

---

SERİ

**B**

CİLT

**43**

SAYI

**1 - 2**

**1993**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



# ORMANCILIK ETKİNLİKLERİNİN SU KALİTESİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU<sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Ormanlık havzalardan akan suyun kalitesi genelde çok iyi olmakla birlikte, bazı ormancılık uygulamaları derelerdeki suyun kalitesinde önemli bozulmalara yol açabilmektedir. Sediment, en önemli kirlilik etkenidir. Özellikle yol yapımından ve bazı üretim (kesim-taşıma) ve otlatma etkinliklerinden sonra sulardaki asılı sediment düzeyinin yükselmesi ve bunun dere yataklarında olumsuz etkiler yapması, çoğu durumlarda karşılaşılan sorunlardır. Sudaki sedimentin balıkların üremesini engellemesi, en ciddi olumsuz etkidir. Bunu, sudaki nitrat düzeyinin artması ve su sıcaklığının yükselmesi ile ortaya çıkan olumsuz etkiler izler. Ormanlardaki üretim çalışmaları bazı yerlerde derelerdeki nitrat düzeylerini önemli ölçüde arttırabilmekte, dere kıyıları boyunca ormandan üst tabakanın kesilip çıkarılması, su sıcaklığının balıkların yaşamasını engelleyecek ölçüde yükselmesine neden olabilmektedir.

Ormancılık etkinliklerinde "en iyi amenajman pratikleri"nin uygulanması ve bunların çeşitli yörelere uygun şekilde geliştirilmesi halinde, bu zararlı etkilerin çoğu engellenebilir.

## 1. GİRİŞ

Dünyanın güvenilir sularının çoğu ormanlık alanlardan aktığı için, ormancılar suların korunması ve amenajmanı yönünden de açıkça sorumluluk taşımaktadır (GÖRCELİOĞLU 1972). Havzaların su verimini korumak ve arttırmak, su kalitesini korumak ve/veya iyileştirmek, zaman itibarıyla daha uygun bir su verimi sağlamak, erozyon, sel ve çığlardan korunmayı gerçekleştirmek amacıyla tüm dünyada araştırmalar kesintisiz sürdürülmektedir (GÖRCELİOĞLU 1973). Ormanlık alanların su verimi, hemen bütün ülkelerde kullanılabilir suyun önemli bir bölümünü sağlamak için önemlidir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde, toplam yüzölçümünün ancak 1/3'ünü kaplayan ormanlık alanlar ülkenin toplam kullanılabilir su gereksiniminin 3/4'ünü karşılamaktadır. Ortalama olarak, ormanlık alanların bu su verimi ormansız alanların su veriminden 6 kat fazladır (GÖRCELİOĞLU 1974/a). Britanya'da su konusunda karşılaşılan birçok sorunun, araziye çok yönlü amaç-

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı.

larla kullanma politikasının ormancılığa uygulanmamasından kaynaklandığı belirlenmiştir (GÖRCELİOĞLU 1974/b). Havzaların su verimleri üzerine ormanların etkileri konusundaki çok sayıda araştırma, dikkat çekici sonuçlar vermiştir (GÖRCELİOĞLU 1984/a; 1984/b).

Gelişmiş ülkelerde, suları kirleten kentsel ve endüstriyel sıvı atıkların yasalarla kontrol altına alınmasında önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak, yüzeysel akışla küçük ve büyük akarsulara ulaşan su kirleticilerin kontrolunda önemli sayılabilecek bir ilerleme henüz sağlanabilmiş değildir. Arazi ve çeşitli arazi kullanma şekilleri, su kalitesindeki potansiyel sorunların kaynağı durumundadır.

"Su kalitesi", bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyolojik öge ya da göstergeler tarafından etkilenir. Fiziksel göstergelere asılı sedimenti, kimyasal göstergelere nitrat ve pestisitleri, biyolojik göstergelere *giardia* 'yı örnek verebiliriz. Bu göstergelerin düzeyleri gerek doğal olaylar, gerekse insan etkinlikleri tarafından büyük ölçüde etkilenebilmektedir. Örneğin asılı sediment düzeyi, orman yangınlarından ya da tomruk üretiminden sonra önemli ölçüde artabilir. İnsan etkinlikleri aynı zamanda bazı konsantrasyonları doğal düzeyin altına da düşürebilmektedir; böyle durumlarda, yangından koruma önlemlerinin çok uzun süredir uygulanmakta olduğu birçok orman alanlarında karışılmıştır.

Su kalitesi doğal olaylar ya da insan etkinlikleri (örneğin çeşitli işletmecilik uygulamaları) yüzünden bozulabilir. Doğal konsantrasyonun zaten yüksek olduğu durumlarda su kalitesindeki bozulmanın insanın yol açtığı etkilerden sonra ortaya çıkması daha büyük olasılıktır. Su kalitesindeki bozulmanın insan etkinliklerine bağlı kaynakları kabaca "noktasal kaynak" ya da "noktasal olmayan (alansal) kaynak" şeklinde sınıflandırılır. Noktasal kaynak kirliliğine neden olan sıvı atıklar, kaynağı boru ya da kanal gibi kapalı bir yapı içinde terkeder. Bu sıvı atıkların su kalitesine olumsuz etkileri, işletmeci ya da yöneticiye kaynak hakkında doğrudan bilgi verilerek ve durumu düzelterek önlemler gerekiyorsa belirtilerek gözlem altına alınıp izlenebilir. Pis su arıtma tesisleri ve endüstri tesisleri, önemli noktasal kaynaklardır. Noktasal olmayan (alansal) kaynak kirliliği ise daha çok arazi yüzeyinden akıp gelen yüzeysel akış halinde görülür. Yüzeysel akışın geniş alana yayılmış olması ve çeşitli taşıma mekanizmaları nedeniyle su kalitesinde noktasal olmayan kaynak kirliliğinin izlenmesi, akarsuların kirlilik kaynağının aşağılarındaki noktalar dışında zordur; kirlilik kaynağının aşağılarındaki bir noktada suyun kalitesindeki bozulma belirlenebilmekle birlikte, bu bozulmanın kaynaklandığı alanın ya da buna yol açan etkinliğin tam olarak saptanması çoğu kez zordur.

"Kirlilik", tipik olarak, insan etkisiyle su kalitesinde meydana gelen bozulmayı ifade eder. Amerika Birleşik Devletleri'nde 1972 yılında yürürlüğe giren Federal Su Kirliliği Kontrol Yasası ve ekleri, kirliliği, esas itibarıyla "insanın kaynakları kullanmasının su kalitesinde yol açtığı herhangi bir değişiklik" olarak tanımlamıştır. Bu yasa ile aynı zamanda bütün kirlilik kaynaklarının uygun ve yeterli kontrolü ve böylece bütün suların 1983 yılına kadar balık avlamaya ve yüzmeye elverişli duruma getirilmesi, 1985 yılına kadar bütün noktasal kaynaklarının yol açtığı kirliliğin ortadan kaldırılması öngörülmüştür. Ancak, minimum düzeydeki bazı kirlilik düzeylerinin fiziksel ve ekonomik olarak önlenmesi, mevcut teknolojinin yetersizlikleri nedeniyle mümkün olmadığı için, 1972 yasaının öngörülere doğrultusunda ara hedefler gerekmektedir. Bazı kullanımlar için, bazı öge ya da göstergelerin hangi düzeylere ulaştığında zararlı oldukları konusunda uzlaşmaya varılmış olmasına karşılık (örneğin içme suyu standartları), daha başka kullanımlar ya da ögeler (örneğin besin maddeleri) için su kalitesi açısından kabul edilebilecek maksimum değerler konusunda bir görüş birliği yoktur.

Kentsel alanlar, su kirliliğinin en önemli kategorilerinin kaynağı durumundadır. Kentsel alanlardan gelen yüzeysel akış evlerde kullanılan çeşitli kimyasal ürünleri, hayvan pisliklerini, bahçelerde kullanılan gübre ve mücadele ilaçlarını, endüstriyel kimyasal maddeleri, taşımacılık yan ürünlerini, inşaat alanlarından kaynaklanan sedimenti ve daha birçok atık ve artığı derelere ve akarsulara taşır. Çiftlikler de her türlü su kirliliğinin önemli kaynaklarındandır. Madenler, arazi

dolguları, hayvan besleme yerleri ve kentsel lâğım sistemleri de bazı kirlilik kategorilerinin kaynaklarıdır. Ormanlar ve mer'a alanları, sulara karışan bitki besin maddelerinin, oksijen ihtiyacı olan organik materyalin, asılı sedimentin kaynağı olup, eğer pestisitler kullanılıyorsa, sulara toksik maddeler de verebilirler. Orman alanlarında kesimlerden ya da yangınlardan sonra, derelerdeki su sıcaklığı da yükselebilir.

## 2. SU KİRLİLİĞİ KATEGORİLERİ

Su kalitesindeki bozulmanın kaynakları yedi kategoriye ayrılabilir (Tablo 1).

**Tablo 1:** Başlıca Su Kirliliği Kategorileri ve İlgili Su Kalitesi Bileşenleri<sup>1)</sup>

Kategori	Ana Bileşenler ya da Ölçüler
Patojen organizmalar	Bakteriler (örneğin dışkısal koliform, dışkısal streptokoklar) Protozoa (örneğin giardia) Belirli virüsler ve mantarlar
Organik maddeler	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) Çözünmüş oksijen
Besin maddeleri	Azot (nitrat, nitrit, amonyak) Fosfor (çözünmüş iyonlar ve inorganik moleküller)
Çözünmüş katı maddeler	Spesifik iyonlar (örneğin sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum) Genel ölçüler (toplam çözünmüş katı madde miktarı, iletkenlik)
Sedimentler	Asılı sediment (konsantrasyon ya da türbidite olarak ölçülür) Dere tabanı sedimentasyonu
Toksik maddeler	Metaller (örneğin kadmiyum, kurşun, cıva) Pestisitler (insektisitler, herbisitler, fungusitler) Diğerleri (özellikle Poliklor bifenil'ler gibi organik bileşikler)
Sıcaklık	Celsius derecesi (°C)

1) (BROWN/BINKLEY 1994)

**Patojen organizmalar**, suda bulunan hastalık yapıcı çeşitli mikroorganizmalardır. Bunların yol açtığı su kirliliği kategorisi, gelişmiş ülkelerin çoğu kentsel alanlarında etkili su arıtım ve dağıtım işlemleri uygulanarak yeterince kontrol edilmektedir.

**Organik maddeler**, ürün artıklarından ve çürüyen bitkilerden kaynaklanır ve bunların bakteriler tarafından ayrıştırılması için oksijene gereksinim vardır. Bu ayrışma (çürüme) süreci (biyo-

kimyasal oksijen ihtiyacı" yaratır ve bunun sonucunda balıkların ve suda yaşayan omurgasızların kullanacağı çözülmüş oksijen miktarını tehlikeli ölçüde azaltır. Ayrıca suda renk değişikliği ve koku da ortaya çıkabilir.

**Besin maddeleri**, esas itibarıyla fosfor ve azotun çeşitli formlarını içerir. Besin maddeleri, su ekosistemlerinde birincil gıda üretimi için gereklidir. Ne var ki, besin maddelerinin fazla olması halinde su bitkileri ve su içinde yaşayan hayvanlar aşırı ölçüde çoğalır ve büyürler. Bunun sonucunda su koyu ve bulanık bir hal alır, yüzen algler gelişir ve su yüzeyi, su bitkilerinden oluşan yoğun örtülerle kaplanır. "Örtöfikasyon" olarak adlandırılan bu durum suyun rekreasyon amacıyla kullanılmasını, suda balıkların yaşamasını ve sudan yaban hayvanlarının yararlanmasını kısıtlar. Bu organik madde ayrışıp çürürken, sudaki çözülmüş oksijeni de azaltır. Buna ek olarak, element halindeki fosfor ve azot, balıklarda ve insanlarda doğrudan doğruya toksik etki de yapabilir; nitrat vücutta nitrite dönüşmekte, bu da özellikle çocuklarda fazlasıyla toksik etki yaratmaktadır.

**Çözülmüş katı maddeler** içine, genellikle tuz denilen bir dizi iyonlar ve aynı zamanda suda çözülmüş organik bileşikler girer. Toplam çözülmüş katı madde miktarı ve özgül iletkenlik, bu iyonların konsantrasyonunun iki ölçüsüdür. Çözülmüş katı madde konsantrasyonunun yüksek olması, borularda ve su tesisatında korozyona neden olur, bazı sulanan ürünlerde verimi düşürür, fazla miktarda sabun ve detarjan kullanımına yol açar, balıklara ve suda yaşayan diğer canlılara zarar verebilir.

**Sedimentler**, dere akımı içinde taşınan çok küçük boyutlu toprak tanecikleriyle dere tabanına çöken daha ağır taneciklerden oluşur. Asıllı sedimentler bulanıklığı artırır ve toprak taneciklerine tutunmuş halde bitki besin maddelerini, ağır matelleri, pestisitleri, patojen organizmaları ve diğer potansiyel kirleticileri taşırlar. Yüksek bir bulanıklığın uzun süre devam etmesi halinde alglerin fotosentezi zayıflar, görecelik beslenen balıkların gelişmesi durur ve sonuçta besin zincirleri de değişikliğe uğrayabilir. Asıllı sediment konsantrasyonunun yüksekliği aynı zamanda içme suyunun kalitesini de bozar. Öte yandan çökelen toprak tanecikleri dere tabanlarındaki çakıllı yatakların gözeneklerini tıkayarak balık yumurtaları için uygun olmayan anaerobik koşullar yaratır ve yumurtalardan yavruların çıkmasına engel olur. Çökelen toprak tanecikleri aynı zamanda rezervuarların su depolama kapasitesini azaltır ve nehirlerde taşımıcılığı engeller.

"Su kalitesi" üzerinde durulurken dere yataklarının durumu bazen dikkate alınmakta, bazen de konu dışında mütalâa edilmektedir. Bu yazı çerçevesinde bu konuya değinilmeyecektir.

**Toksik maddeler**, çok düşük konsantrasyonlarda bile zararlı etkiler yapabilen kimyasal maddelerdir. Bunlar arasında toksik ağır metaller (örneğin cıva, kurşun, kadmiyum, arsenik) ve diğer sentetik (genellikle organik) pestisitler ve endüstriyel maddeler (örneğin poliklor bifenil'ler) sayılabilir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde 60.000'den fazla ticari kimyasal madde kullanılmakta, bunlardan çoğunun su ekosistemleri üzerindeki etkileri bilinmemektedir.

**Su sıcaklığı**, akarsuların hem kimyasal, hem de biyolojik karakteristikleri üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin suyun sıcaklık derecesinin yükselmesiyle, suda çözünebilir oksijen miktarı hızla azalmaktadır. Ayrıca, suda yaşayan canlıların çoğu için su sıcaklığının optimum düzeyin üzerine çıkması, bunların yaşamasını tehlikeye sokmaktadır. Bazı balık türlerinin sıcaklık değişmesine toleransı çok azken, diğer bazı türlerin daha toleranslı olduğu bilinmektedir.

### 3. ORMANCILIK ETKİNLİKLERİNİN SU KALİTESİNE ETKİLERİ

Bu bölümde, ormancılık etkinliklerinin yukarıda değinilen yedi su kirliliği kategorisinin her biri üzerindeki etkileri hakkında Amerika Birleşik Devletleri'nde ve bir ölçüde de Kanada'da elde edilen bilgiler kısaca özetlenecek ve bu etkilerin giderilmesi için yapılara değinilecektir<sup>1</sup>.

1) Bilgiler, Kayalık Dağlar Orman ve Mer'a Deneme İstasyonu ile Kolorado eyalet Üniversitesi'nin işbirliğiyle hazırlanan teknik rapordan alınmıştır (Bkz.: BROWN / BINKLEY 1994).

### 3.1. Patojen Organizmalar

#### 3.1.1. Genel Bilgi

Mikrobiyolojik su kalitesinde ilgi çoğunlukla insanlarda hastalık yapan organizmalar ya da koliform bakteriler üzerinde toplanmaktadır. İçme suyu kalitesinin değerlendirilmesinde toplam koliform sayısı, mikrobik kirlenmenin göstergesi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır. Genellikle iki daha spesifik bakteri sınıfı incelenmektedir; bunlar (çoğunlukla insan ve diğer memelilerin dışkılarından gelen) dışkısal koliform ve (genellikle insan dışındaki diğer memelilerin dışkılarından gelen) dışkısal streptokoklardır. Bazen, kirliliğin insan dışkısından mı, hayvan dışkısından mı kaynaklandığını ayırt etmek üzere, dışkısal koliformun dışkısal streptokoklara oranı da -kesin bir kriter olmamakla birlikte- kullanılmaktadır.

Sudan geçen başka bir hastalık etkeni, kamçılı bir tek hücreli olan *Giardia lamblia*'dır. Bu hastalık etkeni, ABD'nin batısındaki dağlık arazi akarsularında su kalitesinin önemli bir kriteri durumundadır. *Giardia*'nın, porsukların bol bulunduğu derelerle bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Ancak bu hastalığın yayılmasında diğer memelilerin rolü henüz bilinmemektedir. Ormanlardan sağlanan sular da diğer spesifik patojenler de bulunmuştur. Örneğin Kaliforniya'daki ulusal ormanlarda kamp alanlarının su şebekelerinde *Bacterium cryptosporidium* saptanmıştır. Bu bakterinin varlığı, yöredeki kuraklık koşullarına ve yeni su kalitesi yasalarının öngördüğü denetlemelerin gereğince yapılmamasına bağlanabilir.

Akarsularda yapılan araştırmalar, 1978-1987 yılları arasında içerdiği hastalık etkenlerinde önemli azalma görülen istasyon sayısının artış görülen istasyon sayısından yaklaşık iki kat fazla olduğunu göstermiştir. Patojen organizmalardaki artışların arazinin daha büyük oranlarda mer'alara ve kentsel kullanımlara ayrılmış olmasıyla bağlantılı olduğu saptanmıştır. Patojen organizmalardaki azalma ise belediyelerin ve kırsal kesimde halkın suları daha iyi arıtma işlemine tabi tutmasının bir yansıması olarak değerlendirilmiştir.

#### 3.1.2. İşletmenin Etkileri

Sudaki hastalık yapıcı (patojen) organizmalar, ormandaki tomruk üretiminden etkilenmemektedir. Otlatma, ormanlardaki derelerde mikrobik kirlenmeyi arttırabilen başlıca arazi kullanma biçimidir. Otlatma yapılan ve yapılmayan bölgelerdeki derelerde koliform düzeylerini karşılaştıran araştırma çok azdır. Kuzey Utah'ta yapılan havza düzeyindeki bir araştırmada (Brown 1989), otlatma yapılmayan bir havzada maksimum toplam koliform sayısı yaklaşık 150 koloni/100 ml, sığır otlatılan bir havzada ise 1500 koloni/100 ml olarak belirlenmiştir. Yoğun rekreasyon kullanımı ve yaban hayvanları popülasyonları, ayrıca atıksu sistemleri yetersiz olan dağ evleri de derelere karışan patojen organizmaları kabul edilemeyecek düzeylere yükseltebilmektedir. Otlatmanın etkileri bir yana bırakılırsa, orman alanlarında insan etkinliklerinin neden olduğu patojen organizma sorunları genellikle çok yerel kalmakta ve kolayca çözümlenebilmektedir. Örneğin, rekreasyonun olumsuz etkileri bazı tesisler yapılarak ya da rekreasyonel kullanım kısıtlanarak giderilebilir.

### 3.2. Çözünmüş Oksijen

#### 3.2.1. Genel Bilgi

Ormanlardaki dereler tipik olarak litrede 8-12 mg oksijen içerir. Organik madde içeriği ve su sıcaklığı yüksek olan derelerde, çözünmüş oksijen konsantrasyonları daha düşüktür.

Somon balığının yumurta bıraktığı derelerde çözünmüş oksijen düzeyi bir gün için 8 mg/l'nin, yedi günlük bir ortalama için ise 9.5 mg/l'nin altına düşmemelidir; yetişkin somon balıkları için 5-6.5 mg/l düzeyinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu yeterli olabilir.

### 3.2.2. İşletmenin Etkileri

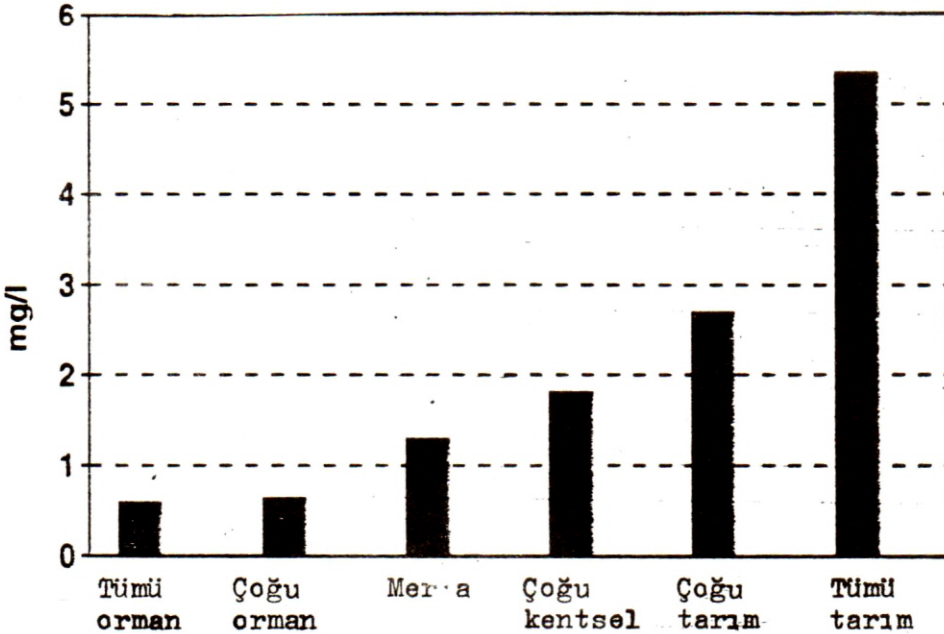
Ancak birkaç araştırmada ormanlardaki işletmecilik etkinliklerinin derelerde oksijen konsantrasyonlarını düşürdüğü belirlenmiştir. Quebec (Kanada)'da, kesim ve taşımadan kaynaklanan fazla miktardaki kaba materyalin düşük eğimli (< % 17) bir derede göllenmelere neden olduğu ve çözülmüş oksijen konsantrasyonlarını neredeyse sıfıra düşürdüğü saptanmıştır (Plamondon ve ark. 1982). Oregon (ABD)'de, kesim ve taşımadan kaynaklanan kaba materyalin küçük bir derede çözülmüş oksijen konsantrasyonlarını yazın 3 mg/l'ye düşürdüğü belirlenmiştir. Kaliforniya'daki bir araştırmada ise tomruk üretimi yapılan alanlarda derelerdeki çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının yazın 5 mg/l'ye düştüğü saptanmıştır (RICE ve ark. 1979).

Düşük akımlı derelere çok fazla miktarda küçük boyutlu organik madde katılması, çözülmüş oksijen düzeylerini 1 mg/l'nin altına indirebilir. Fakat genel olarak üretimden kaynaklanan ve derelere ulaşan küçük boyutlu organik madde miktarı azdır ve özellikle yüksek türbülanslı derelerde, çözülmüş oksijen konsantrasyonlarında önemli bir azalma meydana gelmez. Günümüzdeki ormancılık uygulamaları genellikle derelere fazla organik madde gitmesine neden olmamaktadır.

### 3.3. Besin Maddeleri

#### 3.3.1. Genel Bilgi

Amerika Birleşik Devletleri'nin tümünü kapsayan bir analiz (OMERNİK 1977), büyük oranda tarımsal havzaları drene eden derelerde yıllık besin (toplam fosfor ve toplam azot) konsantrasyonlarının, büyük oranda ormanlık havzaları drene eden derelerdekinden yaklaşık dokuz kat, büyük oranda mer'a arazisiyle kaplı havzaları drene eden derelerdekinden ise yaklaşık dört kat daha yüksek olduğunu göstermiştir (Şekil 1). Ülkenin bütün bölgelerinde, tarımsal ve kentsel amaçlarla



Şekil 1 : Arazi örtüsüne bağlı olarak derelerdeki azot konsantrasyonunun değişimi (OMERNİK 1977)

kullanılan havza yüzdeleri ile bu havzaları drene eden derelerdeki besin maddeleri içeriği arasında pozitif bir korelasyon, buna karşılık havzanın orman örtüsüyle kaplı yüzdesi ile besin maddesi konsantrasyonları arasında hemen bütün alanlarda negatif bir korelasyon olduğu bulunmuştur.

Yapılan diğer araştırmalar, ABD genelindeki akarsularda son yıllarda azot konsantrasyonlarında artış, fosfor konsantrasyonlarında azalma eğilimi olduğunu ortaya koymuş, bunun nedenleri ise net olarak belirlenememiştir.

Fosfat konsantrasyonları içme suyu kalitesi bakımından önemsiz düzeydedir; fakat yan derelerde ötrofikasyonun önlenmesi açısından 0,1 µg/l düzeyinde bir standart konmuştur. Ötrofikasyon riski büyük ölçüde yerel koşullara bağlı olduğundan, tatlısu için herhangi bir standart konmamıştır; 0,5 mg/l'yi aşmayan bir fosfat konsantrasyonu, göllerin ötrofikasyondan korunması için yeterli olabilir (MacDONALD ve ark. 1991). 10 mg/l'nin üzerindeki Nitrat-N konsantrasyonları, çocuklar için riskli olması nedeniyle kabul edilemez (EPA 1986). Su ekosistemlerinin korunması amacıyla nitrat için toksik etki standartları geliştirilmemiştir; fakat içme suyu standartlarının sağlanması, su sistemlerini de koruyacaktır (BISSON ve ark. 1992).

Orman alanlarını drene eden derelerde azot konsantrasyonlarının tipik olarak 1 mg/l'nin çok altında olduğu, geniş çapta mer'a alanlarını drene eden derelerde ise bazen bu düzeyin üzerine çıkıldığı belirlenmiştir.

### 3.3.2. İşletmenin Etkileri

Ormanlarda akan suyun kimyası, yağış sularının ormanın tepe çatısından, topraktan ve toprak içinden geçerek derelere ulaşması sırasında değişikliğe uğrar. Tepe çatısında yağışın intersepsiyonu ve evaporasyonu, suda çözülmüş elementlerin konsantrasyonunu artırır. Ormanda kesim yapılması, intersepsiyon kayıplarını azaltarak daha fazla suyun toprağa ulaşmasına, böylece genelde besin konsantrasyonlarının seyrelmesine neden olur. Mineral topraklara sızarak akan suyun kimyasını çeşitli süreçler değiştirir; ağaç kökleri tarafından suyun ve kimyasal maddelerin alınması, mikorizalar ve mikroplar, ayrışma (çürüme) ürünü kimyasal maddeler, bazı kimyasal maddeleri serbest bırakan ya da bağlayan karşılıklı değişim (mübadele) reaksiyonları bu süreçler arasındadır. Yangın, kontrollü yakma ve tomruk üretimi sonucunda orman toprağının çıplak kalması ve üst toprağın erozyona uğraması, yağışın olduğu gibi (değişikliğe uğramadan) mineral horizonlara ulaşmasına zemin hazırlar. Üretim (kesim ve taşıma) aynı zamanda topraktan besin maddesi alımını azaltabilir ve mineral toprakta bitkilerin yararlanabileceği besin maddeleri birikimini de artırarak toprağın ayrışmasını hızlandırabilir.

Ormancılık uygulamaları dere suyunda birçok kimyasal maddenin konsantrasyonunu yükseltilebilir; ancak ormancılıkta en büyük önem taşıyan husus sadece fosfat ve nitrat konsantrasyonlarındaki değişimlerdir.

#### 3.3.2.1. Fosfat

Orman işletmeciliğinin derelerdeki fosfat konsantrasyonları üzerine etkileri konusunda yapılan araştırmalar, ABD'deki akarsularda genellikle ortalama konsantrasyonların, göllerin ötrofikasyondan korunması için yeterli görülen 0,05 mg/l düzeyinin çok altında olduğunu ortaya koymuştur. Ormanlarda üretim etkinlikleri nedeniyle derelerdeki fosfat konsantrasyonlarında değişiklikler meydana gelmesi, kesim ve taşıma çalışmalarının ardından üretim artıkları entansif şekilde yakılmadığı takdirde, pek sık karşılaşılan bir durum değildir.

#### 3.3.2.2. Nitrat

Ormanda kesim ve taşıma etkinlikleriyle bağlantılı olarak derelerdeki nitrat konsantrasyonlarındaki değişiklikler konusunda yapılan çok sayıda araştırma, kesimin nitrat konsantrasyonlarını



bir miktar arttırdığını göstermiştir. Ne var ki, araştırmaların yaklaşık % 70'inde yıllık nitrat konsantrasyonlarının 0,5 ml'nin altında kaldığı saptanmıştır. Özetle söylersek, ormanlarda kesim yapılması, derelerdeki nitrat konsantrasyonlarını arttırmak suretiyle su kalitesinde bozulmaya yol açmaz. Ancak, yüksek rakımlardaki bazı ormanlardan fazla miktarda nitrat şeklinde azot kaybı ölçülebilir; bunun nedeni, atmosferde azot bileşiklerinin fazla miktarda birikmesi ve bunların (yağmurla ya da sis yağışıyla) yüzeysel akışa katılmasıdır.

Ormanlarda **gübreleme**, ağaçların hemen kullanamayacağı ölçüde besin maddesi katkısı sağlayabilir. Genellikle sulara pik nitrat konsantrasyonlarına, gübrelemeden itibaren iki ay içinde rastlanmaktadır.

Genel olarak, dikkatli gübrelemenin dere suyunda nitrat-azot konsantrasyonlarını toksik etki yapabilecek düzeylerde arttırmadığı çeşitli araştırmalarla saptanmıştır.

### 3.4. Çözünmüş Katı Maddeler

#### 3.4.1. Genel Bilgi

Kaya ve toprakların doğal olarak çözülmesinden, -doğal ve insan kökenli iyonlar içeren- atmosferik yağıştan, beldelerin ve endüstri tesislerinin atık sularından, buzlanmaya karşı yolların tuzlanmasından ve tarımsal sulamadan kaynaklanan çeşitli tuzlar, akarsu sistemlerine katılmaktadır. Sulardaki çözünmüş katı madde konsantrasyonlarının başlıca belirleyicileri kaya tipi, yağış miktarı, yağış kalitesi ve bir dereceye kadar da insan nüfusunun yoğunluğudur. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan araştırmalar, havzaların çoğunda ortalama yıllık toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonlarının 200 mg/l'nin altında olduğunu göstermiştir. Buna rağmen, Amerika'nın özellikle doğu yarısında, akarsulardaki çözünmüş katı madde konsantrasyonlarında artış eğilimi saptanmıştır (SMITH ve ark. 1987). Bu değişikliklerde pis suların derelere akıtılmasının, yollarda tuz kullanılmasının ve yüzeysel kömür üretiminin (açık kömür ocaklarının) etkili olduğu belirtilmektedir.

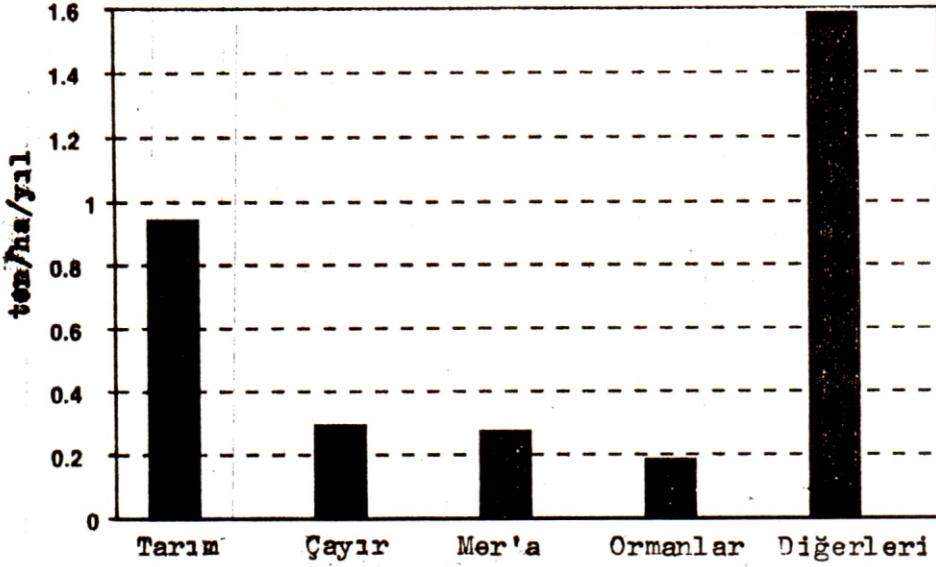
#### 3.4.2. İşletmenin Etkileri

Orman ve mer'a vejetasyonu, ABD'de akarsulara önemli sayılabilecek tuz katkısında bulunmamaktadır. Orman işletmeciliğinin çözünmüş katı madde konsantrasyonlarına etkileri çok azdır. Orman işletmeciliğinin başlıca etkisi, diğer kaynaklardan suya ulaşan çözünmüş katı madde konsantrasyonları üzerine vejetasyon yoğunluğunun (sıklığının) etkisi ile bağlantılıdır. Örneğin tomruk üretimi sonucu yüzeysel akışta meydana gelen artış, çözünmüş katı madde (tuz) konsantrasyonunun fazlasıyla yüksek olduğu akarsularda seyretmesine (tuz konsantrasyonunun düşürülmesine) yardımcı olmaktadır.

### 3.5. Sedimentler

#### 3.5.1. Genel Bilgi

Amerikan Toprak Koruma Servisi'nin 1982 Ulusal Kaynak Envanterine (SCS 1984) dayanarak kırsal alanlardaki yaklaşık 800 000 noktada yapılan erozyon hesapları, ayrıca tarım alanlarından sediment taşınımı, sediment iletim oranı ve büyük akarsulara ve yan derelere katılan sediment miktarı konularındaki hesaplamalar, tarım alanlarından gelen sedimentin orman alanlarından gelen sedimentin beş katından daha fazla olduğunu ortaya koymuştur (GIANNESI ve ark. 1986) (Şekil 2). Mer'aların sediment verimi ormanlarınkinden 1,5 kat yüksek bulunmuştur. kamu arazisi dışındaki kırsal alanlardan akarsu ağına katılan toplam sedimentin % 57'sinin tarım arazilerinden, % 16'sinin mer'alardan, % 10'unun orman alanlarından, % 5'inin çayırılık araziden ve % 12'sinin -madenler, taş ocakları, çiftlik arazileri vb gibi- diğer alanlardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Ülke yüzölçümünün 2/3'ünü kaplayan orman ve mer'alar, ülkenin akarsularına ulaşan toplam sedimente



Şekil 2 : ABD'de kırsal alanlardan nehirlere ulaşan yıllık sediment verimleri ("Diğerleri" içinde madenler, taş ocakları, çiftlik arazileri ve entansif şekilde kullanılan daha başka alanlar bulunmaktadır).

ancak 1/4 oranında katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, arazinin en dik eğimli kısımlarında bulunan ormanlık havzaların -geniş alanlarda traşlama kesim ve sürütme yapılması gibi- bir dik-katsiz müdahalede hızla erozyona uğramaya hazır olduğu da unutulmamalıdır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin tümünde ortak olan sonuçlardan biri, insan müdahalesinden zarar görmemiş ormanlık havzaları drene eden akarsulardaki sediment konsantrasyonlarının çok düşük olmasıdır. Böyle akarsulardaki yıllık ortalama sediment konsantrasyonları tipik olarak 5 mg/l'nin altındadır; şiddetli sağanaklardan sonraki yüksek akışlarda konsantrasyon pikleri 100 mg/l'ye kadar çıkmaktadır.

### 3.5.2. İşletmenin Etkileri

Sedimentin akarsulara karışması başlıca üç yolla olmaktadır. Bunlar 1) yağmur damlalarının çarpması ile ya da yüzeysel akışın etkisiyle toprak taneciklerinin yerlerinden koparılması, 2) dik yamaçlardaki kütle hareketleri, toprak kaymaları ya da materyal çığları, 3) akarsu yatakları boyunca kıyı erozyonudur. Bu süreçlerin hepsi de doğal olarak meydana gelmekle birlikte, insan etkinlikleri sonucunda frekans, etki ve kapsamları artabilir. En başta bitki örtüsünün (örneğin yol yapımı, traşlama kesim, otlatma, yangın vb. gibi nedenlerle) ortadan kalkması, bir yandan yağmur damlalarının çarpma etkisini artırırken öte yandan da harekete geçen sedimentin tuzaklanarak yamaç üzerinde alıkonması olanağını zayıflatır. Kesim, tomruklama, taşıma araç ve ekipmanının çalışması ya da fazla miktarda büyükbaş hayvanın belli alanlarda dolaşması (otlatma) gibi bazı etkinlikler, toprağı sıkıştırarak infiltrasyonu azaltıp yüzeysel akışı artırır. İkinci olarak, ormanlarda üretim çalışması ve yol yapımı, kütle hareketi (toprak kayması) meydana gelmesi olasılığını arttırabilir. Üretim (kesim ve taşıma), tipik olarak, intersepsiyon ve transpirasyonun azalması nedeniyle

toprak neminde artışa yol açar; toprağın daha nemli duruma gelmesi, stabilizasyonu zayıflatmaktadır. Kesilen ağaçların köklerinin zamanla çürümesi de yamaçlarda kütle hareketlerini artırır. Öte yandan yol yapımı, yamaç aşağısına doğru yaygın biçimde hareket eden yüzeysel akış sularını toplayıp bir arada akmaya yönlendirmekte, ayrıca kazı ve dolduru şevlerinde eğimi arttırmaktadır. H.J. Andrews Deneme Ormanında yapılan bir araştırma, ormanla kaplı yamaçların iri ve küçük boyutlu sediment veriminin yaklaşık  $35 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl}$  olmasına karşılık, traşlama yapılmış yamaçlarda bu miktarın  $130 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl}$ 'a, yol yapılan alanlarda ise  $1800 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl}$ 'a ulaştığı belirlenmiştir (Swanson/Dyrness 1975). Son olarak, dere yataklarının kıyıları da üretim ve yol yapım makinelerinden, ya da su kıyılarında toplanan büyükbaş hayvan (sığır) sürülerinden zarar görebilmektedir.

Asılı sediment konsantrasyonları, çoğu kez yol yapımı, kesim ve taşıma ya da dikim için arazi hazırlığı gibi işletmecilik etkinliklerinden sonra artmaktadır. Bu artışın miktarı duruma göre büyük ölçüde farklı olmaktadır. Bu gibi ormancılık etkinliklerinin ardından derelerdeki sediment konsantrasyonlarının büyük ölçüde artmasında başlıca nedenler arasında küçük derelerin sadece sağanak yağışlardan sonra su akıtmaları, ormanın kesilmesiyle akım periyodunun uzaması ve hacminin artması ve derelere bitişik bir tampon şeridin kesilmeden (olduğu gibi) bırakılmaması sayılabilir.

Çeşitli araştırmalardan çıkan sonuçları özetlersek, asılı sediment konsantrasyonları toprak tipine, eğime ve hava koşullarının etkisine göre bir yerden diğerine çok değişkendir. Derelerdeki normal sediment konsantrasyonunun yükselmesi daha çok işletmecilik etkinliğinin şiddetine (özellikle orman yolu ve sürütme yolu yapımına, ayrıca etkinliği izleyen şiddetli sağanak yağışlara) bağlı görünmektedir.

Ormancılık etkinliklerinin sedimentle ilgili hususlardaki en önemli etkileri, dere yapısında ya da durumunda fiziksel değişmelerin meydana gelmesidir. Çakıllı dere yataklarında ince boyutlu materyal oranının artması, dere kıyılarının erozyona uğraması, yatakta genişleme ve sığlaşma (derinlik azalması) meydana gelmesi, bu değişkenlikler arasındadır. Dere yapısının bu fiziksel özellikleri, ormancılık etkinliklerinin olumsuz etkilerinin belirlenmesinde ve değerlendirilmesinde, doğrudan doğruya sudaki sediment konsantrasyonlarının ölçülmesinden daha iyi bir yoldur (MacDONALD ve ark. 1991).

Otlatmanın iyi planlanıp yönetilmemesi erozyonu büyük ölçüde arttırmaktadır. Utah (ABD)'de aşırı koyun otlatmanın erozyonunu  $0,1 \text{ mg/ha'dan } 15 \text{ mg/ha'ın}$  üzerine çıkardığı saptanmıştır (BROWN 1989). Ancak, doğrudan doğruya otlatma ile su kalitesi arasındaki bağlantıyı inceleyen araştırma yok denecek kadar azdır.

Bugüne kadar ormancılık uygulamalarının derelerdeki asılı sediment konsantrasyonlarına etkileri konusunda yapılmış çeşitli araştırmalardan çıkarılabilen başlıca sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. Akarsulardaki asılı sediment konsantrasyonları, ülkenin çeşitli yörelerinde birbirinden önemli ölçüde farklıdır.
2. Ormancılık uygulamalarının akarsulardaki sediment konsantrasyonlarına etkisi, büyük ölçüde uygulamanın yapıldığı yere ve yapılan uygulamanın ayrıntılarına bağlıdır.
3. Ormancılık uygulamalarının olumsuz etkilerini en az düzeye indirmek üzere -yasa gereği olarak- bölgesel bazda hazırlanan "En İyi Amenajman Pratikleri"ne (Best Management Practices-BMP)<sup>1)</sup> uyulması, işletmeciliğinin olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltmaktadır.
4. Yamaçlardaki kütle hareketleri ve dere kıyılarındaki erozyon özellikle önemli olabilir; bunların önlenmesi her zaman mümkün değildir.

1) "En İyi Amenajman Pratikleri" konusuna daha sonra değinilecektir.

5. Toprak ve eğim koşullarına bağlı olarak, aşırı şiddetteki yağışlar düzenli işletilen orman alanlarında da düzensiz işletilen arazilerdeki gibi su kalitesinde bozulmaya yol açacaktır. Altı oyulmuş bir dere yatağı kıyısının göçmesi ya da dere kıyısındaki bitki örtüsünün otlayan hayvanlar tarafından tahrip edilmesi, deredeki sedimentasyon üzerinde bir havzanın tümüne dağılmış çeşitli etkinliklerden çok daha fazla etki yapabilir.

### 3.6. Toksik Maddeler

#### 3.6.1. Genel Bilgi

Pestisitler (herbisitler dahil), kırsal alanlarda en çok kullanılan toksik maddeler arasındadır. Pestisit kullanımı ağırlıklı olarak tarım alanlarında sözkonusu olmakla birlikte, ormanlarda ve mer'alarda da pestisitler kullanılmaktadır. Entansif tarımdaki ürün alma döneminin ormancılıktakine göre çok kısa olması, zehirli kimyasal maddelerin tarımda çok daha fazla kullanılmasını gerektirmektedir. Nitekim ABD'de 1980 yılında tarım ve orman alanlarında birim alan başına yılda kullanılan pestisit miktarları, tarım alanlarında orman alanlarındakine oranla insektisitlerde 1 000 kat, herbisitlerde 600 kat, fungusitlerde ise 1 300 kat fazladır. ABD'de çoğu ormanlarda 20-100+ yıl arasında değişen idare süreleri içinde hiç pestisit kullanılmamaktadır. Pestisit kullanılan ormanlarda da bu uygulama, idare süresi içinde sadece bir ya da iki kez yapılmaktadır. Aynı zamanda, orman alanlarında kullanılan pestisitlerde son yirmi yıl içinde daha az toksik olan tiplere dönülmüştür.

Pestisit kullanımı nedeniyle dere suyuna karışan çeşitli iz metalleri inceleyen Lettenmaier ve arkadaşlarına (1991) göre bütün Amerika'da bu karışma (kirlenme) eğilimi giderek azalmaktadır.

#### 3.6.2. İşletmenin Etkileri

Ormanlarda pestisit kullanımının su kalitesine etkisi üç yönden olabilir; (1) derelerdeki pestisit konsantrasyonları, (2) dere kimyasının pestisit uygulamasına vereceği karşılık, (3) pestisit uygulamasının erozyona etkisi. Pestisitler doğrudan doğruya uygulama sırasında dereye karışabildiği gibi topraktan (toprak tanecikleri üzerinde ya da çözünmüş halde su içinde) hareketle de dereye ulaşabilir.

Yapılan araştırmalar, ormanlardaki herbisit uygulamalarından derelere karışan konsantrasyonunun en çok 0,01 mg/l'ye ulaştığını ve bunun önem taşımadığını göstermiştir. Ormandaki herbisit uygulamalarının ardından derelerde ölçülen herbisit konsantrasyonları genellikle 0,1 mg/l'nin altındadır. Oysa dere florasını etkileyebilecek konsantrasyon 2 mg/l'nin üzerinde olmalıdır. Buna karşılık, dere boyundaki vejetasyonu değiştirmek üzere herbisit kullanılmasının derelerde bazı dolaylı etkileri de vardır. Işığın artması, yatak kıyılarında stabilitenin zayıflaması ve organik madde girdilerinin değişmesi bunlardandır.

Ormanlarda pestisit kullanımının su kalitesine olumsuz etkileri, gerekli önlemlere uygun davranıldığı takdirde önemsiz düzeylerde kalmaktadır.

### 3.7. Su Sıcaklığı

#### 3.7.1. Genel Bilgi

Suda yaşayan canlıların çoğu için su sıcaklığının optimal sınırlar içinde kalması gerekir. Derelerde su sıcaklığının yaklaşık 2 °C'tan daha fazla değişmesine yol açan ormancılık uygulamaları, balık popülasyonlarının gelişmesini ve başarısını etkileyebilir. Kış sonlarında ve ilkbaharda su sıcaklığının yükselmesi balıkların ve sudaki diğer canlıların yaşam düzenini bozabilmekte, yaz sonlarında su sıcaklığındaki artışın alçak akımlarla bir arada meydana gelmesi ise balık popülasyonlarına çok olumsuz etki yapabilmektedir. ABD'de sürekli ölçüm yapılan derelerde ortalama yıllık su

sıcaklığı 3°C ile 19°C arasındadır ve büyük ölçüde çevredeki hava sıcaklığını yansıtmaktadır. Küçük kontrol havzalarında ise maksimum sıcaklıklar 12°C ile 22°C arasında değişmektedir. Bu küçük havzalarda maksimum sıcaklıklar, gölge yapıcı vejetasyonun varlığına ya da yokluğuna büyük havzalardakinden daha duyarlıdır.

### 3.7.2. İşletmenin Etkileri

Yapılan araştırmalar, dereleri gölgeleyen orman örtüsünün kaldırılmasıyla radyasyon girdilerinin arttığını ve bunun derelerdeki maksimum su sıcaklıklarını 5°C kadar, hatta daha fazla yükselttiğini ortaya koymuştur. Dere kıyıları boyunca gölge yapacak bir vejetasyon şeridinin (tampon bölgenin) bırakılması, sıcaklık yükselmesinin önlenmesinde belirgin bir etkiye sahiptir.

## 4. SU KALİTESİNİ KORUMA PROGRAMLARI

Noktasal olmayan kaynakların yol açtığı kirliliğe önemle dikkati çeken ilk Amerikan federal yasası, 1972 yılında çıkarılan Federal Su Kirliliği Kontrol Yasasıdır. Bu yasaya ek olarak çıkarılan 1977 tarihli Temiz Su Yasası ile de, noktasal olmayan kaynakların yol açtığı kirliliğin kontrolü için, "en iyi amenajman pratikleri" adı verilen önlemleri uygulayacak kırsal arazi sahiplerine masraflarını karşılamaya yardımcı olacak bir parasal destek programı yürürlüğe konmuştur.

En iyi amenajman pratikleri, "su kirlenmesini önleyecek ya da azaltacak olan, yapısal ve yapısal olmayan kontrolleri, işletme ve bakım prosedürlerini kapsamakla birlikte bunlarla sınırlı kalmayan yöntemler, önlemler ya da pratikler" olarak tanımlanmaktadır. En iyi amenajman pratikleri, kirleticilerin sulara karışmasını azaltmak ya da engellemek amacıyla kirlilik yaratan etkinliklerden önce, bu etkinlikler sırasında ya da sonrasında uygulanabilir. Yasaya göre her eyaletin kendi koşullarına uygun olarak hazırlaması istenen en iyi amenajman pratiklerinin geliştirilmesinde ekonomik, kurumsal ve teknik faktörler gözönünde tutulacaktır. Bütün eyaletler "en iyi amenajman pratikleri" terimini kullanmamakta, örneğin Vermont "kabul edilebilir amenajman pratiği"ni, Connecticut "temel esaslar ve öneriler"i, Kaliforniya ise "orman pratiği kuralı"nı kullanmaktadır.

1987 yılında çıkarılan Su Kalitesi Yasası ile Temiz Su Yasasına yeni ekler yapılmış, neden-sonuç bağıntısına daha da açıklık getiren planlama prosedürleri de gerekli görülerek en iyi amenajman pratiklerinin uygulanmasına destek sağlanmıştır. Yasanın talep ettiği hususlar (1) su kalitesi standartlarına uygun olmayan su kütlelerini tanıtan ayrıntılı su kalitesi planları, (2) bu su kütlelerinde su kalitesi standartlarının dışına çıkılmasına yol açan noktasal olmayan kaynak ya da belirli alansal kaynak kategorilerinin tanımlanması ve (3) bunları kontrol edecek en iyi amenajman pratiklerinin açıklanmasıdır.

Noktasal olmayan kaynakların yol açtığı kirlilik konusunda sürmekte olan ilgi ve titizlik, ayrıca federal düzeydeki, eyalet düzeyindeki ve lokal düzeydeki hukuksal düzenlemeler, orman alanlarındaki su kalitesini korumak amacıyla devlet eliyle daha etkin çabaların gerçekleştirilmesini desteklemektedir.

Silvikültürel amaçlı en iyi amenajman pratiklerinin örnekleri Lynch ve Corbett (1990) tarafından, otlama amaçlı en iyi amenajman pratiklerinin örnekleri ise Chaney ve arkadaşları (1990) tarafından yayınlanmış bulunmaktadır.

Halen en az 40 eyalette, orman alanlarındaki "en iyi amenajman pratikleri"nin uygulanmasını izlemede bazı prosedürler kullanılmaktadır. İyi hazırlanmış hukuksal düzenlemelerin ve programların bulunduğu eyaletlerde, arazideki uygulamaların en iyi amenajman pratiklerine uygunluğu en az % 95 oranına ulaşmıştır. Genel olarak bu uyum özel mülkiyetdeki arazilerde, kamu mülkiyetindeki arazilerdekine ya da endüstri alanlarındakine oranla daha düşüktür.

## 5. ÖZET VE SONUÇ

Genellikle ormanlık havzalardan akan suyun kalitesi çok iyidir. Orman alanlarında su kalitesine ilişkin sorunlar mekân ve zaman itibarıyla büyük ölçüde değişmektedir. İyi bir işletmecilik uygulanan ormanlarda ciddi bir su kirliliği pek görülmez. Buna karşılık, ormancılık etkinliklerinde dikkatsiz davranılması, su kalitesini bozmaktadır.

Derelerdeki sediment yükleri, ormanlardaki su kirlenmesinde en yaygın sorundur. Derelerdeki sediment konsantrasyonuna katkıda bulunan en önemli kaynaklardan biri yollardır. Bazı silvikültürel uygulamalar da, toprakların erozyona elverişli olduğu yerlerde sediment konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırabilir.

Orman ve mer'a alanlarındaki diğer su kirliliği kategorileri, sedimentasyondan daha az ciddidir. Ormancılık uygulamalarının oksijen düzeyleri ve çözünmüş katı maddeler üzerine etkisi genellikle azdır. Hastalık yapıcı mikroorganizma sorunları, akarsu kıyılarında hayvan otlatılması önlenerek ya da rekreasyon alanlarında uygun tesisler (tuvaletler) yapılarak, gerekirse yoğun rekreasyonel kullanıma kısıtlama getirilerek kontrol edilebilir. Ormanlardaki uygulamalarla ilgili olarak kritik önem taşıyan tek iyon, genellikle nitrattır. Baltalıklarda ve yapraklı ağaç ormanlarında kesim yapılması, aynı zamanda orman alanlarında gübre kullanılması, derelerdeki nitrat konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırabilir. Herbisitlerin talimatlara uygun şekilde kullanılması ise su kalitesini bozmamaktadır. Kesim sonucu su sıcaklığının artması, suda yaşayan canlılara zarar verir. Dere kıyılarında tampon şeritlerin bırakılması, zararlı sıcaklık artışını önlemede ve aynı zamanda sedimentin derelere doğru hareketini engellemede etkili bir yaklaşımdır.

Su kalitesinin korunması amacıyla yasa gereği uygulanmaya başlanan "en iyi amenajman pratikleri"nin özel mülkiyetteki arazilerde de yaygınlaştırılması, bunların uygulanışının ve etkinliğinin izlenmesi ve en iyi amenajman pratiklerinin yerel koşullara uygun olarak daha da geliştirilmesi için ABD'de çalışmalar kesintisiz sürmektedir.

## KAYNAKLAR

BISSON, P.A.; ICE, G.G.; PERRIN, C.; BILBY, R. 1992: *Effects of Forest Fertilization on Water Quality and Aquatic Resources in the Douglas-fir Region*. University of Washington, Institute of Forest Resources, Seattle.

BROWN, G.W. 1989: *Forestry and Water Quality*. Oregon State University, Corvallis, Oregon.

BROWN, T.C.; BINKLEY, D. 1994: *Effect of Management on Water Quality in North American Forests*. USDA Forest Service General Technical Report RM-248, Colorado.

CHANEY, E.; ELMORE, W.; PLATTS, W.S. 1990: *Livestock Grazing on Western Riparian Areas*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

EPA 1986: *Quality Criteria for Water*. USEPA Office of Water Regulations and Standards. Washington, D.C.

GIANNESI, L.P.; PESKIN, H.M.; PUFFER, C.A. 1986: *National Data Base of Nonurban-Nonpoint-Source Discharges and Their Effect on the Nation's Water Quality*. Resources for the Future, Washington, D.C.

GÖRCELİOĞLU, E. 1972: İstihâl ve Transport Metodlarının Dere Akışı ve Erozyonla Bağlantısı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 22, Sayı 2.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1973: Amerika Birleşik Devletleri'nde Ormanların Etkileri ve Havza Amenajmanı Konularında Öğretim ve Araştırma. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 23, Sayı 2.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1974/a: Toprak İçinde ve Derelerde Su İletimi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 24, Sayı 1.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1974/b: Büyük Britanya'da Ormancılık ve Su Problemleri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 24, Sayı 2.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1976: Su ve Ormanlarımız. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 26, Sayı 2.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1984/a: Havzaların Su Verimleri Üzerine Ormanların Etkileri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 34, Sayı 2.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1984/b: İçme ve Kullanma Suları Kaynaklarının Korunmasında Ormancılığın Yeri ve Önemi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 34, Sayı 4.*

LETTENMAIER, D.P.; HOOPER, E.R.; WAGONER, C.; FARIS, K.B. 1991: Trends in Stream Quality in the Continental United States, 1978-1987. *Water Resources Research, 27: 41-52.*

LYNCH, J.A.; CORBETT, E.S. 1990: Evaluation of Best Management Practices for Controlling Nonpoint Pollution from Silvicultural Operations. *Water Resources Bulletin, 26: 41-52.*

MACDONALD, L.; SMART, A.; WISMAR, R. 1991: Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in the Pasific Northwest and Alaska. *USEPA/910/9-91-001, Region 10, Seattle.*

OMERNIK, J.M. 1977: Nonpoint Source-Stream Nutrient Level Relationships: A Nationwide Study. *Environmental Protection Agency EPA-600/3-77-105, Corvallis, Oregon.*

PLAMONDON, A.P.; GONZALEZ, A.; THOMASSIN, Y. 1982: Effects of Logging on Water Quality. *Canadian Hydrology Symposium No. 82, Frederikton, Canada.*

RICE, R.M.; TILLEY, F.B.; DATZMAN, P.A. 1979: A Watershed's Response to Logging and Roads. *USDA Forest Service Research Paper PSW-146, Berkeley.*

SCS 1984: National Resources Inventory-A Guide for Users of 1982 NRI Data Files. *Soil Conservation Service, Ames, Iowa.*

SMITH, R.A.; ALEXANDER, R.B.; WOLMAN, M.G. 1987: Water Quality Trends in the Nation's Rivers. *Science, 235: 1607-1615.*

SWANSON, F. J.; DYRNESS, C.T. 1975: Impact of Clearcutting and Road Construction on Soil Erosion by Landslides in the Western Cascade Range, Oregon. *Geology, 3: 393-396.*