

## **SU ÜRÜNLERİNİN CİVA İLE KİRLENMESİ VE ORTAYA ÇIKAN SAĞLIK SORUNLARI**

**Yusuf Şanlı\***

Çağımızda ortaya çıkan hızlı endüstriyel gelişmeler ve tarımsal verimin artırılması amacıyla yapılan çalışmalar doğada kimyasal madde artıklarının birikimiyle oluşan çevre kirlenmesi sorununun doğmasına yol açmıştır. Bütün olumlu tedbirlere ve iyi niyetli çabalara rağmen bu sorunun günümüzde gittikçe büyüyen bir tehlike halinde önemini koruduğunu görmekteyiz. Su ürünleri, büyük ve küçükbaş hayvan etleri, süt ve süt ürünleri ile diğer besin maddelerinde yapılan araştırmalar insanlığın geleceği yönünden endişe verici vbir ortamın doğduğunu kanıtlamaktadır (24).

Civa metali ve buharlarının zehir etkisi bu elementin keşfinden beri bilinmesine karşın, çevre kirlenmesi yönünden taşıdığı büyük önemi ancak 1950'lerden itibaren anlaşılmağa başlanmıştır (11, 14). Bu konu ile ilgili ilk epidemiyolojik bulgular Japonya'nın Minimata kentinde ortaya çıkmıştır. Vinil klorür üreten fabrika artıklarının Minimata körfezine dökülmesi sonucu metilmerkürü ile kirlenmiş balıkların bu körfez çevresinde oturan halk tarafından yenilmesiyle 83'ü ölümle sonuçlanan 1000'den fazla zehirlenme olayı ile karşılaşmıştır (13, 23). İlk kez 1950 yılında Minimata kentinde ortaya çıktığı için "Minimata Disease" adını da alan bu zehirlenmelerin Japonya'da özellikle Minimata ve Niigata kentlerinde lokalize olan epidemiler halinde günümüze kadar devam ettiği görülmektedir. 1950-1960 yılları arasında İsviçre'de bazı kara ve su kuşu türlerinin azaldığı veya kısa zamanda yok oldukları tesbit edilmiştir. Ölü veya hasta olarak bulunmuş kuşların çeşitli iç organlarında yüksek düzeylerde civa bulunması sonucu bu hayvanların epidemik karakterde civa

---

\*A.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Kürsüsü Dr. Asistanı.  
Ankara, Türkiye

zehirlenmesiyle karşı karşıya oldukları anlaşılmıştır (22, 34). Araştırmalar sonucunda (23, 34) kuş türlerinde ölümlere yol açan nedenlerin başında, İsveç'te 1940 yılından itibaren kullanılmağa başlanan metilmerkürü disiyanodiamid ile hazırlanan phanogen adlı tarımsal savaş ilâcının büyük rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Daha sonraki yollarda Norveç, Fındaldiya, İngiltere, Belçika, Hollanda ve Kanada gibi endüstrileşmiş ve tarımsal savaşın yoğun bir şekilde yürütüldüğü ülkelerdeki kuş püstasyonları içinde aynı durumun söz konusu olduğu saptanmıştır (22). 1966 yılından itibaren organik civa bileşikleriyle hazırlanan tarımsal Savaş ilâçlarının İsveçte fungusid olarak kullanılması yasaklandığı halde (34), günümüzde aynı tür bileşiklerle hazırlanan ilâçlar Amerika Birleşik Devletlerinde İsveçten 200 kez daha fazla kullanılmakta, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu birçok ülkede en çok tüketilen tarımsal savaş ilâçlarının arasında yer almaktadır (15, 28, 34).

Son yıllarda pekçok ülkenin deniz ve tatlı su ürünlerinin avlandıkları suların civa değerlerine göre 1000 kez, balık yiyen kuş türlerinin de balıklara göre 10 kez veya daha fazla civa ile kirlendikleri anlaşılmıştır (22, 25, 27, 31). Ayrıca A.B.D., Kanada, İsveç, Norveç, Fransa, Irak ve Türkiye gibi ülkelerde sık sık karşılaşılan besinel çikaklı zehirlenmelerin rezidual etkili civalı fungusidlerden ileri geldiği bilinmektedir (7, 15, 29). Böylece bu sahada yapılmış araştırma sonuçlarının hepsi de özellikle denizler ve iç sular olmak üzere dünyanın birçok kesiminin endüstri ve tarımsal savaşta kullanılan civa artıklarıyla tehlikeli düzeylerde kirlendiği görüşünde birleşmektedirler (3, 6, 17, 23).

Dünya su kesimlerinin kirlenmesine katılan kimyasal madde artıkları arasında civa ve bileşiklerinin önemli bir yeri vardır. Çünkü bu metal su ortamında daha kolay bir şekilde birikebilme özelliğindedir. Ortaya çıkan artıkları biyokimyasal azalmalardan etkilenmemekte ve yüksek düzeylerde fizyolojik, ekolojik aktivite göstermektedir. 1 p.p.m. den daha az düzeylerdeki kirliliği bile canlı organizmalarda birikerek kronik zehirlenme yapabilme özelliğindedir. Bu nedenlerle civa ve bileşiklerine ait artıklar mikroşimik ve genel kirletici maddelerden sayılmaktadır (21).

*Kirlenme Sebepleri:* Civa yer kabuğunu oluşturan temel elementlerden biridir. Doğal dispersiyon sonucu sürekli olarak serbest hale geçtiği için biosferin her kesiminde iz halinde bu matala rastlamak mümkündür (11, 22). Bu nedenle hayvan ve bitki organizmalarında da iz halinde civa bulunmakla beraber, bu durum yaşam ortamının

daki civanın varlığıyla ilişkili olup, yaşam için gerekliliğini kanıtlayan hiç bir açıklık yoktur (13).

Civa sanayi kesiminin, elektro-kimya, klor, sudkostik, boya, kâğıt, ilaç ve metalurji dalları ile tarımsal savaşta kullanılmaktadır (11, 13). Organik civa bileşiklerinin fungisid ilaç olarak kullanılması insan sağlığı açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü bu şekil altında kullanılan civanın bir kısmı tahıl ve meyveler üzerinde birikerek doğrudan insan ve hayvanların besin zincirine girmekte, geri kalan kısmı da doğaya terkedilmiş artıklar halinde çevre kirlenmesini oluşturmaktadır (22, 29). Bu nedenlerle suların kirlenmesine sebep olan civa artıkları endüstriyel gelişmelere ve tarımsal savaş çalışmalarına bağlı olarak artış göstermektedir (17, 34).

Dünya yıllık civa üretiminin ortalama 9000 metrik tona ulaştığı, bu miktarın her yıl 5000 metrik tonunun kullanılma sonucu tekrar doğaya terkedildiği, 5000 metrik ton kadar civanın da dispersiyon ve erozyonlar sonucu doğal kaynaklardan ortaya çıktığı tahmin edilmektedir (11, 13, 17).

GOLDWATER (10) tarafından yapılan bir araştırma ile 1968 yılında A.B.D. de sanayi ve tarımsal savaş kesimlerinde kullanılan toplam civanın % 72'sinin kullanılma şeklinin gereği olarak doğaya terkedildiği anlaşılmıştır. Civa kullanımında görülen bu kaybın bütün ülkeler için söz konusu olduğu bildirilmektedir (11, 20).

Kara kesiminde ortaya çıkan civa kirliliklerinin büyük bir bölümü yağmur, rüzgâr, erozyon ve seller gibi doğal olaylarla, zamanla dere yatakları, göller ve denizlerde birikmektedir. Ayrıca boş, yarı dolu ya da kullanılmayan pestisid kaplarının sulara atılması, sanayi artıklarının bir kural halinde doğrudan sulara boşaltılması (23, 31), keza kömür ve petrol gibi fosil yakıtlarının yakılmasıyla ortaya çıkan civa artıklarının da büyük ölçüde sulara sürüklenmesi sonucu (3) dünya su kesimleri karalara oranla sür'atle ve tehlikeli bir şekilde kirlenmektedir. Rhein nehrinin bir yılda ortalama 85.000 kg. civa taşıdığı hesaplanmış (23), 1934-1961 yılları arasındaki devrede sulara ait civa değerlerinin 100 katı kadar arttığı tesbit edilmiştir (22). ROWLAND (26) tarafından yapılan bir araştırmada ise, 1878-1909 yılları arasına ait 7, 1946 yılına ait 1 adet müze ton balığı nünunelerinin 0.1 p.p.m.'den az civa tutmalarına karşın, aynı balık türüne ait taze nünunelerin 0.5 p.p.m.'den daha çok civa tuttıkları saptanmıştır. Verilen bu örnekler de yirminci yüzyılda dünya su kesimlerinin sür'atle kirlendiğini kanıtlar mahiyettedir.

Araştırmacılar (3, 6, 20) kapalı denizler ve iç suların kirlenmeyi kolaylaştıran tellürik ve organik maddeler yönünden daha zengin, pH değerleri bakımından daha uygun ve kirliliklerden arınma olasılıklarından yoksun kaldıkları için özellikle civa ile kirlenme bakımından açık denizlere kıyasla daha büyük bir tehlike ile karşılaşıya olduklarını belirtmektedirler. Üstelik endüstri kuruluşlarının büyük bir kısmı özellikle bu tip denizlerin çevresinde toplanmakta ve kirlenmenin zararlı etkileri kolaylıkla esas bulaşma bölgesinden diğer kesimlere yansiyabilmektedir. Günümüzde Akdeniz, Japon ve Baltık denizleri bu şekilde kirlenmiş suların başında gelmektedir (3).

*Civannın doğadaki biyolojik değişimi*: Su, toprak ve sediment ortamlarında bulunan metalik civa ve inorganik bileşikleri bakteriyel faaliyetlerle metilasyona uğratarak ortalama % 90'ını metilmerkürü'nin oluşturduğu alkil, alkoksil ve aril-merkürü gruplarına dahil organik civa bileşiklerine dönüştürülür. Civannın bu şekildeki biyolojik değişimi yanında tarımsal savaşta fungusid olarak kullanılan ilaçların hepsi de organik civa bileşikleriyle hazırlanmakta, keza vinil klorür üretiminde olduğu gibi sanayi kesiminde ortaya çıkan civa artıklarının önemli bir kısmı da organik bileşikler halindedir (3). Kirlenmiş ortamdaki civanın organik bileşikler halinde bulunması, kirlenmenin etkenliği ve sürekliliği bakımından büyük önem taşımaktadır. (34). Organik civa bileşikleri metalik civa ve inorganik bileşiklere göre daha çok ve kolaylıkla buharlaştıkları için, mevcut civanın topraktan havaya ve tekrar toprağa veya suya dönmesi şeklinde sürekli bir civa sirkülasyonunun doğmasına yol açmaktadır (4). Böylece kirlenme sebepleri ortadan kalksa bile ortaya çıkan kirlilikler 10 ilâ 100 yıl süre ile etkisini sürdürmektedir (3).

Su ortamındaki organik civa bileşikleri de toksisite yönünden ayrı bir önem taşımaktadır. Bu bileşikler suda erimedikleri için kolaylıkla diffüziibl hale geçebilmektedirler. Bitkisel ve hayvansal yağlarda kolaylıkla erimekte ve özellikle suda yaşayan ilkel canlıların (planktonlar, diatomalar) üzerinde passif adsorpsiyon yolu ile toplanmaktadır (11). Daha büyük canlılarda ise kolaylıkla absorbe edilmeleri yanında çok zor bir şekilde metabolize olmaktadırlar. Bunun sonucu olarak kirlenmiş sularda yaşayan canlılarda büyük bir hızla civa birikimi görülmektedir (1, 4).

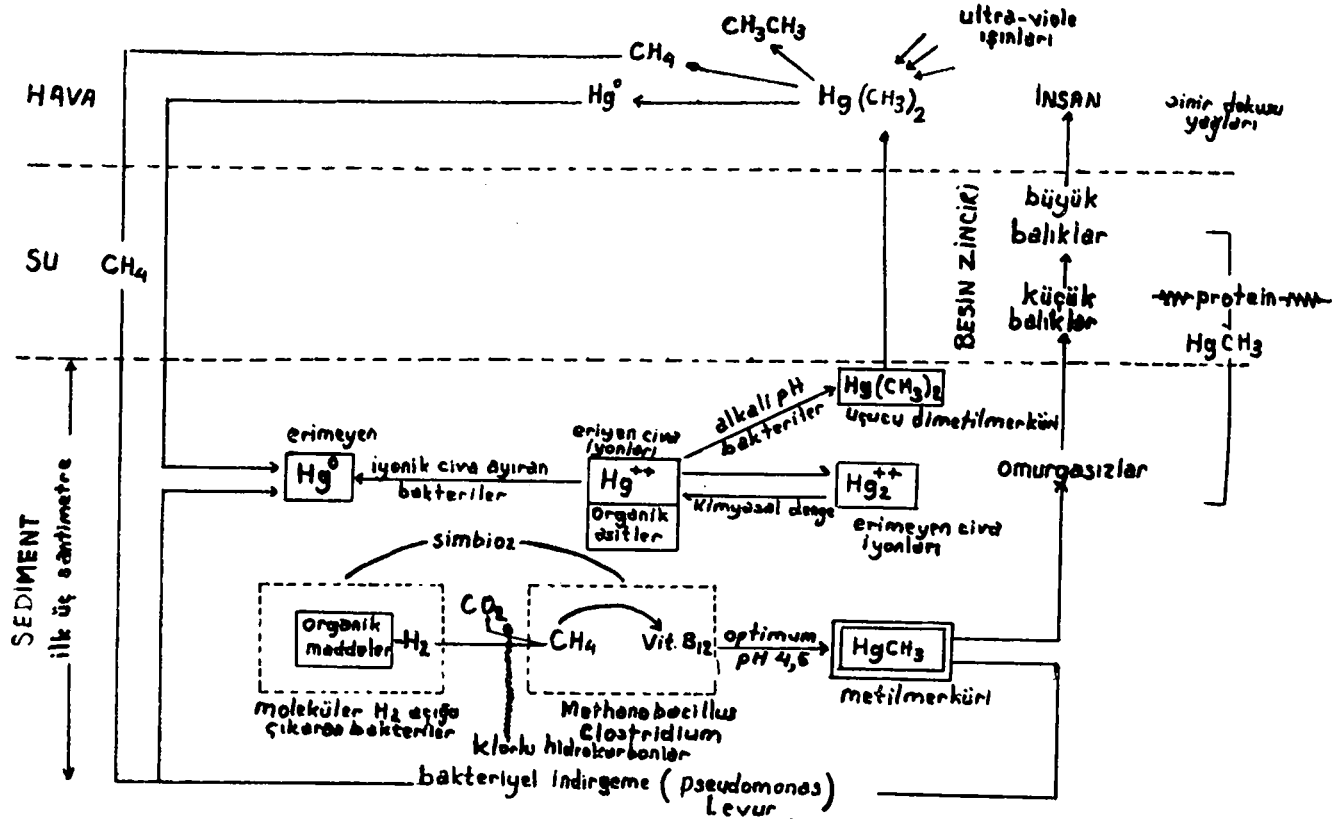
*Çevre ile canlılar arasındaki civa siklusu*: Normal koşullarda canlılar ile doğal çevre arasında dengeli bir civa sirkülasyonu vardır. Bunun sonucunda her canlı organizmada belli limitler içinde oynayabilen fakat hiç bir zaman o canlıya özgü güven sınırını aşmayan vücut civa

yükü şekillenmektedir. Böylece ortamda bulunan civa değerleri değişmediği sürece canlılarda şekillenen total civa yükü de sabit bir düzeyde tutularak civanın organizmadaki zararlı etkileri önlenebilmektedir (13, 23). Canlı organizmaların içerdiği total civa yükü, çevredeki civa düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. Herhangi bir şekilde çevrede veya gıda zincirinde ortaya çıkan belli düzeydeki bir civa artışı kolaylıkla daha büyük boyutlarda canlılara yansıyabilmektedir. 5.7 p.p.m. düzeyinde metilmerkürü hidroksit halinde radyoaktif civa ( $Hg^{203}$ ) katılmış balık homojenizatı ile beslenen kedilerin çeşitli organlarındaki civa değerlerinin 2-3 aylık bir devrede 15-20 katı arttığı tesbit edilmiştir (27).

Suda yaşayan canlılar öncelikle besin zincirinde biriken civayı almak suretiyle bu metalin etkisinde kalmaktadırlar (23). Denizlere kadar ulaşan artıklar buradaki aşırı dilüsyon nedeniyle güç tesbit edilebilecek düzeylere kadar azalmasına rağmen (21), bu ortamın en basit yapılı ve yaygın canlıları olan fito ve zooplanktonlar ile organik maddeler üzerinde birikerek besin zincirinin ilk halkasına girmektedirler (11). Bu canlılarla beslenen kurtçuklar, deniz yumuşakçaları, balık larvaları ve küçük balıklardaki civa düzeyi daha da yoğunlaşmaktadır. Nihayet bütün bu canlılarla beslenen büyük balıklar ve foklardaki civa düzeyi ise en yüksek boyutlara ulaşmaktadır (22). Ayrıca suda yaşayan canlılar günlük yaşamları boyunca çok büyük hacimlerdeki suyu filtre etme durumunda kaldıkları için birikme özelliğinde olan diğer kirlilikler gibi özellikle metilmerkürü halindeki civayı da yaşam süresince absorbe ederek organizmalarında biriktirme zorunda kalırlar (11, 13). Böylece su ortamındaki besin zinciri boyunca gittikçe artan yoğunluklarda biriken civa, bu zincirin son halkalarında bulunan kuşlar ve insanlarda denizlerdekinden binlerce kez yüksek düzeylere ulaşabilmektedir (20, 23). Su ortamındaki civanın metilasyonuna etkileyen koşullar, besin zinciri boyunca birikim durumu ve doğal siklusu, AUBERT (3) tarafından hazırlanmış tabloda daha açık görülmektedir (Şekil: 1).

## SU CANLILARILARINDA BULUNAN CİVA REZİDÜLERİ

*Omurgasızlar*: İngiltere, Fransa, Belçika, Hollanda, Almanya ve Danimarka kıyılarında avlanmış 157 adet midye nümunesinin 0.1-0.2 p.p.m. arasında civa ile kirlendikleri tesbit edilmiştir (2). KRENKEL (17) İngiltere kıyı sularında yaşayan aşağı organizmaların ortalama 0.3 p.p.m. düzeyinde civa tuttuklarını kaydetmektedir. Fransanın Akdeniz kıyılarından sağlanan istakoz, midye, çeşitli yu-



ŞEKİL 1 : DOĞAL CIVA SIKLUSU

muşakcalar, alg ve planktonların oluşturduğu 73 adet numunede 10–20 p.p.m. arasında civa değerleri bulunmuştur (23). 1970–1971 yılları arasında Erie Gölü'nden alınan plankton ve alg numunelerinde kuru madde esasına göre 31–81 p.p.m. arasında, sediment numunelerinde de 1.95–6.79 p.p.m. arasında civa değerleri ölçülmüştür (23).

*Balıklar*: CUMONT ve Arkadaşlarının (6) 1971 yılında yaptıkları bir araştırmada; Fransanın Atlantik Okyanusu ve Akdeniz kıyılarından avlanan 2334 adet dondurulmuş ve konserve haldeki ton, som ve köpek balığı numunelerinde 0.21–1.145 p.p.m. arasında değişen değerlerde civa rezidüsü ölçülmüştür. Aynı araştırmacılar (6) Akdeniz kıyılarından sağlanan balık numunelerinin Atlantik Okyanusundakilerden 2–3 kez daha kirli olduklarını, bunlardan % 10.7'sinin insan besini olarak tüketilemeyecek derecede, % 23.6'sının da bu ülkede uygulanan tolerans sınırı (0.7 p.p.m.) düzeyinde kirlenmiş olduğunu belirtmektedirler.

İsveç tatlı su balıklarında 0.07–4.45 p.p.m. (23), Baltık Denizinde avlanan ton balıklarında 0.14–0.77 p.p.m. ringa, dil ve morina balıklarında da 0.013–1.37 p.p.m. arasında total civa değerleri tesbit edilmiştir. İngiltere kıyı sularında avlanan aynı balık türlerindeki civa düzeyi ise 2.5 p.p.m. e kadar ulaşmaktadır (13).

Amerika Birleşik Devletlerinde St Clair, Detroit nehirleri ile Erie Gölü'nde yakalanan balıklarda ortalama 5 p.p.m. civa rezidüsü ölçülmüştür (31). WOOD'un (34) belirttiğine göre St. Clair Nehri'nden 1935 yılında yakalanan balıklara ait civa değerleri 0.07–0.11 p.p.m. arasında iken, 1970 yılında aynı nehirden avlanan aynı balık türlerindeki kirlilik düzeyi ortalama 100 katı artarak 7 p.p.m.'e yükselmiştir. 35 yıllık bir sürede ortaya çıkan bu anormal civa artışına Michigan ve Lower Great göller bölgesinde faaliyet gösteren endüstri kuruluşlarının sebep olduğu belirtilmektedir. (31). A.B.D. de 1970 yılında 1 p.p.m. veya daha fazla düzeylerde civa tuttıkları için 12.5 milyon kutu ton balığı konservesi imha edilmiştir (18). RIVERS ve Arkadaşlarının (25) A.B.D. deniz balıklarında yaptıkları rezidü araştırmasında sığ su balık türlerinden oluşan 54 adet numunede 0.05–0.21 p.p.m., 81 adet açık deniz balık türlerine ait numunelerde de 0.25–4.78 p.p.m. arasında civa değeri saptamışlardır.

Kanada'nın Atlantik Okyanusu kıyılarından avlanan ton, morina, dil ve kılıç balıklarında 0.02–1.00 p.p.m., Manitoba ve Kuzeybatı Ontario bölgelerinden sağlanan tatlı su balığı numunelerinin 0.5 p.p.m. civarında civa tuttıkları anlaşılmıştır (9). NEUHAUS ve Arkadaşları da (18) Avustralya kıyı sularından avlanan 153 adet

çeşitli türden deniz balığı ile 62 adet yerli ve deniz aşırı ülkelerden sağlanan numunelerde 1.14 p.p.m.'e kadar varan değerlerde civa rezidüsü ölçmüşlerdir.

SUNGUR (28) tarafından 1973 yılında ülkemizde yapılan bir araştırmada Karadeniz ve Sakarya Nehrinden avlanan balıklarda civa kirlilik düzeyi incelenmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre; Karadenizde avlanan kefal, istavrit, kılıç ve minekop balıklarına ait taze numuneler % 37 oranında civa ile kirlenmiş ve bunların % 12.7'sinde 1.2 p.p.m. den daha fazla düzeylerde organik civa rezidüsü bulunmuştur. Sakarya Nehrinden sağlanan 50 adet yayın balığı numunelerindeki kirlenme oranı ve düzeyi ise Karadenizden sağlanan balıklara ait değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Dünya su kesimlerini temsil edebilecek şekilde geniş kapsamlı tutulmuş ve su ürünlerinin civa ile kirlenmesini titizlikle takip eden ülkelerde yapılmış araştırmalardan tertiplediğimiz yukardaki sonuçlarda da görüldüğü gibi, genel olarak su ortamındaki besin zincirinin her halkası insan sağlığı açısından alârm sayılabilecek derecede civa ile kirlenmiştir. Hatta bazı balık türlerindeki kirlilik düzeyi İsveç ve Japonya'nın su ürünlerinde tolerans sınırı (1 p.p.m.) olarak uyguladıkları düzeyi bile aşmaktadır. Ayrıca iç sular ve kapalı denizlerde avlanan balıkların açık denizler ve okyanuslardakilere göre daha fazla kirlenmiş oldukları dikkati çekmektedir ki, bu da iç sular ve kapalı denizlerin sür'atle kirlenmekte olduğunu kanıtlamaktadır.

## CIVANIN SU ÜRÜNLERİ VE İNSANLARDA GÖRÜLEN OLUMSUZ ETKİLERİ

Fitoplanktonlar organik ve inorganik civa bileşiklerine karşı aşırı derecede duyarlıdır (6, 12). Sularda bulunan 0.9-60 mg./lt. düzeyindeki civa tuzları bütün fitoplankton türleri için öldürücü olmaktadır (19). 0.1 mg. /lt. yoğunluğundaki kirliliğin ise, diatomeler ve birçok fitoplankton türlerinde fotosentezi durdurduğu ve üremeyi azalttığı anlaşılmıştır (12). Fotosentezin azalması veya tamamen durması, fitoplanktonlarda çeşit ve miktar olarak azalmalara bu da, oksijen yetersizliğine yol açmaktadır. Su ortamındaki yaşam düzeyinde ortaya çıkan bu tür yetersizlikler yine bu ortamdaki biyolojik dengeyi temelden sarsabilecek önemde görülmektedir (11, 19).

Civa, balık türlerine kuvvetli toksik etki gösteren metallerin başında gelmektedir (13, 29). WEIR ve Arkadaşları (32) sularda bulunan 0.003 p.p.m. düzeyindeki civa konsantrasyonunun balık türlerinde ölçülebilir toksik etkiler yaptığını tesbit etmişlerdir. Aynı atıştırı-



cılar (32) çeşitli metallerle kirletilmiş sulara bir hafta süre ile yaşayabilmek esasına göre yapılan  $LC_{50}$  doz tayininde, civanın 0.82 p.p.m. kirlilik düzeyi ile kurşun (110 p.p.m.), arsenik (32 p.p.m.) ve selenyumdan (12 p.p.m.) çok fazla toksik olduğunu kanıtlamışlardır. 30 gün süre ile 15 mg./kg. doz hesabıyla uygulanan civa ve bileşikleri bütün balık türleri için letal etki yapmaktadır (13). Su ortamında bulunan organik civa bileşikleri inorganik bileşiklere göre daha çok toksik etki göstermektedir. WOEBESER (33) tarafından yapılan toksisite denemelerinde metilmerkürü klorürün median tolerans sınırı 24, 48 ve 96'ncı saatlerde sırasıyla 0.084, 0.045, 0.024 mg./1t. olarak ölçüldüğü halde, metalik civanın aynı sürelerdeki median tolerans sınırı 0.125, 0.066 ve 0.042 mg./1t. düzeyinde bulunmuştur.

Civanın balık organizmasındaki biyolojik yarı ömrü ortalama 200 gün civarındadır (13). Bu süre, turna balığında 600, dil balığında 800 ve yılan balığında da 1000 güne kadar uzayabilmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak civa balık organizmasında kolaylıkla yüksek düzeylerde birikebilmektedir (13).

Balık bünyesinde bulunan civanın % 80-90'ı organik bileşikler halindedir ve bunun da % 90 kadarı metilmerkürü'den ibarettir (14, 25). Organik bileşikler canlı yaşam için son derece toksik oldukları kadar, klorlu hidrokarbon insektisid ve poliklor bifeniller (PCB) gibi diğer kimyasal madde artıkları ile de sinerjistik etkiye sahiptirler. Bu bakımdan suların civa ile kirlenmesi, bizzat su ürünlerinin yaşamı için tehlikeli olduğu kadar, insan sağlığı açısından da büyük önem taşımaktadır (6, 23).

KEVORKIAN ve Arkadaşları (16) seneler itibariyle insanlardaki genel civa rezidü düzeyini belirlemek amacıyla 1913-1970 yılları arasında kalan devrede yaptıkları çalışmada; 59 adet otopsi materyalinde 5-30 p.p.m. arasında total civa değeri tesbit etmişler ve en fazla çocuklar ile orta yaşlılarda olmak üzere insan organizmasında biriken civa düzeyinin her geçen yıl arttığını ortaya çıkarmışlardır. Keza DENNIS ve FEHR'in (8) Kanada da yapmış oldukları bir çalışmada da; civa ile kirlenmiş tatlı su balığı yiyen Kuzey Saskatchewan halkının tüm kan civa değerlerinde genel bir yükselme tesbit etmişlerdir.

Civanın insan organizmasında organik bozuklara yol açan toksik düzeyleri ve etki şekli birçok yönleriyle anlaşılmıştır. Yapılan araştırmalar bu metalin insanlar için son derece toksik olduğunu kanıtlamaktadır (3, 18, 27, 34). Besinlerle birlikte uzun süre metilmerkürü halinde civa alınması sonucu tüm kan civa düzeyi 0.1-0.2 p.p.m. e ulaştığı zaman değişik individüel duyarlık gösteren şahısların hepsinde

ilk sinirsel zehirlenme belirtileri ortaya çıkmaktadır (27). Halbuki normal şahısların kanlarında da ortalama 0.006–0.012 p.p.m. arasında civa bulunmaktadır (17). Verilen bu rakamlara göre civaya maruz kalmamış normal şahıslar ile ilk zehirlenme belirtileri gösteren şahısların tüm kan civa değerleri arasında ortalama 100 katı kadar bir fark vardır. Halbuki metilmerkürü halinde total 0.13 mg. civa tutan 150 g. balıktan oluşan öğünden haftada üç kez yiyen normal ergin şahısların tüm kan ve saç civa değerlerinin 5 katı kadar arttığı (13), 10 p.p.m. düzeyinde metilmerkürü ile kirlenmiş balıklardan her hafta 350 g. yiyen ergin şahısların 500 gün sonra ilk zehirlenme belirtileri gösterdiği ve 800 gün sonra da öldükleri (3) göz önünde bulundurulursa, balık bünyesindeki civanın insan sağlığı yönünden taşıdığı önem kolayca belirlenir.

Metilmerkürü'nin bir yıl süre ile alınması sonucu ölçülebilir sinirsel bozukluklar meydana getiren en küçük günlük alım dozunun 0.3 mg. olduğu hesaplanmıştır (23). Buna göre; Akdenizin birçok avlanma kesimlerinden sağlanan çeşitli balık türlerinin ortalama 1 p.p.m. e yakın düzeyde civa ile kirlendiği ve bu deniz çevresinde oturan sahil halkının her hafta ortalama 300 g. balık yiyerek 0.3 mg. civa alma durumu ile karşı karşıya olduklarına dikkat edilirse, son yıllarda Akdeniz çevresinde oturan sahil halkının epidemik karakterde civa zehirlenmesi tehlikesiyle karşılaşabilecekleri gerçeği ortaya çıkmaktadır (3, 20).

Balık bünyesindeki metilmerkürü'nin insandaki metabolizması radyoaktif ( $Hg^{203}$ ) metilmerkürü hidroksit'in 10–20 mikrogram düzeyinde balık proteinatı şeklinde gönüllü şahıslara yedirilmesiyle araştırılmış ve insan vücudundaki biyolojik yarı ömrü 70–80 gün olarak tesbit edilmiştir. Beyinde biriken civanın eliminasyonu diğer organlara göre daha yavaş (95 gün), kan hücrelerindeki eliminasyonu ise daha sür'atli (50 gün) bulunmuştur (27). Bu duruma göre; civa en fazla sinirsel dokularda daha az oranlarda da karaciğer, böbrek, kan ve diğer dokularda birikmektedir (13). İnsanlarda ilk zehirlenme belirtileri ortaya çıktığı zaman vücudun total civa yükü 30 mg. civarında olmakta ve bu miktar 80 mg.'a ulaştığı zaman ölüm görülmektedir (3). Bir defada alınan civa miktarının sadece % 1'i günlük olarak organizmadan atılabildiği için, bu metal insan vücudunda da kolaylıkla birikebilmektedir (18, 27).

Civa insan ve hayvan organizmasında *in vitro* ve *in vivo* sülfhidril gurupları tutan enzimlerin–SH guruplarını bloke ederek ve hücre zarlarında harabiyet meydana getirerek etkimektedir (29). En belirgin toksik etkisi merkezi sinir sistemi üzerinde ciddi ve irreverzibl

bozukluklar yapma şeklinde görülmektedir. Bu bozukluklar çeşitli derecede felçler, delilik, uyuşukluk, sancılar, görme ve işitme yetersizliği şeklindeki belirtilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (13).

Günümüzde alkilmerkürü bileşiklerinin fetal, genetik ve karsinogenik etki ihtimalleri üzerinde de önemle durulmaktadır. Kantitatif veriler az olmakla beraber metilmerkürü, plasental engeli kolaylıkla aşabilmekte ve anneye göre fetusa ve yeni doğmuş çocuklara daha kolay etkimektedir (3, 18). Minimata yöresinde ortaya çıkan zehirlenme olayları sırasınıda yapılan epidemiyolojik çalışmalarda (27, 29) tipik zehirlenme belirtileri göstermeyen fakat gebeliği sırasında fazlaca balık yediği tesbit edilen 400 anneye ait 22 çocukta metnal retardasyon, konvülsiyon ve serebral felçlerle karakterize beyin hasarları tesbit edilmiştir. 80 nanogram/g. düzeyindeki metilmerkürü'nin bitkilerde mitotik bozukluklar (C-mitosis, polyploidy, aneuploidy, kromozom fregmantasyonları) yaptığı ortaya konmuştur (27). Bu tür etkilerin insanlarda da nesillere intikal eden kromozom hataları, fetusta kendini gösteren somatik hücre tahribatı ve karsinojenetik bozukluklara yol açabileceği ihtimalleri üzerinde durulmaktadır.

### CIVA REZİDÜLERİNİN KONTROL YÖNTEMLERİ

Besinlerde bulunan civa rezidülerinin uzun süre alınması ile doğabilecek toksik etkilerden korunabilmek için, bir emniyet unsuru olarak insanların bir günde alabilecekleri en yüksek civa miktarının tayin edilmesi zorunludur. "Kabul Edilebilir Günlük Alım Sınırı" (Acceptable Daily Intake) nın uygulanmasında; şahıslar arasındaki duyarlılık farkları, çeşitli yaş gruplarında ortaya çıkabilecek subklinik sinir sistemi semptomları, muhtelif fetal ve genetik hasarlar ile diğer toksik etkili kimyasal kirliliklerin (Klorlu hidrokarbon insektisidler, PCB. v.s.) sinerjist etkileri göz önünde bulundurulmaktadır (27).

Kabul edilebilir günlük alım sınırı olarak genellikle metilmerkürü'nin minimum toksik düzeyine "10 güven faktörü" nün uygulanması sonucu ortaya çıkan rakam dikkate alınmaktadır (13). BERGLUND ve Arkadaşları (5) metilmerkürü'nin duyarlı şahıslarda muhtemel toksik etki gösterebilecek 4 mikrogram/kg. vücut ağırlığı/gün dozuna "10 güven faktörü" nün uygulanmasından sonra ortaya çıkan 0.4 mikrogram/kg. vücut ağırlığı/gün rakamını ADİ olarak kabul etmektedirler. İsveç'te toplanan toksikoloji eksperleri komitesinde ise, ADİ dozu şu esasa göre hesaplanmıştır; besinlerle uzun süre alınması sonucu duyarlı şahıslarda ölçülebilir zehirlenme semptomları ortaya çıktığında, tüm kan civa düzeyi 200 nanogram/g., saçlarda bulunan

civa düzeyi de 60 mikrogram/g'a ulaşmaktadır ve bu düzeylerin şekillenebilmesi için de ortalama 0.3 mg./70 kg. vücut ağırlığı/gün dozunda metilmerkürü'nün alınması gerektiği tesbit edilmiştir. Belirlenen bu minimum toksik doza "10 güven faktörü"nü uygulaması sonucu ortaya çıkan 0.03 mg./70 kg. vücut ağırlığı/gün dozunda ADİ olarak kabul edilmiştir (13).

Kabul edilebilir günlük alım sınırından daha fazla miktarda civa alınmasına engel olabilmek için, birçok ülke çeşitli besin maddelerinde bulunmasına izin verilen en yüksek civa düzeyini (Maksimum Tolrans Düzeyi) saptamıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği bu düzeye göre; insanlar tarafından tüketilen besin maddelerindeki civa miktarı 0.05 p.p.m. i geçmemelidir (13). İsveç ve Japonya'da metilmerkürü halinde 1 p.p.m. den fazla civa tutan balıkların tüketimi ve satışı yasaklanmıştır. Almanya, Kanada ve A.B.D. de balıklarda 0.5 p.p.m. e kadar olan civa rezidüsüne musaade edilmekte (27), İtalya ve Fransa'da ise, bu düzey 0.7 p.p.m. olarak kabul edilmektedir (6, 20).

Besinlerde bulunan civa rezidüsünün sınırlandırılması veya azaltılmasına ilişkin olarak saptanan maksimum tolerans sınırı ve buna göre sürdürülen rezidü analizleri devletçe yürütülen kontrol yöntemlerinin başında gelmektedir (29, 30). Bu amaçla devletçe yürütülen etken yöntemlerden biri de, bıraktıkları civalı artıklarla çevre kirlenmesine sebep olan endüstri kuruluşlarının yerleşim ve çalışma biçimleri ile doğrudan çevre kirlenmesine katılan tarımsal savaş ilaçlarının üretim, tüketim, dağıtım ve pazarlamasının kanun ve yönetmeliklerle denetimidir (24, 34). Keza besin kirlenmelerinin meydana getirilebileceği zararları en az düzeye indirebilmek amacıyla halk kitlelerinin bu sahada eğitilmesi de etken yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir (29, 30).

Sonuç olarak, son yarım yüzyılda dünyamızın önemli bir bölümü tehlikeli sayılacak derecede civa ile kirlenmiş durumdadır ve kirlenmenin özellikle kapalı denizler ve iç sularda yoğunlaştığı bir gerçektir. Civa kirlilikleri besin zinciri boyunca gittikçe artan yoğunluklarda birikerek her türden canlı yaşamı tehdit etmektedir. Bu nedenlerle besinlerimizdeki civa rezidü düzeylerinin tayini, zararsızca alınabilecek sınırları belirten çalışmaların hızlandırılması ve kirlenme sebeplerinin saptanması için gecikmeden gerekli tedbirlerin alınması kesin bir zorunluluk haline gelmiştir.

### Literatür Listesi

- 1- **Abelson, P.H.** (1970) : *Methylmercury*. Science, 169 (3942), 237-238.
- 2- **Associations des Consommateurs** (1972) : *Analyse de la pollution des moules par le mercure*. Test Achat. 131, 5-13.
- 3- **Aubert, M.** (1975) : *probleme du mercure en Méditerranée*. Rev. Intern. Océanogr. Méd. 37-38, 215-231.
- 4- **Beckert, W.F., et al.** (1974) : *Formation of methylmercury in a territorial environment*. Nature, 249 (5458), 574-575.
- 5- **Berglund, F., et al.** (1971) : *Methylmercury in fish. A toxicologic-epidemiologic evaluation of risks*. Report from an expert group. Nord. Hyg. Tidskr. Suppl. 4.
- 6- **Cumont, G., et al.** (1972) : *Contamination des poissons de mer par le mercure*. Rev. Intern. Océanogr. Méd. 28, 95-127.
- 7- **Curley, A., et al.** (1971) : *Organic mercury identified as the cause of poisoning in humans and hogs*. Science, 172, 65-67.
- 8- **Dennis, C.A.R., Fehr, F.** (1975) : *Mercury levels in whole blood of Saskatchewan resident*. Sci. Total Environment Netherl, 3 (3), 267-274.
- 9- **Freeman, H.C., Horne, D.A.** (1972) : *Total mercury and methylmercury content of the American Eel (Anguilla rostrata)*. J. Fish. Res. Board. Can., 30, 454-456.
- 10- **Goldwater, L.Y.** (1971) : *Mercury in the environment*. Sci. Amer., 224 (5) 15-21.
- 11- **Hammond, A.L.** (1971) : *Mercury in the environment: Natural and human factory*. Science, 171, 788-789.
- 12- **Harriss, R.C., White, D.B., Macfarlane, R.B.** (1970) : *Mercury compounds reduce photosynthesis by plankton*. Science, 170, 736-737.
- 13- **Holden, A.V.** (1973) : *Mercury in fish and shellfish. A rewiev*. J. Fd. Technol., 8, 1-25.
- 14- **Kamps, L.R., Carr, R., Miller, H.** (1972) : *Total mercury-monomethylmercury content of several psecies of fish*. Bull. Environ. Contamin. and Toxicol., 8 (5), 273-279.
- 15- **Kay, K.** (1973) : *Toxicology of pesticides resident advences*. Environmental Research, 6 (2), 202-243.

- 16- **Kevokian, J., et al.** (1972) : *Mercury content of human tissues during the twentieth century.* Amer. J. Pub. Health., 62, 504-513.
- 17- **Krenkel, P.A.** (1971) : *Report international conference on environmental mercury contamination.* Water Research Pergamon Press, 5, 1121-1122.
- 18- **Neuhaus, J.W.G., et al.** (1973) : *Mercury and organochlorine pesticides in fish.* Med. J. Aust., 1, 107-110.
- 19- **Nuzzi, R.** (1972) : *Toxicity of mercury to phytoplankton.* Nature, 237, 38-40.
- 20- **Ozan, K.** (1975) : *Civalı fabrika artıkları denizleimizi kirletiyor.* Bilim ve Teknik, 47, 42-45.
- 21- **Rappe, A.** (1972) : *Pesticides et oiseaux de proie.* Bulletin des Naturalistes Belges, 53 (6), 293-308.
- 22- **Rappe, A.** (1973) : *Influence de la pollution par le mercure sur les populations d'oiseaux.* 1<sup>o</sup> Osicaux et R.F.O., 195-204.
- 23- **Rappe, A.** (1973) : *Pollution par le mercure et sante publique.* Journal de Pharmacie de Belgique, 28, 265-277.
- 24- **Richou-Bac, H.** (1972) : *Les residus du substances toxique dans les aliments d'origine animale.* Med. et Hyg., 30, 878-880.
- 25- **Rivers, J.R., Pearson, J.E., Shultz, C.** (1972) : *Total and organic mercury in marina fish.* Bull. Environ. Contamin. Toxic., 8, 257-266.
- 26- **Rowland, F.S.** (1973) : *Mercury levels in swordfish and tuna.* Biological Conservation, 5 (1), 52-53.
- 27- **Skerfving, S.M.D.** (1972) : *Mercury in fish. Some toxicological consideration.* Fd. Cosmet. Toxicol., 10, 545-556.
- 28- **Sungur, T.** (1973) : *Su ürünlerinde civa rezidüleri konusunda bir araştırma.* A.Ü. Tıp. Fak. Mec., 26 (1), 142-154.
- 29- **Sungur, T.** (1973) : *Bitkisel besinlerimizde civa rezidüleri konusunda bir araştırma.* A.Ü. Tıp. Fak. Mec., 26 (1), 117-128.
- 30- **Şanlı, Y.** (1975) : *Kimyasal madde kalıntılarıyla oluşan çevre kirlenmeleri ve hayvanlarda görülen zararlı etkileri.* Vet. Hek. Der. Derg., 45 (1), 15-21.
- 31- **Turney, G.** (1971) : *The mercury pollution problem in Michigan and Lower Great Lakes Area, A summary of information and action program Michigan Water resources comission.* Report For the Subcommittee

- on Energy, Natural Resources and Environment of the Senate Commerce Committee, Hearing on mercury contamination at Mt. Clemens, Michigan.
- 32- **Weir, P.A., Hine, C.E.** (1970) : *Effects of various metals on behaviour of conditioned gold fish.* Arch. Environ. Health, 20 (1), 45-50.
- 33- **Woebeser, G.A.** (1973) : *Aquatic mercury pollution: Studies of its occurrence and pathologic effects on fish and mink.* Veterinary Science, 2365-B.
- 34- **Wood, J.M.** (1971) : *Environmental pollution by mercury.* Adv. Environmental. Sci., 2, 39-56.

*Yazı "Dergi Yazı Kurulu"na 5.2.1976 günü gelmiştir.*