

Alman Bakır Enstitüsü

Antimikrobiyal  
bakır alaşımlar –  
Sağlık ve hijyen  
için yeni çözümler

## Antimikrobiyal bakır alaşımlar – Sağlık ve hijyen için yeni çözümler

### 1. Giriş

### 2. Zararlı sonuçlar doğuran hastane enfeksiyonları: Nedenleri ve etkileri

#### 2.1 Antibiyotiklere karşı direnç

#### 2.2 Demografik gelişim

#### 2.3 Etkiler

### 3. Bir mikrop ve anlamı: MRSA rneği

#### 3.1 Giriş

#### 3.2 Bulaşma yolları

#### 3.3 şuana kadar uygulanan nleme tedbirleri

### 4. Ek zm: masif bakır alaşımlar

#### 4.1 Giriş

#### 4.2 Masif antimikrobiyal bakır nesnelerin kullanılabilceği yerler

#### 4.3 Antimikrobiyal malzemelerin önemiyle ilgili bilgiler ve araştırmalar

#### 4.4 Bilimsel kanıtlar

##### 4.4.1 Laboratuvar araştırmaları

##### 4.4.2 Hastane deneyleri

### 5. zet

### Literatür

## 1. Giriş

Alman hastane hijyeni kurumu tarafından yapılan hesaplara göre Avrupa’da yılda yaklaşık 100.000 insan hayatını bir enfeksiyondan dolayı yitirmektedir. Bu enfeksiyonlar hastanede veya başka bir tıbbi kurumdaki yatılı tedavi süresinde meydana gelmektedir.

Şuanda sadece Almanya’da yılda 500.000 – 800.000 arasında nozokomiyal (hastanelerde oluşan) enfeksiyonlar olduğu varsayılmaktadır. ABD’de bu rakam yılda iki milyon vakayı aşmaktadır. Nozokomiyal enfeksiyonlar kendilerini genelde yara enfeksiyonları, Pnömoni, sepsis veya idrar yolları enfeksiyonu şeklinde gösterir. Sonuçları zararlı olabilecek hatta ölüme yol açabilecek bakteriyel veya viral enfeksiyonların sayısı, hastanelerde ve bakım enstitülerinde hiç değişmemiş hatta kimi zaman dramatik şekilde artmıştır.

Bu mikroplar ilgili hastane veya bakım kurumlarında hasta, personel ve ziyaretçi arasında yaşanan temaslar ve müşterek kullanılan cihazlar ve mekanlar üzerinden yayılmaktadır. Mikroplar kapı kolları, ışık şalterleri veya tırbazanlar gibi sıkça kullanılan temas yüzeylerinden bulaşır. Nozokomiyal enfeksiyonların artmasında rol oynayan temel patojenler olarak görülen çeşitli faktörlerin oldukça karışık olması, disiplinler arası ve hijyenin ön planda tutulduğu bir işbirliğinin denli gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Geleceğe yönelik farmasötik araştırmaların ve hijyen standartlarına tutarlı şekilde uymanın yanı sıra, yeni yöntemler keşfedilmelidir.



Antimikrobiyal Bakır Cu+  
Bu marka uluslar arası alanda antimikrobiyal bakır malzemelere aittir.

Tehlikeli patojenlerin daha fazla yayılmaması için verilen mücadelede keşfedilen ilginç bir çözüm yöntemi, kalıcı etkiye sahip antimikrobiyal bir maddenin sıkça kullanılan temas yüzeylerinde kullanılmasıdır. Masif bakır ve bazı bakır alaşımları patojen mikropları kısa bir sürede etkisiz hale getirebilmekte ve istenen tüm özelliklere sahiptir. Bu malzemelerden imal edilmiş nesnelere kullanımıyla sağlık ve bakım hizmetlerine oldukça büyük bir katkı yapılabilir.

Bakırın ve pirinç ile bronz gibi alaşımlarının antimikrobiyal etkisi

**Pirinç ve bronz bakır alaşımlarıdır, yani temeli bakırdan oluşan karışımlardır. Bilindiği gibi ihtiyaca göre optimum özellikler elde edebilmek için birçok metal başka metallerle karıştırılır.**

Amerikan çevre dairesi EPA (Environmental Protection Agency) tarafından onaylanmıştır. Örneğin Büyük Britanya’da yapılan bilimsel araştırmalar bu değerlendirmeleri

desteklemektedir. Tercih edilen malzemenin mikroplara karşı etkili olabilmesi için %65 oranında bakır içermesi gerekir. Bu nedenle de antimikrobiyal özelliklere sahip ürünlerin tamamen uygun bir bakır alaşımından imal edilmiş olması gerekir. Şuanda örneğin ışık şalterleri ve kapı ve pencere kaplamaları bu tür alaşımlardan imal edilmektedir.

Kullanıcıları antimikrobiyal etkilere yönlendirmek amacıyla ürünler üzerine markalar hukuku tarafından korunan semboller ve işaretler konmaktadır. Markalar hukuku tarafından sağlanan bu koruma sayesinde ürünün imalatında antimikrobiyal etkisi onaylanmış bakır kullanıldığı garanti edilir.

Ayrıca bir kalite birliği de pirinç ve bronz gibi bakır alaşımlarından imal edilmiş ve antimikrobiyal özellikleri kanıtlanmış ürünlerin sürekli denetlenmesini sağlamaktadır.



## 2. Zararlı sonuçlar doğuran hastane enfeksiyonları: Nedenleri ve etkileri

<p>Enfeksiyonların sebebi genelde zayıf bağışıklık sistemine sahip insanlarda patojenlerin vücuda sızması ve burada çoğalmasındır. Bu nedenle de özellikle klinik ve bakım dünyasında bu enfeksiyonları önlemek oldukça zordur. Bir hastaneden enfeksiyon (nozokomiyal) kapmak sıkça görülen bir durumdur ve genelde hastanın kendi kaderiyle de bağlantılıdır. Bu nedenle de antibiyotik imalatı ve geliştirilmesiyle birlikte bu tür enfeksiyonlara karşı verilen mücadelede ciddi başarılar elde edilmiştir.</p> <p>Ancak yakın geçmişte durum değişmiştir. Klinik ve bakım evlerinde ciddi hastalıklara sebep olan enfeksiyon oranlarının gittikçe yükselmesinin asıl nedeni olarak modern endüstriyel dünyanın iki fenomeni gösterilmektedir: Bağışıklık sistemi zayıf yaşlı insan sayısının artması, antibiyotiklere karşı dirençli patojenlerde artmasına yol açmıştır. Klasik antibiyotikler artık etkisiz kalmaya başlamıştır. Bu durumdan dolayı hastalar için tedavi ve hijyen tedbirlerinin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.</p>	<p>türdeki ve gelecek nesil bakterilere gen transferi yoluyla, hatta başka türlere ve cinslere bile geçebilir. Bu şekilde çoklu direnç gösteren türler oluşur: bu, genelde çok çabuk verilen, dozajı çok az olan veya vaktinden önce sonlandırılan yaygın antibiyotiklerden ve bunların hayvan tıbbında kullanımıyla hızlandırılan bir süreçtir. Bunun doğrudan bir sonucu olarak enfeksiyonları önlemek için artık ya çok masraf yapmak gerekir, hatta bunları kısmen önlemek veya başarıyla tedavi etmek artık mümkün olmaz.</p>  <p><b>2.2 Demografik gelişim</b> Demografik dönüşüm, özellikle de halkın yaşlanması bu anlamda en önemli toplumsal değişimlerden biridir.</p>	<p>Almanya’da 84 yaş üzeri insanların sayısı bugün yaklaşık %20 ve 2050’de bu rakamlar %30 artacaktır. Bu durum, özellikle bu yaş grubundaki insanların daha fazla ilaca ve tıbbi bakıma ihtiyaç olmasının dışında farklı bir öneme daha sahiptir. 2005 yılında yaklaşık 2,1 Milyon insan bakıma muhtaçken bu rakam 2030’a kadar yaklaşık 3 milyona çıkacak ve tüm halkın yaklaşık %4’üne denk gelecektir (2).</p> <p><b>2.3 Etkiler</b> Dirençli mikropların yarattığı problemlerden dolayı sadece tıbbi bakım zorlukları değil bakım sistemleri de önemli bir meseledir. İnsanların yaşamlarından sahip oldukları beklentilerin gittikçe artmasından dolayı, uzun ve sağlıklı bir yaşam için tıbbi korumaları ve sağlık hizmetlerindeki çabaları arttırmak gerekecektir. İyileştirme tedbirlerine verilen önem aynı derecede önleme ve sağlık teşvik hizmetlerine de verildiği takdirde bunu başarmak daha kolay olacaktır.</p> <p>Tüm bunlar sağlık sektöründe çok yüksek masraflara sebep olmaktadır ve bu masraflar ancak çok yönlü karşı tedbirler alındığı takdirde dengelenebilir: Nozokomiyal enfeksiyonların oluşturduğu maddi hasar sadece Avrupa’da yılda yaklaşık 5,5 Milyar Euro’yu (3) bulmaktadır; daha masraflı tedavi yöntemleri bu tedavi masraflarını hasta başına %30 ila %100 arasında arttırabilir.</p> <p>Hastanelerdeki enfeksiyonların gittikçe artması son yıllarda hem sağlık hem de maddi açıdan odak noktası haline gelmiştir. Bu nedenle de sadece hijyenistler ve sağlık hizmetleri değil, kamu daireleri ve federal sağlık dairesi ve Alman parlamentosu gibi kurumlar da bu konuyla yakından ilgilenmektedir.</p>
<p><b>Nozokomiyal enfeksiyon nedir?</b> Nozokomiyal enfeksiyon (NI) patojenlerin sebep olduğu hastalıklardır ve bunlar yatılı veya ayakta tedavi sırasında yapılan müdahalelerle oluşur.</p>		
<p><b>2.1 Antibiyotiklere karşı dirençler</b> Günümüzde hastanelerde enfeksiyonlara sebep olan bakterilerin %70’i en azından bir antibiyotiğe karşı dirençlidir (1). Bakterilerin biyokimyasal çevrelerindeki değişimlere çok çabuk uyabilme kabiliyetinin sebebi, genlerinin yüksek mutasyon potansiyeline sahip olmasıdır. Bir antibiyotiğe karşı kazanılan direnç mikroorganizma için olumlu bir faktördür ve bu direnç, benzer</p>	<p>Ancak en büyük zorluk, sanayi devletlerinde nüfustaki uzun vadeli gerileme değil, bundan ziyade insanların gittikçe daha fazla yaşlanmasıdır, çünkü bu nedenle sosyal sigorta sistemlerine daha fazla yük binmekte ve uzun vadeli uyarılma stratejilerinin planlanması gerekmektedir. Örneğin bağışıklık sisteminin kapasitesi yaşlı insanlarda daha düşüktür ve bu nedenle de nozokomiyal hastalıklara daha açıktırlar.</p>	

### 3. Bir mikrop ve önemi: örneğin MRSA

#### 3.1 Giriş

Cilt, burun ve kasıklara yerleşen *Staphylococcus aureus* (*S. Aureus*) bakterisi ve bu bakterinin Methicillin antibiyotigine karşı dirençli olan türü (MRSA), hastane içinde ve dışında en sık rastlanan patojenlerden biridir ve hastane mikroplarına gösterilen başlıca örneklerden biridir. Bu mikrobun önemi, zayıf bağışıklık sistemlerinde veya genel anlamda güçsüz olan insanlarda, özellikle yaşlılarda daha fazladır.

**MRSA (Methicillin veya çoklu direnç gösteren *S. Aureus*)** MRSA yayılabilme özelliğinden dolayı nözokomiyal enfeksiyonların olduğu gibi hastane dışında görülen enfeksiyonların da başlıca sebeplerindedir. Bunlara "Community associated" veya kısaca CA-MRSA denmektedir.

Son yıllarda tüm dünyada MRSA-hastalıklarının halk arasındaki yaygınlığı korkutacak derecede artmıştır. 70'li yılların ortasında bu yana tüm dünyada sürekli bir artış görülmüştür. 1999'da ABD'de *S.aureus* türündeki MRSA enfeksiyonlarının oranı %43'iken bu oran 2005'te %58'e yükselmiştir. Bu rakamlar tüm hastanelerde bildirilen *S.aureus* vakalarından alınmıştır. Ancak yaşanan tüm vakaların bildirildiği kesin değildir. Avrupa'da European Antimicrobial Resistance Surveillance System (EARSS) sistemi sayesinde oldukça iyi veriler elde edilebilmektedir.

**Yaygınlıktan (prevalens) kastedilen bir hastalığın veya semptomun halk arasında belli bir zamanda görülme sıklığıdır.**

ABD'de olduğu gibi Avrupa'da da Güneye ve kuzeye meyilli coğrafi bir değişkenlik görülmektedir. Hollanda, Danimarka ve diğer



İskandinav ülkelerinde MRSA-yaygınlığının oldukça düşük olduğu (yaklaşık %1) izlenmiştir. Bu düşük oranlar başka patojenler için de geçerlidir ve bunların temel nedeni, bu devletlerde uygulanan çok agresif önleme tedbirleridir. Bu devletler 90'lı yıllarda çok katı hijyen ve çok az miktarda antibiyotik kullanımıyla ilgili yönetmelikler çıkartmıştır. Risk taşıyan tüm hastalar tutarlı şekilde taranmakta ve temas noktalarından izole edilmektedir, hatta MRSA'in negatif olduğu anlaşılana kadar tüm hastane departmanları kapatılmaktadır.

İrlanda, Büyük Britanya gibi Akdeniz'e komşu ülkelerde MESA yaygınlığı neredeyse %50, Almanya'da ise yaklaşık %20'dir.

İlgili verilerin toplanabilmesi için Almanya'da dört enstitü görevlendirilmiştir: Paul-Ehrlich-şirketi (PEG=, German Network for antimicrobial resistance Surveillance (GENARS), yoğun bakımlarda antibiyotik kullanım takip ve bakteriyel direnç kurumu (SARI) ve hastane enfeksiyon gözetleme sistemi (KISS). Tüm kurumlar ve sistemler önemli bilgileri bu ağa dahil edilmiş hastalara iletme görevine sahiptir. Almanya'da ayrıca hastanelerdeki ayakta tedavi merkezlerinin yöneticileri, enfeksiyona karşı koruma yasası madde 23'e istinaden, belli başlı nözokomiyal enfeksiyonları ve çoklu direnç gösteren patojenleri kaydedip değerlendirmekle yükümlüdür.





MRSA teşhisi, kaydı Ve değerlendirilmesi (tarama)	<b>Robert-Koch-enstitüsünün 4-sütun stratejisi</b>		Kontrollü antibiyotik kullanımı
	Uygun hijyen tedbirlerinin uygulanması	MRSA- taşıyıcılarının iyileştirilmesi	
<p>MRSA yerleşimindeki en önemli faktörlerden biri güncel veya eskiden sistematik, yani tüm vücut için verilen antibiyotiklerdir. Çünkü vücudun çok hassas olan normal florasının bileşimi, geniş bir etki alanına sahip antibiyotiklerin istenmeyen bir yan etkisi nedeniyle oldukça değişmektedir ve bu değişimin sonucunda da MRSA gibi çoklu direnç gösterebilen mikroplarla yeterince mücadele edemez. Bu nedenle de çoklu direnç gösteren ve aslında sayısı çok az olan ve geniş alanlara etki eden antibiyotikler tarafından önlenemeyen mikropların vücutta yaşama ve dolayısıyla da vücuda yayılma şansı oldukça yüksektir. Hastanelerde tutarlı ve kalıcı hijyen sağlamak bu nedenle çok önemlidir.</p> <p><b>3.3 Şuana kadar uygulanan önleme tedbirleri</b></p> <p>MRSA yaygınlığı ülkeden ülkeye ve ülke içinde değişiklik gösterdiği gibi MRSA'a karşı alınan tedbirler çok farklılık göstermektedir. Örneğin ABD'de tüm ülkeyi kapsayan</p>	<p>tek bir tedbir bile yoktur. Japonya'da sadece büyük genel hastanelerde ve üniversite hastanelerinde MRSA-kontrolleri şart koşulmaktadır.</p>  <p>Bazı ülkelerde, örn. Hollanda ve Finlandiya'da tüm ülke içinde geçerli yönetmelikler yayınlanmıştır. Büyük Britanya'da ilk olarak 2008 yılında British Society for Antimicrobial Chemotherapy kurumu tarafından bir direktif yayınlanmış, ancak bu direktifte hiçbir şey zorunlu kılınmamıştır. MRSA gibi nözokomiyal enfeksiyonların bulaşmasını önlemek için uygulanan birçok ülkede efektif tedbir olarak bazı standart tedbirler veya standart hijyen türleri belirlenmiş ve bunların</p>	<p>her tıbbi personel ve hasta tarafından uygulanması zorunludur. Bu tedbirlerin en önemlisi ellerin düzgünce dezenfekte edilmesidir.</p> <p>Ancak bu tedbirler tek başına bazı ülkelerde oldukça yüksek olan MRSA yaygınlığını minimuma indirmeye yetmemektedir. Robert-Koch enstitüsü İskandinav ülkelerinde MRSA yaygınlığını minimumda tutan agresif ve kapsamlı önleme tedbirlerinin temelinde 2005'te bir tür 4-sütun-stratejisi geliştirmiştir. Bu stratejinin amacı MRSA enfeksiyonlarının önlenmesidir. Standart hijyen tedbirlerinin ve kontrolü antibiyotik kullanımının yanı sıra tüm riskli hastaların hastaneye yatış sırasında taranması ve bu hastaların MRSA açısından negatif oldukları kanıtlanana kadar izole edilmesi gibi işlemler bu stratejinin bir parçasıdır. Bu strateji 1999 yılında çıkartılan "hastane hijyeni ve enfeksiyon önleme" direktifine dayanmaktadır. Ancak bu tedbir kataloğunda yer alan farklı uygulamalar ve başarılarında tartışmalara gerekçe olarak gösterilmektedir. Gittikçe artan MRSA enfeksiyonlarının yayılmasında daha fazla tedbir alınması gerektiği ortadadır. Odak noktasıysa hastanelerde "bulaştırıcı aracı" olarak görülen ve enfeksiyonların dolaylı temas yollarıyla bulaşmasına sebep olan yüzeylerdir.</p>	
<p><b>Standart hijyen tedbirleri</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ellerin yıkanması ve dezenfekte edilmesiyle el hijyeni</li> <li>- Kan ve vücut sıvılarıyla temas halindeyken uygun giysilerin kullanılması</li> <li>- Bakım malzemelerinin ve çarşafların uygun şekilde kullanımı</li> <li>- Kanüller ve başka sivri nesnelerin dikkatle kullanımı (yararlanma durumlarının önlenmesi)</li> <li>- Hasta çevresinin temizlenmesi ve kan veya başka vücut sıvıları tarafından kontamine olmuş bir yerin temizlenmesi / dezenfeksiyonu</li> <li>- Atıkların uygun kullanımı</li> </ul>			

## 4. Ek çözüm: Masif bakır alaşımlar



aşınan kaplamalar yerine örn. pirinç veya bakırdan oluşan masif bakır alaşımlar, oldukça etkili olan bakır iyonlar için bitmez tükenmez bir hazne sunar ve dolayısıyla da kalıcı bir verimlilik sağlarlar. Çünkü bakır malzemeler sahip oldukları antimikrobiyal etkileriyle dolaylı temas yoluyla bulaşıcılığı önleyebilir. Yüzeyler kullandıkları için bozulsa veya zarar görse bile bu özellik hiçbir zaman yitirilmez ve bu malzemeler sağlık kuruluşlarında sıkça tercih edilen diğer metal veya ametal malzemelere mikroplar için tercih edilir (5).

### 4.1 Giriş

Vazgeçilmez bir hijyen tedbiri olan yüzey dezenfektasyonu düzenli olarak yapılmalı, ancak personel gereksinimi çok fazla olduğundan genelde gerektiği kadar sık – yani günde birkaç kere – yapılamamaktadır. Bunun dışında birçok dezenfektanın etki süresi de oldukça kısadır. İki dezenfektasyon işlemi arasında geçen sürede özellikle çok sık temas edilen yüzeylerde bulaşıcı patojenler yeni kontaminasyonlar oluşturur. Bu nedenle de kritik nesnelere ve personelin elleri bu “bulaştırıcı aracıyla” temas ettiğinde yeni bir mikrop kaynağı oluşturur. Hastanelerde veya yaşlılar yurtlarında yüzeyler için kullanılan

ürünler, çapraz kontaminasyon (kontamine olmuş nesnelere veya kişilerden temiz nesnelere veya kişilere dolaylı veya direkt temas yollarıyla geçen mikro organizmalar) için tercih edilen ürünlerdir. Agresif yüzeyel hijyenle bile bozulamayacak bir şeytan üçgeni. Bunun için yenilikçi çözümler gereklidir ve bu çözümlerin sadece yüzeyel temizlik işlemleriyle sınırlı kalmaması gerekir. Çözüm olarak yüksek frekanslı temas yüzeyleri için tercih edilen ve dolayısıyla da MRSA gibi nözokomiyal enfeksiyonlara karşı ek bir bariyer görevi gören antimikrobiyal malzemeler kullanılabilir. Araştırmaların güncel metnine bölüm 4.3’te değinilmiştir.

### 4.2 Masif antimikrobiyel bakır nesnelere kullanılabileceği yerler

Biosit maddeler içeren ve zamanla

Sağlık kuruluşlarında doğrudan hastanın çevresinde bulunan yüzeyler önemli enfeksiyon kontaminasyonları içerir. Kapı kolları, düğmeleri, şalterler ve başka nesnelere yanı sıra hastane yatakları gibi bazı tıbbi nesnelere de hasta, personel ve ziyaretçilerin sıkça temas ettiği yüzeylerdir.



### Ek bariyer: Yüzey hijyenine destek

Robber-Koch-enstitüsüne ait 4-sütunlu-stratejinin bir parçası olarak antimikrobiyal bakır yüzeylerin kullanılması, normalde alınması gereken standart hijyeni tedbirlerinin yerini almayıp MRSA gibi nözokomiyal enfeksiyonlara karşı verilen mücadelede sadece var olan önleme tedbirleri için bir destek niteliğindedir. Yüksek frekanslı yüzeylerin antimikrobiyal bakır alaşımlardan mamul yüzeylerle değiştirilmesiyle kontaminasyonlar ve enfeksiyon riskleri azaltılabilir.



Bunların dışında banyolar, tuvaletler ve her türlü kulplar da bulaşıcı kaynaklardan sayılır. Bunlara normal klinik hayatında kullanılan bilgisayar klavyeleri, tekerlekli sehpa, sabunluklar, tükenmez kalem ve telefonlar/cep telefonları da eklenebilir. Ancak stetoskoplar, sondalar ve invazif cerrahi aletler gibi tıbbi ekipmanlar da potansiyel mikrop taşıyıcılardan sayılır. Bu nesnelere enfeksiyon	taşıma riskleri bakır bileşenler kullanıldığı takdirde azaltılabilir.  Bunların dışında bakır hammaddelerin antimikrobiyal özelliklerinden farklı kullanım türleriyle de faydalanmak mümkündür. Özellikle de havalandırma ve klima sistemlerinin hastanelerde gittikçe yaygınlaşmasından dolayı patojenlerin hava yoluyla yayılması riski göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Kapalı alan hijyeni	önümüzdeki yıllarda gittikçe artarak sağlık ve bakım sektörünün odak noktası haline gelecek ve antimikrobiyal bakır alaşımlara daha sık rastlanacaktır. Ayrıca bakır ve bakır alaşımları işlemek kolaydır ve giderler açısından şuna kadar hastanelerde kullanılan malzemeler uygun bir alternatif oluşturur.
---	---	---

Antimikrobiyal bakır malzemelerden imal edilmiş nesnelere örnek:



*Tekerlekli sehpa, stetoskop, solunum cihazı, kulp, sıhhi armatür, şalter, priz, kalem*

<p><b>4.3 Antimikrobiyal bakır malzemelerle ilgili bilgiler ve araştırmalar</b></p> <p>Bakırın antimikrobiyal etkisi tıp tarihinde çok eskiden beri oldukça önemli bir role sahiptir. Zamanında Mısır’lılar bakırın bu özelliğini içme suyu veya yaraları dezenfekte etmek için kullanıyorlardı. Günümüz tıbbın ilk yaratıcısı olarak bilinen Yunan Hippokrates bile bacaklarda varisler nedeniyle oluşan şişliklerin, enfeksiyon kapmamaları için bakırla tedavi edilmesini önermiştir. Romalılar bu geleneği devam ettirmiş ve yara, şişlik, cilt rahatsızlıkları ve tümörlerin tedavisinde bakır kullanmışlardır. 18. Yüzyılda Çin’den gelen insanlar kontaminasyona uğramış Çin barlarında kağıt para kullanımının yasak olduğunu ve ödemelerin bakır paralarla yapılması gerektiğini bildirmiştir. Alınan bu hijyen tedbirlerinin nedeni, bakır para kullanıldığında daha az hastalık bulaşmasına dayanmaktadır. Bakırın antimikrobiyal özellikleriyle ilgili 1. Dünya savaşında kalma incelemelerde var. Bakır içeren mermi kılıflarına ait parçalar yarada kaldığında, yaranın enfeksiyon kapmadığı tespit edilmiştir.</p>	<p>malzemelerde çürümelerin önlemesi amacıyla kullanılmaktadır. <i>Çözölmüş</i> bakır türlerinin hijyenik özellikleriyle ilgili bilgiler hiçbir zaman göz ardı edilmemiş olsa da <i>masif</i> bakırın veya alaşımlarından birinin antimikrobiyal etkisiyle ilgili bilgiler yirminci yüzyılda unutulmaya başlanmış ve yakın</p>	<p>geçmişe kadar hiç sistematik olarak incelenmemiştir. Son yıllarda bakıra has bu özellik araştırma konusu olmaya başlamıştır.</p>
<p>Tüm bunlara göre bakırın ve alaşımlarının mikropları azaltan etkisi yeni bir keşif olmayıp, aslında yüz yıllardan beri tıpta kullanılmaktadır. Bakır yaşam için gereken temel biyometaller içinde bu etkisizleştirici özelliklere sahip tek metaldir ve bu nedenle de bir benzersizlik sembolüne sahiptir. Bakırın hijyenik özellikleri günümüzde genelde <i>çözölmüş</i> bakır tuzları (örn. bakır sülfat) şeklinde özellikle yara tedavisi, su dezenfeksiyonu, bitki koruması ve</p>	<p><i>Masif saf bakırın mikropları etkisiz hale getirme hızı bir dakikadan (başlangıç bakteri yoğunluğu: bir mililitrede 1.000.000 – 1.000.000.000 bakteri) yaklaşık 1 saate (aynı mikrop yoğunluğu) varmaktadır. Birçok bakır alaşımının (başka metallerle karıştırılmış bakır) etki süresi, birkaç dakika ile iki saat arasında değişmektedir. Biyolojik bir metal olan bakır, diğer metalik veya organik (zehirli hariç) maddelere kıyasla tüm yaşam biçimlerinde hücre metabolizmasında merkezi rol oynamaktadır. Hücresel homoöstaz mekanizmaları (örn. bakır girişi ve ihracı) birkaç yıldan beri yoğun olarak araştırılmakta ve adım adım çözülmektedir. Hücrelere ait “atık mekanizmasına” fazla yüklenilmesi bakırın etkisizleştirme özelliğinin bir nedeni sayılmaktadır ve bu aşırı yüklenme bakteriyel hücrelerin bakırla temas halinde meydana gelmektedir. Bakır, bakteriyel hücrenin “bakırla aşırı beslenmesi” ile “çoklu hedef” (bakır bakteriyel metabolizmasının birçok bölgesine etki edebilir) kombinasyonundan dolayı belirsiz (yani bir veya iki temel noktayla sınırlı olmayan) bir etken maddesidir.</i></p> 	

#### 4.4 Bilimsel kanıtlar

##### 4.4.1 Laboratuvar araştırmaları

Bonn üniversitesinin hijyen enstitüsünde Alman bakır kurumunun talebi üzerine yapılan araştırmalar sırasında bakır ve iki tür bakır alaşımı (bakır oranı > %70) asal çeliğe kıyasla antimikrobiyal etkileri açısından test edilmiştir (bakınız grafik 1).

Yapılan işlemlerde, Avrupa'da oldukça yaygın olan ve katı malzemelerde anitmikrobiyal aktiviteler ve etkiler hakkındaki Japon test standardı JIS Z 2801 esas alınmıştır. Bu işlemler sırasında incelenecek malzemeye ait numunelere test organizmaları aşılanır ve önceden belirlenmiş bir süre dolduktan sonra da mikropların azalma oranı tespit edilir. JIS Z 2801'de 24 saatlik bir deneme süresi öngörülmektedir, çünkü bu işlem



aynı zamanda etkisi zayıf olan ve özellikleri uzun süreli temaslar sonunda ortaya çıkan malzemelerin kontrolünde de kullanılmaktadır. Hastanelerdeki potansiyel ihtiyaçlar dikkate alındığından, yapılan

araştırmalar için daha kısa süreler belirlenmiştir (yani bakır için 1 saat, alaşımların her biri için 15 dak., 30 dak., 1 saat, 2 saat ve 4 saat; asal çelik için 1 saat, 2 saat, 4 saat, 8 saat). Testler *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ile yapıldı. Bu patojen American Type Culture Collection'dan alınmış dirençsiz, ancak MRSA'ya oldukça benzeyen bir türdür. Test sonuçları grafik 1 de gösterilmiştir. Kullanılan mikroplar bakır içeren maddelerle temas ettiğinde Koloni oluşturan birimler (KbE) de kısa sürede büyük ölçüde azalma olduğu görülmüştür. Söz konusu azalma faktörleri (> 5 log- kademesi) dezenfeksiyon tedbirlerinde aranan özellikleri karşılamaktadır.

#### Koloni oluşturan birimler

Koloni oluşturan bir birim, mikro organizmaların miktarları belirlenirken, yani mikro organizmaların bir malzeme içindeki sayısı kültürleri alarak tespit edildiğinde önemli rol oynayan bir ölçüdür. Kısaltılmış hali KbE'dir. İngilizcesi Colony Forming Unit olup kısaltması CFU'dur.



KbE (test aşısının %)

dakika

Bakır

Alaşım 1

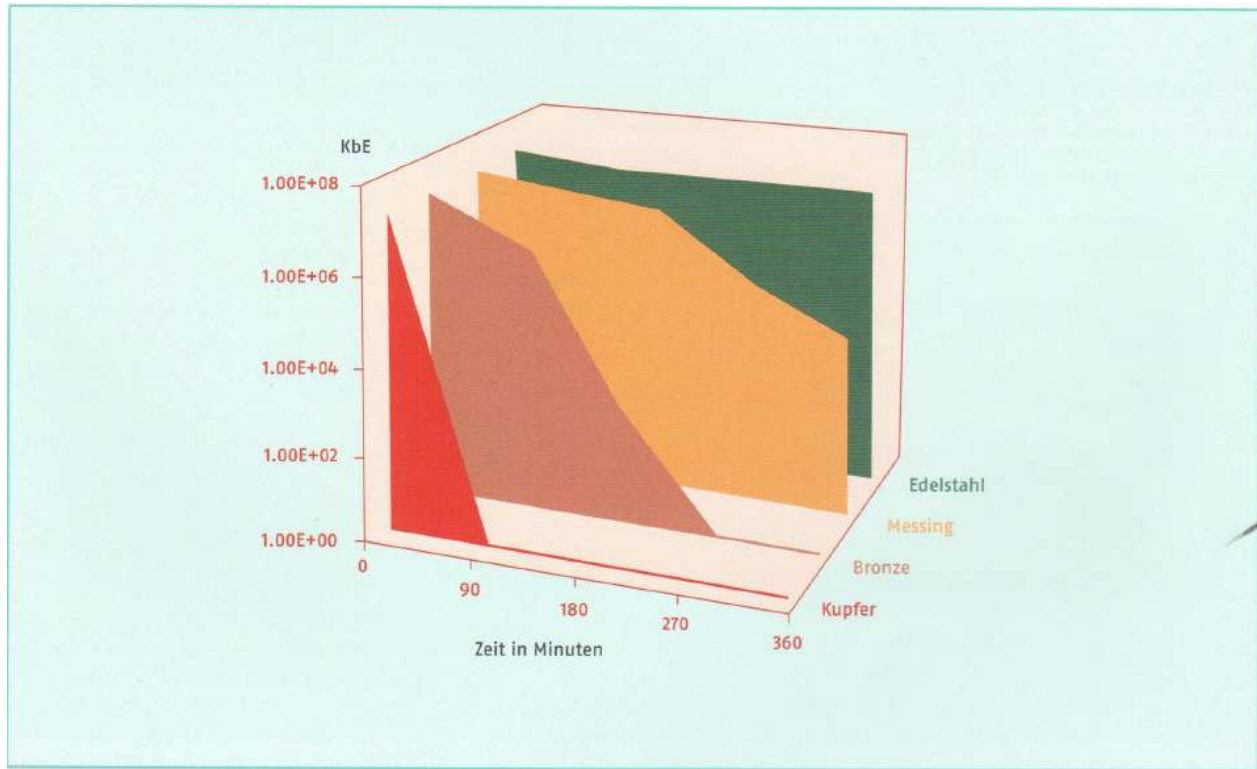
Alaşım 2

Cam kontrolü

asal çelik 1,4305

*Grafik 1: JIS Z 2801 test işlemine ait laboratuvar sonuçları – koloni oluşturan birimlerin sayısına etki eden çeşitli maddeler. İncelemeler Staphylococcus aureus ATCC 6538 bakteri türüyle yapılmıştır.*

<p><b>Japon test standardı JIS Z 2801</b> Kültür medyumunu, besin – agar Bakterinin önceden inkübasyonu Test aşısı Diğer çerçeve şartlar</p>	<p>Sığır eti özü, Pepton, NaCl, pH: 7-7,2 16 – 24 saat için 35°C 2,5 – 10 x 10<sup>3</sup> hücre / ml  <input type="checkbox"/> Test aşısının 0,4 ml'si verildi  <input type="checkbox"/> Filmle kaplama  <input type="checkbox"/> 35°C  <input type="checkbox"/> Bağlı hava nem, %90'dan daha az olmamalı</p>	
<p>Bu sonuçlar MRSA mikroplarının ve diğer organizmalarının asal çelik, bakır, pirinç ve bronz üzerinde yaşayabilme oranlarıyla ilgili olarak Büyük Britanya, Southampton üniversitesinde yapılan araştırmaları desteklemektedir (bakınız grafik 2). Doğal çevre sıcaklığında, yani “kuru” şartlar altında yapılan bu testlerde, on milyon mikrop 1cm<sup>2</sup>'lik bir bakır yüzeye yerleştirildi ve daha sonrada organizmaların yaşayıp yaşamayacağı incelendi.</p>	<p>Sonuçlara göre bu mikroplar asal çelik yüzeyler üzerinde günlerce sağ kalırken bakır yüzeyler üzerinde (%99,9 Cu) oda sıcaklığında (20°C) 90 dakikadan az bir sürede elimine olmuşlardır. 15 dakikadan az bir ürede bakır üzerinde binler mikrop etkisiz hale gelmişti bile (tipik bir klinik seviyesi). Ayrıca spesifik alaşımlarda bulunan %60-65 bakır oranının iyi bir etki için yeterli olduğu ortaya çıkmıştır. Bakırın bu antimikrobiyel etkisi sadece MRSA</p>	<p>için değil, E.coli, Acinetobacter baumannii, Salmonella enteritidis, Legionella pneumophila, Clostridium difficile, Listeria monocytogenes, Pseudomonas aeruginosa, Helicobacter pilory ve İnfluenza A (6) gibi virüsler için de geçerlidir.</p>

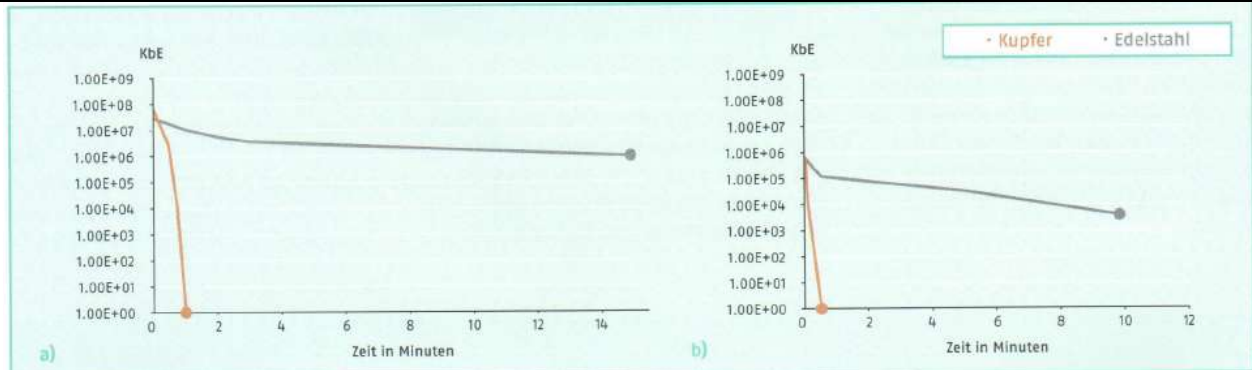


KbE Asal çelik – Pirinç – Bronz – Bakır

Dakika

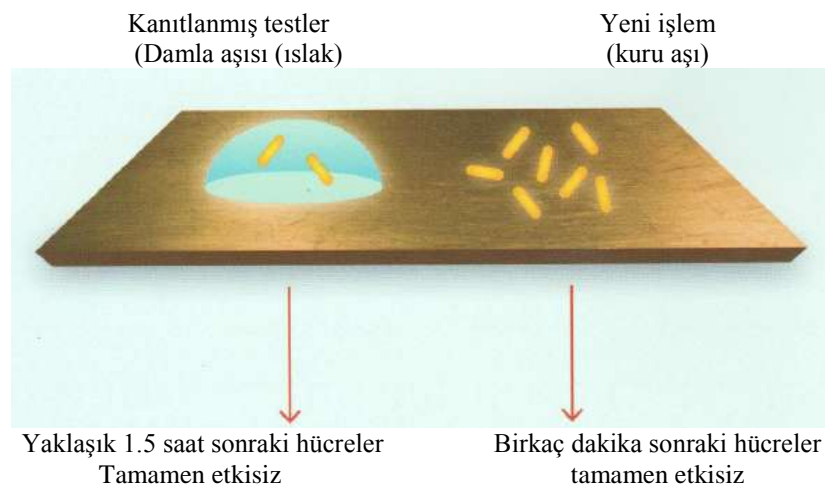
Grafik 2: Southampton üniversitesi laboratuvar bulguları: MRSA'nın bakır alaşımlar ve asal çelik üzerinde 20°C'deki yaşama şansı.

<p>Amerikan çevre dairesi EPA (Environmental Protection Agency) bu bağlamda bakır yüzeylerin antimikrobiyel etkisini resmi olarak belgelemiştir. Bu nedenle de ABD’de ilk etapta yasal olarak 275 adet bakır, pirinç ve bronz ürün sağlıkla ilgili bilgiler kullanılarak pazarlanabilmektedir. Alınan bu tür kayıtların temelinde belli başlı bakır alaşımlarının test edilen her beş bakteri türüne karşı etkili olduğunu gösteren kapsamlı laboratuvar testleri yatmaktadır. Bu bakterilerden biri de</p>	<p>MRSA’dır. Çeşitli bakır alaşımlarının etkisi, bağımsız laboratuvarlar tarafından 3.000 numune üzerinde yapılan analizlerle kanıtlanmıştır. EPA tarafından öngörülen testlerde bakterilerin %99,9’unun bakır alaşımlar (bakır içeriği en az %65 veya daha fazla) üzerinde iki saatlik bir ekspozisyon süresinde elimine edildikleri görülmüştür. EPA onayında Britanya’daki Southampton üniversitesi esas alınmıştır.</p>	<p>Copper Development Association, ABD ve Southampton üniversitesinin gümüş ve bakır üzerinde yaptığı araştırmalarda MRSA’ya karşı ısı ve nemin etkili olup olmadığı araştırılmış ve bakırın norma bir oda sıcaklığında (hastanelerde olduğu gibi) daha iyi bir seçim olduğu kanıtlanmıştır. Çünkü gümüş iyonları içeren malzemeler havadaki nem oranı (&gt;%90) ve ısı (&gt;35 derece) yüksek olduğu yerlerde (JIS- işleminde öngörüldüğü gibi) MRSA mikropları üzerinde ölçülebilir bir</p>
---	---	---



Grafik 3: Halle ve Nebraska üniversitelerinde yapılan yeni bir "kuru" test işlemi sonucunda elde edilen laboratuvar bulguları. A) E. Coli bakterisinin ve b) Saccaromyces cerevisiae mantarının bakır (C11000) ile asal çelik (AISI 304) üzerinde 23°C'deki yaşama oranı gösterilmektedir. JIS Z 2801 ve diğer olağan yöntemlerin (Islak bir bakteri süspansiyonuyla damla aşısı) aksine bu yöntemde gerçeğe daha yakın belirgin bir "kuru ortam" elde edilmiştir. Bakır üzerindeki yaşama süreleri birkaç dakikadır. Deney yöntemleriyle ilgili diğer bilgiler Santo et al. 2008'de bulunmaktadır (7).

#### Santo et al. 2008'de belirtilen yöntemlere göre benzer testlerin kıyaslanması



etki göstermiş olsa da, gümüşün bu etkisi normal ısıda ve kuru ortamda görülemediği. Buna karşılık bakır bu oda sıcaklığında da tam etkisini koruyabilmiştir. ABD'deki Halle ve Nebraska üniversitelerindeki araştırmacıların geliştirdiği yeni yöntemlerle yapılan araştırmalara göre bakır yüzeylerin antimikrobiyal etkisi kuru ortamlarda da test edilmiş ve bu ortamlarda da patojen mikropların birkaç dakika içerisinde etkisiz hale geldiği görülmüştür (kantlanmış testlerin Santo et al. 2008 ve grafik 3'teki yöntemlerle karşılaştırılmasıyla ilgili resimlere bakınız). Hastanelerde olağan olan kuru bir ortam, ıslak ortamlara göre mikropların daha çabuk azalmasını sağlamaktadır.



#### 4.4.2 Hastane deneyleri

1983 yılında Amerikan tıp uzmanı Dr. Phyllis Kuhn tarafından bir araştırma yayınlanmış ve bu araştırmaya göre pirinç kapı düğmeleri üzerindeki E.coli mikrop sayısının azaldığı ve dolayısıyla da bakırın etkisi kanıtlanabilmiştir. Kuhn'a göre pirinç yerine kullanılan asal çelik enfeksiyon oranlarının artmasına sebep olmuştur. Şuanda bir meta araştırma şeklinde dünyada altı ülkede hastanelerde deneyler yapılmakta veya yapılması planlanmaktadır.

#### Asklepios-Trial, Almanya

Hamburg – Wandsbek'teki Asklepios kliniğinde birkaç aydan beri 2008 yazında ve 2008/2009 kışında hastanedeki iki departmanın tüm kapı kolları, kapı kanatları ve şalterleri özel bakır alaşımlarla donatılmıştır. Araştırma amacıyla bu departmanlara komşu olan bölümlerde alüminyum ve plastikten mamul normal kapı kolları ve şalterleri kullanılmıştır.

Halle-Wittenberg üniversitesindeki bağımsız bilim adamları düzenli olarak örnek almış ve çeşitli temas yüzeylerindeki mikrop sayısını karşılaştırmıştır. İstenen etkiye özellikle kapı kollarında ulaşıldığı görülmüştür. Buna göre günlük şartlar altında koloni oluşturan birimlerin sayısının azaldığı kanıtlanabilmiştir (8). Bakır şalterlerin ve kapı kollarının üzerine yeni mikropların yerleşme oranı da oldukça azalmıştır. Araştırma sırasında bakır kapı tokmaklarıyla donatılan hastane bölümlerinde hastalardaki enfeksiyon oranlarının memnun edici şekilde düştüğü görülmüştür, ancak bu durum daha kapsamlı araştırmalarla daha net şekilde incelenmesi gerekir. "Antimikrobiyel bakır yüzeyler" üzerindeki saha deneyleri (yaz – kış 16 hafta) Asklepios Kliniği Wandsbek tıp uzmanları ve Halle-Wittenberg üniversitesinin bilim adamları tarafından birlikte hazırlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

#### Kitasato üniversitesi araştırma hastanesi, Japonya

Kitasato üniversitesinin Japon araştırmacıları bakırın ve bakır alaşımlarının klinik ortamda mikroplara karşı olan etkisiyle ilgili yoğun çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda S. Aureus, E. Coli ve Pseudomonas aeruginosa bakterilerinin bakır yüzeyler üzerinde etkisi hale geldiği görülmüştür.

Yapılan laboratuvar araştırmalarının temelinde 2005 yılında yapılan bir klinik deneyinde seçilen iki hastane bölümündeki yüzeyler bakır veya pirinç folyolarla kaplanmıştır. Bakır alaşımlarının laboratuvar deneylerinde tespit edilen antimikrobiyel etkisi klinik ortamda da onaylanabilmiştir. Hatta enfeksiyon sayısının azalmasında da büyük rol oynadıkları gözlemlenmiştir.



Hastane odası, Hospital del Cobre, Calama, Chile



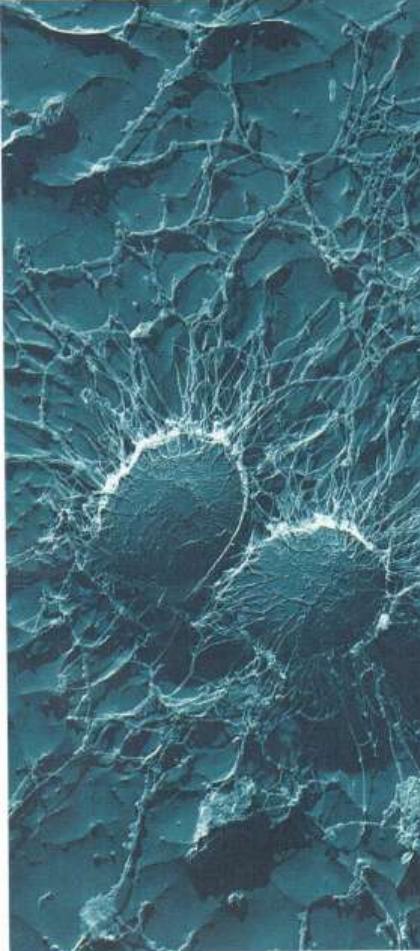
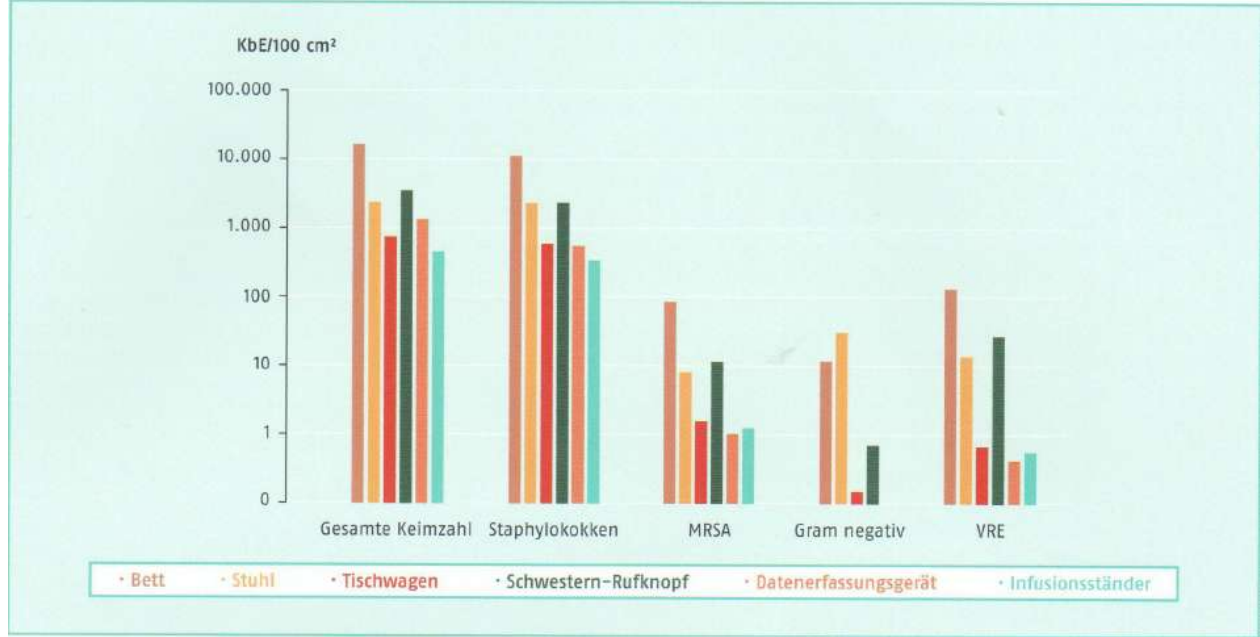
Mikro organizma	Bakır üzerindeki Log azalması (KbE/ml)	Asal çelik üzerindeki Log azalması (KbE/ml)	
E. coli (ESBL)	>5	0	 <p><i>Staphylococcus aureus</i></p> <p>ve bakır kullanılan bölgelerde: 3.301 KbE/100 cm<sup>2</sup>). Özellikle yataklarda (-%99), sandalye kollarında (-%38), düğmelerde (-%90) ve infüzyon desteklerinde (-%67) mikrop sayıları azalmıştır.</p>
S. aureus (MSSA)	>5	0	
EMRSA 15	3,8	0	
EMRSA 16	4,5	0	
E. faecium	3,7	0	
C. albicans	>5	0	
K. pneumoniae	>5	0	
A. baumannii	>4,1	0	
<p><i>Tabela 1: Birleşik Krallık Selly Oak Kliniğinde yapılan deneyler: bakır ile asal çelik yüzeyler arasındaki koloni oluşturan birim redüksiyonuyla ilgili karşılaştırma</i></p>			
<p><b>Selli Oak Copper Clinical Trial, Büyük Britanya</b> Birmingham'daki Selly Oak hastanesinde bakırın hastane çevresindeki kontaminasyonları azaltma özelliği incelenmiştir. Deneyler hem bakır hem de standart malzemelerle donatılmış genel hastalıklar bölümünde gerçekleştirilmiştir. 2007'den bu yana "bulaştırıcı aracı" olarak nitelendirilen tüm yüzeyler (örn. tırabzanlar, tuvaletler, kapı düğmeleri, kapı kolları, armatürler vs.) değiştirilmiş ve patojen mikrop kontaminasyonu ile ilgili olarak normalde kullanılan malzemelerle karşılaştırılmıştır. İlk deney periyodunda armatürler, kapı düğmeleri ve tuvalet oturaklarına odaklanılmıştır. Örnekler beş haftalık bir süre boyunca iki örnek sürecinde haftada bir kere alınmıştır. Deney sonuçlarına göre bakır nesnelere kontrol grubuna kıyasla mikroplarda %90-100 arasında azalma görülmüştür.</p>	<p>Bakır kullanımından dolayı enfeksiyon oranlarında meydana gelen azalmayı tespit edebilmek için daha fazla deney yapılması gerekir (9).</p> <p><b>Çeşitli klinik deneyleri, ABD</b> ABD'de savunma bakanlığı tarafından New York City ve Charleston, South Carolina'da bulunan üç kliniğin yoğun bakım istasyonunda büyük bir araştırma projesi başlatılmıştır. Bu projede de yine yataklar, sandalyeler, düğmeler gibi sık temas bölgeleri bakır malzemelerle değiştirilmiştir (bakır oranı %70 – 99,9). Dokuz haftalık ilk gözetleme sürecinde bu nesnelere ile normalde kullanılan nesnelere hammadde üzerindeki mikrop yerleşim oranları incelenmiştir (10). Bu esnada yoğun bakım istasyonunda bakır ile donatılmış nesnelere patojen mikrop sayısının yaklaşık %87 oranında azaldığı görülmüştür (bakır kullanılmayan bölgelerde: 26.927 kbE/100 cm<sup>2</sup>)</p>		
<b>Nesne</b>	<b>Kontrol yüzeyi cm<sup>2</sup> başına düşen KbE</b>	<b>Bakır yüzey cm<sup>2</sup> başına düşen KbE</b>	
Tuvalet oturağı üst kısmı (saat 7)	87,6 (9-266,4)	2,1 (0-38,4)	
Tuvalet oturağı üst kısmı (saat 17)	64,5 (28,2-254,4)	1,2 (0-23,4)	
Tuvalet oturağı alt kısmı (saat 7)	10,8 (0-101,4)	0 (0-4,2)	
Tuvalet oturağı alt kısmı (saat 17)	1,5 (0-121,8)	0 (0-4,2)	
Kapı düğmesi (saat 7)	1,8 (0-7,8)	0 (0-0,6)	
Kapı düğmesi (saat 17)	0,6 (0-3,6)	0 (0-1,2)	
Sıcak su armatürü (saat 7)	6,6 (0-50,4)	0 (0-3)	
Sıcak su armatürü (saat 17)	3 (0-36)	0 (0-39)	
Soğuk su armatürü (saat 7)	7,5 (0-87)	0 (0-3)	
Soğuk su armatürü (saat 17)	4,5 (0-51)	0 (0-3)	

Tabela 2: Birmingham'daki Selly Oak Kliniğinde yapılan deneyler: Kontrol yüzeyleriyle bakır yüzeyler arasındaki mikrop yerleşim karşılaştırması. KbE- yoğunluğuna ait ortalama değerler ve bunlara ait değerlendirme aralıkları (parantez içinde) belirtilmiştir.



Toplam mikrop sayısı Staphylococcen MRSA Gram negatif VRE

Yatak – sandalye – tekerlekli sehpa – hemşire çağrı düğmesi – veri kayıt cihazı – infüzyon desteği

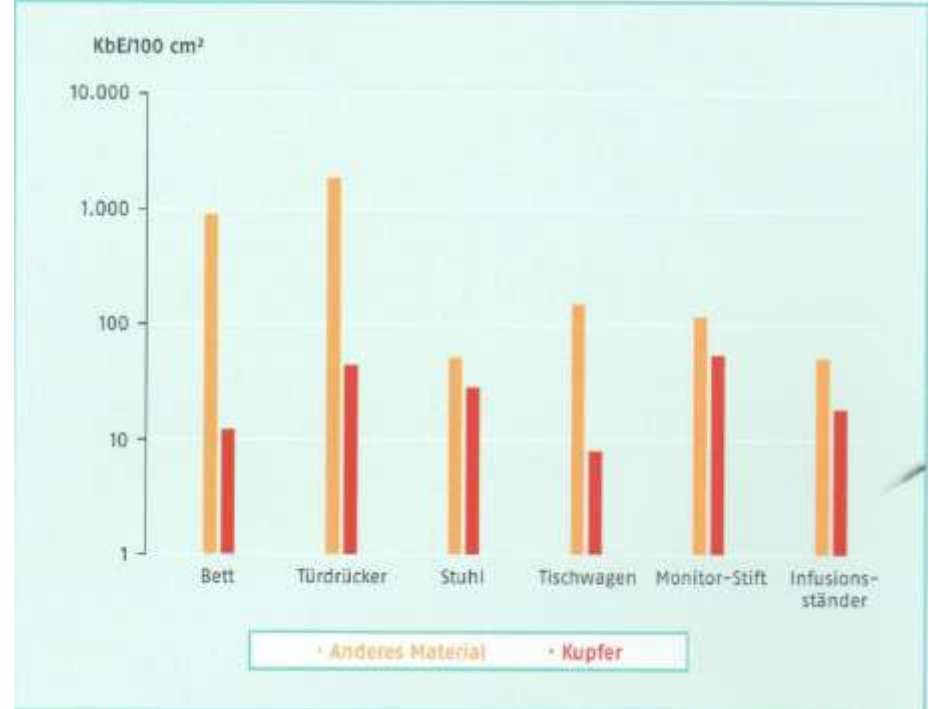
Grafik 4: ABD'de yapılan hastane deneyleri: Amerikan yoğun bakım istasyonlarındaki yüzeylerdeki mikrop yerleşim oranları (10)

S. aureus en sık rastlanan bakteri olmuştur. Şuana kadar kullanılan donatım hammaddelerinde MRSA ve VRE bulunmuş, ancak bakır üzerinde bu mikroplara hiç rastlanmamıştır.

**Hospital del Cobre, Şili**  
Klinik deneyleri oldukça kuru (yarı çöl) olan bir bölgedeki bir hastanenin yoğun bakım istasyonunda yapılmıştır. Eskiden veri kullanılan çeşitli hammaddelerin yerine bakır ürünler kullanılmıştır. Araştırmalar 30 hafta boyunca devam etmiş ve %7,2 – 19,7 arasında hava nem oranına sahip tüm hastane odalarını kapsamıştır. Burada da yine bakır alışımından oluşan nesnelere üzerindeki mikrop sayısının %92 oranında azaldığı kanıtlanabilmiştir. Bakır hammaddelerden oluşan yoğun bakım odalarındaki ortalama mikrop sayısı 1.851 KbE/100 cm<sup>2</sup>

şeklindeyken bu rakam eskiden beri kullanılan hammaddelerin kullanıldığı odalarda 11.620 KbE / 100 cm<sup>2</sup> şeklindeydi. Gram negatif mikropların sayısı bakır üzerinde

%74-100 arasında azalmıştır (11.)



Grafik 5: Şili'deki bir hastanede yapılan deney: Staphylococcus aureus'un 09.06.2009 – 29.12.2009 arasındaki ortalama mikrop sayısı (logaritmaya dikkat edin). Karşılaştırma: Bakır – diğer hammaddeler (11)

## **Bakırın etki etme şekli**

### **Bakır bakterileri nasıl etkisizleştirmektedir?**

Malzeme yüzeyiyle bakteri arasında meydana gelen doğrudan temasın sonucunda bakterinin dış hücre zarı parçalanır, daha sonra da hücre besin ve su kaybına uğrar. Bunun üzerine malzemeden açığa çıkmış potansiyel bakır iyonlar da kolayca hücre içine girer.

### **Hücre zarı nasıl parçalanıyor?**

Tüm dış zarlar (bakteriler gibi organizmaların ki de dahil olmak üzere) stabil elektrikli bir mikro potansiyel ile karakterize edilir. Bu “zar potansiyeli” hücrenin iç ve dış kısmındaki gerilim farklılıklarından dolayı oluşur. Metabolizma uzmanlarına göre bu stabil elektrik potansiyelinin, bakır ile hücre teması sırasında parçalandığını ve bundan dolayı da hücre zarının zayıfladığını düşünmektedir. Bunun sonucunda da zar üzerinde “delikler” oluşur.

Bölgesel oksidasyon şeklindeki başka bir mekanizma, malzeme yüzeyinden açığa çıkmış bakır iyonlarıyla yürütülebilir. Bu sayede hücre zarının “yapı taşlarına” (proteinler veya yağ asitleri) saldırılır. Eğer çevrede oksijen varsa bir “oksidasyon hasarı” meydana gelir. (Burada “pas oluşumu” (oksidasyon) ile metal parçalar üzerinde oluşan delikler karşılaştırılır).

### **Hücre zarı zarar gördükten sonra ne oluyor? Bakır iyonları hücre içine girdikten sonra nasıl etki ediyor?**

Bakterinin “dış savunma hattı” (yani hücre zarı) parçalandıktan sonra bakır iyonları rahatça hücre içerisine hücum eder. Normalde yaşam için çok önemli olan bakır iyonlarının etkisi çok fazladır. Bu nedenle de hücrenin yaşamı için çok önemli olan fonksiyonlar (enzim tarafından kontrol edilen metabolizma süreçleri) etkisiz hale getirilir veya tamamen yok edilir. Bakteri bu durumda artık “soluyamaz”, “beslenemez”, “sindiremez” veya yaşamı için gereken enerjiyi üretemez.

### **Bakır bu denli fazla sayıdaki mikro organizmalara karşı nasıl bu kadar çabuk etki edebilir?**

Bakterinin bakır metabolizmasını inceleyen uzmanlara göre bakır yüzey bir bakteriyle çok büyük bir hızla etkileşime girerken (bakteriler genelde birkaç dakika içerisinde etkisiz hale getirilmektedir) aynı zamanda da hücre moleküllerine (“çoklu hedef”) etki etmektedir. Hücre zarı parçalandıktan sonra bakır her türlü enzimi etkisiz hale getirebilir. Bu şekilde de hücrenin kendi içindeki besin transferi, hücre tamiri veya çoğalması gibi olanakları yok edilir.

Bakırın bu “çok yönlü işlevleri” aynı zamanda bakırın muazzam geniş bant etkisi şeklinde yorumlanmaktadır. Hakikaten de incelenen tüm mikroorganizmalar yaşama kabiliyetlerini yitirmiştir.

## 5. Özet

Demografik ve tıbbi gelişmelerden dolayı antibiyotikler tarafından tedavi edilebilen enfeksiyonların sayısı önümüzdeki yıllarda kısıtlı kalacak veya hiç artmayacaktır. Bu durum sağlık ekonomisine büyük zorluklar çıkarmaktadır ve dolayısıyla da yenilikçi bir takım MRSA çözümleri gereklidir. Robert-Koch enstitüsünün önerdiği gibi standart hijyen tedbirlerinin dikkate alınmasının yanı sıra masif antimikrobiyel bakırdan oluşan nesnelerin kullanımı da patojen mikropların yayılmasına karşı alınabilecek ek bir çözümdür. Klinik ortamda kesinleşen bazı araştırma sonuçlarına göre, laboratuvarlarda elde edilen bilgiler hakiki, dünyaya

da aktarılabilmektedir. Başka araştırmalarla bakırın ve pirinç ve bronz gibi bakır alaşımlarının etkileri incelenmelidir. “Antimikrobiyel nesnelere” isimli kalite birliği, bakır alaşımlardan meydana gelen ve dolayısıyla da bakırın antimikrobiyel özelliklerine sahip olan nesnelerin incelenmesini sağlamaktadır.

Hastane çevrelerinde (birçok çevrede olduğu gibi) mikroplar hastaların, personelin ve ziyaretçilerin birbirleriyle ve mikroplu cihazlar ve yüzeylerle temas etmeleri nedeniyle yayılmaktadır. Çünkü bir hastanenin ıssız ve kimsenin giremediği

bölgeleri bile mikroplarla kaplıdır ve dolayısıyla da aslında bu bölgelerde de hayat vardır. Buna göre hastalara yakın veya uzak olan tüm cihazlar üzerinde çeşitli bakteriler bulunmaktadır, hatta bunlardan bazıları enfeksiyon patojenleridir. Hasta çevresindeki bakteriler, başka vücutlarla temas ettiğinde enfeksiyon riski oluşturabilir. Dolayısıyla da açık yaralar ve invazif tıp tekniğinin uygulandığı bölgeler, genelde önceleri zararsız olan vücutta has bakterileri normalde bakteri bulunmayan vücut bölgelerine taşır. Nözokomiyal patojenlerin en bilinenleri P. Aeruginosa, E. Coli, Enterokokken ve özellikle de Staphylococcus aureus (S. Aureus).

