

İNCELEME MAKALESİ AÇIK

Check for updates

Kentsel biyoçeşitlilik ve iklim değişikliğinin çocukların sağlığı ve refahı üzerindeki etkisi

Hana Seastedt^{1,2}, Jackson Schuetz¹, Alexandra Perkins³, Morgan Gamble² ve Aki Sinkkonen⁴

© Yazar(lar) 2024

Son yıllarda, biyoçeşitlilik kaybı gezegen ve insan sağlığını büyük ölçüde etkilemiştir. Çocuklar, benzersiz biyolojik, gelişimsel ve davranışsal faktörlerin yanı sıra genç yaşlarının bir fonksiyonu olarak değişmiş bir gezegene daha uzun süre maruz kalmaları nedeniyle olumsuz etkilere karşı ek risk altındadır. Bu etkiler, hassas sosyoekonomik koşullarda yaşayan çocuklar için daha da artmaktadır. Burada, biyoçeşitlilik kaybının iklim değişikliğinin sonuçlarını hızlandırmadaki rolünü çocuk sağlığı perspektifinden gözden geçiriyoruz. Biyoçeşitliliğin iklim değişikliğinin sonuçlarına karşı koruyucu rolünü kaybetmesiyle birlikte, değişen gezegenin olumsuz etkileri çocuk sağlığını etkilemektedir. Örneğin, ağaçlar sıcak hava dalgalarına karşı barınak sağlar, mühürlenmemiş toprak ve sulak alanlar sel baskınlarını azaltır ve yeniden doğaya kazandırılmış yeşil alanlar yüksek mikrobiyal zenginliğe ev sahipliği yapar ve sonuç olarak bağışıklık ve ruh sağlığını destekler. Biyoçeşitlilik kaybının etkileri, yeni ilaçların keşfedilmesini ve geliştirilmesini ve dolayısıyla bir bütün olarak çocuk tıbbının geleceğini etkileyebilir. Ayrıca, yerel pediatrik nüfusun mevcut ve gelecekteki sağlığını iyileştirmek amacıyla biyoçeşitliliği yeniden tesis etmek için daha fazla çalışma yapılması gereken alanları vurguluyor ve gösterilen çabaları detaylandırıyoruz.

Pediatric Research; <https://doi.org/10.1038/s41390-024-03769-1>

ETKİ:

- Biyoçeşitlilik kaybı, gezegenin sağlığını ve orantısız bir şekilde çocuk sağlığını etkileyen hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir.
- Bu rapor, iklim değişikliğinin çocuk sağlığı üzerindeki etkisini hızlandırmada biyoçeşitlilik kaybının rolünü açıklamakta ve özellikle hassas nüfusları vurgulamaktadır.
- Bu makale, bu popülasyonları ve genel olarak çocuk sağlığını korumak için yerel ve küresel düzeyde biyoçeşitliliği korumak ve eski haline getirmek için atılabilecek adımları detaylandırmaktadır.

GİRİŞ

Biyoçeşitlilik, canlı organizmalar ve içinde yaşadıkları ekosistemler arasındaki değişkenliği ifade eder.¹ Sağlıklı çocuklar, oksijen üretmek, atmosferik karbonu tutmak, organik üst toprak oluşturmak, selleri önlemek ve ekinleri tozlaştırmak dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere çok sayıda dolayı biyoçeşitliliğe ve iyi işleyen ekosistemlere güvenirlir. Ne yazık ki, Dünya'daki biyolojik çeşitlilik hızlı bir düşüş içindedir. İzlenen yaban hayatı popülasyonları tarafından tahmin edildiği üzere, 1970 yılından bu yana dünya genelinde biyoçeşitlilikte yaklaşık %69⁽²⁾ uk bir azalma olmuştur. (Yakın tarihli bir rapor, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki türlerin ve ekosistemlerin üçte birinden fazlasının, bitki türlerinin %34'ü, hayvan türlerinin %40'ı ve ekosistemlerin %41'i dahil olmak üzere yok olma riski altında olduğunu ortaya koymuştur.)⁽³⁾ Biyoçeşitlilik kaybı, iklim değişikliğinin sonuçlarını hızlandırmakta ve çocuk sağlığını doğrudan etkilemektedir.

Biyoçeşitliliğin kaybı, insan sağlığı üzerinde yıkıcı etkileri olan iklim değişikliğini ilerletmekte ve çocuklar üzerinde orantısız bir yaratmaktadır. İklim değişikliği, mikrobiyal çeşitlilik, yeşil alan, ortalama küresel sıcaklık ve hava kirliliği üzerindeki yoluyla çocuk sağlığını etkilemekte ve özellikle savunmasız nüfuslar üzerinde daha büyük bir etki yaratmaktadır.⁽⁴⁾ Şekil 1, hızlandırılmış etkileri özetlemektedir

biyoçeşitlilik kaybı nedeniyle iklim değişikliğinin çocukların sağlığını olumsuz etkilemesi. Bu makale, bu çeşitli düğümlerin çocuk sağlığının geleceğini nasıl doğrudan etkilediğini araştıracaktır. Bu derleme makalesi, biyoçeşitlilik kaybının çocuk sağlığı sonuçları üzerindeki etkisine ilişkin mevcut yayınlanmış literatürü özetlemektedir. Dahil literatür, biyoçeşitliliğin pediatrik sağlığı etkilediği çeşitli ve farklı yolları özetleyen hem nitel hem de nitel çalışmaları temsil etmektedir.

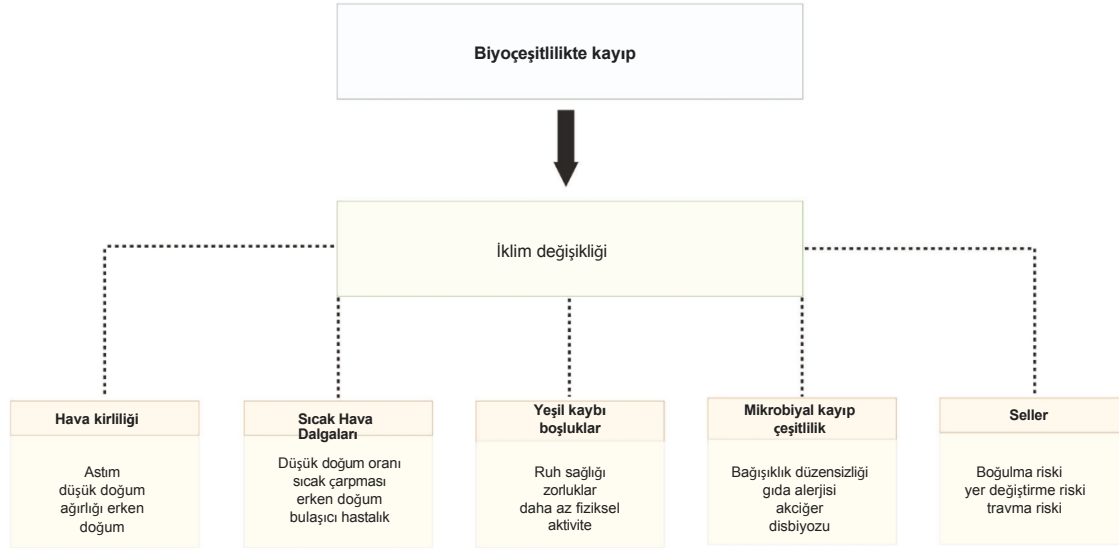
MIKROBIYAL ÇEŞİTLİLİK KAYBI

Biyoçeşitliliğin bağışıklık sisteminin gelişiminde ve gıda alerjileri ile solunum yolu enfeksiyonlarının gelişiminde doğrudan rol oynadığını gösteren güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Mikrobiyal çeşitlilik kaybı da dahil olmak üzere biyoçeşitlilik kaybı, daha yüksek alerjik ve enflamatuvar bozukluk prevalansı ile ilişkilendirilmiştir.⁵ "Biyoçeşitlilik hipotezi", doğal ortamlarla temasın insan mikrobiyomunu zenginleştirdiğini, bağışıklık dengesini desteklediğini ve alerji ve enflamatuvar bozukluklardan koruduğunu belirtmektedir.⁵ Biyoçeşitlilik hipotezi iki kaynağı tanımlamaktadır; eksojen (toprak, su, bitkiler, hayvanlar) ve

¹Sean N. Parker Alerji ve Astım Araştırmaları Merkezi, Stanford Üniversitesi, Palo Alto, CA, ABD. ²Loyola Stritch Tıp Fakültesi, Maywood, IL, ABD. ³Pediatric Bölümü, Washington Üniversitesi, Seattle, WA, ABD. ⁴Finlandiya Doğal Kaynaklar Enstitüsü (Luke), Turku, Finlandiya. ⁵e-posta: aki.sinkkonen@luke.fi

Alındı: 31 Mayıs 2023 Revize: 19 Ekim 2024 Kabul edildi: 10 Kasım 2024

Published online: 21 December 2024



Şekil 1 Dünya genelinde çocuk sağlığı sonuçlarını nihai olarak etkileyen çeşitli biyoeşitlilik düğümleri.

endojen (deri, bağırsak, solunum yolları), bunlar toplu olarak bağışıklık sağlığını etkiler.⁵

sağlıklı çocuklar arasında yapılan son müdahale denemeleri, mikrobiyal biyoeşitliliğe günlük maruziyetin, çocukların düzenli olarak biyoeşitliliğe sahip toprak ve bitki örtüsüne dokunduğunda interlökin-10'da (IL-10; immünolojik toleransta rol oynayan bir anti-inflamatuar sitokin) olumlu bir değişiklik gibi bağışıklık düzenlemesiyle ilişkili olduğunu biyoeşitlilik hipotezini desteklemiştir⁶⁻⁽⁹⁾ Ancak, bu denemelerin coğrafi bölgesi ve biyoeşitlilik müdahale denemelerinin gerçek hastalık insidansı üzerindeki etkisi henüz araştırılmamıştır. Bu boşluk, biyoeşitliliğin mevcudiyeti ve hastalık insidansı üzerine yapılan korelatif çalışmalarla kısmen doldurulmuştur.

Finlandiya'da yaşayan 14 ila 18 yaşındaki çocuklar üzerinde yapılan bir çalışmada, atopik bireylerin evlerinin çevresinde çok daha düşük çevresel biyoeşitliliğe sahip oldukları ve bunun ciltlerindeki bakterilerde daha düşük çeşitlilikle ilişkili olduğu bulunmuştur. Spesifik olarak, bu atopik popülasyonunda sağlıklı bireylere kıyasla IL-10 azalmıştır.⁹ Başka bir çalışmada, Finlandiya ve Estonya'da 6 ay ile 20 yaş arasındaki dört çocuk analiz edilmiş ve çocukların evlerini çevreleyen orman ve tarım arazisi miktarının atopik hassasiyetle ters orantılı olduğu belirlenmiştir.¹⁰ Ancak bu çalışmada, bir arazi örtüsü türü içinde park yaşı veya çeşitli bitki örtüsü katmanları gibi saha özellikleri dikkate alınmamış ve çocukların yeşil alanla olan benzersiz etkileşimleri de göz önünde bulundurulmamıştır. İlginç bir şekilde, Avustralya'da yapılan bir çalışmada, araştırmacılar okul çocuklarının cilt mikrobiyomunu dezenfektan mendillerle bozduklarında, yeşil alanlara maruz kalmanın ve daha geniş anlamda artan biyoeşitliliğin, maruz kalmanın kapalı sınıfla sınırlı olduğu duruma göre daha hızlı ve daha eksiksiz bir mikrobiyal iyileşme sağladığı bulunmuştur. Ormanda zaman geçiren (45 dakika) çocukların cilt mikrobiyotası, iç mekandaki akranlarınınkine kıyasla daha çeşitli bulunmuş ve bu etkiler zamanla daha da artmıştır.¹¹ Bu çalışmalar birlikte ele alındığında, mikrobiyal biyoeşitlilikle yakın temasın bağışıklık düzenlemesi üzerinde önemli faydaları olduğunu göstermektedir. Hem immünolojik hem de mikrobiyal değişikliklerin devam etmesi koşuluyla, mikrobiyal çeşitliliğe maruz kalmanın alerji gelişimini önlemesi muhtemeldir. Biyoeşitlilik, atopik hassasiyet ve alerjileri birbirine bağlayan korelatif çalışmaların belirsizliğini ortadan kaldırmak için hastalık insidansına odaklanan uzun vadeli biyoeşitlilik müdahale denemelerini teşvik ediyoruz.

Gastrointestinal sistem (GI) veya bağırsak, en az 160 farklı türden kabaca 100 trilyon mikrop barındırır ve bu da bir iç organ oluşturur.

bağışıklık yanıtının aracılığını ve bağışıklık toleransının gelişimini kolaylaştıran mikrobiyom. Biyoeşitliliğin azalmasının bir yan ürünü olan bağırsak mikrobiyomu disbiyozu, alerjik, enflamatuar ve otoimmün hastalıkların gelişimini de güçlendirebilir.¹² Erken mikrobiyota kolonizasyonu, adaptif ve doğuştan gelen bağışıklığı kritik bir şekilde etkiler; mikrobiyota kompozisyonunun bozulması, çocukları etkileyen ve genellikle yetişkinlikten önce gelen alerji ve bağışıklık fonksiyon bozukluğu ile bağlantılıdır.¹³ Boylamsal bir gelişim çalışması, daha düşük mikrobiyal zenginliğe ve spesifik mikrobiyotada dengesizliğe sahip bebeklerin (örn, Enterobacteriaceae to Bacteroidaceae (E/B) oranı ve Ruminococcaceae bolluğu) 3 aylıkken gıda hassasiyeti olasılığında iki kat artışla ilişkiliydi.¹⁴ 12 aylıkken, gıda hassasiyeti artık bağırsak zenginliği ile ilişkili değildi, ancak hassaslaşmış bebekler daha yüksek E/B oranı ve düşük Ruminococcaceae bolluğu ile tanımlandı. Bu durum, yaşamın erken döneminde dış kaynaklı mikrobiyota kaynaklarına maruz kalmanın kritik önemini vurgulamakta ve bağırsak zenginliği ile gıda alerjisi gelişimi arasındaki potansiyel ilişkiyi ortaya koymaktadır.¹⁴ Dışkı nakli ve probiyotik takviyesi kullanan çalışmalar, bağırsak geçirgenliği, immünolojik bariyer işlevi ve mikrobiyota biyoeşitliliğinin restorasyonu yoluyla alerjik hastalığın önlenmesi ve tedavisinde umut vaat ettiğini göstermiştir. Şimdiye kadar yayınlanmış çalışmaların sınırlılıkları arasında, gıda alerjisinin doktor tarafından teşhis edildiği ebeveyn raporlu vakaların genellikle deri testi negatif olması yer almaktadır. Genç yaşta gıda alerjisi tanısının belirsizliği, gıda duyarlılığının ve klinik gıda alerjisinin kalıcılığını takip etmek için uzunlamasına analiz gerektirir. Sonuçlar nedensel bir ilişkiye işaret etse bile, çevresel faktörler de mikrobiyotanın disbiyozunu ve gıda hassasiyetini etkileyebilir.¹⁵ Bununla birlikte, biyoeşitlilik kaybı ve iklim değişikliği açısından bakıldığında, dışkı nakli ve probiyotikler iyileştirici değildir. Bu nedenle, kentsel ortamlar bu tür hastalıkların önlenmesini kolaylaştırmalı ve

biyolojik çeşitlilik ile günlük yakın temasları teşvik edin.¹⁶

Ayrıca, akciğer ve hava yolu disbiyozu, solunum yolu viral enfeksiyonu ve astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı ve kanser gibi hastalık patogeneziyle ilişkilidir ve vaka şiddetini artırdığı bilinmektedir. Akciğer disbiyozu, şiddetli akut solunum sendromu koronavirus 2 (SARS-CoV-2)¹⁷ ile enfekte hastalarda hastalık şiddetini etkileyebilir ve optimal mikrobiyal içeriğin ve çevre ile simbiyotik ilişkisinin korunmasının önemini vurgular. Kentsel hava mikro biyomu, yakındaki yeşil alan artırılarak zenginleştirilir, ancak bu mümkün değilse, iç mekan bahçeciliği ve yeşil duvarlar geçici çözümler olarak kullanılmıştır.¹⁸⁻⁽²⁰⁾

YEŞİL ALANLARIN AZALMASI

Yeşil alanlar ve yeşil alanların görsel teması daha fazla ruh sağlığı ile ilişkilendirilmiştir. Doğayla temas ve çocuklar üzerine yapılan 296 çalışmanın sistematik bir incelemesinde, doğayla temas ile çocukların bilişsel, davranışsal ve ruh sağlığı arasında olumlu bir ilişki olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunmuştur.²¹ Bu çalışmaların çoğu, doğayla temas ile çocukların dikkati ve ruh hali arasında olumlu bir ilişki olduğunu göstermiş, doğayla temasın dikkat eksikliği/ hiperaktivite bozukluğu (DEHB) ve anksiyete depresyon gibi ruh hali bozuklukları olan çocukların bakımına yardımcı olabileceğini düşündürmüştür.²¹ Deneysel bir çalışmada, doğal manzaralara bakan sınıfların lise öğrencilerinde stresi azalttığı ve dikkati artırdığı gösterilmiştir.²² Diğer çalışmalar, daha fazla bitki türü çeşitliliğine ve kuş türlerinde daha fazla çeşitliliğe maruz kaldıklarında yetişkinlerde fizyolojik stresin azaldığını göstermiştir.²³⁻⁽²⁷⁾

Birçok çalışma, yüksek biyoçeşitliliğe sahip doğa alanlarının ameliyat veya hastalıktan iyileşirken daha fazla onarıcı yetenekle ilişkili olabileceğini öne sürmüştür.²⁸ Yeşil alana yakınlık, hırıltılı solunum ve bronşitin azaltılması yoluyla pediatrik solunum sağlığının iyileştirilmesiyle ilişkilendirilmiştir.²⁸ Yetişkinlerde, çalışmalar hastane pencereleri doğal bir manzaraya bakan hastaların ameliyattan sonra tuğla duvara bakanlara göre daha hızlı iyileştiğini bulmuştur. Diğer çalışmalarda, iç mekan bitkileri hastanede yatış sürelerini, ağrıyı ve ağrı kesici ilaçların kullanım sıklığını azaltmıştır.²⁶ Mevcut araştırma bulgularının daha fazla öz rapor olmayan verilerle desteklenmesi gerekmektedir, çünkü yayınlanan birçok çalışma, özellikle çocuklardan ziyade öncelikle yetişkinlere odaklanan gözlemsel ve kesitsel verilerden oluşmaktadır.

Doğayla temas aynı zamanda çocuklarda kilo yönetimi ve kardiyorespiratuar zindeliğe yol açan artan fiziksel aktivite de dahil olmak üzere sağlıklı davranışları teşvik eder. Fyfe-Johnson ve diğerlerinin bulgularına göre 88 gözlemsel çalışmadan 71'i doğa ile temas ve çocuklar için fiziksel aktivite arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Büyük bir çalışmada, parkı olmayan mahallelerde yaşayan çocukların obez, aşırı kilolu, fiziksel olarak inaktif olma ve yetersiz uyku alma olasılıklarının daha yüksek olduğu bulunmuştur.²⁹ Başka bir çalışmada, düşük gelirli ilkokullarda bahçecilik müdahalelerinin etkinliği araştırılmıştır. Bahçe programlarına katılan çocukların fiziksel aktiviteleri kontrol okullarındaki çocuklara kıyasla artmıştır.²¹ 3-5 yaş arası kreş çocukları arasında yapılan bir başka müdahale çalışmasında, standart bahçelerin biyolojik çeşitliliğe sahip yeşil alanlara dönüştürülmesi refah, oyun ve çevresel ilişkiler sağlamıştır.³⁰ Yetişkinlerde yapılan bazı çalışmalar, daha fazla bitki türüne sahip ortamlarda kendi bildirdikleri fiziksel aktivitenin arttığını göstermiştir.³¹

Özetlemek gerekirse, yeşil alan miktarının, örtüsü ve toprakla temasın artırılması sadece sağlıklı davranışları teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda onarıcıdır ve çocukların ruh sağlığını iyileştirmeye yardımcı olur. Faydalara ilişkin kanıtlar ikna edici olsa da, yeşillendirme ve yeniden doğallaştırma müdahalelerine katılan binlerce çocukta oluşan büyük müdahale denemeleri, yeşil alanın çocuklar üzerindeki faydalarının derinlemesine analiz edilmesini kolaylaştıracaktır.

ORTALAMA KÜRESEL SICAKLIK: SICAK HAVA DALGALARI VE SEL BASKINLARI

Biyoçeşitlilik kaybıyla vurgulanan iklim değişikliğinin, ortalama küresel sıcaklık artışına katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir.

1850-1900'lere kıyasla 2011-2020 yılları arasında 1,1 °C ve sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarının sıklığı artmıştır.³² Aşırı sığağa maruz kalmanın yarattığı stres, çocukların olumsuz olaylara maruz kalma riskini artırmaktadır. Çocukların doğmadan önce aşırı sıcakların olumsuz etkilerine maruz kaldığına dair kanıtlar bulunmaktadır; aşırı , özellikle düşük sosyoekonomik sınıftaki kadınlarda erken doğum oranlarının artması, düşük doğum ağırlığı veya ölü doğum olasılığının ile ilişkilendirilmiştir. Isı stresi aynı zamanda

³³ Bebekler etkili bir şekilde termoregülasyon yapamazlar ve büyük çocuklar dışarıda yetişkinlerden daha fazla zaman geçirirler ve bu nedenle sıcak dalgalarının stresine daha yatkındırlar.³⁴ Sıcak dalgalarının ayrıca çocukların sıcak çarpması, dehidrasyon ve öğrenmede azalma yaşama riskini artırdığı belirtilmektedir.³⁵⁻⁽³⁷⁾ Biyoçeşitlilik başına sıcak hava dalgalarından korumaz, ancak bitki örtüsünü, özellikle de ağaçları ve ormanları yapıyı çevreye entegre eden iklimle duyarlı kentsel planlama aşırı sıcak hava dalgalarının sonuçlarını hafifletebilir.³⁸

Şiddetli sel ve fırtınalar gibi diğer aşırı hava olaylarının 21. yüzyıl ilerledikçe çocuk sağlığı üzerindeki etkilerinin artacağı tahmin edilmektedir; fırtınalar ve sel boğulma, yerinden edilme, psikolojik travma ve ardından gelen ruh sağlığı sekelleri riskini artırmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde sel riskinin 2050 yılına kadar %26,4 oranında artacağı tahmin edilmektedir.³⁹ Aşırı sıcaklarda olduğu gibi, olumsuz etkiler ilk olarak ve en şiddetli şekilde düşük gelirli topluluklarda hissedilecektir.³⁹ Haliçlerin ve sulak alanların oluşturulması yoluyla kısa ve nehirler boyunca ekosistemlerin restorasyonu, şiddetli sel, fırtına dalgaları, toprak kaymaları ve bir dereceye kadar deniz seviyesinin yükselmesinin etkilerini hafifletebilir, böylece çocuklar için sağlık sonuçlarına karşı tampon oluşturabilir.⁴⁰⁻⁴²

ORTALAMA KÜRESEL SICAKLIK: BULAŞICI HASTALIKLAR

Isınan dünya, sivrisinekler ve diğer vektörler yaşam genişlettikçe, dang humması ve Zika virüsü gibi çok sayıda vektör kaynaklı hastalığın coğrafi yayılımında artışa yol açmıştır.⁴³ DSÖ, 2021'den 2022'ye kadar Amerika'da bildirilen dang vakalarında iki kat artış olduğunu ve chikungunya için de benzer bir eğilim olduğunu iddia etmiştir.^{44,45} Genel kıyasla çocuklar, olgunlaşmamış bağışıklık sistemleri nedeniyle birçok bulaşıcı hastalığa karşı daha hassastır. Yıllık ortalama sıcaklığı azaltmaya yönelik yerel çabalar sınırlı olmakla birlikte, böcek vektörlerine karşı biyolojik ajanlar geliştirilmiştir, örneğin Zika ve dang virüslerinin vektörü olan *Aedes aegypti*'ye karşı.

İklim değişikliği ilerledikçe, ortamların bulaşıcı hastalık vektörleri için elverişli olduğu süre de artmaktadır. Örneğin, 2023 EPA İklim Değişikliği ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Çocuk Sağlığı ve Refahı Klinisyen Özeti, ortalama 2°C'lik bir sıcaklık artışında Doğu ABD'deki çocuklar arasında yeni Lyme Borreliosis vakalarında %31'lik bir artış bildirmektedir. Yaklaşık 4°C'lik daha yüksek sıcaklık artışlarında, vaka görülme sıklığının başlangıç seviyesinin %272 üzerine çıkmasından endişe .⁴ Lyme Borreliosis enfekte bir kene aracılığıyla yayılır. Tropikal hastalıkların aksine, keneler belirli bir vektöre ihtiyaç duymazlar, ancak konakçı olarak çok sayıda karasal omurgalı kullanır. Bu nedenle, ısınan dünyayı azaltmaya yönelik önlemlere rağmen, ekosistem restorasyonunun bir sonucu olarak daha da yaygın hale gelebilirler. En iyi uygulama, uygun kıyafetler giymek ve kene ısırıklarını kontrol etmek gibi bireysel yönetim ve izleme yoluyla kene ısırıklarını önlemektir.⁴⁶ Bununla birlikte, kene kaynaklı hastalıkların görülme sıklığı, bulaşıcı olmayan bağışıklık aracı hastalıkların görülme sıklığından çok daha düşüktür.^{47,48} Şimdiye kadar, virüs-vektör-insan zincirinin eko-biyo-sosyal belirleyicilerini dikkate alan entegre bir yaklaşım, vektör kaynaklı hastalıkların çocuk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini sınırlamada en başarılı yaklaşım olmuştur.⁴⁹ Bu durum, bütüncül araştırma girişimlerine ve eylem planlarına daha fazla yatırım yapılması gerektiğinin altını çizmektedir.

HAVA KİRLİLİĞİ

Hava kirliliği biyoçeşitlilik kaybıyla yakından bağlantılıdır çünkü farklı türler kirliliğe farklı şekilde dayanır ve havada yayılan birçok kirletici madde sonunda toprakta birikir. Stresli sıcak hava dalgaları gibi iklim değişikliğinin sonuçlarıyla birlikte, hava kirliliği riskleri özellikle kirliliğin dışında yaşayamayan kırılgan nüfuslar arasında hissedilmektedir.

alanlar. DSÖ'ye göre, hava ve su kirliliği ve toksik maddelere maruz kalma nedeniyle her yıl 5 yaşın altında en az 1,5 milyon çocuk kaybetmektedir.⁵⁰ Hava kirliliği, çocukluk çağında astım gibi çeşitli bulaşıcı olmayan hastalıkların gelişimiyle bağlantılıdır. Çocukların sık sık ellerini ağızlarına götürmeleri, kirleticilere maruz kalma risklerinin artmasına katkıda bulunmaktadır. Çocuklar vücut ağırlıklarına oranla yetişkinlerden daha fazla iştiklerinden, yediklerinden ve nefes aldıklarından, gıda, hava ve suda bulunan kirletici ve toksinlerin daha yüksek bir oranını alırlar.⁵¹ Ayrıca, çocukların daha genç yaşta olmaları ve yaşam boyu daha uzun süre maruz kalmaları nedeniyle çevresel kirleticilere uzunlamasına daha fazla maruz kalmaları, yetişkinlere kıyasla daha büyük sağlık komplikasyonlarına neden olur. Ayrıca, bağışıklık ve hepatorenal sistemlerinin hala gelişmekte olması, onları kirleticilere karşı daha duyarlı hale getirirken toksinleri daha az neden olmaktadır.⁵² Kurşun, cıva ve diğerleri gibi toksinlerin gelişmekte olan organ sistemleri üzerinde olumsuz, uzun vadeli etkileri olduğu bilinmektedir. Örneğin, orman yangını dumanına in utero maruziyet, doğum ağırlığında azalma ve erken ile ilişkilendirilmiştir.⁵¹ Biyokütle ve fosil yakıtların yakılması, araç emisyonları ve orman yangınlarına atfedilen polisiklik aromatik hidrokarbonlara (PAH) maternal maruziyet, fetüs üzerinde in utero epigenetik etkilerle ilişkilendirilmiştir ve bu da çocuğu daha sonra astıma yatkın hale getirmektedir. Benzer şekilde, PAH'lara maruz kalma, alerji ve astımla ilişkili koruyucu bir mekanizma ile güçlü bir şekilde ilişkili bir gen olan IFN- γ 'yı olumsuz etkilemektedir.⁵³

Hava kirliliğinin çocuk sağlığı üzerindeki olumsuz önlemek için etkili yaklaşım kirletici emisyonlarını azaltmaktır. Diğer bir olasılık ise halihazırda kirlenmiş olan su, hava ve toprağın iyileştirilmesidir. Toprak iyileştirmesi yerinde yapılabilir, bu da yerel biyoçeşitliliğin en azından bir kısmını korur,^{54,55} ya da kirlenmiş toprak kazılabilir ve başka bir yerde iyileştirilebilir ya da kapsüllenebilir. Yerinde iyileştirme zaman alıcıdır, kazı ise önemli miktarda ekonomik kaynak gerektirir. Ormanlar hava kirleticilerini verimli bir şekilde filtreleyebilir, ancak filtreleme çoğunlukla seyrek nüfuslu alanlarda gerçekleşir.⁵⁶ Şimdiye kadar araştırmalar, çocuk sağlığı bağlamında bunun verimsiz olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, ağaçların geleneksel olarak hava kalitesini artırdığı varsayılrsa da, bitki örtüsünün kentsel hava kalitesi üzerindeki etkilerinin yakın zamanda yeniden değerlendirilmesi, kentsel bitki örtüsünün kirliliğin giderilmesinde verimsiz olduğu, ağaçların kirleticilerin sokak seviyesinden dağılmasını bile zayıflatabileceği ve hava kalitesinin artırılmasında ana odak noktasının filtreleme değil kirliliğin önlenmesi olması gerektiği sonucuna varmıştır.⁵⁷ Çocuk sağlığı açısından bakıldığında, çocukların biyolojik çeşitliliğe sahip bitki örtüsüyle günlük temasları ortak mikrobiyotayı zenginleştirdiğinden ve bağışıklık düzenlemesini geliştirdiğinden,⁶⁽⁻⁾⁽⁸⁾ yaşam yeniden yabanileştirilmesi, kirliliğin kentsel çevrede de makul bir şekilde başka faydalar sağlamaktadır. Örneğin, yerel olarak geliştirilen kent ormanları artan barksız sağlığı ile ilişkilendirilmiştir⁵⁸ bu nedenle, hava kirliliğinin filtrelenmesini destekleyen kanıtların eksikliğine rağmen, kentsel ortamlarda artan bitki örtüsü ve ağaç miktarı hala yararlı çocuk sağlığı sonuçlarına sahiptir.

BIYOÇEŞİTLİLİK KAYBININ PEDIATRİK TIP ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Biyoçeşitlilik, yeni ilaçların keşfi ve geliştirilmesinde kritik öneme sahiptir. Günümüzde kullanılan birçok ilaç, iyi işleyen ekosistemlerde gelişen bitkilere dayanmaktadır.⁵⁹ DSÖ, temel ilaçların %11'inin bitkilerden elde edildiğini tahmin ederken diğer çalışmalar ABD'de bitkilerinden elde edilen antibakteriyel, antiviral ve antiparazitik ilaçların oranının %75'e yakın olduğunu ortaya koymuştur.^{60,61} Ayrıca, dünyanın büyük bir kısmı bitkilerden elde edilen geleneksel ilaçlara bağımlı devam etmektedir.⁶² Bu ekosistemler yok edildikçe ilaçların üretilmesini sağlayan bitkiler de yok olmaktadır. Tahminler, biyoçeşitlilik kaybı nedeniyle her iki yılda bir en az bir önemli ilacın keşfinin kaçırıldığını göstermektedir.⁶³ Köklü ilaçlardaki kıtlıkların yanı sıra tedavi seçeneklerinin keşfindeki düşüşün, gelecekte kritik ilaçlara bugünkünden daha az erişimi olabilecek çocuklar üzerinde olumsuz bir etkisi olması muhtemeldir.

ETKİ AZALTIMA STRATEJİSİ OLARAK EKOSİSTEM RESTORASYONU Ekosistem restorasyonu ve özellikle de yeniden yabanileştirme, yani biyolojik çeşitliliğe sahip olmayan mahallelerde biyolojik çeşitliliğe sahip ekosistemlerin kurulması, biyolojik çeşitlilik kaybının etkisini hafifletmek ve çocuklar için ekosistem hizmetleri sağlamak için oldukça umut verici bir stratejidir. Örneğin, bitki örtüsü sel baskınlarını azaltırken aşırı sıcaklıklardan korunmak için kullanılabilir. Dolayısıyla, biyoçeşitliliğin yeniden tesis edilmesi 21. yüzyılda kritik önem taşıyacaktır. BM, 2021-2030 yıllarını Ekosistem Restorasyonu On Yılı olarak ilan etmiş ve ülkelere "dünya çapında ekosistemlerin bozulmasını durdurma ve tersine çevirme ve başarılı ekosistem restorasyonunun önemi konusunda farkındalık yaratma" çağrısında bulunmuştur.⁶⁴ BM'ye göre, dünya genelinde ekosistemlerin yeniden canlandırılması, 2030 yılına kadar ihtiyaç duyulan iklim değişikliği azaltımının yaklaşık üçte birine katkıda bulunabilir, gelecekteki pandemi riskini azaltabilir ve en az 1,3 milyar insan için gıda güvenliğini artırabilir.⁶⁵

Ekosistem restorasyonu ve yeniden yabanileştirme birçok farklı eylemi kapsamaktadır. Tarım arazilerinde, sağlıklı ekosistemlerin restore edilmesine yardımcı olacak sürdürülebilir tarım uygulamaları arasında tarımsal ormancılık, organik tarım ve iklim-akıllı ve korumacı tarım uygulamaları yer almaktadır. Bu uygulamalar toprak erozyonunun azaltılmasına, toprakta karbon depolanmasının artırılmasına ve ürün mikrobiyal çeşitliliğinin yenilenmesine yardımcı olacaktır.⁶⁵ Kıyı şeridindeki restorasyon, tarımsal akışın su kalitesi ve deniz ekosistemleri üzerindeki etkilerini azaltabilir. Örnek olarak, Cambridge Üniversitesi tarafından geliştirilen Mangrov Restorasyon Potansiyeli Haritasına göre, küresel olarak restore edilmesi kıyı sularına yılda 60 trilyondan fazla genç balık ekleyebilir,⁶⁶ bu da savunmasız çocuk nüfusunun beslenmesine yardımcı olur. Dünyadaki çocukların çoğunun yaşadığı kentsel alanlarda, sağlık faydalarını ve genel biyoçeşitlilik restorasyonunu en üst düzeye çıkarmak için ekosistem ve yeniden yabanileştirme sinerjik yapılmalıdır.

Biyoçeşitliliğin kaybı giderek bir çocuk hakları krizine dönüşmekte ve dünyanın dört bir yanındaki çocukların sağlığını ve güvenliğini tehdit etmektedir. Engelliler, mülteciler ve diğer göçmen topluluklar, konut istikrarsızlığı yaşayanlar ve aile üyelerinden ayrı düşenler de dahil olmak üzere belirli çocuk grupları, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybının olumsuz sağlık etkilerine karşı daha fazla risk altındadır. Bu nedenle, çocukların doğrudan katılımını amaçlayan ekosistem restorasyon projeleri gelecekteki araştırma alanlarından biridir. Daha fazla araştırma ve eylem yapılırken, çocuklar politika ve müdahalelerin geliştirilmesi ve oluşturulmasına doğrudan dahil edilmelidir. Örneğin, Almanya'nın Berlin kentinde bir danışmanlık hizmeti, okul ve anaokulu bahçelerini yeniden doğaya kazandırmak için çocuklarla işbirliği içinde çalışmaktadır. Kuruluşun misyonu, öğrencilerin ve çocukların doğal kaynakların sürdürülebilir bir nasıl geliştirileceğini ve korunacağını öğrenmeleri için fikirlerini tasarlamalarını, planlamalarını ve uygulamalarını sağlamaktır.⁶⁷ Berlin'deki danışmanlık hizmetinin çalışmaları, çocukların karar alma süreçlerine katılımı konusunda bir model teşkil etmektedir; bu katılım, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 13 - İklim Eylemi, 15 - Toprağın Yaşamı ve 17 - Dünya için Ortaklıklar'ın merkezinde yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde son on yılda gençler arasında giderek kötüleşen ruh sağlığı krizi göz önüne alındığında, çocukların daha büyük çevresel sorunların çözümünde aktif katılımcılar olmalarını sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi, öz yeterlilik, temsiliyet ve topluluk duygusu ve doğada geçirilen zaman ruh sağlığı sorunlarına karşı koruyucu faktörler göz önüne alındığında, muhtemelen sağlık açısından eş faydalar sağlayacaktır.

KISITLAMALAR VE GELECEKTEKİ YÖNELİMLER

Bu derleme, biyoçeşitliliğin çocuk sağlığında oynadığı kilit rolleri vurgulamış olsa da, bazı araştırma sınırlamaları ele alınmalıdır. Halihazırda mevcut araştırmaların çoğu, nedensellik konusunda kesin kanıtlar sunamayan kesitsel ve gözlemsel verilere dayanmaktadır. Örneğin, çoğu araştırma genellikle sadece belirli coğrafi bölgelere odaklanmıştır; bu da küresel biyoçeşitlilik kaybının çocukları nasıl etkilediğine dair anlayışımızdaki boşlukları ortaya çıkarmaktadır.

sağlık, özellikle de yetersiz hizmet alan nüfuslar için. Mevcut araştırma boşlukları arasında toprak mikrobiyotası içeren yararları ve riskleri,⁶⁸ zengin, zararlı olmayan çevresel mikrobiyotanın hastalık insidansı üzerindeki nedensel etkisi,²⁰ ve ekosistem restorasyonunun ve gri kentsel alanın yeniden yabanileştirilmesinin insanlar, ekosistemler ve karbon tutumu karşılıklı faydaları yer almaktadır.

Ayrıca hastalık insidansı ve genel refah üzerindeki sürdürülebilir etkinin değerlendirilmesinde çok önemli olan biyoçeşitlilik müdahalelerinin uzun vadeli sağlık etkisini izleyen uzunlamasına çalışmalarla ilgili büyük bir veri açığı bulunmaktadır. Mikrobiyal çeşitlilik ve yeşil alan maruziyeti üzerine yapılan çalışmaların çoğu çocuk sağlığını sonuçlarını da etkileyen sosyoekonomik faktörler sağlık eşitsizlikleri ve kentleşme arasındaki karmaşık etkileşimleri dikkate almamaktadır. Bütüncül, çeşitli, büyük ölçekli boylamsal çalışmalara duyulan bu ihtiyaç hayati önem taşımaktadır; insanlar, özellikle de çocuklar ile hayvanlar, bitkiler, mikroplar ve ortak çevremiz arasındaki bağlantıları anlamak çocukların ve gezegenimizin refahının gelecekteki yönü için önemlidir. Bu karmaşık ve önemli konular arasındaki çok yönlü ilişkiyi anlamak için işbirlikçi, çok sektörlü ve küresel bir bakış açısı benimsemek, biyoçeşitliliğin sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak için zorunludur.

SONUÇ

İnsanlık tarihinde eşi benzeri görülmemiş bir biyoçeşitlilik kaybının yaşandığı bir dönemdeyiz ve bu durum gezegen ve insan sağlığına zarar veriyor. Bu derleme makalesi, insan dünyada biyoçeşitlilik kaybının mikrobiyal çeşitliliği, yeşil alanı, sıcak hava dalgalarını, selleri, vektör kaynaklı hastalıkları ve hava kirliliğini nasıl etkilediğini ve sonuçta çocukların sağlığını nasıl etkilediğini değerlendirmiştir. Özellikle, biyoçeşitlilikteki artışın bağışıklık ve ruh sağlığına karşı koruyucu olduğunu tespit ettik. Buna paralel olarak, biyoçeşitlilik iklim değişikliğini engellemese de, biyoçeşitliliğe sahip kentsel ekosistemlerin eklenmesi iklim değişikliğinin neden olduğu yerel sorunları hafifletme potansiyeline sahiptir. Kısacası biyoçeşitlilik iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı koruma sağlarken biyoçeşitliliğin yokluğu çocuk sağlığını özellikle de savunmasız pediatrik popülasyonları etkilemektedir.

Günümüzde, ekosistem restorasyonu ve yeniden yabanileştirmenin çocukların günlük yaşamını nasıl iyileştirdiğine dair sistematik bütüncül çalışmalar çok azdır. Büyüme ve gelişimleri onları yetişkinlerden farklı kıldığından, çocuklar yapılacak araştırmalara öncelik vermek özellikle önemli olacaktır. Sağlanan araştırmalara dayanarak, biyoçeşitlilik kaybını ele almak gelecekte yapılacak müdahaleler, yalnızca iklim değişikliğinin çocukların sağlığı üzerindeki etkisinin nasıl azaltılacağı değil, aynı zamanda küresel olarak çocukların sağlık sonuçlarını iyileştirmek için biyoçeşitlilikten nasıl yararlanılacağını da göz önünde bulunduran çok disiplinli bir odaktan yararlanır. İnsan ve özellikle de çocuk yaşamına yönelik bu ciddi tehdidi ele almak ve hafifletmek için bireysel, yerel ve çok ülkeli müdahalelere ve yanıtlara ihtiyacımız var. Bu da yerel toplumun, hükümetin, okul sistemlerinin ve akademik, sadece insan sağlığı ile ilgilenenlerin değil aynı zamanda sosyal konulara ekosistemlere ve şehir planlamasına odaklananların da katılımını gerektirmektedir. Bununla birlikte, büyük ölçekli sistemik çalışmaların eksikliğine rağmen, küresel olarak çocukların sağlık ve refahını desteklemek için kentsel ortamlarda biyolojik çeşitliliğin artırılması ihtiyacını destekleyen yeterli kanıt bulunmaktadır.

REFERANSLAR

1. Birleşmiş Milletler. Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi. (1992).
2. Dünya vahşi yaşam fonu. Yaşayan Gezegen Raporu. <https://livingplanet.panda.org/en-US/> (2022).
3. NatureServe. Odak Noktasındaki Biyoçeşitlilik: Amerika Birleşik Devletleri. (2023).
4. Kavram notu: İklim değişikliğine özel bir odaklanma ile çocuk hakları ve çevre hakkında genel yorum. OHCHR <https://www.ohchr.org/en/treaty-bodies/crc/concept-note-general-comment-childrens-rights-and-environment-special-focus-climate-change>.

5. Haahtela, T. Bir biyoçeşitlilik hipotezi. *Allergy* 74, 1445-1456 (2019).
6. Roslund, M. I. ve ark. Biyoçeşitlilik müdahalesi, kreş çocukları arasında bağışıklık düzenlemesini ve sağlıkla ilişkili kommensal mikrobiyotayı geliştirir. *Sci. Adv.* 6, eaba2578 (2020).
7. Roslund, M. I. ve ark. Bağışıklık aracılı hastalıkların biyoçeşitlilik hipotezinin plasebo kontrollü çift kör testi: Çevresel mikrobiyal çeşitlilik, küçük çocuklarda sitokinlerde değişikliklere ve T düzenleyici hücrelerde artışa neden olur. *Ektoksikol. Environ. Saf.* 242, 113900 (2022).
8. Roslund, M. I. ve ark. Uzun süreli biyoçeşitlilik müdahalesi, kentsel kreş çocukları arasında sağlıkla ilişkili kommensal mikrobiyotayı şekillendirir. *Environ. Int.* 157, 106811 (2021).
9. Hanski, I. ve ark. Çevresel biyoçeşitlilik, insan mikrobiyotası ve alerji birbiriyle ilişkilidir. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 8334-8339 (2012).
10. Ruokolainen, L. ve ark. Evlerin etrafındaki yeşil alanlar çocuklarda atopik hassasiyeti azaltmaktadır. *Allergy* 70, 195-202 (2015).
11. Mills, J. G., Selway, C. A., Thomas, T., Weyrich, L. S. & Lowe, A. J. Okul bahçesi biyoçeşitliliği, çocuklarda bozulmuş cilt mikrobiyotasının kısa vadeli iyileşmesini belirler. *Mikro. Ecol.* 86, 658-669 (2023).
12. Ray, C. & Ming, X. İklim değişikliği ve insan sağlığı: alerjiler, oto-bağışıklık ve mikrobiyom üzerine bir inceleme. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 4814 (2020).
13. Akagawa, S. & Kaneko, K. Çocuklarda bağırsak mikrobiyotası ve alerjik hastalıklar. *Allergol. Int.* 71, 301-309 (2022).
14. Azad, M. B. ve ark. Bebek bağırsak mikrobiyotası ve gıda duyarlılığı: bebeklerde yaşamın ilk yılı. *Clin. Exp. Allergy* 45, 632-643 (2015).
15. Lee, K. H., Song, Y., Wu, W., Yu, K. & Zhang, G. Bağırsak mikrobiyotası, çevresel faktörler ve gıda alerjisi gelişimiyle bağlantılar. *Clin. Mol. Allergy* 18, 5 (2020).
16. Sinkkonen, A. Evrim, Biyoçeşitlilik ve Hijyen Hipotezinin Yeniden Değerlendirilmesi. in *Evolution, Biodiversity and a Reassessment of the Hygiene Hypothesis*. (Springer International Publishing, Cham, 2022). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91051-8>.
17. Khatiwada, S. & Subedi, A. Akciğer mikrobiyomu ve koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19): Olası bağlantı ve çıkarımlar. *Hum. Micro. J.* 17, 100073 (2020).
18. Robinson, J. M. & Breed, M. F. Aerobiom-sağlık eksenini: bioaerosol düşüncesinde bir paradigma değişimi. *Trends Microbiol* 31, 661-664 (2023).
19. Soininen, L. ve ark. İç mekan yeşil duvarı sağlıkla ilişkili ortak deri mikrobiyotasını etkiler ve bağışıklık düzenlemesini geliştirir: kentsel ofis çalışanları arasında randomize bir çalışma. *Sci. Rep.* 12, 6518 (2022).
20. Saarenpää, M. ve ark. Kentsel iç mekan bahçeciliği bağışıklık düzenlemesini geliştirir ve cilt mikrobiyotasını çeşitlendirir - Plasebo kontrollü çift kör bir müdahale çalışması. *Environ. Int.* 187, 108705 (2024).
21. Fyfe-Johnson, A. L. ve diğerleri. Doğa ve çocuk sağlığı: sistematik bir inceleme. *Pediatrics* 148, e2020049155 (2021).
22. Li, D. & Sullivan, W. Okul manzaralarının stres ve zihinsel yorgunluktan kurtulma üzerindeki etkisi. *Landsc. Urban Plan.* 148, 149-158 (2016).
23. Wolf, L. J., Ermgassen, S.-Z., Balmford, A., White, M. & Weinstein, N. Çeşitlilik Hayatın Baharatı mı? Tür zenginliğinin kendi kendine bildirilen zihinsel refah üzerindeki etkilerine ilişkin deneysel bir araştırma. *PLoS ONE* 12, e0170225 (2017).
24. Johansson, M., Gyllin, M., Witzell, J. & Küller, M. Biyolojik kalite önemli mi? İlman yaprak döken geniş yapraklı ormanlarda biyolojik çeşitliliğin doğrudan ve yansıtılmış değerlendirmesi. *Kent İçin. Urban Green.* 13, 13-28 (2014).
25. Cox, D. ve diğerleri. Mahalle doğasının dozları: doğayla iç içe yaşamın ruh sağlığına faydaları. *BioScience* 67, 147-155 (2017).
26. Lindemann-Matthies, P. & Matthies, D. Bitki türü zenginliğinin insanların stresten kurtulması üzerindeki etkisi. *Web Ecol.* 18, 121-128 (2018).
27. Schebella, M. F., Weber, D., Schultz, L. & Weinstein, P. Avustralya'daki kentsel yeşil alanlarda algılanan ve ölçülen biyoçeşitlilikle ilişkili refah faydaları. *Sürdürülebilirlik* 11, 802 (2019).
28. Lucey, M. Kentsel biyoçeşitlilik çocukların solunum sağlığını etkiliyor. *Lancet Respir. Med* 5, 613 (2017).
29. Reuben, A., Rutherford, G., James, J. & Razani, N. Amerika Birleşik Devletleri'nde mahalle parklarının çocuk sağlığı ile ilişkisi. *Önleme. Med.* 141, 106265 (2020).
30. Puhakka, R. ve ark. Kreş bahçelerinin biyoçeşitlilik içeren malzemelerle yeşillendirilmesi refah, oyun ve çevresel ilişkiler sağlar. *Int. J. Environ. Res Public Health* 16, 2948 (2019).
31. de Jong, K., Albin, M., Skärbäck, E., Grahñ, P. & Björk, J. Algılanan yeşil nitelikler mahalle memnuniyeti, fiziksel aktivite ve genel sağlık ile ilişkilendirilmiştir: İsveç'in güneyindeki banliyö ve kırsal Scania'da yapılan kesitsel bir çalışmanın sonuçları. *Health Place* 18, 1374-1380 (2012).
32. İklim Değişikliği 2022: Etkiler, Uyum ve Kırılabilirlik. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grubu II'nin Katkısı. (2022).
33. Chersich, M. F. ve ark. Gebelikte yüksek sıcaklık ile erken doğum, düşük doğum ağırlığı ve ölü doğum riski arasındaki ilişkiler: sistematik inceleme ve meta-analiz. *BMJ* 371, m3811 (2020).

34. Smith, C. J. Pediatrik termoregölasyon: küresel iklim değişikliği karşısında dikkat edilmesi gereken hususlar- mate change. *Nutrients* 11, 2010 (2019).
35. Hsu, A., Sheriff, G., Chakraborty, T. & Many, D. Büyük ABD şehirlerinde kentsel ısı adası yoğunluğuna orantısız maruziyet. *Nat. Commun.* 12, 2721 (2021).
36. Bekkar, B., Pacheco, S., Basu, R. & DeNicola, N. ABD'de hava kirliliği ve sıcağa maruz kalmanın erken doğum, düşük doğum ağırlığı ve ölü doğumla ilişkisi: sistematik incelemesi. *JAMA Netw. Open* 3, e208243 (2020).
37. Auger, N., Fraser, W., Smargiassi, A. & Kosatsky, T. Ortam ısı ve ani bebek ölümü: Montreal, Kanada'da 30 yılı kapsayan bir vaka-çaprazlama çalışması. *Environ. Health Perspect.* 123, 712-716 (2015).
38. Uittenbroek, C. J., Janssen-Jansen, L. B. & Runhaar, H. A. C. İklim adaptasyonunun kentsel planlamaya yaygınlaştırılması: engellerin aşılması, fırsatların değerlendirilmesi ve iki Hollanda örnek olayında sonuçların değerlendirilmesi. *Reg. Environ. Change* 13, 399-411 (2013).
39. Wing, O. E. J. ve diğerleri. Antroposende ABD sel riskinin eşitsiz modelleri. *Nat. İklim. Chang.* 12, 156-162 (2022).
40. Temmerman, S. ve diğerleri. Küresel değişim karşısında ekosistem tabanlı kıyı savunması. *Nature* 504, 79-83 (2013).
41. Carter, J., Handley, J., Butlin, T. & Gill, S. Şehirleri iklim değişikliğine adapte etmek - yeşil altyapı peyzajlarının sel riski yönetimi rolünü araştırmak. *J. Environ. Plan. Manag.* 61, 1-18 (2017).
42. Miura, S. ve . geçmiş çeyrek yüzyılda küresel ormanların koruyucu işlevleri ve ekosistem hizmetleri. *İçin. Ecol. Manag.* 352, 35-46 (2015).
43. Williams, P. C. ve diğerleri. İklim değişikliği ve biyoçeşitliliğin çöküşünün bulaşıcı hastalıkların küresel olarak ortaya çıkması ve yayılması üzerindeki etkisi. *J. Paediatr. Child Health* 57, 1811-1818 (2021).
44. Dang ve chikungunya vakalarının coğrafi yayılımı, Amerika Kıtası Bölgesi'nde bulaşmanın görüldüğü bölgelerin ötesine geçmiştir. <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON448>.
45. Reaser, J. K., Witt, A., Tabor, G. M., Hudson, P. J. & Plowright, R. K. Zoonotik hastalık salgınlarını önlemek için ekolojik karşı önlemler: ekolojik restorasyon insan sağlığı için bir zorunluluk olduğunda. *Restorasyon. Ecol.* 29, e13357 (2021).
46. Köhler, C. F., Holding, M. L., Sprong, H., Jansen, P. A. & Esser, H. J. Lyme ışığında biyoçeşitlilik: Avrupa'da ekolojik restorasyon ve kene kaynaklı hastalıklar. *Trends Parasitol.* 39, 373-385 (2023).
47. Wu, D. ve ark. Altı ana bağışıklık aracı enflamatuvar hastalığın küresel, bölgesel ve ulusal insidansı: küresel hastalık yükünden elde edilen bulgular çalışma 2019. *eClinicalMedicine* 64, 102193 (2023).
48. Burn, L. ve diğerleri. Avrupa'da Lyme Borreliosis İnsidansı: Sistematik Bir İnceleme (2005-2020) | Vektör Kaynaklı ve Zoonotik Hastalıklar. <https://doi.org/10.1089/vbz.2022.0070>.
49. Lima, E. P., Goulart, M. O. F. & Rolim Neto, M. L. Aedes aegypti'nin kontrolünde kimyasal, fiziksel ve biyolojik ajanlar üzerine yapılan çalışmaların meta-analizi. *BMC Halk Sağlığı* 15, 858 (2015).
50. Sağlıklı çevreler yoluyla hastalıkların önlenmesi: çevresel risklerden kaynaklanan hastalık yüküne ilişkin küresel bir değerlendirme. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196>.
51. Carroquino, M. J., Posada, M. & Landrigan, P. J. Environmental Toxicology: Risk Altındaki Çocuklar. *Environ. Toxicol.* 239-291 (2012) https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5764-0_11.
52. Perera, F. & Nadeau, K. İklim Değişikliği, Fosil Yakıt Kirliliği ve Çocuk Sağlığı | New England Journal of Medicine. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra2117706>.
53. Syed, A., Hew, K., Kohli, A., Knowlton, G. & Nadeau, K. Hava kirliliği ve epige- netikler. *J. Environ. Prot.* 47, 151838 (2013).
54. Cai, Z. ve diğerleri. Pilot ve tam ölçeklerde düşük voltaj gradyanları kullanılarak çeltik tarım toprağındaki toplam ve bitki tarafından kullanılabilir kadmiyum (Cd) yerinde elektrokinetik (EK) iyileştirilmesi. *Sci. Total Environ.* 785, 147277 (2021).
55. Romantschuk, M. ve diğerleri. in situ biyostimülasyon ile kirlenmiş toprak ve yeraltı suyunun biyoremediasyonu. *Front. Microbiol.* 14, 1258148 (2023).
56. Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. & Greenfield, E. Amerika Birleşik Devletleri'nde ağaç ve ormanların hava kalitesi ve insan sağlığı üzerindeki etkileri. *Çevre. Pollut.* 193, 119-129 (2014).
57. Venter, Z. S., Hassani, A., Stange, E., Schneider, P. & Castell, N. Kentsel yeşil alanların hava kirliliği kontrolündeki rolünün yeniden değerlendirilmesi | PNAS. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 121, e2306200121 (2024).
58. Vari, H. K. ve ark. Arazi örtüsü kategorileri, ortam havasındaki gaz PAH seviyeleri ve yaşlıların bağırsak bakteriyel metagen- omelerinden tahmin edilen endokrin sinyalleri arasındaki ilişkiler. *Chemosphere* 265, 128965 (2021).
59. Howes, M.-J. R. Bitkilerden antikanser ilaç keşfinin evrimi. *Lancet Oncol.* 19, 293-294 (2018).
60. DSÖ Temel İlaçlar Model Listeleri. <https://www.who.int/groups/expert-committee-on-selection-and-use-of-essential-medicines/essential-medicines-lists>.
61. Newman, D. & Cragg, G. 1981'den 2010'a kadar geçen 30 yılda yeni ilaçların kaynağı olarak doğal ürünler. *J. Nat. Products* 75, 311-335 (2012).
62. Ekor, M. Bitkisel ilaçların artan kullanımı: advers reaksiyonlarla ilgili sorunlar ve güvenliğin izlenmesindeki zorluklar. *Ön. Pharm.* 4, 177 (2014).
63. Neergheen-Bhujun, V. ve diğerleri. Biyoçeşitlilik, ilaç keşfi ve küresel sağlığın geleceği: Biyotip konsorsiyumuna biyoçeşitliliğin tanıtılması, bir eylem çağırısı. *J. Glob. Health* 7, 020304 (2017).
64. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu. Genel Kurul Tarafından 1 Mart 2019 Tarihinde Kabul Edilen Karar. (2019).
65. Birleşmiş Milletler Çevre Programı - 2021 - İnsanlar, Doğa ve İklim için Ekosistem Restorasyonu.pdf.
66. Worthington, T. & Spalding, M. Mangrov Restorasyon Potansiyeli: Kritik bir fırsatın altını çizen küresel bir harita. (2018) <https://doi.org/10.17863/CAM.39153>.
67. Sicard, P. ve diğerleri. Kent ağaçlarını şehirlerde artan ozon seviyelerini azaltmak için etkili çözümler olarak görmeli miyiz? *Çevre. Pollut.* 243, 163-176 (2018).
68. Roslund, M. I., Laitinen, O. H. & Sinkkonen, A. Toprak mikrobiyomu ve bağırsak sağlığı üzerine kapsam belirleme incelemesi - Toprak mikroorganizmaları gezegensel sağlık tabağında eksik mi? *People Nat.* 6, 1078-1095 (2024).

TEŞEKKÜRLER

A.S. 346136 numaralı hibe ile Finlandiya Akademisi Stratejik Araştırma Konseyi ve 874864 numaralı Hibe Anlaşması ile Avrupa Birliği Horizon 2020 Araştırma ve Yenilik Programı tarafından finanse edilmiştir.

YAZAR KATKILARI

Tüm yazarlar makalenin yazımına ve gözden geçirilmesine katkıda bulunmuştur.

FİNANSMAN

Finlandiya Doğal Kaynaklar Enstitüsü tarafından sağlanan açık erişim fonu.

REKABET EDEN ÇIKARLAR

A.S., Helsinki Üniversitesi tarafından sunulan 'İmmünomodülatör bahçe ve peyzaj malzemesi' adlı patent başvurusunda buluş sahibi olarak yer almıştır (Finlandiya Patent ve Tescil Ofisi'ndeki patent numarası 20175196). A.S., orijinali Helsinki Üniversitesi tarafından sunulan EP3551196 A1 'İmmünomodülatör bileşimler' patentinden telif ücreti almıştır. Diğer tüm yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmiştir.

EK BİLGİ

Yazışmalar ve materyal talepleri için Aki Sinkkonen'e başvurulmalıdır.

Yeniden **basım** ve izin bilgilerine <http://www.nature.com/> adresinden ulaşılabilir.

Yayıncının notu Springer Nature, yayınlanan haritalardaki yetki iddiaları ve kurumsal bağlantılar konusunda tarafsız kalmaktadır.



Açık Erişim Bu makale, orijinal yazar(lar)a ve kaynağına uygun şekilde atıfta bulunuz, Creative Commons lisansına bir bağlantı verdiğiniz ve değişiklik yapıp yapılmadığını belirttiğiniz sürece, herhangi bir ortam veya formatta kullanım, paylaşım, uyarlama, dağıtım ve çoğaltmaya izin veren Creative Commons Attribution 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır. Bu makalede yer görseller veya diğer üçüncü taraf materyalleri, aksi belirtilmediği sürece, makalenin Creative Commons lisansına dahildir. Materyal, makalenin Creative Commons lisansına dahil değilse ve kullanım amacınız yasal düzenlemeler tarafından izin verilmeyorsa veya izin verilen kullanımı aşılırsa, doğrudan telif hakkı sahibinden izin almanız gerekecektir. Bu lisansın bir kopyasını görüntülemek için <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> adresini ziyaret edin.

© Yazar(lar) 2024