Atıktan Zenginliğe: Sürdürülebilir Kalkınma İçin Endüstriyel Simbiyozun Gücünden Yararlanmak

Endüstriyel simbiyoz hem ekonomik hem de çevresel faydalar sunar. Endüstriyel simbiyozun faydaları arasında düşük enerji kullanımı, CO_2 tasarrufu, su tüketiminde azalma ve bertaraf için minimum atık yer alır[1]. Endüstriyel simbiyoz, atıkları çöplüklerden uzaklaştırabilir, işlenmemiş malzemelerin kullanımını önleyebilir ve toprağa, suya ve havaya olan kirliliği azaltabilir[2]. Şirketler, endüstriyel atıkları satarak veya takas ederek hammadde maliyetlerinden tasarruf edebilir ve endüstriyel simbiyozdan ekonomik olarak yararlanabilirler[3]. Endüstriyel simbiyoz, çevreye, ekonomiye ve topluma fayda sağlarken enerji tasarrufu sağlar, su ve malzeme tüketimini azaltır[4][5]. Bu nedenle, endüstriyel simbiyoz, ekonomik performansı iyileştirirken atık ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için sürdürülebilir bir çözüm sunar.

Ekonomik faydalar

Maliyet tasarrufu

Endüstriyel simbiyoz, bir şirket veya sektörden yeterince kullanılmayan kaynakların bir başkası tarafından kullanılmasını, bunun da maliyet tasarrufu ve çevresel faydalar sağlamasını ifade eder[9]. Endüstriyel simbiyozun ekonomik faydaları, atık bertarafı ve girdi satın alma maliyetlerinde azalmanın yanı sıra atıkların değiş tokuşundan elde edilen ekstra gelirleri içerir[6][7]. Şirketler, hammadde maliyetlerinden tasarruf edebilir, atık bertarafıyla bağlantılı masrafları azaltabilir ve pazar erişimini ve yan ürünlerden elde edilen geliri genişletebilir[7]. Endüstriyel simbiyoz, kaynakların maliyetini düşürerek karlılığı ve rekabet gücünü de artırabilir[8]. Ekonomik faydalara ek olarak, endüstriyel simbiyoz önemli çevresel faydalar sunar. Hem malzemelere hem de atıklara olan talebi azaltarak düşük enerji kullanımına, yılda yaklaşık 250.000 ton CO_2 tasarrufuna, su tüketiminde yaklaşık %30'luk azalmalara ve hava ve suda minimum toksik emisyona yol açar[8][9]. Atık işlemeden kaçınılır, düzenli depolamadan kaçınılır, sera gazı emisyonları azaltılır ve kaynağın (enerjinin) bir kısmı korunur[9]. Endüstriyel simbiyoz, diğer yaklaşımlara kıyasla en az maliyetle çevresel faydalar sağlar[9]. Endüstriyel simbiyoz, maliyet tasarrufu, çevresel faydalar ve toplumsal avantajlar yoluyla işletmeler için üçlü kazançlar sunar. Enerji tasarrufu sağlar, atık bertarafını en aza indirirken su ve malzeme tüketimini azaltır. Şirketler, atık bertarafı ile bağlantılı masrafları azaltırken endüstriyel atıkların satılmasından veya takas edilmesinden yararlanabilir. Endüstriyel simbiyoz, kaynakların maliyetini düşürerek karlılığı ve rekabet gücünü artırır.

Geliştirilmiş rekabet gücü

Endüstriyel simbiyoz, şirketler arasında su, enerji veya malzeme gibi artık ve fazla ürünlerin değişimini içeren bir iş birliği modelidir[10]. Bu model, firmalar için rekabet avantajları yaratabilir, genel çevresel ve ekonomik performansı iyileştirebilir[11]. Endüstriyel simbiyoz, kaynakların maliyetini azaltabilir ve bu da şirketler için karlılığın ve rekabet gücünün artmasına yol açar[11]. Aynı zamanda hem malzemelere hem de atıklara olan talebi azaltır ve bu da çevreye önemli faydalar sağlar[11]. Bölgesel düzeyde, endüstriyel simbiyoz inovasyona, azalan kaynak talebine (ve dolayısıyla CO_2'ye), ithalat bağımlılığının azalmasına, büyümeye ve ilgili ortaklar arasında ve ötesine esnekliğe yol açabilir[12]. Simbiyoz iş birliği için taraflar karşılıklı yarar için ortak projelere yatırım yapabilir. Örneğin, iki komşu şirket, bireysel olanlar yerine ortak bir atık su arıtma tesisi kurar ve bu da genellikle ölçek ekonomisi sağlar[12]. Endüstriyel simbiyoz, daha geniş ekonomik büyümeyi ve yeniliği artırırken endüstriyel kümelerden kaynaklanan emisyonları azaltabilir. Şirketlerin atık üretimini veya sera gazı emisyonlarını azaltmak gibi çevresel hedeflerine

ulaşmalarına yardımcı olur[13]. Endüstriyel simbiyoz, geleneksel olarak ayrı endüstrileri, malzemelerin fiziksel değişimini içeren rekabet avantajına yönelik kolektif bir yaklaşımla birleştirir. Birçokları tarafından tarihsel 'komuta ve kontrol' yaklaşımlarının indirgemeci temelinden kaçmanın bir yolu olarak görülüyor[14]. Sonuç olarak, endüstriyel simbiyoz, kaynakların maliyetini düşürerek rekabet gücünün artması üzerinde ekonomik faydalara sahiptir. Ayrıca hem malzemelere hem de atıklara olan talebi azaltarak çevreye önemli faydaları vardır. Bölgesel düzeyde, inovasyona, azalan kaynak talebine (ve dolayısıyla CO_2'ye), ithalat bağımlılığının azalmasına, büyümeye ve ilgili ortaklar arasında ve ötesine esnekliğe yol açar. Endüstriyel simbiyoz, şirketlerin endüstriyel kümelerden kaynaklanan emisyonları azaltırken atık üretimini veya sera gazı emisyonlarını azaltmak gibi çevresel hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olur.

Geliri artırma

Endüstriyel simbiyoz, şirketlere yan ürünlerden elde edilen gelirin artması, hammadde maliyetlerinden tasarruf edilmesi, atık bertarafıyla bağlantılı giderlerin azaltılması ve pazar erişiminin genişletilmesi dahil olmak üzere birçok ekonomik fayda sunar[15]. Endüstriyel simbiyoz, kaynakların maliyetini düşürerek karlılığı ve rekabet gücünü artırabilir[16]. Danimarka'nın Kalundborg kentindeki ortaklar, 1970'lerden beri kaynakları paylaşıyor ve dünyadaki ilk çalışan endüstriyel simbiyoz olarak örnek gösteriliyor[16]. Ekonomik faydalara ek olarak, endüstriyel simbiyoz da önemli çevresel faydalar sağlar. Hem malzemelere hem de atıklara olan talebi azaltır ve işlenmemiş malzemelerin kullanımını önlerken atıkları çöplüklerden uzaklaştırır[17]. Bu çevresel faydalar, diğer yaklaşımlara kıyasla en az maliyetle sağlanır[17]. Bununla birlikte, endüstriyel simbiyozun uygulanmasında bazı zorluklar vardır. Güven eksikliği, faydaları konusunda belirsizlik, endüstriyel simbiyoz kavramı hakkında bilgi eksikliği ve bilgi paylaşımı eksikliği, benimsenmesini engelleyebilir[18]. Bununla birlikte, araştırmalar, endüstriyel simbiyoz içinde yer alan firmaların kaynakları, atıkları, bilgileri paylaşarak ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar elde edebileceklerini göstermiştir[19].

İnovasyon

Endüstriyel simbiyoz, şirketlere endüstriyel atıkların satılması veya takas edilmesi, hammadde maliyetlerinden tasarruf edilmesi, atık bertarafıyla bağlantılı giderlerin azaltılması ve pazar erişiminin ve yan ürünlerden elde edilen gelirin genişletilmesi dahil olmak üzere birçok ekonomik fayda sunar[20]. Endüstriyel simbiyoz, kullanılmayan endüstriyel akışlardan yararlanan yeni ve yenilikçi işletmelerin ortaya çıkmasına da yol açabilir[21]. Ayrıca, endüstriyel simbiyoz, daha geniş ekonomik büyümeyi ve yeniliği artırırken, endüstriyel kümelerden kaynaklanan emisyonları azaltabilir[22]. İdeal endüstriyel simbiyoz ortaklığı, enerji tasarrufu sağlayarak, su ve malzeme tüketimini azaltarak ve atık bertarafını en aza indirerek çevreye, ekonomiye ve topluma fayda sağlar[23]. Endüstriyel simbiyoz için dijital platformlar, paylaşım veya yeniden kullanıma dayalı yenilikçi iş modelleri geliştirerek şirketlerin döngüsel ekonomiye dahil olmalarına yardımcı olabilir[24]. Endüstriyel simbiyozlar öncelikle ekonomik kazanımlar üzerine inşa edilmeli ve işletmelerin ilgi ve katılımına dayanmalıdır. Uzun vadeli ekonomik kazanç esastır[21].

Çevresel faydalar

Atıkların azaltılması

Endüstriyel simbiyoz, bir şirketin atığının bir başkası için kaynak haline geldiği ve birçok çevresel faydaya yol açtığı bir uygulamadır[25][26]. Endüstriyel simbiyoz, atıkların çöplüklerden uzaklaştırılmasına yardımcı olur, toprağa, suya ve havaya olan kirliliği azaltır ve sera gazı emisyonlarını azaltır[25][27][26]. Ayrıca, işlenmemiş malzemelerin kullanımının ve toprak ve su

kaynaklarının aşırı kullanımının önlenmesine yardımcı olur[25][27]. Kaynak paylaşımına ve yeniden kullanıma dayalı döngüsel endüstriyel sistemlerin uygulanması, komşu bölgelerin ve şehirlerin yerel kaynaklar üzerinde daha az baskı ile daha yeşil ekosistemlerden, daha güçlü bölgesel ekonomilerden ve artan istihdam fırsatlarından yararlanmasına olanak tanır[27]. Endüstriyel simbiyoz, ekonomik kalkınmadan ödün vermeden CO_2 emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir[28]. Eko-endüstriyel parklar kaynak verimliliğini teşvik eder. Endüstriyel simbiyoz için en iyi ortam, eko-endüstriyel parklarda (EIP) birbirine yakın faaliyet gösteren fabrikalar arasındadır)[29]. Örneğin, Güney Kore'nin Eko-Endüstri Parkı Girişimi, enerji verimliliği, endüstriyel simbiyoz, atık yönetimi ve diğer çevre dostu iyileştirmelere yatırım yaparak 554 milyon dolar kar elde etti[29].

Özetle, endüstriyel simbiyoz, atık bertaraf maliyetlerini düşürmek, toprağa, suya ve havaya kirliliği azaltmak ve aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltmak gibi birçok çevresel fayda sağlar. Ayrıca, işlenmemiş malzemelerin kullanımının ve toprak ve su kaynaklarının aşırı kullanımının önlenmesine yardımcı olur. Kaynak paylaşımına dayalı döngüsel endüstriyel sistemlerin uygulanması, yerel kaynaklar üzerinde daha az baskı ile daha güçlü bölgesel ekonomilere yol açar.

Kaynakların korunması

Endüstriyel simbiyoz, bir şirketin atığının başka bir şirketin kaynağı haline geldiği bir sistemdir. Bu sistemin, hammadde tedarikini azaltmak, enerji ve suyu geri dönüştürmek ve çöplüklere giden atıkları azaltmak dahil olmak üzere birçok çevresel faydası vardır[30]. Endüstriyel simbiyoz ayrıca atıkları çöplüklerden uzaklaştırır, toprağa, suya ve havaya olan kirliliği azaltır ve işlenmemiş malzemelerin kullanımını önler[31]. Endüstriyel simbiyozun çevresel faydaları, doğal kaynak tüketimindeki ve hava ve su emisyonlarındaki değişikliklerin ölçülmesiyle ölçülebilir[32][32]. Kaynak paylaşımına ve yeniden kullanıma dayalı döngüsel endüstriyel sistemlerin uygulanması, komşu bölgelerin ve şehirlerin yerel kaynaklar üzerinde daha az baskı uygulayarak daha yeşil ekosistemlerden yararlanmasına olanak tanır. Daha güçlü bölgesel ekonomilere ve artan istihdam fırsatlarına giden yola öncülük ediyor[33]. Endüstriyel simbiyoz, küresel sera gazı emisyonlarının %30'unu oluşturan sanayi sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle, Paris anlaşmasının gerekliliklerinin yerine getirilmesine katkıda bulunabilir[33].

Sonuç olarak, endüstriyel simbiyozun toprak, su ve hava kirliliğini azaltırken enerji, su, hammadde gibi kaynakları korumayı içeren birçok çevresel faydası vardır. Ayrıca, Paris anlaşmasının gerekliliklerinin yerine getirilmesine katkıda bulunurken sanayi sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına da yardımcı olur. Kaynak paylaşımına ve yeniden kullanıma dayalı döngüsel endüstriyel sistemlerin uygulanması, komşu bölgelerin ve şehirlerin yerel kaynaklar üzerinde daha az baskı uygulayarak daha yeşil ekosistemlerden yararlanmasına olanak tanıyarak daha güçlü bölgesel ekonomilere ve artan istihdam fırsatlarına yol açar.

Sera gazı emisyonlarında azalma

Endüstriyel simbiyoz, bir şirket veya sektörden yeterince kullanılmayan kaynakların bir başkası tarafından kullanılması ve bunun sonucunda kaynakların daha uzun süre verimli kullanımda tutulmasıdır. Endüstriyel simbiyoz, girdi, proses, enerji, bertaraf ve nakliye tasarruflarının yanı sıra yakıt ikamesi yoluyla sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltabilir. Endüstriyel simbiyozun çevresel faydaları, diğer yaklaşımlara kıyasla en düşük maliyetle sağlanır[34]. Çalışmalar, sera gazı emisyonlarını azaltmak için endüstriyel simbiyoz potansiyelini araştırdı. Bir çalışma, endüstriyel bir simbiyoz sisteminden karbondioksit (CO_2) emisyonunu bağımsız bir bitki sisteminden gelen emisyonla karşılaştırdı ve birincisinin daha az CO_2 yaydığını buldu[35]. Başka bir çalışma, yenilenebilir enerji teknolojilerini entegre eden enerji endüstriyel simbiyoz ağlarının sera gazı

emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir[36].Çevresel faydalar, kaynak ve emisyon tasarruflarını içerebilir. Örneğin, çelik cürufu çimento üretiminde kullanılabilir ve çimento üretiminden kaynaklanan CO_2 emisyonlarını azaltır. Çin'de yerel sağlık ortak faydaları ile karbon azaltımı için kentsel sektörler arası eylemler de endüstriyel simbiyoz yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltmanın bir yolu olarak araştırılmıştır[37].

Sonuç olarak, endüstriyel simbiyoz, girdi, proses, enerji, bertaraf ve nakliye tasarruflarının yanı sıra yakıt ikamesi yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir. Çalışmalar, endüstriyel simbiyozun bağımsız tesislere göre daha az CO_2 emisyonuna neden olabileceğini ve yenilenebilir enerji teknolojilerini entegre eden enerji endüstriyel simbiyoz ağlarının sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir. Çevresel faydalar, kaynak ve emisyon tasarruflarını içerebilir.

İyileştirilmiş hava ve su kalitesi

Endüstriyel simbiyoz, sistem düzeyinde artan kaynak verimliliği yoluyla malzemelerin ve enerji akışlarının çevresel etkisini azaltmayı amaçlayan endüstri-çevre sorunlarına işbirlikçi bir yaklaşımdır[38][39]. Endüstriyel simbiyoz, atıkların çöplüklerden uzaklaştırılması, işlenmemiş malzemelerin kullanımının önlenmesi, toprak, su ve hava kirliliğinin azaltılması dahil olmak üzere çeşitli çevresel faydalara sahiptir[39]. Endüstriyel simbiyoz, endüstriyel süreçlerden kaynaklanan emisyonları azaltarak hava kalitesini iyileştirebilir. Örneğin, endüstriyel simbiyoz kriterlerini konumlandırma sürecine entegre etmek, sera gazı emisyonlarını azaltan buhar ve elektriğin birlikte üretilmesine yol açabilir[40]. Endüstriyel simbiyoz, su kütlelerindeki kirliliği azaltarak su kalitesini de iyileştirebilir. Atık suyu su kütlelerine boşaltmak yerine endüstriyel proseslerde yeniden kullanarak, su kütlelerine giren kirletici miktarı azaltılabilir[38]. Genel olarak, endüstriyel simbiyoz, hava ve su kalitesini iyileştirirken sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için etkili bir yaklaşımdır. Yukarıda açıklanan simbiyotik ilişkiler, çeşitli çalışmalarda ölçülen çevresel faydalar sağlar[41].

Ekosistemlerin korunması

Endüstriyel simbiyoz, bir şirketin atığının bir başkası için kaynak haline geldiği bir sistemdir ve enerji tasarrufu yaparak, su ve malzeme tüketimini azaltarak, atık bertarafını en aza indirerek ve doğal sermayeyi koruyarak çevreye, ekonomiye ve topluma fayda sağlayabilir[42][43][44]. Ayrıca uygun yönetim ile sistemdeki riskler en aza indirilebilir[43]. İdeal endüstriyel simbiyoz ortaklığı, kirliliği ve sera gazı emisyonlarını azaltarak çevreye fayda sağlar[45]. Eko-endüstriyel parklar (EIP), endüstriyel simbiyoz için mükemmel bir ortamdır. EIP'lerde birbirine yakın faaliyet gösteren firmalar, enerji verimliliği, endüstriyel simbiyoz, atık yönetimi ve diğer çevre dostu iyileştirmelere yatırım yapmaktadır. Örneğin, Güney Kore'nin Eko-Endüstri Parkı Girişimi, enerji verimliliği ve çevre dostu iyileştirmelere yapılan 520 milyon dolarlık yatırımdan 554 milyon dolarlık ekonomik fayda sağladı[45]. Endüstriyel ekoloji literatüründe "endüstriyel simbiyoz" olarak atıfta bulunulan ortak konumlu firmaların ekonomik ve çevresel faydalarının ölçülmesi, geleneksel olarak rekabetçi firmaların kaynak paylaşımı konusunda iş birliği yapmalarını sağlar. Bu iş birliği, çevresel performansı artırırken üretim maliyetlerinin düşmesine yol açar[46].

Vaka çalışmaları ve Örnekler

Endüstriyel simbiyoz, bir şirketten gelen atık veya yan ürünlerin bir başkası tarafından kaynak olarak kullanıldığı iki veya daha fazla şirket arasındaki karşılıklı yarar sağlayan bir ilişkiyi ifade eder. Bu şekilde endüstriyel simbiyoz, döngüsel bir ekonomiyi teşvik eder ve atıkları azaltır, böylece çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.

Topladığımız örnekler söz konusu olduğunda, endüstriyel simbiyozda yer alan şirketler CEMEX ve Ecopetrol'ün yanı sıra ABI ve DSM'dir. Bir çimento şirketi olan CEMEX, simbiyotik bir ilişki oluşturmak için bir petrol şirketi olan Ecopetrol ile ortaklık kurdu. CEMEX, Ecopetrol'ün petrol sondaj operasyonlarından kaynaklanan ham petrol ve çamur gibi atık malzemeleri çimento fırınlarına güç sağlamak için yakıt olarak kullanıyor. Buna karşılık Ecopetrol, daha sürdürülebilir bir atık yönetimi çözümünden ve daha düşük bertaraf maliyetlerinden yararlanıyor.

Benzer şekilde, bir içecek şirketi olan ABI ve bir biyokimya şirketi olan DSM, endüstriyel bir simbiyoz ilişkisi kurmuştur. ABI, kullanılmış tahıllar ve maya gibi bira fabrikası atıklarını, hayvan yemi üretmek için hammadde olarak kullanan DSM'ye sağlıyor. Bu, ABI'nin atık ve bertaraf maliyetlerini azaltırken aynı zamanda DSM'ye daha sürdürülebilir bir hammadde kaynağı sağlar.

Endüstriyel simbiyozun ekonomik faydaları önemli olabilir. Şirketler, atıkları yeniden kullanarak ve geri dönüştürerek atık bertarafı ve hammadde maliyetlerini azaltabilir. Ek olarak, endüstriyel simbiyoz, şirketler kaynak kullanımlarını optimize etmek için birlikte çalıştıkça artan verimlilik ve üretkenliğe yol açabilir. Çevresel açıdan bakıldığında, endüstriyel simbiyoz, çöplüklere veya yakma fırınlarına gönderilen atık miktarını azaltabilir ve bu da sera gazı emisyonlarını ve diğer kirleticileri azaltır.

Genel olarak, endüstriyel simbiyoz, atık yönetimi ve kaynakların tükenmesi zorluklarına umut verici bir çözüm sunar. CEMEX ve Ecopetrol ile ABI ve DSM arasındaki ortaklıklar gibi ortaklıklar sayesinde şirketler, daha fazlasını yaratmak için birlikte çalışabilirler.