the North east. I.S.F.H.,* 507-522.
- MAAS, A., et al. (1962). Design of water-resource systems. Mac-Millan and Co. Ltd., London, pp. 620.
- MADDOCK, T. (jnr.) (1965). Hydrologic research in the United States P.H.S.,** 19-27.
- MORLAT, G. (1960). L'emploi des méthodes statistiques en hydrologie. Bull. Inst. agron. Stns. Rech. Gembloux 1 (Hors Ser.), 382-396.
- NELSON, L. B. (1958). Building sounder conservation and water management research programs for the future. Proc. Soil. Sci. Soc. Am. 22, 355-358.

- NEMEC, J. and MOUNDRY, M. (1965). Some considerations on the use of experimental watersheds for modelling of hydrological process of surface runoff. A.I.H.S.,*** No. 66, 84-88.
- NEMETH, E. (1965). Etude sur modéle réduit du ruissellements' accomplissant dans un bassin versant. A.I.H.S.*** No. 66 122-130.
- PATRIC, J. H. (1961). A forester looks at lysimeters. J. For. 59, 889-893.
- PENMAN, H. L. (1949). The dependence of transpiration on weather and soil conditions. J. Soil. Sci. 1, 74-89.
- (1950). The water balance of the Stour catchment area. J. Instn Wat. Engrs 4, 457-467.
- (1963). Vegetation and Hydrology. Tech. Commun. Commonw. Bur. Soils, Harpenden, No. 53, pp. 124.
- PEREIRA, H. C. (1959). A physical basis for land-use policy in tropical catchment areas. Nature, Lond., 184, 1768-1771.
- (1961). Land-use hydrology in Africa. Publication of the Commission for Technical co-operation in Africa South of the Sahara, Lond. No. 66, 45-51.
- et al. (1961). An intensive method of catchment basin study. *ibid.*, 325-337.
- et al. (1962). A short-term method for catchment besin studies. E. Afr. Agric. For. J. (Special Issue), 27, 4-7.
- REINHART, K. G. (1967). Waterched calibration methods. I.S.F.H.,* 715-723.
- REYNOLDS, E.R.C. (1967). The hydrological cycle as affected by vegetation differences. J. Instn Wat. Engrs 21, (in press).
- RIDER, N. E. (1957). Water loss from various land surfaces. Q.J.I.R. met. Soc. 83, 181-193.
- ROTHACHER, J. (1965). Experimental watersheds used as a research tool by the forest service. Soil and Water Conservation Research Division, U.S. Department of Agriculture, Beltsville, Md. pp. 16.
- ROTHACHER, J. and MINER, N. (1967). Accuracy of measurement of runoff from experimental watersheds. I.S.F.H.,* 705-713.
- RUTTER, A. J. (1962). Estimating transpiration and evaporation from forests. Pakist. J. For. 12, 115-123.
- RUTTER, A. J. (1964). Studies in the water relations of *Pinus sylvestris* in plantation conditions. II. The annual cycle of soil moisture change and derived estimates of evaporation. J. appl. Ecol., Oxf., 1, 29-44.
- SHACHORI, A. Y. and MICHAELI, A. (1965). Water yields of forest maquis and grass covers in semi-arid regions: a literature review. Arid Zone Res. 25, 467-477.
- SLIVITSKY, V. E. and HENDLER, M. (1965). Watershed research as a basis for water resources management, P.H.S.** 289-297.
- SOKOLOVSKY, D. L. (1959). On the effect of the forest on the regime of the river flow. A.I.H.S.,*** No. 48, 199-211.

- STRIFFLER, W. D. (1965). The selection of experimental watersheds and methods in disturbed forest areas A.I.H.S.,*** No. 66. 464-473.
- SUBBOTIN, A. I. (1965). Use of observations from small representative watersheds for runoff computations and forecasts. A.I.H.S.,*** No. 66, 699 (Abstr. only).
- SZESZTAY, K. (1965). On principles of establishing hydrological representative and experimental areas. A.I.H.S.,*** No. 66, 64-74.
- TOEBES, C. (1965). The planning of representative and experimental basin networks in New Zealand. A.I.H.S.,*** No. 66 147-162.
- TRIMBLE, G. R. (jnr.) (1959). A problem analysis and program for watershed-management research in the White Mountains of New Hampshire. Sta. Pap. Ntheast. For. Exp. Sta., No. 116 pp. 46.
- URYVAEV, V. A. (1965). The basic principles of the methods and the programme of the field water balance research in the U.S.S.R. A.I.H.S.,*** No. 66, 700-708.
- WALLIS, J. R. (1965). Multivariate statistical methods in hydrology a comparison using data of known functional relationship. Water Resources Res. 1, 447-461.
- WARD, R. C. (1967). Water balance in a small catchment. Nature, Lond. 213, 123-125.
- WICHT, C. D. (1961). Comments on the design of catchment-management experiments. Publication of the Commision for Technical co-operation in Africa South of the Sahara, Lond., No. 66, 306-316.
- (1966). Trends in forest hydrological research. J1 S. Afr. For. Ass., 57 17-25.
- (1967). The validity of conclusions from South African multiple watershed experiments. I.S.F.H.,* 749-460.
- WICHT, C. L. and SCHUMANN, D.E.W. (1957). Experimental investigation of the effects of forests on stream-discharge: with recommendations for statistical analysis. Government Printer, Pretoria, pp. 12 (Seventh British Commonwealth Forestry Conference, Australia and New Zealand).
- WILM, H. G. (1946). The status of watershed management concepts. J. For., 44, 968-971.
- (1952). A pattern of scientific inquiry for applied research. J. For., 50, 120-125.
- WIND, G. P. (1955). A field experiment concerning capillary rise of moisture in a heavy clay soil. Neth. J. agric. Sci., 3, 60-69.
- WISLER, C. O. and BRATER, E. F. (1949). Hydrology. Chapman and Hall, London, pp. 419.
- ZAHNER, R. (1955). Soil water depletion by pine and hardwood stands during a dry season. Forest Sci., 1, 258-264.
- * International Symposium on Forest Hydrology. Ed. Sopper, W. E. and Lull, H. W. Pergamon Press Ltd., Oxford.
- ** Proceedings of the Hydrological Symposium No. 4, National Research Council, Canada.
- *** Publs. Ass. int. Hydrol. scient. Gentbrugge.