

# Fenntarthatóság és rendszer az építészetben<sup>1</sup>

**Somogyvári Márta**  
Pécsi Tudományegyetem

**Az építészet az az emberi tevékenység, ami a legnagyobb hatással van a bolygónkra. A gazdaság más területeihez képest az épített környezetünk nagyon messze van a fenntarthatóságtól, bár néhány építészeti irányzat már elindult ebbe az irányba. A tanulmány rendszerelméleti szempontból széles kontextusban vizsgálja, hogy milyen elvek segíthetnek hozzá, hogy fenntartható épületeket tervezünk, külön kiemeli a gazdasági fenntarthatóság problémakörét a jövő generációinak szemszögéből, és kitér azokra az általános elvekre, amelyek segíthetnek az épített környezet fenntarthatóbbá tételében.**

*Kulcsszavak:*  
rendszer gondolkodás,  
fenntartható fejlődés,  
fenntartható építészet,  
gazdasági fenntarthatóság

## BEVEZETÉS

A fenntarthatóság szerepét az építészetben, illetve a fenntartható építészet fogalmát nagyon nehéz tisztázni. Vajon mire vonatkozhat az épületek esetében ez a szó? Mi lehet fenntartható? Az épület elhelyezése? Az épület héjazata? Az alkalmazott technológia? A gépészeti megoldások? Kinek fenntartható? A tulajdonosnak? A felhasználónak? A társadalomnak? A múlt vagy jövő generációinak? Hány évig fenntartható? Azok az épületek, amelyek szinte egyedülként élnek túl az emberiséget, s amelyek közben többé kevésbé beteljesítik funkciójukat, az egyiptomi piramisok. Persze csak addig, amíg a sivatag megmarad sivatagnak és eltemeti őket a homok...

## AZ ÉPÍTÉSZELET ÉS AZ ÉPÍTETT KÖRNYEZET HATÁSA A BOLYGÓRA

A mai korszak környezetterhelésében az épített környezetnek meghatározó szerep jut. A gazdaság más területeihez képest az építészet és az építőipar sok területen nagyon messze van a fenntarthatóságtól, a szektor számos szereplője nem foglalkozik ezzel a kérdéskörrel és a fenntarthatóságot építészeti irányzatként kitűző mozgalmak is évtizedek óta a kísérleti és kísérletező fázist jelentik a legtöbb építető, tervező, kivitelező és a közvélemény számára.

## ENERGIA ÉS NYERSANYAGHASZNÁLAT

Az iparban világszerte megfigyelhetjük annak a termelési filozófiának a gyors terjedését, amely a technológiákat úgy alakítja, hogy minél kisebb legyen az adott iparág energia- és nyersanyaghasználata, ne keletkezzen hulladék, s csökkenjen a környezetterhelés. Az építőiparban ez a tendencia Európában elsősorban a skandináv és a német nyelvű országokban kezd elterjedni a napi gyakorlatban is. Az építés és az épületek fenntartása sokkal több energiát és nyersanyagot követel meg, mint bármely más gazdasági tevékenység. Mind a háztartások, mind a gazdasági ágensek és az állam számára is az építés jelenti a legnagyobb

pénzügyi beruházást, a társadalmak az építési folyamat során használják fel a legtöbb erőforrást. Az épületekben az emberiség által felhasznált nyersanyagok 60%-a van beépítve, az energiafelhasználásnak csaknem a fele is itt történik, sőt, a hulladékok nagyobb része is az építési tevékenység során keletkezik. Európában 2010-ben a teljes végső energiafelhasználás 40%-át adták az épületek, amit a közlekedés 32%-kal, az ipar 24%-kal és a mezőgazdaság 2%-kal követett (Odyssee 2012). Magyarországon ez az arány még magasabb, csaknem 45%. Az egy négyzetméterre eső fűtési célú energiafelhasználásban is az átlag fölött vagyunk, ami nem magyarázható a kontinentális klímával, mert csaknem 50kWh/m<sup>2</sup>-rel több a fogyasztásunk, mint pld. a norvég épületeké (Odyssee 2012). Az épületek összes energiafogyasztása mind a fűtési energiát, mind a villamos energiát tekintve folyamatosan emelkedő trendet mutat Európában annak ellenére, hogy az Unió széles körű programokat indított az energiahatékonyság növelésére a 20-20-20 célok kitűzésével (EU 2010).

## **TERÜLETFOGLALÁS ÉS A TALAJOK DEGRADÁCIÓJA ÉS MEGSEMMISÜLÉSE**

Az építészet az emberiségnek az a tevékenysége, amelynek során a leglátványosabban veszi el és alakítja át a területet a természettől. Európa annak ellenére, hogy már szinte mindent arra alkalmas helyszínt "lebetonozott", naponta 250 hektárt zár le betonnal, aszfalttal vagy épületekkel (SWD 2012 p.8). Az utóbbi tíz évben az Európában kiadott építési engedélyek száma az ingatlanbuborék kipukkadásáig, 2006-ig meredeken emelkedett, a 2006-os évben az emelkedés 17%-os volt, majd a válság hatására az építőipar összeomlott. Az építési engedélyek száma, ami az építési projektek gyakorlati megvalósításának első jele, 2009-ben a 2006-os adat felére esett vissza (Odyssee 2012). A 2012-es év utolsó negyedében a 2010-es bázishoz képest Magyarországon a kiadott engedélyek száma a felére, 52%-ra

esett vissza, viszont a válságból gyorsan kikeveredő balti államok és Svédország csaknem 40-60%-os többletet mutatnak fel (Eurostat 2012a). Ázsiában és Afrikában közben eddig soha nem látott intenzitású és nagyságrendű építési tevékenységet figyelhetünk meg az urbanizálódásnak és az ipar fejlődésének köszönhetően (Zhang 2006).

Magyarországon a termőföldelvonás dinamikája nagyon kedvezőtlen képet mutat. 1990-ben 8,24 millió hektárnyi termőterület volt Magyarországon, 2007-re ez az érték 7,72 millió hektárra esett vissza (Farsang 2011). Ez azt jelenti, hogy az évente kivont és jórészt betonozott és leaszfaltozott terület csaknem 31 ezer hektár volt. Ez a szám napi 84 hektárt jelent, amivel ugyan az unió átlaga alatt vagyunk, de tekintettel arra, hogy közben a népesség folyamatosan csökken, és az építkezések, illetve az infrastruktúra fejlesztése rendszerint a síkvidéki, a mezőgazdasági szempontból legértékesebb, legjobb termőképességű talajokat érinti (Farsang 2011), ez az adat az ország környezeti állapotának és jövőbeni eltartó képességének tragikus degradációját jelenti.

Amíg mind a közvélemény, mind a tudományos közösség napirenden tartja az épületekben történő fosszilis energiafelhasználás negatív hatásait, a területfoglalás hatásáról kevesebb szó esik. Földhasználat nélkül nem képzelhető el építkezés, a földhasználat pedig negatívan hat mind a globális, mind a helyi klímára, megszünteti a talajok pufferkapacitását a bolygó szénkörforgásában, létrehozza a városok feletti hőszigeteket, megváltoztatja a természetes hidrogeológiai folyamatokat, növeli az árvizek és az aszály veszélyét, s csökkenti a biodiverzitást, hiszen a Föld élőlényinek csaknem egynegyede talajlakó, s tőlük függ a teljes szárazföldi ökoszisztéma működése. A talajképződés ideje több ezer év, s ez a folyamat nagy léptékben nem gyorsítható fel. A zöld mezős beruházások azzal, hogy degradálják, vagy megsemmisítik a talajokat, közép- és hosszútávon veszélyeztetik az élelmiszertermelést és a gazdasági fejlődést (SWD 2012).

## A FENNTARTHATÓ ÉPÍTÉSZEZET IRÁNYZATAI AZ ÉPÍTÉSZEK ÉRTELMEZÉSÉBEN

### A fenntarthatóság mint hívószó

Az építészek a „fenntarthatóság” kifejezést nagyon sok kontextusban használják, sokfajta épületre mondják azt, hogy az fenntarthatóság elveinek figyelembe vételével épült a tradicionális építési módokat és építőanyagokat felvonultató vidéki házaktól a sivatagokban felépített high-tech felhőkarcolóig. Jarzombek (2003) szerint a kifejezés azért terjedt el, mert ezzel a szektor szereplői el akarták kerülni azt a stigmát, hogy valamiféleképpen részeseivé válnak a környezeti politikának, összemoshatók a környezetvédők gyakran radikális mozgalmával. A fenntartható építészettel sokan az ökológiai építészettel, az energiahatékony építészettel vagy a bioklimatikus építészettel azonosítják anélkül, hogy pontosan definiálnák a fogalmakat.

### A fenntartható építészet főbb irányzatai

Az építészetnek többes karaktere van, az egyik a művészet, a térbe álmódott formákkal, az épület tömegének és térszerkezetének vizuális megjelenésével a részletek aprólékos kidolgozásával törődik, a másik a funkciókkal, a használat által megfogalmazott követelményekkel foglalkozik, a harmadik a technológiát, a műszaki tartalmat helyezi előtérbe, s mindennek néha erőteljes gátat szabnak a helyi fizikai és társadalmi elvárások, illetve a pénzügyi korlátok. A fenntartható építészetnek az előbbi szempontokat úgy kell ötvöznie, hogy az épület környezeti hatásait úgy minimalizálja (vagy optimalizálja), hogy a megadott gazdasági lehetőségek között is kielégítse azokat a funkcionális, kényelmi és vizuális igényeket, amelyeket az adott kultúra elvár egy épülettől.

### Természetközpontú megközelítés

A fenntartható építészet természetközpontú megközelítése abból a sokak által elfelejtett egyszerű tényből indul ki, hogy az emberi élet a természetben játszódik le, s ahhoz,

hogy az emberi faj hosszú távon fennmaradjon, elengedhetetlenek azoknak a folyamatoknak az ismerete, amelyek az ökoszisztémát irányítják. McHarg a „Design with Nature” c. könyvében ezt úgy fejezte ki, hogy nem a természet ellen, hanem a természettel kell terveznie az építésznek (McHarg 1967). Ez az irányzat ma is visszaköszön a biomimikri, a passzív szolár megoldások, a természetes árnyékolás, a fizikai törvényeket kihasználó, építészeti és nem épületgépészeti megoldásokkal átszellőztetett épületekben, a vidéki, autonóm, sziget-szerű energiatermeléssel fenntartott házakban. Az irányzat képviselői szerint a tájba illesztett, a természetet nem zavaró épületek egyben biztosítják az ott élők egészségét is, hiszen a természet önmagában „tisza és gyógyító erővel” bír (Guy és Farmer 2001).

### Ökológiai megközelítés

Amíg a természetközpontú megközelítés során a legfontosabb az, hogy megvédjük a természetet az építés és az emberi tevékenység brutalitásától, az ökológiai megközelítés arra helyezi a hangsúlyt, hogy hogyan lehet különböző technológiai megoldásokkal minimalizálni az épületek által okozott környezeti károkat, amelyek közül a legveszélyesebbnek a klímaváltozást tartják. A technológiai irányzatok kettéoszlanak. Az egyik irányzat az alternatív, low-cost technológiákat részesíti előnyben, természetes, sokszor tradicionális anyagokat használ, mint fa, agyag, vályog, bambusz, szalmabála, illetve szélsőséges esetben különböző

„Az építészet az emberiségnek az a tevékenysége, amelynek során a leglátványosabban veszi el és alakítja át a területet a természettől. Európa annak ellenére, hogy már szinte mindent arra alkalmas helyszínt „lebetonozott”, naponta 250 hektárt zár le betonnal, aszfalttal vagy épületekkel.”

hulladékokat, mint PET palack, autógumi, ezzel is csökkentve a szemét mennyiségét.

A másik irányzat a high-tech megoldások, az innovatív anyagok, és a nagyipari módszerekkel gyártott szigetelő- falazó és burkolóanyagok mellett felhasználja a megújuló energiaipar legújabb fejlesztéseit, hogy növelje az épületek energiahatékonyságát és/vagy kihasználja a helyi megújuló energiákat saját energiatermelő rendszerek beépítésével. A fenntarthatóság ezekben az esetekben számszerűsíthető indikátorokkal mérhető. Ezek közé tartozik a gyártás során és az építés során az épületbe beépített és az épület teljes életciklusa alatt felhasznált energia mennyisége, a pontosan meghatározott és megmért környezeti hatások az eutrofizálódástól a savasodáson át a felhasznált vízmennyiségig, az épület működtetéséhez szükséges fosszilis energia kiváltása, az épület által megspórolt üvegházhatású gázok mennyisége (Pieragostini 2012). Ebben az olvasatban a fenntarthatóság azt jelenti, hogy az építéssel kapcsolatos szociális, gazdasági és környezeti problémák megoldását a technológia és a jövőbeli technológiai innovációk segíthetik elő. A fenntarthatóság kulcsa a racionalitás és a hatékony tervezés, építés és működtetés (Williamson et al 2003).

### **A fenntarthatóság mint kulturális koncepció**

A fenntarthatóság kulturális koncepciója abból indul ki, hogy az épületnek illeszkednie kell ahhoz a helyhez, közösséghez, településhez, ahol elhelyezkedik. Akkor fenntartható egy épület, ha visszatükrözi azoknak az embereknek az értékrendjét, akik ott élnek, hiszen a helyi ember, a lokális kultúra jobban érzi, illetve tudja, hogy mire van szüksége (Williamson et al 2003), s mit kíván meg a „hely szelleme”.

### **Integratív megközelítés**

Az integratív megközelítés szerint a fenntartható építészeti a fenti irányzatoknál sokkal tágabban kell értelmezni. Az épített környezet és a gazdasági, ökológiai és társa-

dalmi tényezők kölcsönösen függnek egymástól. A Svájci Építész és Mérnök Egyesület (SIA 112/1) ezt úgy fogalmazta meg 2004-ben kiadott irányelveiben, hogy az építészeti fenntarthatóság modellje három oszlopon nyugszik: ezek a társadalom, a gazdaság és a környezet, s ezek a területek egyenként is több témát fognak át, amelyeknél külön-külön is meg kell állapítani a fenntarthatósági kritériumokat. Ezekből az irányelvekből nem derül ki, hogy mennyiben különbözik a fenntartható építészet a „nem fenntarthatótól”, mert az építés folyamatához adnak egy forgatókönyvet, amiből kitűnik, hogy milyen módon lehet elindulni a társadalmi és gazdasági tényezők integrálása felé az egyes építési projektek tervezési és előkészítő folyamatában (*1.táblázat*).

### **AZ ÉPÜLET MINT RENDSZER**

A fenntarthatóság integratív megközelítéséből az következik, hogy a szűkebb (műszaki és esztétikai) és tágabb (településrendezési) építészeti szempontokat és az ökológiai, gazdasági, társadalmi szempontokat egyaránt figyelembe kell venni az épített környezet alakításakor, vagyis el kell indulni a rendszerelméleti gondolkodás felé.

Az épület önmagában is meghatározható egy olyan komplex rendszerként, ami az infrastruktúra segítségével és az épület használóinak az interakcióin keresztül más rendszerekkel (közlekedési hálózat, energiarendszer, külső környezet fizikai rétege, ökoszisztéma, különböző társadalmi alrendszerek) tart kapcsolatot, s ami más épületekkel együtt nagyobb rendszerekbe (települések, tájak, régiók) szerveződik.

Ha egy épület fenntarthatóságát meghatározó tényezőket meg szeretnénk vizsgálni, érdemes a rendszer tervezésének folyamatából kiindulni. Derrisen szerint „az „ex ante” fenntarthatóság a rendszer tervezőjének a reménye arra, hogy teljesítse a tartósság kritériumát, de azt csak egy bizonyos valószínűséggel lehet állítani, hogy a rendszer „ex post” is kiállja a normatív fenntarthatósági kritériumok próbáját (Derrisen et al. 2011).

1. táblázat: A Svájci Építész és Mérnök Egyesület irányelvei a fenntartható építészetről

Társadalom	
Közösség	Társadalmi integráció (kulturális és generációs sokszínűség)
	Szociális interakciók (olyan helyek és térszerkezet, ami elősegíti az emberek közötti kapcsolatokat)
	Szolidaritás és igazságosság ( a hátrányos helyzetű csoportok és személyek támogatása)
	Társadalmi részvétel (társadalmi párbeszéd, hogy a lakosság elfogadja a projekteket)
Kialakítás	Térbeli identitás (a tájékozódás elősegítése az épített környezet kialakításával)
	Individualizálás (az egyénre szabott és az egyének által végrehajtható átalakítások lehetősége)
Használat	Alapellátás (rövid szállítási távolságok, az adott negyedben a különböző funkciójú épületek keveredése)
	Forgalomszabályozott zónák és tömegközlekedés (jó és biztos elérhetőség, jó közlekedési hálózat)
Jóllét és egészség	Biztonság (magas biztonságérzet, a veszélyek elhárítása)
	Megvilágítás (optimális nappali fény, jó megvilágítás)
	Belső klíma (kevés allergén anyag és káros anyag a levegőben)
	Sugárzás (alacsony ionizáló és nem ionizáló sugárzási szint)
	Nyári hőség elleni védelem (megfelelően hűvös belső hőmérséklet)
Zaj és rázkódások (alacsony zajszint és rázkódásmentes környezet)	
Gazdaság	
Építmény	Elhelyezkedés (az épület elhelyezkedésének megfelelő hosszú távú gazdasági hasznosítás)
	Épület anyaga (a teljes élettartamra vonatkoztatott állandó minőség és értékállóság)
	Épület szerkezete (magas flexibilitás a téralakításban és a használatnak megfelelően)
Beruházási költségek	Életciklus költségek (már a beruházási fázisban a teljes életciklusra vonatkoztatott költségek figyelembe vétele)
	Finanszírozás (a beruházási, fenntartási, felújítási és lebontási költségek biztosítása hosszú távon)
	Externális költségek (az externális költségek minimalizálása)
Működési és karbantartási költségek	Működési és karbantartási költségek (alacsony költségek a korai tervezés és a folyamatos intézkedések eredményeként)
	Javítási költségek (alacsony javítási költségek a magas minőség és könnyű javíthatóság, hozzáférhetőség biztosításával)
Környezet	
Építőanyagok	Az építőanyagok elérhetősége (könnyen elérhető primer anyagok és sok újrahasznosított anyag)
	Alacsony környezeti terhelés (a gyártás során alacsony környezeti terhelés)
	Lebontás (a könnyű lebontást és az újrafelhasználást illetve újrahasznosítást lehetővé tevő szerkezeti kapcsolatok és kötőanyagok)
Működési energia	Hűtés fűtés ( kis energiaigényű épületek a különböző építési megoldások és a gépészet megválasztásával)
	Háztartási meleg víz (kis energiaigényű HMV ellátás a különböző építési megoldások és a gépészet megválasztásával)
	Villamos energiaigény (alacsony villamos energiaigény a működtetés és a berendezések megválasztása segítségével)
	Energiaigény kielégítése (nagy rész megújuló energiával)
Talaj /táj	Alaprajz (kis területet lefedő alaprajz)
	Zöld felületek (fajta változatossága)
Infrastruktúra	Mobilitás (a mobilitás környezetterhelésének minimalizálása)
	Hulladékkezelés a működés során (szelektív hulladékkezelés)
	Víz (alacsony ivóvízfogyasztás és kis mennyiségű szennyvíz)

Forrás: SIA 112/1

Ahhoz egy rendszer „ex post” is fenn tarthatónak bizonyuljon, figyelembe kell venni tervezésnél a lokális és globális hatásokat, a rendszer hosszú távú hatásának idejét, a rendszer szociokulturális, ökológiai, természeti és gazdasági környezetét, illetve a rendszer esetleges proliferációjának következményeit, valamint a rendszer rugalmasságát biztosító tényezőket (Somogyvári 2012).

#### **A rendszer élettartama**

A rendszer élettartamát úgy kell meghatározni, hogy az egybeessen azzal az időszakkal, amíg a rendszer hatást gyakorol a környezetre. Ez az épületek esetében megfelelően az életciklus vizsgálatoknak az épületet alkotó anyagok és berendezések alapanyagainak kitermelésével, gyártásával kezdődik és az épület lebontásáig, illetve a felhasznált anyagok lerakásáig, és/vagy újrafelhasználásáig, illetve a káros anyagok semlegesítéséig tart. Vannak olyan rég lebontott épületek és/vagy anyagok, amelyeknek a hatása a mai napig érezhető, egészen addig, amíg nem sikerül a különböző vegyi anyagokat és veszélyes hulladékokat ártalmatlanítani, így pld. az asbesztet a hulladéklerakókban agyagba vagy betonba beágyazni. Ez az időszak egy atomerőmű esetében akár évszázadokat is jelenthet, hiszen a radioaktív hulladéktárolókat folyamatosan monitorozni kell, hogy megvédjék a sugárzástól a bioszférát. Ebben az esetben addig kell figyelembe venni a rendszer működését és értékelni a globális és lokális környezetre gyakorolt hatását, amíg ezek a hatások teljesen el nem enyésznek.

Az épületek életciklusa Európában függ az adott ország építészeti kultúrájától, s 30-50 évtől akár 100-200 évig is tarthat, s műemlékek esetében pedig még ennél is hosszabb lehet. Az épület fennállásának időtartamán belül nagyon fontos az egyes alrendszerre jellemző (belső terek, héjazat, gépészet) felújítási ciklusok hossza. Amíg az irodaépületeket akár 5-6 évenként is átépítik (Chevalier és Le Téno 1996), illetve a kereskedelmi jellegű épületek akár évente is tulajdonost váltanak, ami tel-

jes belső átalakítással jár, addig a lakóépületek esetében ez az időszak nagyon hosszú, akár több évtizedes is lehet. Van egy többé-kevésbé egységes határ, ami megadja az épületek gépészeti felújításának, illetve a héjazat renoválásának gyakoriságát, ez a mai gyakorlat szerint a gépészet esetében 17-23, a héjazat esetében a felhasznált anyagoktól függően 25-30 év (Marszal és Heiselberg 2011).

#### **A rendszer határai**

Ahhoz hogy meghatározhassuk a rendszer határait, figyelembe kell venni az épületek és az épített környezet globális és lokális hatásait. Az épületek esetében nem maradhatunk meg az adott épület közvetlen környezeténél, hanem meg kell nézni, hogy az milyen hatással lesz a közvetlen környezeten kívül az adott településre, vagy akár az adott régióra, hogyan rendezi át a közlekedési szokásokat, hogyan hat más épületekre, azok használatára és funkcióira. Az épületekben felhasznált anyagok sokszor nagyon távoli helyekről származnak, nagy a szállítási igényük, bonyolult, sokszereplős gyár-

*„Vannak olyan rég lebontott épületek és/vagy anyagok, amelyeknek a hatása a mai napig érezhető, egészen addig, amíg nem sikerül a különböző vegyi anyagokat és veszélyes hulladékokat ártalmatlanítani, így pld. az asbesztet a hulladéklerakókban agyagba vagy betonba beágyazni. Ez az időszak egy atomerőmű esetében akár évszázadokat is jelenthet, hiszen a radioaktív hulladéktárolókat folyamatosan monitorozni kell, hogy megvédjék a sugárzástól a bioszférát. Ebben az esetben addig kell figyelembe venni a rendszer működését és értékelni a globális és lokális környezetre gyakorolt hatását, amíg ezek a hatások teljesen el nem enyésznek.”*

tási folyamatok eredményeként jutnak el az építkezés helyére. A rendszer határait nem tudjuk úgy kitágítani ebben az esetben, hogy egytől egyig beemeljük azokat a helyeket, ahol az adott építőanyagot ténylegesen legyártják. Ehelyett az életciklus elemzés segítségével azokat a hatásokat számszerűsítjük, amellyel az adott termelési folyamat és az egyes anyagok szállítása általában szennyezi a környezetet (Ortiz et al 2009).

Amennyiben az életciklus elemzés logikája szerint vizsgáljuk az épületek környezeti hatásait, s szeretnénk azonosítani azokat a fázisokat és tényezőket, amelyek leginkább meghatározzák az épületek környezetterhelését, akkor néhány nagyon fontos következtetésre jutunk:

1. Ha elég hosszú (minimálisan 30-40, de átlagosan 50-100 éves) életciklusokkal számolunk, akkor a legfontosabb, vagyis a környezetet leginkább terhelő fázis az épületek használatához, a működéshez köthető, ez a konvencionális épületeknél elérheti az összes terhelés 90-95%-át. Minél hosszabb az épület életciklusa, annál kevesebb súllyal esik latba az építés és a lebontás fázisa (Blengini 2009).
2. A leginkább környezetterhelő tényező az épületek teljes életciklusát tekintve a működési energia, ezzel szemben az építőanyagokba beépített energia és a lebontáshoz szükséges energia szinte elhanyagolható. Csak az extrém alacsony energiafogyasztású passzív házak esetében lehet nagyobb szerepe a beépített energiának, de ebben az esetben ezt kompenzálja a nagyon alacsony működési energiafogyasztás (Verbeeck, G. et al./2010).
3. A működési energia által a környezetre kifejtett hatás abban az esetben, ha az épületnek nincs saját energiaellátó rendszere attól függ, hogy az adott országban milyen primer energiából termelik a villamos energiát. Ez a hatás olyan nagy, hogy Rossi et al kimutatta: amennyiben az ország energia-mixe jelentősen eltolódik a megújuló energiák felé,

akkor az anélkül is az üvegházhatású gázok kibocsátásnak jelentős csökkenéséhez és így az épület karbon lábnyomának zsugorodásához vezet, hogy különböző energiahatékonysági intézkedésekkel jelentősen csökkentenénk a működési fázisban az energiafogyasztást (Rossi et al. 2012).

Ha a figyelembe vesszük azt, hogy egy épület milyen magasabb szintű rendszerek alrendszerként funkcionál, akkor nagyon sok olyan szempont vetődik fel, ami megkérdőjelezheti az épületek egyéni, autonóm rendszerként történő értékelését. A teljes életciklus vizsgálat alapján pusztán környezeti szempontból egy passzív ház, aminek a fűtési hőigénye maximálisan 15 kWh/m<sup>2</sup> évente, vagy egy „aktív ház”, ami több energiát termel, mint amennyi a működtetéséhez szükséges, a fenntartható építészet csúcának tűnik. Az EU szabályok is ezt a meggyőződést erősítik, hiszen fokozatosan szigorítják az épület termikus tulajdonságaira vonatkozó szabályokat, melyek szerint 2020-tól már csak a passzív ház standardhoz közel álló új épületeket lehet építeni (EU 2009). A rendszerhatárok meghatározásánál azonban azt is figyelembe kell venni, hogy egyetlen épület sem ragadható ki a sem a fizikai-természeti környezetből, sem a településszerkezetből. Emellett nem szabad azokat az ellátási hálózatokat sem figyelmen kívül hagyni, amelyek biztosítják az épület működéséhez, illetve a felhasználók napi tevékenységéhez szükséges anyag- és energiaáramokat, illetve a keletkező hulladék kezelését és elszállítását. Amennyiben ezeket a tényezőket is figyelembe vesszük a rendszerhatárok meghúzásánál, akkor nem sorolhatjuk a fenntartható építészet körébe azt a passzív házat valahol az erdő vagy a puszta közepén (vagy akár egy kihalt, minden ellátási infrastruktúrától megfosztott baranyai faluban), amit csak hosszú autótúton át lehet elérni, s ahova mindent (még az ott lakó/pihenő embert is) 30 vagy akár 50-100 km-ről kell odaszállítani.

### **A rendszer kontextusa**

Azért, hogy a rendszer hosszú távú működését biztosítsuk, azt be kell ágyazni az ökológiai, technológiai, kulturális és szociális környezetbe. A rendszerhatárok nem állhatnak meg az épületeknél és az épített környezetnél. Olyan nehezen kvantifikálható, de a rendszer fennmaradása szempontjából esszenciális dimenziókat is figyelembe kell venni, mint a társadalmi értékek, az életstílus, a különböző divatok és trendek, az adott környezet technológiai fejlettsége, illetve a fizikai és természeti környezetben az épület fennmaradását veszélyeztető hatások.

### **A rendszer proliferációja**

A környezeti hatások becslése esetén alapvető jelentőségű annak vizsgálata, hogy mi történik, ha az adott rendszer elterjed. Ez azt a kérdést veti fel, hogy milyen környezeti hatásokkal jár, ha egy épülettípust, vagy az ott alkalmazott technológiai megoldásokat, építőanyagokat nagy léptékben kezdenek alkalmazni. Ha csak egyetlen épületet szigetelünk le polisztirol alapú szigetelőrendszerekkel, addig a más rendszerekre gyakorolt hatás nagyon kicsi lesz. Ha országos szigetelési programokat indítunk, akkor már figyelembe kell venni a polisztirol gyártásának nyersanyagigényét, s ezzel együtt a termelés teljes életciklusára kiterjedően a kőolaj kitermelésével, szállításával és feldolgozásával okozott környezeti és egyéb károkat. A rossz tervezés és a rossz technológia, illetve a rossz kivitelezés következményei, mint az épületek penészesedése, a tűzveszély, az ily módon szigetelt épületekben élők egészségi problémái ebben az esetben már nemzetgazdasági szinten is jelentkeznek. Ugyanígy figyelembe kell venni a nagy mennyiségű, nehezen lebomló anyag lerakásának és ártalmatlanításának környezeti hatását és költségeit akkor, amikor a szigetelést 20-25 év múlva, vagy akár előbb is le kell bontani.

### **A rendszer rugalmassága**

Ahhoz, hogy épület valóban hosszú ideig fennmaradjon, ami nálunk 50-150-200 évet

is jelenthet, a tervezésnél gondolni kell arra, hogy a jövőbeli felhasználók hogyan fogják értékelni az épület esztétikai és funkcionális teljesítményét, illetve pénzügyi fenntarthatóságát. Az épületeknél fokozottan érvényesül az az elv, hogy egy rendszer csak akkor maradhat fenn hosszú távon, ha megfelelő rugalmassággal rendelkezik, vagyis a környezet változását vagy a rendszer működésében fellépő zavarokat kompenzálni tudja. Az épületek esetében ez jelentheti azt, hogy pld. a szerkezet ellenáll olyan külső hatásoknak, mint viharok, földrengések, az épületben extrém hideg vagy meleg esetében is biztosítani lehet a megfelelő belső klímát, a kívánt hőmérsékletet.

A rugalmasságnak nem csak a környezeti hatások esetében van szerepe, hanem a társadalom preferenciái esetében is. Az épületek élettartama attól függ, hogy meddig tudják kiszolgálni a felhasználói igényeket. A rendszer rugalmassága ebben a dimenzióban azt jelenti, hogy az épület úgy tud változni, ahogy a felhasználók preferenciái változnak. Az, hogy ez mekkora időtartamot jelent, erőteljesen függ az épület funkciójától valamint az adott helyen végbemenő gazdasági és kulturális változásoktól. A műemlékek esetében a társadalom nagyon nagy erőforrásokat mozgósít arra, hogy azok változatlan formájukban fennmaradjanak. A gazdasági, intézményi funkciókat kiszolgáló épületek esetében a társadalmi preferenciák, a divatok sokszor változnak, a gépészet eszmei avulása az új technológiák elterjedése következtében sokkal gyorsabb, mint a lehetséges élettartam, ezért gyakran lerövidülnek a felújítási ciklusok még akkor is, ha ez nem gazdaságos.

### **Az épületek rövid és hosszú távú finanszírozási problémái**

Az építész minden gondolata, minden lerajzolt vonala költségeket okoz. Ezek a költségek minden esetben kapcsolódnak az időhöz. Ha éppen egy építkezés közepén tartunk, akkor az építőanyag, az alkalmazott technológia és a gépészet előállítására visz-



szanyúlik a közelmúltba – vagy bontott anyag esetében akár a régmúltba. Az ingatlan-beruházási projekt szempontjából a tervezés, engedélyeztetés, ingatlanvásárlás, közművesítés költségei a projekt megvalósításának „jelen idejében” állnak elő, de az építészeti, gépészeti megoldások meghatározzák az épület működtetésének jövőbeli költségeit és a felújítási ciklusok gyakoriságát az épület fennállásának idejére.

A legtöbb építető nem gondol arra, hogy a beruházási költségek eltörpülnek a jövőbeli működtetési költségek, illetve a jövőbeli javítások és felújítások költségei mellett. A rendelkezésre álló, felülről korlátozott beruházási költség rossz allokációja, ami legtöbbször az épület tartósságát és optimális viselkedését biztosító kritikus szerkezeteket és anyagokat érinti, oda vezethet, hogy az épület hosszú távon pénzügyileg fenntarthatatlanná válik.

Vajon van-e értelme azon tünődni, hogy mekkora lesz egy 100 évre tervezett épület teljes életciklus-költsége? Kinek a költségeit tartjuk legfontosabbnak? A saját költségeinket, vagy az utódaink költségét? A beruházás, a fenntartás vagy az elpusztítás (visszabontás) költségeit? Vajon megkerülhetjük-e azt a látszólag filozófiai, de a fenntarthatóság szempontjából életbevágó kérdést, hogy diszkontálhatjuk-e és ha igen, milyen mértékben diszkontálhatjuk a jövőt?

A fenntarthatóság sokat idézett Brundtland definíciója azt mondja ki, hogy a most élő emberek mellett a jövő generáció számára is meg kell adni azt a lehetőséget, hogy kielégítsék a saját szükségleteiket (Brundtland 1987). Akkor, amikor azt próbáljuk modellezni, hogy milyen működtetési és fenntartási költségeket jelent majd egy adott épület vagy az épített környezet jövőbeli működtetése, akkor nem azt kell kérdeznünk, hogy lesz-e elég pénze erre a jövő generációinak, hiszen nem ismerjük és nem is igazán tudjuk becsülni ezeket a 30-50-100 éves időszakokat átívelő jövőbeli pénzáramokat. Itt valójában azt kell megbecsülnünk, hogy a jövő generációknak milyen erőforrásokat kell mozgósíta-

„Ahhoz, hogy épület volóban hosszú ideig fennmaradjon, ami nálunk 50-150-200 évet is jelenthet, a tervezésnél gondolni kell arra, hogy a jövőbeli felhasználók hogyan fogják értékelni az épület esztétikai és funkcionális teljesítményét, illetve pénzügyi fenntarthatóságát. Az épületeknél fokozottan érvényesül az az elv, hogy egy rendszer csak akkor maradhat fenn hosszú távon, ha megfelelő rugalmassággal rendelkezik, vagyis a környezet változását vagy a rendszer működésében fellépő zavarokat kompenzálni tudja.”

nia ahhoz, hogy továbbra is fenntartsák és használják az épületeket, az épített környezetet, s vajon ezek az erőforrások majd rendelkezésükre állnak-e.

Ez a probléma akár már egy magánlakás vagy ház esetében is nagyon egyszerűen szemléltethető. Ha valaki negyven éves korában épít egy épületet azzal, hogy ott éli majd le az életét, akkor 30 év múlva, hetven évesen szakad rá az első felújítási ciklus. Kérdéses, hogy mekkora lesz a nyugdíja, (lesz-e egyáltalán nyugdíja) és mennyit érnek a megtakarításai, illetve képes-e egyáltalán ilyen célra megtakarítani. Éppen ezért nem mindegy, hogy már a tervezésnél és az építésnél figyelembe vették-e a tervezők és a kivitelezők, hogy a felújítások során az épületben mit kell kicserélni, hogyan lehet hozzáférni a felújítandó szerkezetekhez, s melyek azok az eredeti beruházást esetleg megrágitó megoldások, amelyek a majdani működési és/vagy felújítási költségeket jelentősen csökkenthetik.

Az építkezések során nem csak a lakosság követ el ilyen hibákat. Az a példa, ami megmutatja, hogy nem számíthatunk arra, hogy a jövő generáció tagjai sokkal több erőforrást tudnak felhasználni egy rossz koncepció alapján felépített épülettípus hibáinak kijavítására, azt is szemlélteti, hogy mi történik egy rendszer nagy léptékű elterje-

désekor. Az európai házgyári panellakások és az azokból felépített városrészek nem csak építészeti szempontból, hanem finanszírozási szempontból is ma már a rémálom kategóriájába tartoznak.

A területfoglalás szempontjából, energetikai szempontból és mind a beruházási, mind a fenntartási költségeket tekintve egy jól megtervezett és felépített, a településszerkezetbe is jól illeszkedő soklakásos épület kevésbé terheli a környezetet, mintha ezeket a lakásokat egyenként, keres családi házakban alakítanánk ki. A tömbösített építkezés ugyanis kevesebb területet foglal el, fajlagosan kevesebb fűtési energiát igényel, mint a családi házas. A panelépületek a 60-as, 70-es években tömegesen nőttek ki a földből, milliók számára jelentettek akkor korszerűnek számító lakhatási lehetőséget. Ezeket a lakónegyedeket 30-50 éves időtartamra tervezték. A 30 éves tervezett élettartam azt jelentette volna, hogy az első felújítási ciklust sem érik meg az épületek, hiszen lebontják őket. Ez azonban csak néhány épület esetében történt meg. Ma az Európai Unióban a városlakók 70%-a panelben lakik. Ezeknek az épületeknek a szanalása 350 milliárd euróba kerülne, s nem csak a pénz, hanem a megfelelő technológia sem áll rendelkezésre (Schubert 2005). Azok a politikusok, akik döntöttek ezeknek az épületeknek a felépítéséről, tipikus példái annak, amikor valaki nem törődik a jövő generáció teherbíró képességével. Ha egyáltalán gondoltak arra, hogy mi lesz 30 év múlva, akkor valószínűleg azt feltételezték, hogy a későbbi generációk gazdagabbak lesznek, több erőforrás, fejlettebb technológia áll majd rendelkezésükre. Ma már tudjuk, hogy ez a feltételezés csak néhány országban állja meg a helyét. Németországban a Kelet-német városok elnéptelenedése nyomán állami program indult a panelházak lebontására, amelynek során 2010-ig 300 ezer, 2016-ig pedig további 200 ezer panellakást bontanak le és a lakótelepeket a mai igények alapján építik át (Stadtumbau 2010).

A panelépületek fenntarthatatlanságának nem csak műszaki okai vannak, hiszen

a magyar panelházak élettartamát az építési módtól függően akár 100 évre is becsülik (Egedi 2003). A fenntarthatatlanságot az okozza, hogy mind a lakások, mind a lakótelepek rossz térszerkezetűek, nem felelnek meg a mai kor életstílusának és követelményeinek, s nincs meg az a flexibilitásuk sem, hogy könnyen át lehessen őket építeni, illetve a tulajdonosoknak nincs pénze az éppen esedékes felújítási ciklusokra. Kelet Európában az ilyen épületekben élő lakosság elszegényedett, illetve a lakótelepek társadalmi státuszának csökkenése és az elérhető szolgáltatások elégtelensége miatt kicserélődött, megindult a gettósodás folyamata. Az állam, illetve a tulajdonos önkormányzat azzal, hogy magántulajdonba adta ezeket a lakásokat, látszólag megszabadult a finanszírozási gondoktól, azt áthárította a lakosságra. Ez azonban csak növeli azt az energetikai, műszaki és társadalmi a problémát, amit a közel 800 ezer magyar panellakás felújítása jelent, hiszen itt él a lakosság egy ötöde, akiknek a nagy része még állami segítséggel sem tudja vállalni a lakásonkénti 1-1,5 milliós felújítási költséget. Bár 2010-ig csaknem 300 ezer lakást újítottak fel, de ezek a felújítások sokszor csak részlegesek voltak és a nyílászárócsere és a hőszigetelésre koncentráltak (KSH2010).

## ÖSSZEGRZÉS

A fenntarthatóság globális követelményei az épületek és az épített környezet esetében is túlmutatnak az építészetten.

A legfontosabb követelmény paradox, hiszen azt mondja ki, hogy lehetőleg ne építkezzünk, de ha építkezzünk is, ne vegyünk el több talajt a természettől és a mezőgazdaságtól, hanem a már meglévő épületeket építsük át, vagy azok helyére húzzunk fel új épületeket.

A második globális követelmény pedig azt mondja ki, hogy a klíma védelmében a fosszilis energia helyett állítsuk át megújuló energiára a teljes energiarendszerünket, miután az épületek a legnagyobb energiafogyasztók és a legtöbb energiára a működési fázisban van szükségük.

A harmadik globális követelmény szerint az épületet, illetve az épületek által alkotott települési és regionális rendszereket úgy kell megtervezni, felépíteni, használni és lebontani, hogy az a lehető legkevesebb környezeti terheléssel járjon. A „lehető legkevesebb” egy folyamatosan változó célt jelent, s a szabályozó hatóság, a tervező, kivitelező és az építető illetve a felhasználó részéről is magas szintű környezettudatosságot vár el. Mai tudásunk szerint a legfontosabb az épületek működési fázisában az energiafogyasztás csökkentése, mert az felel a környezetterhelés 90 százalékáért.

Ahhoz, hogy az épületek hosszú távon is fennmaradjanak, vagyis elég robusztus és tartós rendszerként funkcionáljanak, a tervezési és előkészítési fázisban anticipálni kell, hogy a jövőben hogyan változik a klíma és a természeti környezet. Az épületeket és a településeket fel kell készíteni az extrém eseményekre és külső hatásokra a viharoktól a hőségen át a földrengésekig.

Az épületek hosszú távú fennmaradása érdekében már a tervezés során gondolni kell arra, hogy az épület felhasználóinak milyenek lesznek a közép és hosszú távú preferenciái. Az épület rugalmasságának növelésével lehetővé kell tenni azt, hogy az épület viszonylag kis változtatással képes legyen a hosszú távú használat során vele szemben felmerülő jövőbeli funkcionális és társadalmi igények kielégítésére.

A fenntarthatósággal kapcsolatos megfontolások során kulcsszerepet kell adni a hosszú távú gazdasági és finanszírozási kérdéseknek. Az épületek tervezésénél alapvető szempontként merül fel, hogy az épületek működtetési költségei arányosak legyenek az épületet használó gazdasági ágensek (intézmények, vállalatok, háztartások) hosszú távú gazdasági teherbíró képességével, mert csak ez biztosíthatja az épületek fennmaradását és megfelelő kihasználását a teljes élettartamuk alatt. A jövő generációi számára építészeti eszközökkel is meg kell könnyíteni a felújítási ciklusok elvégzését. A tervezés és az anyag- illetve technológiaválasztás során is gondolni kell

arra, hogy mennyiben lehet olyan robusztus, passzív megoldásokat alkalmazni, amelyek csökkentik a beépített gépészetet és/vagy meghosszabbítják a héjazat és gépészet felújítási ciklusát, és így minimalizálják a jövőbeli felújítások költségeit.

„A panelépületek a 60-as, 70-es években tömegesen nőttek ki a földből, milliók számára jelentettek akkor korszerűnek számító lakhatási lehetőséget. Ezeket a lakónegyedeket 30-50 éves időtartamra tervezték. A 30 éves tervezett élettartam azt jelentette volna, hogy az első felújítási ciklust sem éri meg az épületek, hiszen lebontják őket. Ez azonban csak néhány épület esetében történt meg. Ma az Európai Unióban a városlakók 70%-a panelben lakik. Ezeknek az épületeknek a szanálása 350 milliárd euróba kerülne, s nem csak a pénz, hanem a megfelelő technológia sem áll rendelkezésre.”

## JEGYZET

1 Jelen tanulmány a TAMOP 4.2.1.B- 10/2/ KONV-2010-0002 támogatásával készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

Blengini, G. A. (2009), Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy. *Building and Environment* 44 319–330  
Brundtland Commission (1987), *Our common future*. Oxford University Press  
Chevalier, J. L. és Le Téno, J. F. (1996), Requirements for an LCA-based Model for the Evaluation of the Environmental Quality of Building Products. *Building and Environment* 31/ 5 487-491, 1996  
Derissen S. Quaes M. f., Baumgärtner S. (2011), The relationship between resilience and sustainability of ecological-economic systems. *Ecological Economics* 70 (2011) 1121–1128  
Egedy T. (2003), A lakótelep-rehabilitáció helyzete hazánkban. Elméleti és gyakorlati kérdések. *Földrajzi Értesítő* 2003. LII. évf. 1-2. füzet, pp. 107–121.

- EU (2009) *Energy-saving buildings: agreement reached* <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?language=en&type=IM-PRESS&reference=20091118IPR64746>
- EU (2010), *Communication „Renewable Energy: Progressing towards the 2020 target“* [COM/2011/31]. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011DC0031:EN:HTML:NOT>
- Eurostat (2012) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/mapToolClosed.do?tab=map&init=1&plugin=1&language=en&pcode=teis540&toolbox=types>
- Farsang A. (2011), *Talajvédelem*. [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021\\_Talajvedelem/ch07.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021_Talajvedelem/ch07.html)
- Jarzombek, M. (2003), Sustainability - Architecture: between Fuzzy Systems and Wicked Problems, *Blueprints* 21/1 (Winter 2003), pp. 6-9.
- KSH (2010), *Társadalmi helyzetkép 2010. Lakás-helyzet*. KSH. [http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/thk/thk10\\_lakas.pdf](http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/thk/thk10_lakas.pdf)
- Marszal, A. J. and Heiselberg, P.(2011), Life cycle cost analysis of a multi-storey residential Net Zero Energy Building in Denmark. *Energy* 36 p. 5600-5609
- Miller, J.H. és Page, S.E. (2007), *Complex Adaptive Systems. An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press.
- Odyssee (2012), *Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU* <http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/Buildings-brochure-2012.pdf>
- Ortiz, O., Castells F., Sonnemann G. 2009: Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. In *Construction and Building Materials* 23 (2009) 28–39
- Pieragostini, C. et al. (2012), Review on process optimization considering LCA methodology. *Journal of Environmental Management* 96 (2012) 43-54
- Rossi, B. et al. (2012), Life-cycle assessment of residential buildings in three different European locations, basic tool. *Building and Environment* 51 pp.395-401
- Schubert, G. (2005), Zeitbombe Plattenbau? Europa sucht nach Lösungen. <http://www.radio.cz/de/rubrik/schauplatz/zeitbombe-plattenbau-europa-sucht-nach-loesungen>
- SIA 112/1, Nachhaltiges Bauen – Hochbau. <http://www.greenbuilding.ch/de/home/standards-labels/nachhaltigkeitskrit-sia-112-1/>
- Somogyvári, M. (2012), *Ex Ante and Ex Post Sustainability of Energy Choices*. <http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1227.pdf>
- Stadtumbau (2010), *Stadtumbau 4. Statusbericht*. BMVBS. Berlin. <http://www.stadtumbau-ost.info/aktuelles/Vierter-Statusbericht-Stadtumbau-Ost.pdf>
- SWD (2012), *Iránymutatás a talajlezárás korlátozásának, csökkentésének és kompenzálásának bevált módjairól*. Brüsszel, 2012.5.15.SWD(2012) 101 final/2. <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/HU%20-%20Sealing%20Guidelines.pdf>
- Williamson, T., Radford, A. and Bennetts, H. (2003), *Understanding Sustainable Architecture*. Spon Press,
- Verbeeck, G. and Hens, H. (2010): Life cycle inventory of buildings: A contribution analysis. *Building and Environment* 45pp. 964–967
- Zhang, Z. et al. (2006): BEPAS—a life cycle building environmental performance assessment model. *Building and Environment* 41 pp. 669–675

Somogyvári Márta, egyetemi docens

Pécsi Tudományegyetem,  
Közgazdaságtudományi Kar,  
Gazdálkodástudományi Intézet,  
somogyv@tk.pte.hu

### Sustainability and System in Architecture

Architecture is the human activity having the greatest impact on the planet. Compared to other areas of economy, the built environment is far away from being sustainable, although a few trends have moved in this direction. This paper examines the basic principles of sustainable buildings from system-theoretical point of view, emphasizes the problems of economic sustainability from the perspective of next generations and summarizes the general principles that can help to make the built environment more sustainable.

Márta Somogyvári