

IPARI ÖKOLÓGIA A TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK VÉDELMEÉRT ÉS A SZENNYEZÉS MEGELŐZÉSÉRT

Éri Vilma – Edelényi Csaba

igazgató – egyetemi adjunktus

Környezettudományi Központ – Miskolci Egyetem

Global acceptance of waste minimization and pollution prevention as environmental policy principles gave rise of new methods of environmental management, such as life cycle assessment, cleaner production, environmental management systems and industrial ecology among others. The goal of this paper is to present industrial ecology to the Hungarian audience, to make them acquainted with the definition of the term, and the contribution of industrial ecology to sustainable development. It presents existing models as examples of opportunities to exchange waste energy and materials between different production processes and turn this waste into useful and valuable products. It reviews the pre-conditions necessary for as well as the possible ways of governmental support to the extended application of the method. Finally, it recommends measures to facilitate the introduction of the method in Hungary.

Bevezetés

Mindezidáig a fejlett országokban a gazdasági növekedés az anyag és energiafelhasználás növekedését vonta maga után. Ma azt tapasztaljuk, hogy minél fejlettebb egy ország gazdasága, minél magasabb az egy főre jutó bruttó hazai termék, annál több az egy főre jutó anyag és energiafogyasztás is. Magyarországon az 1990-es években az anyagfogyasztás az ipari szerkezet átalakulásának és a gazdasági visszaesésnek köszönhetően több mint negyedével csökkent ugyan, ám ma is fejenként évi 11.3 tonna anyagot fogyasztunk.¹

A magas anyagfogyasztás nemcsak azt jelenti, hogy a fejlett országok állampolgárai a Föld nyersanyagkészletének jóval nagyobb hányadát használják fel, mint amekkora a Föld népességén belüli részarányuk, ami súlyos etikai problémákat vet fel, hanem egyben nagyarányú hulladéktermeléshez és szennyezőanyag kibocsátáshoz is vezet. A természetből kitermelt nyersanyagok ugyanis részben valamilyen tartós termék anyagát adják, részben pedig szennyezés vagy hulladék formájában visszajutnak a környezetbe. A termelőfolyamat által termelt hulladék tömege esetenként sokszorosán meghaladja az előállított hasznos termék volumenét. A sörgyártás során a felhasznált komló és árpa tömegének például csupán 8%-át teszi ki a cukor, ami a gyártási folyamatban hasznosul, a nyersanyag többi része a benne levő fehérjével és rostanyaggal együtt hulladéknak számít. A papírgyárak 100 tonna vizet használnak fel 1 tonna papír előállításához, miközben a nyersanyagul használt fának mindössze 20-30%-a hasznosul a cellulózgyártásban. A maradékot általában elégetik. A mezőgazdasági nyersanyagok feldolgozásánál általában is csak a biomassa 30%-a hasznosul.² Magyarországon az egy főre jutó évi 11.3 tonnás anyagfelhasználással szemben fejenként évi 686 kilogramm termelési és 418 kilogramm háztartási hulladék, azaz összesen 1.1 tonna hulladék áll.³

A nyersanyagkészletek és a természeti kincsek ilyen mértékű pazarlása nyilvánvalóan nem fenntartható, ezért mára elfogadott környezetpolitikai elv lett a szennyezésmegelőzés és a hulladékok minimalizása. A környezetvédelmi előírások és a

¹ [5]

² V.ö. [9] 46. o

³ Az adatok forrása [5]

társadalmi nyomás hatására, továbbá versenyképességük megőrzése céljából a vállalatok egy része környezeti teljesítményének növelésére új eszközöket alkalmaz: ilyen eszköz a termékek életciklus elemzése, a tisztább termelés, az ökohatékonyság, a környezetközpontú irányítási rendszerek, a zöld vegyészet és ilyen az ipari ökológia.

Mi is az ipari ökológia?

Az „ipari ökológia” kifejezést Robert A. Frosch és Nicholas E. Gallopoulos említi először a Scientific American egyik kiadásában 1989-ben. Az ipari ökológia a természetes ökoszisztémákhoz hasonló ciklikus folyamatokat tervez, az anyagnak és az energiának a természetes ökoszisztémákban megtalálható körforgását próbálja az ipari folyamatokban meghonosítani. A korábbi, a nyersanyagtól a végtermékig vezető lineáris termelési folyamatot helyébe a visszacsatolások révén ciklikus folyamatok lépnek, a termelési hurkok bezáródnak. Létrejön egy olyan „szimbiózis”, amelyben különböző iparágakhoz tartozó termelők működnek együtt, s amelynek keretében az egyik vállalat hulladékát a másik vállalat használja fel nyersanyagként. Elméletileg a keletkező hulladékok és melléktermékek teljes mértékben felhasználhatók, s a termelők közötti hulladékcseré és a hulladékok visszavezetése a termelési folyamatba kiküszöböli, de legalábbis nagymértékben lecsökkenti a hulladékképződést.

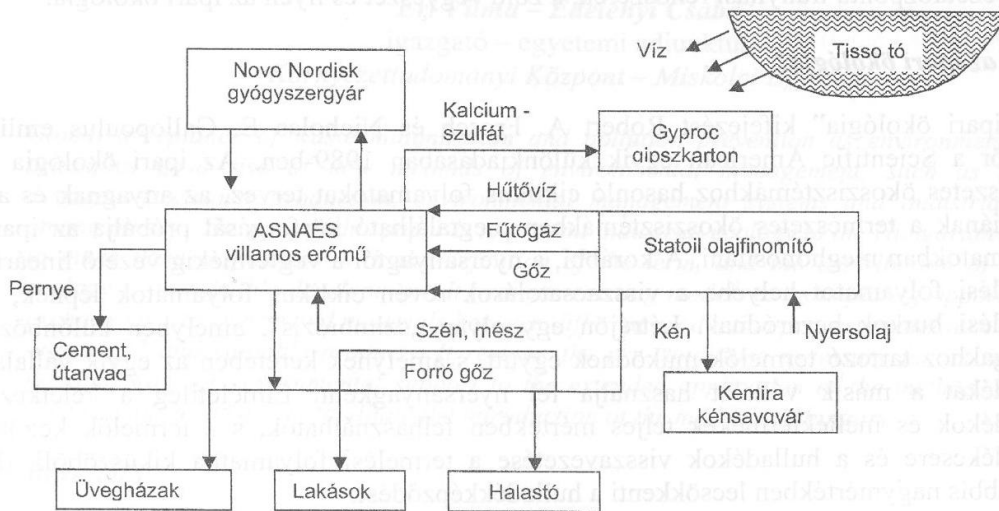
Az ipari ökológia tehát egy, a résztvevő üzemek, cégek közötti kölcsönösen előnyös üzleti partneri viszony, amelynek célja, hogy csökkenjen az együttes nyersanyagfelhasználás és a kibocsátott hulladék tömege, s az anyagok, az energia, a víz és a melléktermékek egymás közti cseréje révén a résztvevők közösen versenyelőnyhöz jussanak.

Az ipari ökológia tehát kilép a vállalat keretei közül, kiterjeszti a termelési folyamat környezeti kontrollját a vállalatok közötti, sőt, a termelők és a kommunális szektor közötti kapcsolatra. A vállalati keretek helyett a vállalatcsoport kereteiben való gondolkodás új feltételeket teremt a technológiafejlesztés, a termékfejlesztés és a termelés egyéb tényezői számára, ami átrendezi a vállalatokon belüli viszonyokat is. Az ipari ökológia tehát rendkívül innovációigényes folyamat.

Megvalósult ipari ökológiai modellek

Üzemek közötti, illetve az ipari üzemek és a kommunális szféra közötti kapcsolatokra már a 19. században is volt példa. A koksizáló üzemekből származó gázt világításra és távfűtésre egyaránt felhasználták. A termelés melléktermékeinek, hulladékainak termelő célra történő felhasználására számos mai példa is akad, olyanok, amelyeket olyan vállalatok hoztak létre, amelyek nem hallottak még az ipari ökológiáról. A piaci viszonyok az újrafelhasználást és –feldolgozást esetenként jelenleg is kikényszerítik.

Az anyag- és energia áramlásban azonban nemcsak két-három, hanem több vállalat is részt vehet, az együttműködés többféle iparágat képviselő üzemekre is kiterjedhet. Az ilyen komplex együttműködés legismertebb példája a dániai kalundborgi modell, amely az 1960-as évek óta fokozatosan alakult ki. Ennek az együttműködésnek a sémáját mutatja az 1. ábra.



1. ábra

A dániai Kalundborg ipari szimbiózis modellje

Mint az az 1. ábrán is látható, a kalundborgi modell a különböző hulladékanyagok és -energiák átadására épülő komplex hálózat, amelyben sokféle termelő üzem található. Ez a hálózat nem valamiféle előre kigondolt terv szerint jött létre, hanem évtizedekig tartó szerves fejlődés útján alakult ki. Az anyagok és energia cseréje az érintett felek közötti tárgyalások eredményeképpen valósult meg.

A kalundborgi komplexum egyben az ipari-ökológiai parkra is példa. Az ipari-ökológiai park az ipari ökológia egy speciális esete; az az eset, amikor az egymással kölcsönösen előnyös anyag- és energiacsere kapcsolatban álló termelőegységek egymás mellé, egy ipari parkba települnek. Együttműködésre azonban akkor is sor kerülhet, ha az érintett üzemek nem azonos telephelyen működnek. Esetenként éppen az ilyen egymástól messzebb fekvő üzemek együttműködése előnyösebb méretgazdaságossági szempontból vagy a folyamatos nyersanyagellátás miatt. Kalundborgban egyébként az együttműködésben részt vevő üzemek közül nem mindegyik van az ipari parkban, a cementgyár például a park területén kívül fekszik.

A kalundborginál is szövevényesebb együttműködési lehetőséget mutat be a 2. ábra, amely nem egy működő, hanem egy elméletileg lehetséges modell. Megfelelő üzemi méretek esetén a modell hulladékmentesen működik.

1. táblázat

Az ipari szimbiózisba bevonható cementgyári input-output hulladékok⁶

<i>Input oldal (a cementgyár által fogadható hulladékok)</i>		<i>Output oldal (a cementgyár által kibocsátott, és más iparágak által felhasznált hulladékok)</i>	
Villamoserőmű	Pernye és gipsz	Villamoserőmű	
Fémöntődék	Kvarc por, gipsz, elhasznált segédanyagok, salak (aluminium)	Útépités	Égető kemencei por
Vágóhíd és húsfeldolgozás	Hús, csont, zsír	Másodlagos olvasztó	Nikkel, cink, vörösréz, ólom
Élelmiszerfeldolgozás és sörfőzés	Sörtörköly, szűrőanyag hulladéka, rizshéj	Városi fűtés	Hulladékhő
Roncsautó feldolgozás	Aprítási hulladék		
Abronsgyártás, -kereskedés	Abronszuhalladék		
Autógyártás	Öntödei homok, festékzuhalladék		
Fa- és cellulózyártás	Cellulóziszap, agyag		
Vas és acélgyártás	Kohósalak és acélsalak		
Települési hulladéklerakó	Abronsdarabok, szennyvíziszap, települési hulladékégető pernyéje		
Veszélyes hulladék lerakó	Oldószer hulladékok		

Az ipari ökológia elterjedésének fontos előfeltétele, hogy alkalmazása a környezetvédelmi haszonon túl *pénzügyi eredményt* is hozzon az érintettek számára. A módszer gazdasági előnyei, a természeti erőforrások takarékos felhasználása, a korábban értéktelennek tartott hulladékok termelő célú felhasználása s az ily módon előállított többlettermék megfelelő feltételek esetén tényleges pénzügyi haszonnal kecsegtet., még akkor is, ha a felhasználás beruházással, bizonyos mértékű működési többletköltséggel jár. Ehhez azonban az kell, hogy a természeti erőforrásokhoz a felhasználók ne nyomott áron jussanak hozzá, hogy a hulladék felhasználásával értékes, jó áron értékesíthető, tényleges keresletet kielégítő termékeket állítsanak elő, s a hulladékelhelyezés teljes költségét a hulladékok termelői fizessék. Chattanoogaóban a tervezett ipari-ökológiai park megvalósításának egyik legfőbb akadálya például, hogy a Tennessee folyó vízierőművei rendkívül olcsón termelik az áramot, így a villamosáram felhasználói nem érdekeltek az energiamegtakarításban, s nem vállalják az ezzel járó többletköltségeket.⁷

A szigorú környezetvédelmi szabályozás, amely megköveteli a keletkező termelési hulladékok szakszerű, a környezetvédelmi szempontból megfelelő elhelyezését ugyancsak kihat a hulladék termelési célú felhasználásának mint alternatív stratégiának a gazdaságosságára.

⁶ Ezeken kívül a szimbiózisba bevonható még: aluminium hidroxid iszap, kalcium fluorid iszap, dekarbonációs iszap, vasoxid, márványpor és törmelék, pellitézett fluorit, pirit hamu, rectifikációs iszap, használt katalizátorok. V.ö. [12], 27. o.

⁷ Kenneth Aupperlének, a Chattanooga Institute igazgatójának a Környezettudományi Központ 2000. áprilisában az ökológiai ipari parkokról tartott szemináriumán elhangzott előadása alapján.

A jogi szabályozási környezet azonban a szigorú környezetvédelmi előírásokkal nemcsak segítheti, hanem gátolhatja is az ipari ökológia terjedését. Nem azokról az előírásokról van szó, amelyek például környezetvédelmi célból korlátozzák a cementgyárakban elégethető hulladékok fajtáját, mennyiségét. Környezeti szempontból is káros például azonban, ha az építési övezetekre vonatkozó előírások elválasztják egymástól az élelmiszeripari és a mezőgazdasági övezeteket, olykor akkora távolságot teremtve a két ágazat telephelye között, ami már a magas szállítási költség miatt gazdaságtalanná teszi az élelmiszeripari melléktermék környezetiileg még oly előnyös hasznosítását is. Vagy: a sörgyárakban keletkező meleg és lúgos kémhatású szennyvíz kedvező életfeltételeket kínál bizonyos algáknak, s meleg vízben élő halaknak. A legtöbb OECD országban a környezetvédelmi előírások arra kötelezik a sörgyárakat, hogy lehűtsék a szennyvizüket és vegyszerekkel pH semlegessé tegyék őket, ezzel megakadályozva a sörgyári vagy például a tejüzemi szennyvizek haltenyésztésre történő felhasználását (miközben felesleges vegyszerhasználatra kötelezik az élelmiszeripari üzemeket)⁸ Ezeket az akadályokat csak rugalmas szabályozással és egyedi engedélyezéssel lehet eltávolítani.

Az ipari ökológia terjedésében kulcsszerepe van az *emberi tényezőnek*. A kalundborgi példával kapcsolatban a szakirodalom hangsúlyozza, hogy az ott megvalósított technikai innovációval legalábbis egyenrangú fontosságú a modellben megvalósított üzleti és társadalmi innováció. A kalundborgi hálózat sikeres kialakulása nemcsak annak köszönhető, hogy megvoltak az anyag- és energiaátadások technológiai feltételei, hanem olyan társadalmi tényezőknek is, amelyek miatt a példát nem lehet máshol egyszerűen lemásolni. Jørgen Christensen, aki a Novo Nordisk alelnökeként részt vett néhány szimbiotikus kapcsolat kialakításában, maga is úgy látta, hogy a sikerben nagyobb szerepe volt a szerencsének, a józan észnek és a résztvevők közötti szoros személyes kapcsolatoknak, mint a technológiának. A kalundborgi sikert a technológia tette lehetővé, de emberek valósították meg. Mások az általa felsorolt sikertényezők mellett megemlítik a résztvevők kreatív üzleti érzékét és környezeti tudatosságát is.⁹

A kreatív üzleti érzék szerepét könnyű belátni, ha arra gondolunk, hány fontos kérdésben kell a hálózat szereplőinek egyezsége jutniuk. A szimbiózis kialakításához a feleknek meg kell egyezniük a szükséges fejlesztésének finanszírozásáról, az átadott-átvett hulladékanyag áráról, az együttműködés eredményeként képződő nyereség felosztásáról. Sokszereplős hálózatok esetén mindehhez bonyolult érdekegyeztetési mechanizmusokra és folyamatos koordinációra van szükség.

Hasonlóan fontos a vezetői készség is, olyan vezetők színre lépése, akik képesek a megszokotton felülemelkedni, képesek az újra, a paradigmaváltásra, tudnak vállalati keretek helyett iparági, hálózati keretekben gondolkodni, s megfelelő környezeti tudatossággal rendelkeznek. Mindezen készségeknek a kialakításában fontos feadatuk van az oktatási intézményeknek.

Az elkötelezett, széles látókörű vezetőkre és kutatókra a technológiák fejlesztésénél szükség van. Megfelelő technológiák nélkül, amelyekkel a korábban értéktelennek tekintett hulladékot magas hozzáadott értéket képviselő terméké lehet feldolgozni, a modell nem életképes. Jelenleg, úgy látszik, viszonylag nagyobb technológiai kínálat az élelmiszertermelés és a biotechnológia terén, míg több ipari ágazatban a megfelelő technológiák kifejlesztése az elkövetkező évtizedek feladata.¹⁰

⁸ Lsd. [9] 49-50. o.

⁹ [10] 26. o.

¹⁰ V. ö. [9]

A szakirodalomban érthető módon vita van arról, kell-e, s ha igen, hogyan kell az államnak az ipari ökológia térnyerését támogatnia. A kalundborgi esetre hivatkozva többen állítják, hogy az ipari ökológia terjedésének a piaci viszonyok által szabályozott egyedi döntések eredményeképpen kell megvalósulnia, mert ez a biztosítéka annak, hogy életképes, pénzügyileg is eredményes megoldások születnek, míg a központilag elrendelt együttműködések olyan gazdaságtalan kapcsolatokat eredményezhetnek, amelyek tönkreteszik a termelőket. Az ellenkező álláspont képviselői ugyanakkor azt hangoztatják, hogy a tervezett modellekben nagyobb lehetőség nyílik az együttműködés adta előnyök kihasználására.¹¹

Az állam számos szolgáltatással segítheti az ipari szimbiózisra törekvő vállalkozókat:

- támogathatja a technológiai fejlesztéshez szükséges kutatásokat,
- segíthet a jelenleg értékesíthetetlen melléktermékeknek piacokat találni,
- információt szolgáltat az érdeklődők számára a kihasználatlan melléktermékekről, az együttműködő partnert kereső termelőkről, segítheti a potenciális partnerek kapcsolatfelvételét (erre nemcsak ők hálózatok felállításakor lehet szükség, hanem akkor is, ha egy korábbi partner kiszáll az üzletből, s a helyét mással kell betölteni),
- információt adhat a finanszírozási lehetőségekről,
- részt vállal a megfelelő szakemberek képzésében,
- hozzájárul a társadalmi tudatosság növeléséhez, az ipari ökológia megismertetéséhez,
- kedvező jogi és intézményi feltételeket teremthet,
- meggyorsíthatja a kifejlesztett új terméke engedélyezését,
- új együttműködési modelleket dolgozhat ki és megvalósításra felajánlhatja őket az érdeklődőknek.¹²

Az ipari ökológiai megoldások terjedésének végül, de nem utolsó sorban fontos feltétele *a társadalmi környezet támogatása is*. hiszen az új termelő folyamatok beindításához, a szükséges fejlesztésekhez az érintett települések lakóinak, a civil szervezeteknek és a helyi hatóságoknak is hozzá kell járulnia. A lakosságnak az iparral szemben az elmúlt évtizedekben kialakult bizalmatlansága megakadályozhatja a környezeti szempontból hasznos új technológiákat is.

Az ipari ökológiai módszerek alkalmazásának azonban talán a felsoroltaknál is legfontosabb előfeltétele, hogy azok a vállalati, állami döntéshozók, akik elősegíthetik a módszer bevezetését és terjedését, tudjanak róla, ismerjék a tőle várható előnyöket, tudják, hogyan lehet a bevezetés útjában álló akadályokat leküzdeni, s hajlandóak legyenek ezért lépéseket is tenni.

¹¹ Erről részletesebben lsd. [10], 28-29. o.

¹² [10] alapján

Az ipari ökológia hazai alkalmazásával kapcsolatos tennivalók

Magyarországon az ipari ökológia fogalma, eddigi tapasztalatai viszonylag kevésbé ismertek, amihez nyilván az is hozzájárul, hogy a témának egyelőre nincs magyar nyelvű szakirodalma¹³. Itthon tehát a módszer bevezetésének legfontosabb előfeltétele, nevezetesen, hogy azok a vállalati, állami döntéshozók, akik elősegíthetik a módszer bevezetését és terjedését, tudjanak róla, egyelőre hiányzik. Emellett természetesen itthon talán fokozottan érezhetők azok az akadályok, amelyek a módszer terjedését a nálunk fejlettebb országokban is nehezítik – a megfelelő technológiák, ipari vezetők, az előrelépéshez szükséges információk hiánya.

Ugyanakkor nálunk is megvannak azok az iparágak, amelyek jelentős anyag- és energia felhasználásuk miatt érdekeltnek lehetnek az ipari szimbiózisban. Nálunk is vannak hőtermeléssel járó folyamatok (nem biztos, hogy mindenhol jól kihasználják a hulladékhőt), nálunk is vannak cementgyárak, műtrágyagyárak, kohászati és élelmiszeripari üzemek, amelyeknek fondot jelent a képződő hulladék biztonságos és az előírásoknak megfelelő elhelyezése, a hulladékok okozta környezetszennyezés felszámolása. Az élelmiszergazdaság hazai súlya, a biotechnológiai kutatások hazai hagyományai alapján az is feltételezhető, hogy ezen ágazatok számára az ipari ökológia különösen fontos fejlesztési irányt jelenthet.

A módszer ma még viszonylag új, a nálunk fejlettebb országokban is a fejlődési folyamat kezdetén tartanak. A felzárkózásra tehát jó esélyünk van, ha gyorsan reagálunk. Fontos lenne, hogy a módszert az érintettek széles köre megismerje: teret kapjon az oktatásban, lendületet kapjanak az ilyen irányú hazai kutatások. A hazai termelők hajlamosak adókedvezményben, pénzügyi támogatásban reménykedni. Az állam azonban, mint korábban láttuk, szolgáltatásaival is gyorsíthatja az ipari ökológia térnyerését. Ezen szolgáltatások beindítására azonban már most el kellene kezdeni a felkészülést, mert az a feldolgozandó hulladékokra, technológiákra, a sikeresen működő modellek tapasztalataira vonatkozó adatok, információk összegyűjtése időigényes folyamat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ANDREWS, C. J., MAURER, J. (2000), Materials Exchanges: An Exploratory U.S. Survey. Draft for Comments. Department of Urban Planning and Policy Development, Rutgers University
- [2] AYRES, R. U. (1998), Industrial Ecology: Depreciation, Waste and Pollution. INSEAD Working Papers.
- [3] BRINGEZU, S. (2003), Industrial ecology and material flow analysis: basic concepts, policy relevance and some case studies. In: Perspectives on Industrial Ecology. Greenleaf Publishing. pp. 20-34
- [4] CONSIDINE, T. J., JABLONOWSKY, CH., CONSIDINE D. M. M. (2000), The Industrial Ecology of Steel. Draft Working Paper. Center for Environmental and Economic Risk Assessment, Department of Energy, Environmental, and Mineral Economics, The Pennsylvania State University.

¹³ A téma iránti érdeklődést azonban jelzi, hogy két éve a Környezettudományi Központ által az ökológiai ipari parkokról tartott szemináriumra a meghívott ipari parkok csaknem feléből jöttek résztvevők.

- [5] FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS BIZOTTSÁG (2002), Hungary: Basic Features and Indicators of Social, Environmental and Economic Changes and Planning for Sustainability. National information to the World Summit on Sustainable Development. Budapest
- [6] FRANCIS, C. J. (2003), The chemical industry from an industrial ecology perspective. In: Perspectives on Industrial Ecology. Greenleaf Publishing. pp.120-134
- [7] HOND, F. DEN (2000) Industrial ecology: a review. Reg Environ Change 1 (2) July 2000.
- [8] KINCAID, J. (2003), Metropolitan industrial ecosystem development. In: Perspectives on Industrial Ecology. Greenleaf Publishing. pp. 95-100
- [9] PAULI, G.(1998), Upsizing. The Road to Zero Emissions. More Jobs, More Income and No Pollution. Greenleaf Publishing.
- [10] SCHLARB, M. (2001), Eco-Industrial Development: A Strategy for Building Sustainable Communities. Cornell University.
- [11] SZÉPVÖLGYI, J. (2002), Principle and Practice of Waste Processing. Central European University.
- [12] VIGON, B. (2002), Substudy 9: Industrial Ecology in the Cement Industry. An Independent Study Comissioned by the World Business Council for Sustainable Development. Toward a Sustainable Cement Industry. Battelle.
- [13] ZERI, 2001. Zero Emissions Research Institute website -- <http://www.zeri-deutschland.de/download/7-ZERI-Projects.pdf>.