

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNİN HAVZA AMENAJMANINDA KULLANIMI VE ÖNEMİ

A. Okatan¹, M. Aydın², O.Ş. Urhan³

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, okatan@ktu.edu.tr

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, miracayd@ktu.edu.tr

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, oguzserif_urhan@hotmail.com

ÖZET

Bilgi sistemlerinin alt sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemi, büyük miktardaki mekansal verilerin girişi, üretilmesi ve saklanması, türetilmesi, analizi ve sunulması amacıyla geliştirilmiştir. Havza amenajmanının temel amaçları arasında erozyon ve taşkınları kontrol etmek, kaliteli ve arzu edilen miktarda su üretmek ve havza içerisinde bulunan arazilerin bu amaçlar doğrultusunda kullanılması bulunmaktadır. Havza amenajmanında havzanın bütün olarak ele alınması ve değerlendirilmesi önem teşkil etmekte, havzadaki birçok verinin elde edilmesi, depolanması ve sorgulanmasında GIS teknolojisine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle havzada oluşan toprak kayıplarının tahmini ve havza planlamasında CBS temel program olarak kullanılmakta, ayrıca toprak kaybı tahmininde kullanılan WEPP program CBS ile entegreli bir şekilde çalışmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Havza amenajmanı, coğrafi bilgi sistemi, erozyon, toprak kayıpları, WEPP

ABSTRACT

USE AND IMPORTANCE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN WATERSHED MANAGEMENT

Geographic Information System (GIS) were developed to goal, are entried, produced, saved, derived, analysed and presented of great amount information. Principlial of watershed management, torrent and flood contol, water produce to be desired quantity and use this principals direction in lands of watershed. To evaulate and consider of whole watershed is important in watershed management. GIS is necessity to get, keep and investigate many information in the watershed. Particularly, GIS has been used basic program in prediction of soil lossess and watershed planning, besides WEPP which use prediction soil loss has been worked together GIS

Keywords: Watershed management, GIS, erosion, soil loss, WEPP

1. GİRİŞ

Günümüzde doğaya yönelik çalışmalarla elde edilen sonuçların haritalara aktarılması büyük önem arz etmektedir. Bu noktada çok sayıda analitik çözüm yöntemleri sağlayarak şimdiye kadar olanaksız olan ve doğa amenajmanının temelini oluşturan ormanın konumsal yapısını özünde beslediği konumsal veri tabanı ile işletim sistemi olarak tanımlanan CBS teknolojisi, teknik fonksiyonu itibarıyla kararların alınmasında etkili olan konumsal verileri toplamak, saklamak, analiz etmek ve değerlendirmek için kullanılan güçlü “alet kutusu” kendi bilgilerimizi, yapacağımızı ve ilgimizi ifade etmede kullanacağımız bir hibrit sistemidir (Lee, Zhang, 1989).

Gerek su kaynaklarının geliştirilmesi, gerekse arazi kullanma planlamasının rasyonel esaslara göre ve sosyo-ekonomik koşullar çerçevesinde gerçekleştirilebilmesi için su toplama havzaları topoğrafik ve hidrolojik doğal planlama ve arazi uygulama birimleri olarak seçilmektedir. Arazi üzerindeki her nokta veya su kaynağının mutlaka bir akarsu havzası içerisinde yer aldığı düşünüldüğünde hidrolojik çalışmalarda bu havzaların ne kadar vazgeçilmez bir yer işgal ettiği ortaya çıkmaktadır (Balcı, Özyuvacı, Özhan 1994).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin havza amenajmanında kullanımı her geçen gün artmaktadır. Havzadaki erozyonun tahmin edilmesi, toprak koruma ve planlama çalışmalarında çok geniş ve etkili bir yöntem olup, CBS teknolojisi kullanılarak daha etkin ve doğru veriler elde edilmektedir (Lafren, Lane, Foster, 1991).

Havza amenajmanı planlama çalışmalarında doğru ve güvenilir bilgiye hızlı bir şekilde ulaşmak elde etmek için CBS çok iyi yapılandırılmış bir teknolojidir. Havza amenajmanında kullanılan grafik ve öz nitelik bilgilerin elde edilmesi, kullanılması ve güncelleştirilmesi klasik yöntemlerle çok güç olmaktadır. CBS kullanılarak verilerin elde edilmesi güvenilir ve hızlı bir şekilde olmaktadır (Burrough, 1990).

WEPP erozyon modeli, sürekli bir bilgisayar simülasyon programı olup, yamaçlardan yüzeysel akışla birlikte meydana gelen toprak kayıpları ve sediment birikimini, derelerden meydana gelen toprak kayıpları ve sediment

taşınımını tahmin etmektedir. Bu erozyon bileşenlerine ek olarak, aynı zamanda, iklim verilerini, infiltrasyon durumunu, günlük su bitki-toprak ve su arasındaki dengeyi, bitkilerin gelişimini ve ölü örtü durumunu ve sulama işlemlerinin de içermektedir. WEPP model bir yağış havzasından veya bir yamaç araziden meydana gelen toprak kayıplarının nerelerde ve ne zaman meydana geleceğini ve depolanacağını ortaya koyar ve böylece uygulama açısından nerelerde hangi toprak koruma önlemlerin alınmasında ve en uygun yöntemlerin seçilmesinde etkili olmaktadır.

WEPP modelini uygulanmasında yamaçları ayırmak buralarda WEPP' in giriş parametrelerinin, özellikle topoğrafik faktörleri ayırmak zor olduğundan, WEPP modeli ArcView 3.2 GIS (Environmental System Research Institute, ESRI, tarafından geliştirilen GIS programı) ve TOPAZ (TOPographic PARAMeterization, USDA- ARS tarafından geliştirilen) ile entegre edilmiş ve GeoWEPP modeli ortaya konulmuştur. TOPAZ havzanın alt havzalara otomatik olarak ayrılmasında, derelerin yerlerinin belirlenmesinde, havzanın yamaçlara ayrılmasında ve akım yönlerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Havzadan kaybolan toprak miktarı, sedimentasyon durumu modelin giriş ve çıkış parametreleri ArcView GIS ortamında grafik halde görülebilmektedir (Garbrecht J. Martz LW, 1997).

2. HAVZA VE HAVZA AMENAJMANI KAVRAMLARI

2.1. Havzanın tanımı

Havza, sırtlardan geçen su bölümü çizgisinin sınırladığı ve yağışlarla üzerinde toplanan yüzeysel suların tek bir çıkış noktasına ulaşabildiği, iç bükey topoğrafik yapıya sahip bir arazi parçasıdır. Her havzanın sularını boşaltan bir akarsu veya drenaj sistemi bulunur. Böylece ana derenin yan kolları da büyük havza içerisinde küçük havzalar oluştururlar. Çeşitli fiziksel, hidrolojik ve ekolojik özellikleri bakımından birer topoğrafik ve hidrolojik arazi birimi niteliğinde olan yağış havzaları, aynı zamanda birer planlama ve geliştirme birimleri olarak da düşünülmekte ve kullanılmaktadır (Balci, Özyuvacı, 1988).

2.2. Havza amenajmanının tanımı

Ormancılık terminolojisinde havza amenajmanı; erozyonu, dere akımını ve taşkınları kontrol altına almak ve su üretmek amacıyla bir yağış havzasındaki kaynakların düzenlenmesi ve idaresidir şeklinde tanımlanmaktadır (Kittredge 1948). Diğer bir kaynak olarak da ABD'de Orman Hidrolojisi ve Havza Amenajmanı alanında görevli bilim adamlarından oluşan komisyon tarafından yapılan tanımlamada; havza amenajmanı, bir yağış havzasında optimum miktarda su üretmek, su verimini kontrol etmek ve toprak stabilitesini en iyi şekilde sağlamak amacıyla arazinin işletilmesi ve kullanılması olarak tanımlanmaktadır.

Yurdumuzda topoğrafik durum ve buna bağlı bulunan iklim karakteristikleri, vejetasyon formlarının oluşumunda ve bunların ülke düzeyindeki dağılışında etkili olmaktadır. Ormanlar ve diğer vejetasyon formasyonlarının Türkiye'deki dağılışı ve sahip oldukları çeşitli nitelikleri diğer ülkelere benzemediği gibi, yurt içinde dahi bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermektedir.

Türkiye dünya üzerinde, şiddetli erozyona maruz kalmış geniş alanları kapsayan tipik bir örnek haline gelmiştir. Yurdun geniş bir kısmında ormanlar, ekolojik bakımdan mücadele zonu içerisinde yer almakta, bozuk ve bakımsız durumdadırlar. Nüfusun %60'ından fazlası şehir ve kasabalar dışında yaşamakta ve toprakla uğraşmaktadır. Ekonomik zorlamalar bu insanları doğal vejetasyon örtüsünün tahribine yöneltmektedir.

Bu bakımdan kendi koşulları içerisinde gelişmiş batı ülkelerinden tamamen farklı olan ülkemizde erozyon, taşkın ve su problemi denince, sosyal ve ekonomik faktörleri hesaba katmak kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmektedir. Havza amenajmanını yurdumuz koşullarında ise; "Bir yağış havzasında erozyonu ve taşkınları kontrol altına almak ve arzu edilen miktarda su üretmek amacıyla havzanın özelliklerine göre saptanmış temel amaçlara yönelik sosyal ve ekonomik koşulları da dikkate alarak, havzadaki doğal kaynakların idaresi ve bunlardan faydalanmanın düzenlenmesidir" şeklinde tanımlanmaktadır.

Bu tanıma dikkat edildiğinde, bir havzadaki toprak ve vejetasyon gibi doğal kaynakların kullanılmasını doğrudan etkileyen sosyal ve ekonomik ilişkileri ve sorunlarıyla insan, en önde gelen bir faktör durumuna gelmektedir. Böylece bir havzadaki arazi kullanma ve su kaynaklarıyla ilgili sorunların çözümünde tutmak yerine, birbirlerine bağlı ve bir arada değerlendirilmeleri gereken tüm kaynaklar dikkate alınmakla havza amenajmanında amaca daha gerçekçi bir yaklaşımla ulaşılmaktadır. Nitekim yağış havzalarının böyle bir amaca en iyi biçimde hizmet edecek topoğrafik ve hidrolojik doğal birer arazi ünitesi oluşturmaları da buradan kaynaklanmaktadır. Zira doğal arazi üniteleri olarak yağış havzalarından kaynaklanan dere akımları, iklim, jeolojik yapı, toprak ve vejetasyon vb. havza faktörlerinin birbirleri üzerindeki karşılıklı etkilerinin müşterek bir sonuç ürünü olarak meydana gelmektedir (Balci, Özyuvacı, 1988).

2.3. Havza amenajmanının esasları

Havza amenajmanını oluşturan esaslar beş ana başlık altında toplanabilmektedir.

- 1- **Havzanın tanımı ve fizyografik özellikleri:** Havzanın coğrafik konumu, sınırları, alanı, topoğrafik durumu, iklim karakteristikleri, havza şekli, havzanın ortalama yüksekliği, yükseklik-alan ilişkileri, havzanın ortalama eğimi, genel bakışı, dere sıklığı, drenaj yoğunluğu gibi özellikler ortaya konulmaktadır.
- 2- **Havzadaki doğal kaynakların envanteri:** Havzanın jeolojik yapısı, toprak özellikleri, havzadaki arazi kullanma şekli ve durumu, mineral kaynaklar, havzanın yaban hayatı (yaban hayvanları, balık potansiyeli gibi), havzanın su kaynakları ve su potansiyelinin sağlanması konularını kapsamaktadır.
- 3- **Havzadaki hidrometeorolojik ilişkiler:** Havzaya düşen ortalama yağışın belirlenmesi, yağışın şiddeti, yağışın frekans analizi, havzada meydana gelen su kayıpları, havzadaki derelerin özellikleri, akım miktarı ve hidrografi, yağış-akım ilişkileri incelenmektedir.
- 4- **Havzanın sosyo-ekonomik yapısı:** Havzada yaşayan insanların havza üzerindeki etkileri (nüfus durumu, dağılışı ve yoğunluğu), hayvancılık faaliyetleri, (hayvansal ürün elde etme potansiyeli), sulama ve drenaj sistemleri, turizm faaliyetleri, halkın eğitim seviyesi, ticari faaliyetleri, ulaşım ve haberleşme faaliyetleri gibi konular irdelenmektedir.
- 5- **Havzadaki diğer sorunlar:** Yağış havzasındaki erozyon ve taşkın sorunları, hidrolojik sorunlar, havzanın mevcut arazi kullanma durumu ve potansiyeli konusunda karşılaşılan sorunlar olarak tanımlanabilir (Balci, Özyuvacı, 1987).

2.4. Coğrafi bilgi sistemlerinin havza amenajmanında kullanım alanları

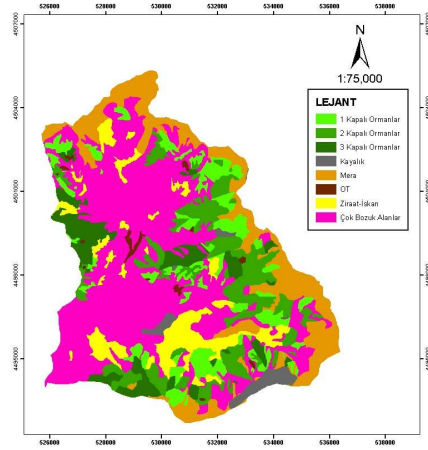
Coğrafi bilgi sistemleri, havza amenajmanının esaslarını oluşturan beş başlık altında bulunan bütün elemanların belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) grafik ve grafik olmayan bilgilerin bütünleşik olarak yer aldığı ve çeşitli sorgulamalara cevap verebilecek şekilde yapılandırılmış bir sistemdir. Coğrafi bilgi sistemi (CBS), büyük miktardaki mekansal verilerin girişi, üretilmesi ve saklanması, türetilmesi, analizi ve sunulması amacıyla geliştirilmiş bir programdır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), araziye dayalı uzaysal, alansal ve niteliksel bilgilerin, depolanması, bu bilgilere ulaşılması, analizi yapılması, değerlendirilmesi, değiştirilmesi ve kontrolünün sağlanması otomasyonu olarak tanımlayabileceğimiz bu sistem, aslında bir bilgisayar yazılım ve donanımının insan bilgisiyle birlikte mantıklı konfigürasyon teknolojisidir (Köse, S., Başkent, E.Z.) Özellikle son yıllarda havza planlarının yapımında, havzann fiziksel karakteristiklerinin ve toprak kayıplarının belirlenmesinde CBS'nin kullanımıyla hem verilerin daha güvenilir bir biçimde elde edilmesi, hem de daha hızlı bir şekilde elde edilerek zamandan kayda değer bir kazanç sağlanmıştır.

2.4.1. Havzanın fizyografik faktörlerinin belirlenmesi

Bir havzanın fiziksel karakteristikleri içerisinde topoğrafya, jeoloji, toprak, arazi kullanımı, iklim ve havza hidrolojisi bulunmaktadır. Havza amenajmanında özellikle havzanın topoğrafik özelliklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir (Balci, Özyuvacı, 1988). CBS kullanımı ile havzaya ait bu özellikler hem daha güvenilir hem de daha hızlı bir biçimde belirlenmektedir.

2.4.1.1. Havzanın arazi kullanım şekli

Yağış havzalarında dere akımlarının, erozyonun, taşkın ve sellerin kontrolünü sağlamak için havzadaki güncel arazi kullanım şekillerinin doğru olarak belirlenmesi ve arazi kabiliyet sınıflarına göre araziden yararlanılması gerekmektedir. Bir havzanın arazi kullanım şekilleri CBS ortamında topoğrafik harita ve amenajman planlarının bilgisayar ortamında sayısallaştırılmasıyla belirlenmektedir (Hızal A. 1984). Havzadaki arazi kullanım şekillerinin sınırları grafik veriler şeklinde CBS ortamında aktarılmakta ve daha sora yine CBS ortamında oluşturulan katmanların veri tablosuna arazilerin özellikleri hakkında bilgiler girilmektedir.

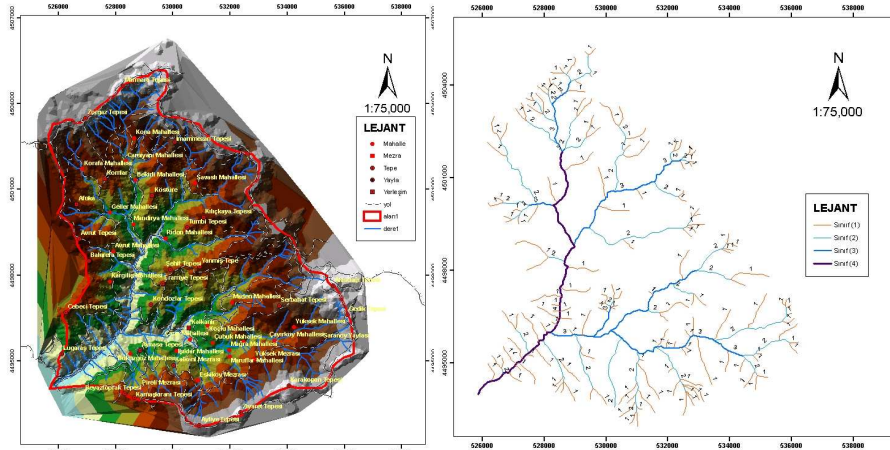


Şekil 1. Havzanın arazi kullanım şekilleri haritası

Yağış havzasında meydana gelen toprak kayıplarının başlıca etkenleri arasında havzadaki arazilerin kullanım şekilleri yer almaktadır. Arazi kullanım şekillerindeki farklılıklar hem yağışın erosiv etkisini değiştirmekte hem de yeryüzüne ulaştıktan sonra yüzeysel akışı etkileyen en önemli faktör olmasından dolayı erozyonla meydana gelen toprak kayıplarına neden olmaktadır. Şekil 1’de bir havzanın CBS ortamında belirlenmiş olan arazi kullanım şekilleri haritası görülmektedir. Elde edilen arazi kullanım şekilleri haritasında orman amenajman haritaları CBS ortamında sayısallaştırılmış ve daha sonraki alanların nitelik bilgileri öznetelik tablolarına girilmiştir. Böylelikle havza içerisinde hangi arazi kullanımlarının hangi kısımlarda olduğu ve alanları gibi birçok bilgiye sahip olunmuştur. Ayrıca CBS’nin sorgulama özelliği kullanılarak özellikle orman alanlarının farklı niteliklere göre (kapalılık, meşçere tipi vs) sınıflandırılması yapılabilmektedir.

2.4.1.2. Havzanın alanı

Bir havzanın alanı, topoğrafik haritalar üzerinden havzayı sınırlayan su ayırım çizgisinden geçen hat üzerinde çizilerek havzanın sınırladığı alandan meydana gelmektedir (Hızal A. 1984).



Şekil 2. Havzanın topoğrafik yapısı ve dere sınıfları haritası

Topoğrafik haritalar üzerindeki eşyüksele eğrilerinin CBS ortamında sayısallaştırılması ve topolojilerinin kurulmasıyla havzanın sayısal arazi modeli haritası (SAM) oluşturulmaktadır. Yine CBS ortamında topoğrafik haritalar üzerinden su ayırım çizgilerinin belirlenmesi ve bilgisayar ortamının aktarılmasıyla havzanın sınırladığı alan belirlenmektedir.

2.4.1.3. Havzanın şekli

Yağış havzalarının şekilleri çok çeşitli faktörleri dikkate alan değişik yöntemlerle saptanmaktadır. Bunlar içerisinde en pratik ve uygulamaya yararı olanlar form faktörü, dairesellik oranı, uzunlaşma oranı ve havzanın drenaj durumudur. Bu faktörler temel havza içerisinde önemli bir etmen olan yağışın davranışı ve havzanın yağış sularını boşaltma kapasitesini etkilemektedirler. Bu faktörlerin belirlenmesinde sınırları belirlenmiş olan havzanın çeşitli özellikleri yine CBS ortamında hızlı ve güvenilir olarak bulunabilmektedir. Bir havzanın drenaj durumu ya da drenaj kapasitesi o havzadaki doğal drenaj kanallarını oluşturan ana mecraya ve ona bağlı bulunan çok çeşitli ve değişim derecelerdeki yan kolların veya derelerin havzaya düşen yağış sularını boşaltabilme

yeteneği veya kapasitesidir (Hızal A. 1984). CBS ortamında bir havzanın drenaj durumunda en etkili faktörlerden birisi derelerin toplam sayısıdır. Havza alanında belirlenen derelerin uzunlukları ve sayısının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanılmaktadır.

2.4.1.4. Havzanın ortalama yüksekliği

Havzanın ortalama yüksekliği en pratik şekilde CBS ortamında şu şekilde belirlenmektedir; Havzanın hipsometrik eğrisi çıkarılarak aşağıdaki formülden bulunabilir.

$H_o = \text{Toplam } a \cdot h / A$ Burada;

H_o = Havzanın ortalama yüksekliği (m)

a = Birbirlerini izleyen tesviye eğrileri arasındaki alanlar (ha)

A = Havzanın toplam alanı (ha)

h = İki tesviye eğrisi arasındaki yüksekliktir.

2.4.1.5. Havzanın ortalama eğimi

Havzanın ortalama eğimi aşağıdaki formülün uygulanmasıyla sıhhatli bir şekilde saptanabilir:

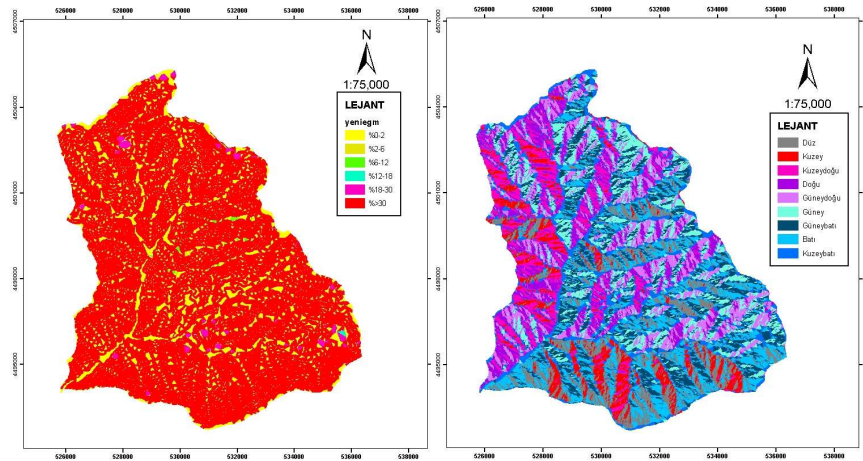
$S_o = D \cdot L / A$ Burada;

S_o = Havzanın ortalama eğimi (%)

D = İki tesviye eğrisi arasındaki yükseklik farkı

L = Havzadaki tesviye eğrilerinin toplam uzunluğu

A = Havzanın toplam alanıdır.



Şekil 3. Havzanın eğim ve baki haritası

2.4.1.6. Havzanın baki durumu

Havza topraklarının genel olarak kuzey ya da güney baki grubunda bulunması toprakların erozyona karşı duyarlılığı üzerinde etkili olmaktadır. Toprakların güney baki Grubu (Güney, Güney Doğu, Güney Batı, Doğu) içerisinde yer alması erozyona karşı daha duyarlı hale gelmesine neden olmaktadır. Havzanın baki haritası, CBS ortamında topoğrafik haritaların sayısallaştırılması sonucunda elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli haritası kullanılarak elde edilmekte ve havzada toprakların erozyona karşı olan duyarlılıkları hakkında bilgi sahibi olunmaktadır.

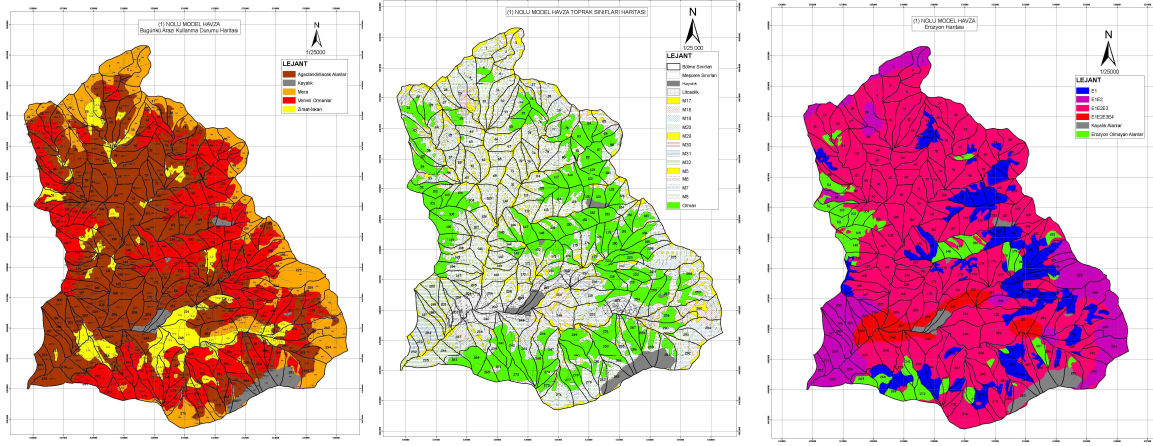
2.4.2. Havza Planlamalarında Kullanımı

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) günümüzde bir havzanın planlanması aşamasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Havzada öncelikle etüd yapılarak havza alanı içerisinde erozyon sorunu olan alanlar, ağaçlandırma yapılması gereken alanlar ve fazla materyal taşınması sebebiyle önlem alınması gereken sel dereciklerinin tespit edilmektedir. Havzadan toprak örnekleri alınarak ve etüd sırasında yapılan gözlemler neticesinde çalışma yapılması düşünülen alanlarda toprak derinliği, toprak türü ve yetiştirme şartları ile ilgili bilgiler elde edilmektedir. Elde edilen arazi verileri ve etüdlere neticesinde büro çalışmaları sırasında tüm veriler CBS ortamına aktarılmaktadır. CBS ortamında havzaya ait elde edilen verilerin birleştirilmesiyle birlikte erozyon açısından problemli ve ağaçlandırılması düşünülen alanlar belirlenebilmektedir. Orman Genel Müdürlüğü'nün "Uygulama Projelerinin Düzenlenmesi, Esasları ve Dispozisyonları" 4125 Sayılı tamimi dikkate alınarak bir havzanın planlanması temel olarak 5 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, CBS ortamında oluşturulan bugünkü arazi kullanım, toprak, erozyon

durumu, yapılacak işler ve dikim haritalarıdır (OGM, 1987). Havzada bulunan arazilerin planlanması, özellikle toprak haritasının oluşturulmasında CBS teknolojisi üst düzeyde faydalanılmaktadır.

2.4.2.1. Bugünkü arazi kullanım haritasının oluşturulması

Bugünkü arazi kullanım haritası, havzanın fiili durumunu gösteren bir haritadır. 1/25 000 ölçekli amenajman planı meşcere haritasının CBS ortamında sayısallaştırılması suretiyle elde edilmektedir. Ayrıca havzanın tam saha etüdü ile amenajman planlarında meydana gelen değişiklikler de yine CBS ortamında bu haritaya eklenmektedir.



Şekil 4. Havzanın bugünkü arazi kullanım, toprak ve erozyon haritaları

2.4.2.2. Toprak haritasının oluşturulması

Bir havzada yapılacak olan faaliyetlerin tespit edilmesi ve gerek alınan tedbirler ve gerekse ağaçlandırma çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için öncelikle toprak etüdları yapılmaktadır. Toprak haritasının oluşturulmasında havzada açılan toprak profillerinin özellikleri ve arazide etüd sırasında yapılan gözlemler dikkate alınmaktadır. Toprak haritasının oluşturulması için ikinci aşamada proje sahasının eğim durumları belirlenmektedir. Eğim sınıfları haritasının oluşturulmasında, CBS ortamında topoğrafik harita üzerinden eşyükselti haritası ve akabinde sayısal arazi modeli oluşturulmaktadır. CBS ortamında belirlenen havzanın eğim yüzdeleri CBS'nin sorgulama fonksiyonu kullanılarak 4 gruba ayrılmaktadır. Yapılacak arazi çalışmalarında makineli veya insan gücü ile yapılacak çalışmalarda eğim durumu önemli bir kriterdir. Özellikle % 40'ın üzerinde eğime sahip alanlarda makine ile çalışma mümkün olmamakta, bu alanlarda insan gücü ile çalışma yapılması gerekmektedir. Havzada çalışma yapılacak olan alanların eğim durumları yine CBS ortamında kolaylıkla belirlenebilmektedir. Havza için elde edilen toprak derinlikleri, eğim sınıfları, taşlılık durumu, toprağın tekstürü ve toprak tipleri verileri CBS ortamında kombine edilerek ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak toprak haritası oluşturulmaktadır (Şekil 4).

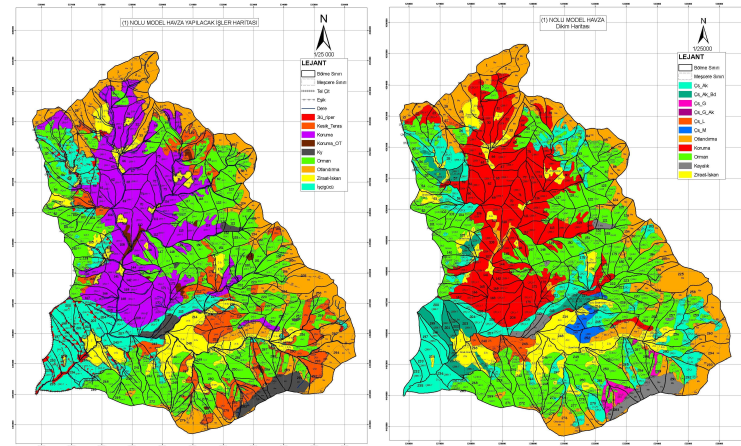
2.4.2.3. Erozyon durumu haritasının oluşturulması

Bir havzada yapılan etüd çalışmaları neticesinde alanın erozyon durumu belirlenmektedir. Havzada arazi çalışmaları sırasında belirlenen yüzey, çizgi ve oyuntu erozyonu bulunan sahalara bilgisayar ortamına aktarılarak CBS'nin kullanımı ile havzanın erozyon durumu haritası ortaya çıkarılmaktadır (Şekil 4).

2.4.2.4. Yapılacak işler haritasının oluşturulması

Yapılacak işler haritasında bugünkü arazi kullanım haritasında ağaçlandırma yapılması düşünülen sahalara ile toprak haritasının CBS ortamında kombine edilmesi suretiyle proje sahasında ekolojik yönden çalışmaya uygun sahalarda yapılacak çalışmalar tespit edilmektedir. Ağaçlandırma çalışması yapılacak sahalarda hangi tür çalışmaların yapılacağı, koruma alanı olarak ayrılan yerler ve otlandırma yapılması gerekli sahalara bu kısımda belirlenmektedir (Şekil 5).

Yapılacak çalışmaların belirlenmesinde özellikle eğim ve toprak derinliği dikkate alınmaktadır. Eğimin %40'ı aştığı yerlerde işçigücü ile teras yapımı tercih edilmekte, eğimin müsait olduğu yerlerde ise makine ile çalışma tercih edilmektedir. Burda belirleyici bir faktör olan eğimin havza içerisinde belirlenmesinde CBS kullanımı güvenilirlik ve pratiklik sağlamaktadır.



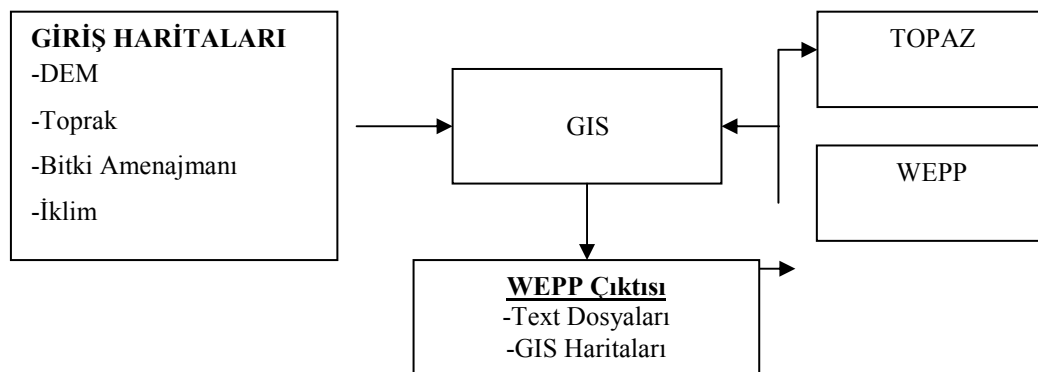
Şekil 5. Havzanın yapılacak işler ve dikim haritaları

2.4.2.5. Dikim haritasının oluşturulması

Bir havzada çalışma yapılacak alanlar için yörenin yetiştirme koşullarına uygun ağaç türleri tercih edilmektedir. Ağaç türlerinin yetiştirebilecekleri toprak derinlikleri ve yükseltileri dikkate alınmaktadır. Köy ve yerleşim alanlarının yakınlarında ise ekolojik şartların olanak verdiği ölçüde yörede yaşayan insanlara ekonomik gelir sağlaması amacıyla ekonomik değeri olan ağaç türleri tercih edilmektedir. Ağaç türlerinin yetiştirebileceği yükseltilerin belirlenmesi ve yerleşim yerlerine uzaklıklarının tespiti CBS ortamında güvenilir bir şekilde yapılmaktadır (Şekil 5)..

2.4.3. Havzada Meydana Gelen Toprak Kayıplarının Tahmininde Kullanımı

WEPP Erozyon modeli Amerika da, Ormancılık, Tarımsal Araştırma ve Toprak Koruma Servisleri, Amerika Jeoloji Araştırma kurumlarının bilim adamları tarafından 1985-1995 yılları arasında yapılan ortak bir çalışmanın çabası sonucu ortaya konulmuştur 1995 yılında tarım, orman, mera ve diğer araziler için farklı uygulamalar ile program başarılı bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır (Elliot, W.J. and D. Hall, 1997). Erozyon modelleri içerisinde son yıllarda en çok kullanılan programlardan biri olan WEPP, genel olarak GIS ile entegre edildiğinden uygulayıcılar arasında daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca toprak kayıp denkleminin (RUSLE) yerini alan bu modelde bazı parametreler değiştirilmiş ve zenginleştirilmiştir.



Şekil 6. GIS-WEPP model entegrasyonu

WEPP modeli iklim verilerini, yüzey ve yüzey altı hidrolojisini, sulamaya, bitki büyüme seyrini, nadas zamanını, hasat zamanını, toprağın depolanması ve sedimentasyonun nerde depolandığını ve taşındığını içermektedir. Veri giriş dosyalarının oluşturulmasında basit DOS ara yüzeyi kullanılarak İklim, Toprak ve Bitki dosyaları oluşturulabilmektedir. Ancak bilgisayar teknolojisinin hızlı bir şekilde yaygınlaşması ile Windows TM ortamında bu dosyaların oluşturulması mümkün olup modelin çıkış dosyalarını da yine grafik ortamda Windows üzerinde görmek olanaklı hale gelmiştir.

WEPP in veya diğer erozyon modellerinin GIS ile entegre edilmesi ile yeni teknolojilerin geliştirilmesi mümkün olmuştur. Savabi ve arkadaşları 1995 yılında, WEPP in Purdue Üniversitesinin, Hayvan Otlatılan Araştırma

alanında uygulanmasında bazı fiziksel verilerin elde edilmesinde GIS teknolojisini kullanmışlardır. Bununla birlikte Sayısal Arazi Modeli verileri bu çalışmada kullanılmamıştır (Garbrecht J, Martz LW, 1997). WEPP'e verilerin girilmesinde topoğrafik yapıdan CBS kullanımıyla hillslope (yamaç) ve kanallar (dereler) ayrılmaktadır. Topoğrafya genellikle GIS ortamında DEM (Digital Elevation Model) veya TIN (Triangular Irregular Network) olarak gösterilmektedir. DEM'lerin çoğu grid olup her bir yükseklik noktası büyüklüğü ve çözünürlüğü belli olan bir piksel (size) tarafından temsil edilmektedir. Her bir pixeldeki akımın yönü, yanındaki pixellerin yüksekliğine ve yönüne göre değişmektedir.

WEPP'in GIS ile entegre edilmesi ile GeoWEPP programı geliştirilmiştir (Rnschler). GeoWEPP programı CBS, WEPP ve TOPAZ programların entegre eden ve özellikle büyük yağış havzaları için uygulama imkanları sunan en son WEPP teknolojisidir.

WEPP modeli, üç ayrı şekilde uygulanabilen model gruplarından oluşmaktadır;

Yamaç Arazi Uygulaması (Hillslope Version): Temel model bir yamaç olup, herhangi bir uzunluktaki bir yamaçtan meydana gelen toprak erozyonunun tahmin edilmesidir. Hillslope model uygulamaları USLE (Universal Soil Loss Equation)'nin yerine direkt olarak geçmiştir. Bu toprak kayıp denklemine ek olarak, aynı olmayan eğim gruplarında, farklı toprak tiplerinde, ürün çeşitlerinde ve amenajmanında Hillslope versiyonu kullanılabilmekte ve bununla birlikte hem toprak kayıplarını hem de eğim boyunca taşınan bu toprağın depolanmasını tahmin edip göstermektedir.

Havza Uygulaması (Watershed Version): Havza Model uygulamalarında küçük havzalara dayanmaktadır. Oyuntulardan meydana gelen sediment ayrılması, taşınması ve depolanması hesaplanabilmekte ve buna ek olarak havza içerisindeki yamaçlardan yüzeysel erozyon ve parmak erozyonu ile meydana gelen erozyon miktarı da hesaplanabilmektedir.

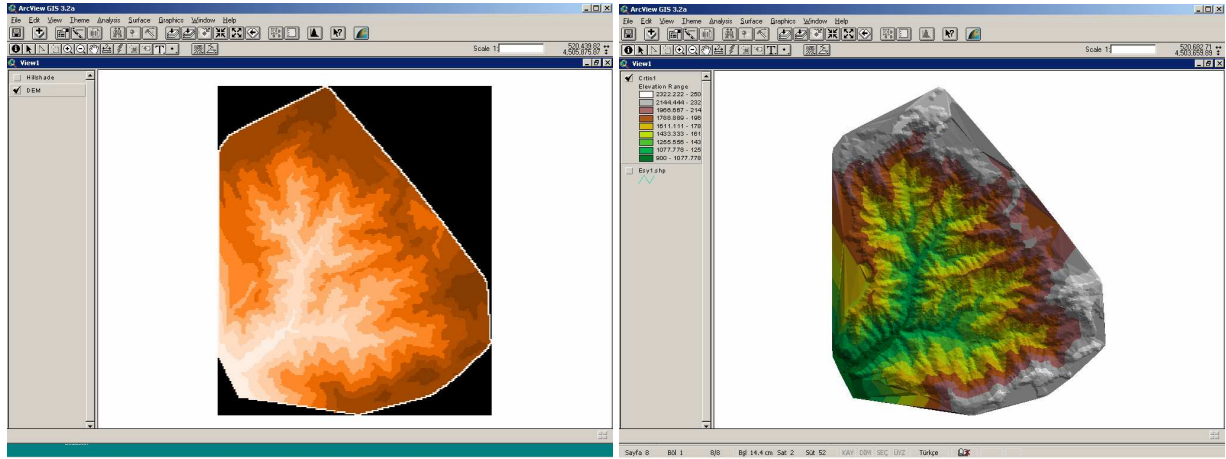
Grid veya GIS Uygulaması (GRID or GIS Version): Büyük yağış havzalarında meydana gelen toprak erozyonunu ve sediment durumunun tahmininde kullanılmaktadır. Bunun için GIS programının GRID modülü kullanılarak havza belli büyüklükteki piksellere ayrılmakta ve her bir grid pikselinden meydana gelen toprak kayıpları ve erozyon hesaplanabilmekte ve böylece tüm yağış havzasında meydana gelecek olana erozyon miktarı tahmin edilmektedir (Eliot, W.J., 1997).

2.4.3.1. WEPP programının bir havzada uygulanması

WEPP, orman, tarım ve mera alanlarından meydana gelen erozyonunda ve kaybolan toprak miktarının belirlenmesinde etkili bir şekilde kullanılabilmektedir. Bunun birçok uygulamaları çeşitli bilim adamları tarafından yapılmış ve sonuçları ortaya konulmuştur. Genelde bozulmamış ve tahrip edilmemiş ormanlık alanlarında erozyon söz konusu değildir. Ancak yollar, kesim işleri, yangınlar vb ormancılık faaliyetleri erozyona neden olmaktadır. Diğer yandan, özellikle ülkemizde, insan faaliyetleri sonucu ormanların aşırı tahrip edilmesinden dolayı da erozyon şiddeti artmaktadır. Bu alanlarda meydana gelen erozyon WEPP ile tahmin edilebilmektedir. Diğer yandan, büyük bir yağış havzasından yüzeysel akışla birlikte taşınan toprak miktarı ve sediment durumu da tahmin edilebilmektedir. Böylece uygulayıcılar açısından istenilen verilere çok kısa bir sürede ulaşmak mümkün olabilmektedir. Son yıllarda GIS in kullanımının artmasıyla birlikte, bir yağış havzasının erozyon durumu daha etkin ve güvenilir ve kısa bir sürede tahmin edilmektedir (Eliot, W.J., Foltz, R.B., 1995).

2.4.3.1.1. WEPP bilgisayar model girişleri

WEPP Erozyon modelinde giriş parametreleri olarak genelde toprak, eğim ve bitki amenajmanı dosyaları kullanılmaktadır. Yamaç veya havzanın topoğrafik durumunu gösteren dosya olarak tanımlanan eğim dosyası, GIS kullanımı ile DEM oluşturularak bir yağış havzasının eğim durumu ortaya konulmaktadır. Toprak dosyası, arazide ve laboratuvar analizleri sonucu ortaya konulan toprak özelliklerine göre toprak tekstürü (kum, kil ve toz oranları), organik madde içeriği, katyon değişim kapasitesi, hacim ağırlığı değerlerine göre oluşturulmaktadır.

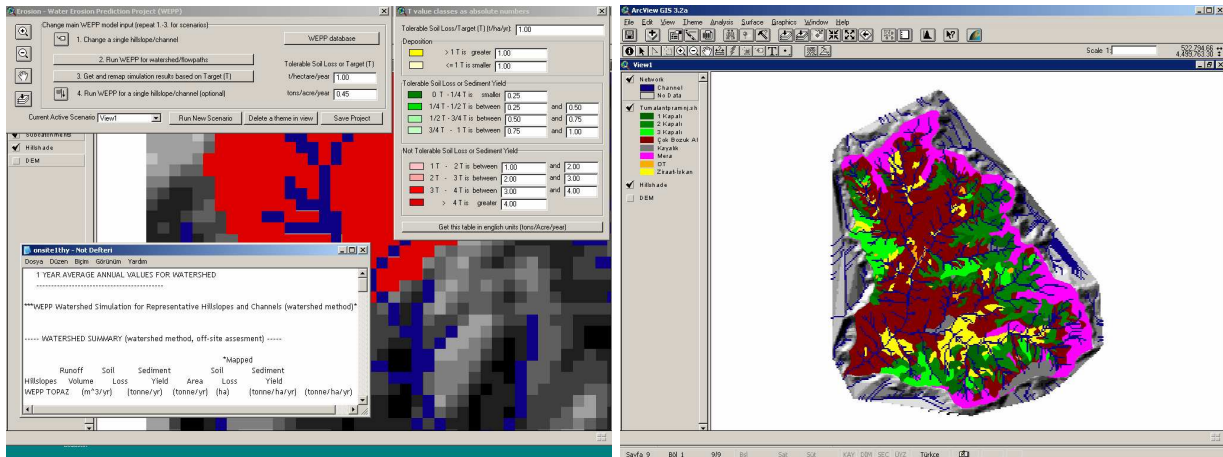


Şekil 7. Havzanın DEM ve sayısal yükseklik haritaları

Bir havzada bulunan arazi kullanım şekilleri CBS ortamında belirlenmekte ve daha sonra Geowepp kullanılarak WEPP programında işleme konulmaktadır. GeoWepp programında her bir arazi kullanım şekli için ayrı dosya hazırlanmaktadır. Arazi kullanım şekilleri haritaları CBS ortamında ve GeoWEPP ortamında bu arazi kullanım şekilleri ilgili hillslopelerde kullanılmaktadır. Bunun için öncelikle havzanın DEM'i oluşturulmakta ve TOPAZ ile entegre edildikten sonra her bir arazi kullanım şekli ilgili alanda yerine konulmaktadır.

Bir havzada farklı arazi kullanım şekillerinde meydana gelen tahmini toprak kaybı ve sediment verimleri tespit edilmesi için GIS ortamında yağış havzasına ait DEM i oluşturulmaktadır. Geowepp programı için gerekli olan eşyükselti ve arazi kullanımı haritaları yine CBS ortamında hazırlanarak WEPP programına aktarılmaktadır.

Elde edilen eşyükselti haritası ile yağış havzasının TIN ortamında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmaktadır. Geowepp programında TIN ortamında oluşturulan havzanın GRID ortamında GRID dosyasına dönüşümü sağlanmaktadır.



Şekil 8. Havzanın WEPP-TOPAZ entegre sonuç haritası ve GeoWEPP'te arazi kullanım şekillerinin görünümü

Elde edilen grid haritası geowepp programında kullanılarak yağış havzasına ait Hillshade'ler oluşturulmaktadır. Geowepp programında Drenaj Network oluşturulmakta ve yağış havzası alt havzalara bölünmektedir. Bu aşamada gerekli olan iklim, bitki ve toprak dosyasına ait değerler bilgisayara aktarılmakta ve Geowepp ortamında program çalıştırılmaktadır.

Bir havzada meydana gelen toprak kaybı ve sediment miktarının belirlenmesi için her bir alt havza ve farklı arazi kullanım şekilleri (tarım, orman ve mera) için ayrı ayrı değerlendirme yapılmaktadır. Drenaj ağı oluşturulan yağış havzası sınırlandırılarak alt havzalara ayrılmakta ve her bir alt havza için programın çalıştırılması ile toprak kayıpları ve sediment durumları belirlenerek havzanın tamamından meydana gelen tahmini toprak kayıpları ve sediment durumları ortaya konulmaktadır. Ayrıca GeoWEPP ortamında GIS ile entegre edildiğinden dolayı kaybolan toprak miktarı ve sediment durumu ArcView ortamında raster görüntü şeklinde görülebilmektedir (Şekil 13).

SONUÇLAR

Havza amenajmanında, bir havzadan istenilen kalitede ve miktarda su üretmek, erozyon ve taşkınları önlemek amacıyla havzada bulunan doğal kaynakların düzenlenmesini amaç edindiğinden, havzada elde edilebilen tüm verilerin bir bütün halinde değerlendirilebilmesi gerekmektedir. Bunun yanında havzada yaşayan halkın sosyo-ekonomik durumu da gözönünde tutulması gereken önemli bir unsurdur. Bütün bunlar düşünüldüğünde coğrafi bilgi sistemleri havzadaki verilerin hızlı ve doğru bir biçimde elde edilmesi, depolanması, yeni bilgiler üretilmesi ve çeşitli sorgulamaları yapabildiği bakımından havza amenajmanının ihtiyaçlarına büyük ölçüde cevap verebilen bir bilgi sistemidir.

Havza amenajmanında çalışma yapılacak olan havzanın özellikle fizyografik özelliklerinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Belirlenen fizyografik özelliklerin dere akımları üzerinde önemli ölçüde etkileri bulunmaktadır. Havzanın fizyografik özelliklerinin CBS yardımıyla belirlenmesi, elde edilen verilerin hem güvenilirliğini arttırmakta hem de zaman açısından önemli bir tasarruf sağlamaktadır.

Havza çalışmalarında, havza amenajmanının esaslarında belirtilen havzanın fizyografik özellikleri, havzadaki hidrometeorolojik ilişkiler, havzanın doğal kaynaklarının envanteri ve havzadaki sosyo-ekonomik durum konuları kapsamlı ve bir bütün halinde düşünülmek durumundadır. Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla havzadaki sosyo-ekonomik durum (yerleşim yerleri, sayısı, konumları vb) ve diğer havzaya ait özellikler havzada yapılacak olan çalışmalarda bir bütün olarak düşünülmekte ve çalışmalarda dikkate alınmaktadır.

Coğrafi bilgi sistemleri özellikle havza planlamalarında son yıllarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Orman Bakanlığı da hem özel proje çalışmalarında CBS kullanımını gerekli bir unsur olarak ihale şartnamelerinde bulundurmakta hem de teşkilat olarak CBS kullanımını yaygınlaştırmaktadırlar. Bakanlığın yaptığı ağaçlandırma, erozyon ve rehabilitasyon projelerinde araziden elde edilen bir çok verinin haritalara aktarılmasında ve oluşturulan farklı katmanların birleştirilerek planlama için gerekli verilere ulaşılmasında CBS büyük kolaylık ve güvenilirlik sağlamaktadır. Böylelikle yapılan çalışmalarda havza için uygulanacak tedbirlerin doğruluğu ve güvenilirliği artmaktadır.

Havza amnenajmanında arazilerin arazi kabiliyet sınıflarına uygun olarak kullanılmasında, CBS ortamında belirlenen, eğim, bakı ve yükseklik gibi etmenlerle araziden elde edilen toprak derinliği, toprak tipi ve taşlılığı gibi etmenler CBS ortamında farklı katmanlarda temsil edilebilmektedir. Elde edilen katmanlar CBS ortamında arazi kabiliyet sınıflamasına uygun kriterler gözönüne alınarak farklı katmanlar birleştirilebilmekte ve sonuç olarak güvenilir ve doğru bir şekilde havzanın arazi kabiliyet durumu ortaya konulabilmektedir. Havzada özellikle tarıma uygun olmayan ve erozyona maruz alanların belirlenmesinde ve yapılacak olan planlama çalışmalarında CBS elde edilen verilere ulaşmakta ve değerlendirilmesinde kolaylık sağlamaktadır.

Havzada meydana gelen toprak kayıplarının belirlenmesinde son yıllarda çeşitli programlar geliştirilmiştir. Bu programlar içerisinde en güvenilir ve geliştirilmiş olan WEPP programı özellikle CBS ile entegre bir şekilde çalışmaktadır. CBS ile entegre edilerek ortaya konulmuş olan GeoWEPP programı, CBS ortamında belirlenmiş olan havzanın çeşitli özelliklerini (eğim, bakı, toprak, arazi kullanımı durumu) WEPP programına aktararak havzada meydana gelen toprak kayıplarını hesaplayabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. **Balci, N., Özyuvaci, N.,** Havza Amenajmanı II (Havza Amenajmanı Yüksek Lisans Ders Notları), İ.Ü. Orman Fakültesi, 1988.
2. **Balci, N., Özyuvaci, N.,** Havza Amenajmanı I (Havza Amenajmanı Lisans Ders Notları), İ.Ü. Orman Fakültesi, 1987.
3. **Burrough, P.,** Principales of Geographical Information Systems for Land Resourcees Assesment., Oxford University, 1990.
4. **Balci, N., Özyuvaci N., Özhan S.,** Su Kaynaklarının Geliştirilmesinde Havza Amenajmanının Rolü, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt:1, Shf: 337-343, Ankara, 1994.
5. **Elliot, W.J., and D. Hall,** WEPP Forest Applications, General Technical Report, USDA Intermounation Research Station, 1997, Moscow, ID.
6. **Eliot, W.J., Foltz, R.B., Luce, C.H.,** Validation of the WEPP Model for Low Volume Forest Roads. Proceedings of the Sixth International Conference on Low-Volume Roads, Washington D.C. Transpiration Research Board, p 178-186, 1995, USA.
7. **Garbrecht J. Martz LW.,** TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis tool for Topographic Evaluation, Drainage Identifications, Watershed Segmentation and Subcatchment Parametirization, ARS-NAWQL, 95-1, US Department of Agriculture, ARS, Durant, Oklahoma, 1997.

8. **Garbrecht J. Martz LW.**, Network and Subwatershed Parameters Extracted from Digital Elevation Models: The Bills Creek Experience. Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, 29(6):909-916, 1997.
9. **Garbrecht J. Martz LW.**, The Assignment of Drainage Direction over Flat Surfaces in Raster Digital Elevation Models, Journal of Hydrology, 193: 204-213, 1997.
10. **Garbrecht J. Martz LW.**, Automated channel Ordering an node Indexing for Raster Channel Networks. Computers and Geosciences 23(a): 961-966, 1997.
11. **Hızal, A.**, Hava Fotoğrafları Yorumlamasının Havza Amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) Çalışmalarında Uygulanma Olanaklarının Araştırılması, İ.Ü.Yay No: 3144, O.F. Yay No: 341, İstanbul, 1984.
12. **Köse, S., Başkent, E. Z.**, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılığımızdaki Önemi, I. Ormancılık Şurası, 15 18 (1993), 195-204
13. **Lee, Y. C., Zhang, G. Y.**, Development of GIS Technogy Journal of Surveying Engineering, Page: 304-323, 1989.
14. **Laflen, J., Lane, J. L., Foster, G.**, WEPP A new generation of Erosion Prediction Technology, Jornual of Soil and Water Conservation, January-February, 34-38, 1991.
15. **OGM**, Uygulama Projelerinin Düzenlenmesi, Esasları ve Dispozisyonları, 4125 Sayılı Tamim, Ankara 1987.