
SERİ **B**

CİLT **34**

SAYI **3**

1984

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



ASHIRI KIRLENEN ORTAMLARDA ORMAN EKOSİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALAR

Doç. Dr. Ertan ERUZ¹⁾

Kı s a Ö z e t

Orta Avrupa ormanları yetmişli yılların başından itibaren çevre kirliliğinin etkisiyle ciddi zarar belirtileri göstermeye başlamıştır. Özellikle son üç yılda (1982-1984) zarar gören orman alanlarının hızla genişlemesi tehlikenin çok büyük boyutlara ulaştığının bir göstergesidir. Bugüne değin başta Batı Almanya olmak üzere Orta Avrupa'da yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, ormanlarda hastalıkların ortaya çıkışında SO₂ ve fotooksidantlar önemli bir pıya sahiptirler. Ancak zararların ortaya çıkışı ve gelişimi konusunda henüz doyurucu sonuçlara ulaşılamamıştır. Endişe verici bu durum kısa vadede çözüme gidilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunun için öncelikle alınması gereken önlem, zararlı maddelerin kaynaklarında tutulmasıdır. Bu ise ekonomik, sosyal ve politik nedenlerden dolayı oldukça güç görünmektedir.

Ülkemizde çevre kirliliğinden kaynaklanan zararlar Orta Avrupa ülkelerinde olduğu kadar tehlikeli boyutlarda değildir. Bu nedenle hızla sanayileşme çabaları içinde bulunan Türkiye'de, Orta Avrupa'daki gelişmeler izlenerek, yapılacak her çalışmada doğal ekolojik dengenin korunması ana prensibi içinde hareket edilmesi gerekmektedir.

G İ R İ Ş

Çevre kirliliği, insanlığın ilk üretim-tüketim çabalarıyla başlayan ve yüksek bir yaşam düzeyine ulaşmak için bir araç olarak kullanılan ileri teknolojinin gelişimine koşut olarak büyüyen bir olgudur. Zamanında ve gerekli önlemler alınmadığından çevre kirlenmesi sonucu ortaya çıkan sorunların karmaşık bir yapı kazandığı gözlenmektedir' Bu durum, çözüm doğrultusunda yapılacak çalışmaları güçleştirmektedir.

Çevre sorunlarının ana kaynağını üretim-tüketim ilişkileri oluşturduğundan bunların boyutları, nitelikleri ve çözümleri de toplumların ekonomik ve politik yapılarıyla yakından ilgilidir. Gelişmiş ülkelerde sorunun temelinde ileri düzeyde sanayileşme çabaları yer almaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise, bir yandan sanayileşme ve doğal kaynakların yanlış kullanımı, öte yandan da plânsız ve kontrolsüz gelişme ve yerleşmeler çevre sorunlarının temel nedenlerini oluşturmaktadır.

¹ I. Ü. Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

İleri derecede sanayileşmiş ülkelerde doğal ekosistemler çok çeşitli kaynaklardan gelen kirlleticilerle öylesine bir etki altında kalmaktadır ki, bu süreç insan yaşamını tehdit edici boyutlarda bozulmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerdeki bu durumun ülke düzeyinde ve yaygın etki yaratmasına karşılık ülkemizde —sanayi kuruluşlarının dağılımına bağlı olarak— belli yörelerde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Örneğin İzmit çevresi birçok sanayi kuruluşundan yayılan çeşitli maddelerin zararlı etkileriyle karşı karşıya bulunmaktadır. Öte yandan Artvin (Murgul) ve Samsun'da kurulu olan bakır işletmelerinden kaynaklanan SO_2 , çevre ormanları üzerinde çok önemli zararlar meydana getirmiştir.

Kalkınmakta olan ülkemizde sanayileşmenin sağlıklı bir biçimde gerçekleştirilmesi, hem sanayileşmenin getirdiği çevre sorunlarını en düşük düzeye indirecek, hem de kalkınmayla birlikte ekonomik sorunlar çözüme kavuşacaktır.

Burada, Batı Almanya örneğiyle Orta Avrupa'daki yoğun sanayileşmenin doğal ekosistemlerden ormanlar üzerindeki olumsuz etkileri ortaya konarak, sanayileşme çabaları içerisinde bulunan ülkemizde benzer gelişmelerin olmaması için ciddi önlemlerin alınması gereği üzerinde durulacaktır.

1. BATI ALMANYA'DAKİ ORMANLARDA ÇEVRE KİRLİLİĞİ ZARARLARI

Batı Almanya ormanlarında çevre kirliliğinin neden olduğu ilk zarar belirtileri yetmişli yılların başında göknar (*Abies alba*) ekosistemlerinde ortaya çıkmıştır. 1980 yılından itibaren ladin (*Picea abies*) ve sarıçam (*Pinus silvestris*) ekosistemleri, 1981 yılından itibaren de kayın (*Fagus sylvatica*) ve meşe (*Quercus spec.*) ekosistemleri hastalık belirtileri göstermeye başlamıştır. 1982 yazında yapılan bir çalışmaya göre, tüm ormanlık alanın %8 kadarı çevre kirliliğinden etkilenmiş bulunmaktadır (BELF 1982). Ancak 1982 sonbaharından itibaren özellikle yaşlı ladinlerde hastalığın yayıldığı ve zarar gören alanların giderek daha da hızlı büyüdüğü saptanmıştır (REHFUESS 1983). MAYER (1984), zarar gören orman alanlarının Almanya'da % 50'yi bulduğunu bu rakamın Avusturya için % 15 - 20 olduğunu ifade etmektedir.

Orman ekosistemlerinde görülen hastalığın seyri, değişik orman yetiştirme bölgelerinde ve değişik ağaç türlerinde benzer karakteristikler gösterdiği gibi farklı da olabilmektedir. Öte yandan belli ağaç türlerinde benzer karakteristikler gösterdiği gibi farklı da olabilmektedir. Öte yandan belli ağaç türleri ve yetiştirme ortamları yönünden karakteristik olan hastalık belirtilerine de rastlanmıştır. Değişik ağaç türlerinde görülen canlılık kaybı ve hastalıklar, orman yetiştirme bölgelerinin toprak yapısındaki farklılıklarına karşın aynı anda ortaya çıkmış olmalarından dolayı, zararın hava-ya karışan kirleticilerin direkt etkilerinden kaynaklandığı varsayımını kuvvetlendirmektedir. Bu yaklaşım, ULRICH'in tüm dünyada ilgi uyandıran —aşağıda açıklanan— teorisini zayıflatmaktadır. ULRICH (1981)'e göre, hava kirliliği nedeniyle yağışların asit olarak toprağa ulaşması ve toprak asitliğinin giderek artması sonucunda ormanlar üzerinde dolaylı zararlar meydana gelmektedir. Kuşkusuz toprak üzerinde önemli değişiklikler yaratan bu gelişmeler, ormanların büyüme ilişkilerini bir ölçüde olumsuz olarak etkileyebilir. Ancak Almanya ormanlarının yukarıda değindiğimiz bugünkü durumu gözönüne alınırsa hastalıkların ortaya çıkışında havadaki kirleticilerin doğrudan etkileri olduğu söylenebilir. Ne var ki, her iki durumda da kaynak, atmosferden ekosisteme giren havadaki yüksek konsantrasyonlu maddelerdir. Bu nedenle, ormanlarda ortaya çıkan zararların nasıl geldiğini bulmak için tüm zarar-

lı maddeleri saptamak ve bu maddelerin hastalık üzerindeki rollerini ortaya koymak gerekir. Burada karşılaşılan sorun, zarar verici maddelerin tümünün dikkate alınması gerekliliğinin getirdiği güçlüktür.

Burada Almanya'daki orman ekosistemlerinde zararlı etkiler yapan maddelerden en önemlileri üzerinde durulacaktır.

1.1. Ağır Metaller

Bugünkü bilgilere göre, metallerin neden olduğu zehirlenmeler yalnızca kirlenici kaynaklara çok yakın olan yerlerde sözkonusudur. Sanayi bölgelerinde havadaki toza bağlı olarak bulunan yaklaşık kurşun miktarı $0,3 \text{ ugr/m}^3$, kadmiyum miktarı ise 40 ngr/m^3 olarak belirlenmiştir (REHFUESS 1983)¹⁾. Sanayi bölgelerinden uzak yerlerde kurşun ve kadmiyum miktarı yukarıda verilen değerlerden oldukça düşük bulunmuştur. Kaynaklardan uzakta bulunan orman ekosistemlerindeki ağır metal birikimi ise bugün zarar verici düzeyde görülmemektedir. Ancak birikimin devam etmesi nedeniyle orman ekosistemleri ağır metal tehlikesiyle karşı karşıya bulunmaktadır.

1.2. Azot Oksitler (NO, NO₂)

Batı Almanya'da 1966-1982 yılları arasında havaya verilen NO ve NO₂ gazları —SO₂'deki durumun aksine— bir artış göstermiştir. Anılan gazlar önemli ölçüde taşıt araçlarında yağ ve benzin'in yüksek sıcaklıkta yanması sonucunda oluşmaktadır. Azot oksit, azot dioksit haline hızla dönüşebildiğinden azot dioksidin azot oksitler içindeki oranı %80'e ulaşabilmektedir (REHFUESS 1983). Bu gazlar, yüksek konsantrasyonda bitkilerin sürgünleri üzerinde direkt olarak zararlı etkiler yapabilir. Azot oksitleri ayrıca fotooksidantların oluşumunda önemli rol alır ve ayrıca asit ve azot birikimine neden olur. Asit birikiminin aksine azot, gübre etkisi yaparak bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedir. Bu durum Orta Avrupa'da bazı ormanlarda gözlenmiştir.

Şimdiye değin yapılan ölçümlere göre, Güney Almanya'daki ormanlık bölgelerin çoğunda NO ve NO₂'nin ortalama konsantrasyonları trafiğin yoğun olduğu yolların dışında $5-10 \text{ ugr/m}^3$ olarak bulunmuştur (REHFUESS 1983). Bu değer doğrudan bir zarar meydana getirecek miktarın çok altındadır. Çünkü yedi aylık vejetasyon devresinde ortalama olarak 350 ugr/m^3 'lük konsantrasyonun hassas bitkiler için zararlı olduğu saptanmıştır. Ancak azot oksitlerin havada değişime uğramasıyla oluşan maddeler için durumun farklı olduğu aşağıda görülecektir.

1.3. Fotooksidantlar

Bu maddeler, atmosferde fotokimyasal olaylarla (ışığın dissosiyatör etkisiyle) — azot oksit ve hidrokarbonlardan yoğun kısa dalgalı ışınlar yardımıyla — meydana gelirler (AHLHEIM ve arkadaşları 1981). Fotooksidantlar içinde ana maddeler ozon (O₃), peroksisasetilnitrat (PAN) ve bir kısım peroksidlerdir. PAN ve peroksidlerin ormanlar üzerindeki etkilerini açıklayıcı düzeyde bir konsantrasyon ölçümü yapılmamıştır. Diğer bir fotooksidant olan ozon'un bazı yerlerde havadaki konsantrasyonu belirlenmiş ve ozon konsantrasyonunun hava durumuna ve sanayi bölgelerinden uzaklığa göre önemli değişimler gösterdiği saptanmıştır. Hatta ozon konsantrasyonunun

¹⁾ $\text{ngr} = 10^{-9} \text{ gr}$.

kısa süreli de olsa zarar verici düzeyde arttığı da ifade edilmektedir (REHFUESS 1983).

Havanın temiz olduğu yerlerde yapılan ölçümlere göre havadaki ozon konsantrasyonu 60-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir (PRINZ 1982). Yine PRINZ (1982) tarafından karaormanların güneyinde 1982 yılının güneşli sonbahar ayında günlük ortalama değerlerin 100-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği saptanmıştır. Öte yandan Karaormanların petrokimya tesislerine yakın yerlerinde (Schauinsland) ozon konsantrasyonunun yüksek değerlere ulaşması nedeniyle önemli bir zarar faktörü olarak görülmesine karşın hangi düzeyde zarar meydana getirdiği, yeterli veriler olmadığından, açıklık kazanmamıştır.

1.4. Kükürtdioksit (SO_2)

Almanya'da havanın temiz olduğu yerlerde gaz halindeki SO_2 konsantrasyonu yaklaşık 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Oysa Baden-Württemberg Çevre Koruma Enstitüsü tarafından yapılan ölçümlere göre, SO_2 konsantrasyonları yerel olarak önemli düzeyde değişiklikler göstermektedir. Anılan enstitü tarafından 1973-1981 yılları arasında yapılan ölçümler sonucunda SO_2 miktarının yıllık ortalama değerinin 6-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında ve en yüksek günlük ortalamaların ise 100-277 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği saptanmıştır. Öte yandan Doğu Almanya ve Çekoslovakya sınırlarında 1982 yılının ocak ayında yapılan ölçümlere göre en yüksek SO_2 konsantrasyonunun 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu belirlenmiştir. WÖRTH (1983)'e göre, kükürtdioksitin yüksek konsantrasyonda bulunduğu yerlerde ormanlar üzerinde zararın ortaya çıkışında kısa süre etkili olan en yüksek değerler ortalama değerlerden daha tehlikeli olmaktadır. Ancak diğer zararlı maddelerin müşterek etkileri daima gözönüne alınmalıdır. Nitelikle REHFUESS (1983), SO_2 ve NO_x 'nin ayrı ayrı zarar meydana getirmeyecek kadar düşük konsantrasyonlarda bulunmasına karşın birlikte zararlı etkiye sahip olduklarının saptandığını belirtmektedir.

1.5. Asit Birikimi

Asit birikimi denilince atmosferden ekosisteme giren asitler anlaşılır. Burada H_2CO_3 , H_2SO_4 , HCl , HF gibi asitlerle organik asitler sözkonusudur. Öte yandan SO_2 , CO_2 ve azot oksitleri de ekosistemde kimyasal reaksiyonlar sonucunda asit oluştururlar. Asit birikimi yağ ve kuru olmak üzere iki biçimde oluşur. Yağ asit birikimi, gazların su damlalarıyla reaksiyona girmesi sonucunda oluşan asitle; kuru asit birikimi ise gazların, aerosollerin, tozların toprak ve vejetasyon tarafından tutulmasıyla gerçekleşir. Kuru asit birikimi özellikle iğne yapraklı ormanlarda oldukça fazladır.

1.6. Kirleticilerin Sürgünler Üzerindeki Etkileri

Bavyera Ormanları'nda hasta ve sağlıklı ağaçların bulunduğu ladin ormanlarında 3 deneme alanı alınarak ibrelerde makro ve mikro elementler, kurşun ve kadmiyum analizleri yapılarak miktarları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir (REHFUESS 1983). Araştırma sonucunda hasta ve sağlıklı ladinler arasında fark gösteren besin elementleri olarak Ca ve Mg bulunmuştur. Zarar görmüş ağaçlardan alınan ibrelerdeki Ca ve Mg miktarları sağlıklı ağaçlardakine göre daha düşük düzeyde bulunmuştur. Bu durum Ca ve Mg bakımından fakir bulunan topraklar üzerindeki meşcereler için doğal karşılanırken, anılan elementler bakımından zengin ve yüksek pH değeri-

ne sahip topraklar üzerindeki meşcereler için yetiştirme ortamındaki kirlenmeden kaynaklandığı görüşünü getirmektedir. Bu görüşe göre, ibreler üzerindeki su filmlerinde ya da hücre duvarlarında oluşan asidin çözücü etkisiyle serbest hale geçen Ca ve Mg ibreden yıkanarak uzaklaşmaktadır. Anılan besin elementlerinin ibrelerde belirlenen noksanlığı, toprağın aşırı derecede asitleşmesi halinde üst toprağın yıkanması sonucunda daha da artmaktadır.

Bugüne değin yapılan çalışmalara göre, ortaya çıkan zararların oluşumunda asit birikimi yanında fotooksidantlar, hava halleri ve beslenme ortamının özellikleri etkili olmaktadır. Bu nedenle doyurucu sonuçlara ulaşmak amacıyla biyokimyasal ve fizyolojik incelemelere daha fazla ağırlık verilmesi gerekmektedir.

1.7. Kirleticilerin Toprak Üzerindeki Etkileri

Son yıllarda Orta Avrupa'daki bazı ormanlık bölgelerin topraklarında asit birikiminin sonucu olarak pH— değerleri düşmektedir. Özellikle yağışların fazla olduğu yerlerde toprağın asitleşmesiyle birlikte baz yıkanması da ortaya çıkmakta; ağır metaller ve alüminyum'un çözünürlüğü artmaktadır. Toprağın bu yönde değişime uğraması, cırcımlarda hastalıkların ortaya çıkışında ilk etkinin köklerde başladığı görüşünü getirmiştir (ULRICH 1931). Ne var ki, bugüne değin yapılan araştırmalarda toprak asitliği ile ormanların gelişim bozuklukları arasında belirgin bir ilişki bulunmamıştır. Örneğin WITTMANN ve FETHER (1982) Bavyera'da tersiyer tepelik arazide gelişme bozuklukları gösteren göknar ve ladin meşcerelerinde asit girdisinin çok düşük olduğunu saptamışlardır. ULRICH ise Solling'deki orman topraklarında pH— değerinin 1968'den 1973 yılına kadar önemli derecede düşüş gösterdiğini, 1973 - 1978 yılları arasında değişmediğini ve 1978 - 1980 yılları arasında ise artış gösterdiğini saptamıştır (REHFUSS 1983). Burada ilginç olan husus, toprağın pH— değerlerinde artış olan yıllarda zarar gören ladin meşcerelerinin giderek daha geniş alanlarda ortaya çıkmış olmasıdır. Öte yandan REHFUESS '1983), değişik toprak tipleri üzerindeki göknar ve ladin meşcerelerinde görülen gelişme bozukluklarının bazı yerlerde aynı zamanda ortaya çıkmış olmaları nedeniyle toprak asitliğindeki artışın zarar yapıcı baskın faktör olmadığını ifade etmektedir. Çünkü asit birikimi ya da yanlış uygulamalarla toprağın asitleşmesinin zarar yapıcı baskın faktör olması halinde hastalık belirtilerinde ya da şiddetinde toprak tipine ve yapılan yanlış uygulamaların şiddetine göre farklar bulunması gerekirdi.

Bugüne değin açıklık getirilemeyen bir konu da, çeşitli yetiştirme ortamlarındaki göknar ve ladin meşcerelerinin Ca, Mg ve K beslenmesinde ortaya çıkan dengesizliklerin hızlanan toprak asitleşmesi ve baz yıkanmasıyla doğrudan ilişkili olup olmadığıdır. Ayrıca topraktaki pH— düşüşü sonucu miktarı artan alüminyum'un toksik etki yaptığı görüşü, Orta Avrupa'daki iğne yapraklı ormanlarda yapılmış çalışmalar sonucunda kanıtlanamamıştır (REHFUESS 1983; REITER ve arkadaşları 1983).

2. SONUÇ

Bugüne değin Batı Almanya başta olmak üzere Orta Avrupa'da yapılan çalışmaların sonuçlarına göre özellikle SO₂ ve fotooksidantların ormanlarda bazı hastalıkların ortaya çıkışında önemli etkenler olduğu görüşü ağırlık kazanmıştır. Özellikle bazı yerlerde SO₂'nin kısa süreli de olsa çok yüksek değerlere ulaşarak sürgünler üzerin-

de zararlar meydana getirdiği saptanmıştır. Kükürtdioksidin düşük konsantrasyonlarda bulunduğu ortamlarda ortaya çıkan zararların nedeni doğrutusundaki görülgler ise SO₂, asit birikimi ve fotooksidantların müsterek etkisi üzerinde toplanmaktadır. Öte yandan yüksek dağlık bölgelerde yağışın fazla olmasından dolayı toprağa giren asit miktarının arttığı, buna bağılı olarak gelecekte toprak verimliliğinin daha azalması ve suların daha çok kirlenmesi tehlikesiyle karşı karşıya bulunulduğu birçok bilim adamı tarafından vurgulanmaktadır.

Ancak bugüne değin yapılan çalışmaların sonuçları, ormanların kirleticilerle ne denli baskı altında kaldığını açıklayıcı nitelikte değildir. Henüz atmosferdeki zararlı maddelerin birçoğu nicel olarak belirlenmemiş ve bilinen zararlı maddeler (SO₂, ozon, asitler) büyük orman bölgeleri içinde yöresel olarak incelenip farklar ortaya konulamamıştır. Bu nedenle orman ekosistemlerinde görülen zararların ortaya çıkışı ve gelişimi hakkında doyurucu sonuçlara ulaşmak amacıyla, zararlı maddelerin miktarı ile ekosistemdeki değişmeler arasında varolan ilişkiler yerel olarak net bir biçimde araştırılmalıdır.

Yukarıda değinildiği gibi, Orta Avrupa Ormanları tedavisi güç bir hastalığa yakalanmıştır. Son 3 yıldaki gelişmeler gözönüne alınırca, Orta Avrupa ormanlarının kısa bir gelecekte tamamen yokolma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu anlaşılabilir. Endişe verici bu durum kısa vadede çözüme gidilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunun için en etkin önlem, zararlı maddelerin kaynaklarında tutulmasını sağlayan teknik işlemlerin gerçekleştirilmesi olmaktadır. Ancak karar verici kişiler tarafından bu yönde yapılacak çalışmaların ulusal boyutlarda değil, uluslararası boyutlarda ele alınması zorunludur. Burada güç olan husus, karar verici kişilerin politik, sosyal ve ekonomik etkenlere kadar çok yönlü ve birbiriyle etkileşim içinde bulunan faktörleri gözönüne almaları gerektiğidir. Bu güçlüğe karşın Orta Avrupa'da ciddi çalışmalar yapılmakta ve yerel bazı önlemler alınmaktadır.

Ülkemizde az gelişmişlikten kaynaklanan doğal kaynak tahribi bulunmasına karşın, çevre kirliliğinden kaynaklanan zararlar Orta Avrupa ülkelerinde olduğu kadar tehlikeli boyutlarda değildir. Bu nedenle hızlı sanayileşmeye yönelen Türkiye'de, Orta Avrupa'daki gelişmeler izlenerek, yapılacak her çalışmada doğal ekolojik dengenin korunması ana prensibi içinde hareket edilmelidir. Bu dengeyi bir daha onarılamayacak derecede bozacak sanayi yatırımlarının sağlayacağı kazanca karşılık doğuracağı tahribat mutlaka hesaba katılmalıdır.

KAYNAKLAR

- AHLHEIM, K.H. et al., 1981 : *Die Umwelt des Menschen*. Bibliographisches Institut AG, Mannheim.
- BUNDESMINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und FORSTEN (BELF), 1982: *Waldschäden durch Luftverunreinigungen*. Schriftenreihe BELF, Reihe A, Heft 273, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- MAYER, H., 1984: *In Österreich schon über 1 Mill ha Wald infolge von Luftverunreinigungen vom Waldsterben erfasst*. Jahresbericht 1984, Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien.
- PRINZ, B., H. M. KRAUSE und H. STRATMANN, 1982: *Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland*. LiS - Berichte Nr. 28.

REHFUESS, K.E., 1983: *Walderkrankungen und Immissionen-eine Zwischenbilanz*. Allgem. Forstzeitschr. Nr. 24.

REITER, H., ALCUBILLA, M., und REHFUESS, K.E., 1983: *Standortskundliche Studien zum Tannensterben: Ausbildung und Mineralstoffgehalte der Wurzeln von Weisstannen (Abies Alba Mill.) in Abhängigkeit von Gesundheitszustand und Boden*. Allgem. Forst- und jagdzeitg. 154, 4/5.

ULRICH, B., 1981: *Gefahren für das Waldökosystem durch saure Niederschläge*. Sonderheft der Mitteilungen 1982. Herausgeber: Landesanstalt für Ökologie, Landschafts-entwicklung und Forstplanung Nordrhein- Westfalen.

WITTMANN, O., und K.D. FETZER, 1982: *Aktuelle Bodenversauerung in Bayern*, Materialien 20, Bayer. Staatsmin. f. Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.).

WÖRTH, R. et al., 1983: *Schwefeldioxid - Immissionsmessung im Raum Schwarzwald*. Landesanst. f. Umweltschutz Bad.-Württ. Bericht 93/83.