



## HI-SMART: HIGHER EDUCATION PACKAGE FOR NEARLY ZERO ENERGY AND SMART BUILDING DESIGN

# 6. MODUL

### KÖRNYEZETI ÉS GAZDASÁGI HATÁS

Az Európai Unió  
Erasmus+ programjának  
társfinanszírozásával



SLOVAK UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



# 1 FENNTARTHATÓSÁG

## 1.1 BEVEZETŐ

Az Európai Bizottság a közelmúltban fogadta el az úgynevezett európai Zöld Megállapodást (a European Green Deal-t). Az építőipari ágazatban ehhez társul az Új Európai Bauhaus kezdeményezés, amely különösen a különböző szakterületeken átívelő együttműködésre és a részvétel előmozdítására törekszik minden szinten, ami a fenntarthatóság, az esztétika és a befogadás mentén történő átalakulást célozná. Mindazonáltal úgy tűnik, hogy a Bizottság nem igazán tudja, hogyan lépjen előre az építőipari ágazatban, ugyanakkor eltökélt és kész az elővigyázatosság elvének megfelelően cselekedni, ahogyan az az uniós politikaalkotásban szokásos

Egyelőre elsősorban a meglévő épületállomány felújítására és korszerűsítésére fordítja erőfeszítéseit és pénzeszközeit. Természetesen azzal is tisztában van, hogy az épületek energiahatékonysági követelményeinek jelentős szigorítását követően a primerenergia-bevitel (primary energy input, PEI) és a globális felmelegedési potenciál (global warming potential, GWP) csökkentésének további lehetőségei - különösen az új épületek esetében - az épületek optimalizálásában rejlenek a beltéri komfortérzet és az épületburok technológiai érettségének biztosítása, valamint a beépített energia mennyiségének csökkentése szempontjából. E csökkenés bizonyítása érdekében fontolóra veszik az épületekre vonatkozó környezetvédelmi terméknnyilatkozatok (environmental product declarations for buildings, EPDB) bevezetését.

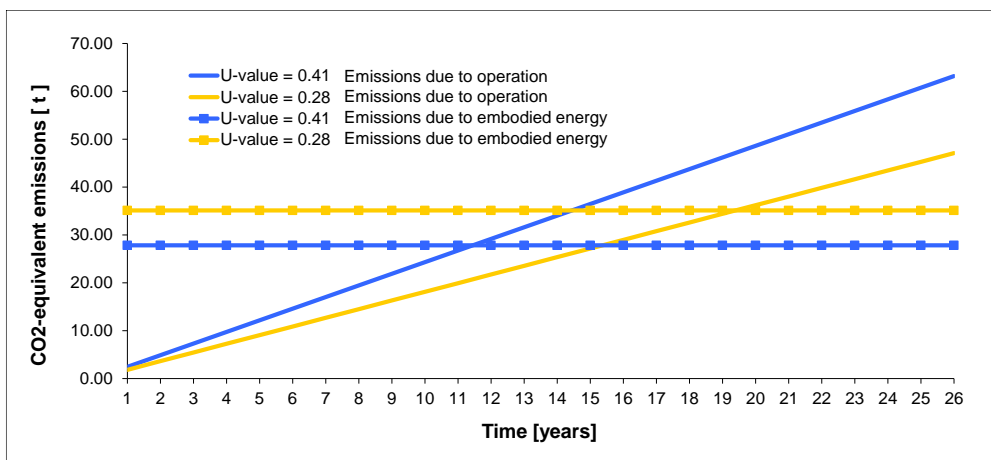
A fenntartható építés szakértői az energia- és anyaghatékonyságot, valamint az energia- és erőforrás-hatékonyságot hangsúlyozzák. A fenntartható vagy ökológiai építés meghatározó tényezői - a megújuló energiaforrások használata és optimális felhasználása, a helyszín helyes megválasztása és az anyagok olyan megválasztása, hogy azok előállítás, felhasználása és ártalmatlanítása során a lehető legkisebb mértékben károsítsák a levegőt, a vizet és a talajt.

## 1.2 ESETTANULMÁNY

A leírt esettanulmányban egy családi ház élettartama során várható energiaigényét és az összeszereléséhez, valamint az egyes építési termékek előállításához szükséges energiateljesítést (beépített energia) hasonlították össze. Az épület élettartam alatti működését számítógépes épületteljesítmény-szimulációval írták le. A beépített energiával kapcsolatos bemeneti adatok az életciklus-elemzésekkel foglalkozó klasszikus tanulmányokból származó információkon alapultak. A szerzők az épületburokat két alternatíváját, a hagyományos és a könnyűszerkezetes építési módot hasonlították össze, a burkot öt átlagos U-értékére vonatkozóan. A hagyományos ház (U-érték = 0,28 W/(m<sup>2</sup>K)) energiatakarékosabb változatának működését is szimulálták hővisszanyeréssel ellátott mechanikus szellőztetéssel. A szellőztetésen keresztül történő hővesztés csökkentése

nyilvánvalóan az üzemeltetési energiaszükséglet csökkenéséhez vezet. A megújuló energiaforrások fűtésre és esetleges hűtésre történő felhasználása a házat közel nulla energiaigényű épületté (nZEB) tenné. Az nZEB esetében tehát a PEI és a GWP csökkentésének további lehetőségei csak a beépített energia csökkentésében rejlenek. Hasonló értékelés szinte minden épület esetében elvégezhető.

A PEI és a GWP a beépített energia miatt olyan mutatók, amelyek jól szemléltetik egy épület teljes energiaintenzitását és az üvegházhatású gázok kibocsátása által okozott terhelést. Jelenleg azonban nincsenek olyan referenciaértékek, amelyek megmondanák, hogy egy épület mikor elfogadható még, és mikor nem. Az ilyen referenciaértékeket a beépített energia esetében is nagyon nehéz megállapítani. Ezért mindenképpen előnyösebb lenne, ha csak olyan környezetbarát termékek kerülnének forgalomba, amelyek alacsony beépített/szürke energiával és a kapcsolódó CO<sub>2</sub>-kibocsátással rendelkeznek. E cél eléréséhez való hozzájárulás egyik lehetséges módja lenne a kibocsátás-kereskedelem erősítése és következetes előmozdítása annak érdekében, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátása már az építési folyamat kezdetétől fogva csökkenjen.



1. ábra - A "nullszaldópont" eléréséhez szükséges idő, ahol kiegyenlítődik a beépített energiából származó CO<sub>2</sub>-kibocsátás az épület üzemeltetéséből származó CO<sub>2</sub>-kibocsátással, egy téglalapítvány ház átlagos U-értékének függvényében (Rabenseifer, R. & Jamnický, M., 2020). A beépített energia miatti CO<sub>2</sub> kibocsátást állandó vonalakkal, az épület üzemeltetéséből eredő CO<sub>2</sub> kibocsátást pedig emelkedő vonalakkal ábrázoljuk.

## 2 A TELJES ÉLETCIKLUS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS ÉS AZ ÉLETCIKLUS-KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS

A fenntartható építés egyik célja az is, hogy az épület hosszú távú összköltségét a lehető legalacsonyabb szinten tartsa. A tervezők korábban csupán az új építéshez szükséges kezdeti beruházást (építési költségeket) vették figyelembe. A üzemeltetés és a lebontás költségeit figyelmen kívül hagyták. Ma már figyelembe kell venni az épületszerkezetek és termékek használati szakaszából (üzemeltetés, karbantartás, javítás stb.) és újrahasznosításából vagy ártalmatlanításából eredő költségeket is. Ezt a tervezési szakaszban kell meghatározni életciklus-költségszámítás (life cycle costing, LCC) vagy életciklus költségelemzés (life cycle cost analysis, LCCA) formájában

A fenntartható építés szakértői az energia- és anyaghatékonyságot, valamint az energia- és erőforrás-hatékonyságot hangsúlyozzák. A fenntartható vagy ökológiai építés meghatározó tényezői - a megújuló energiaforrások használata és optimális felhasználása, a helyszín helyes megválasztása és az anyagok olyan megválasztása, hogy azok előállítás, felhasználása és ártalmatlanítása során a lehető legkisebb mértékben károsítsák a levegőt, a vizet és a talajt.

Az első fenntarthatósági értékelési rendszereket az 1990-es években dolgozták ki, azzal a céllal, hogy társadalmi nyomást gyakoroljanak a környezetbarát, energia- és erőforrás-hatékony épületek építésére. Az értékelési rendszerek figyelembe veszik az épületek hatásait az épületek teljes életciklusa során, a nyersanyagok kitermelésétől, az építőanyagok előállításától, szállításuktól, magának az épületnek az építésétől és működtetésétől kezdve az épület életciklus végén történő lebontásáig, a hulladékgazdálkodásig és az újrahasznosításig.

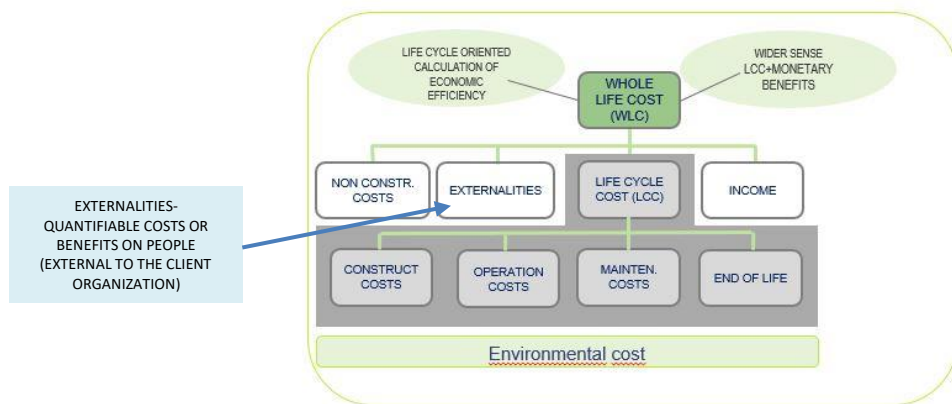


2. ábra – A fenntarthatóság védelmének tárgya és célja J. L. Moro: *DETAIL practice Flooring Volume2, Edition Detail, 2016* alapján

Az épületek gazdasági teljesítménye az épület élettartama során felmerülő költségeket vagy pénzügyi értéket veszi figyelembe, azzal a céllal, hogy csökkentsék az élettartamköltségeket és a fenntartható megőrzés költségeit, valamint növeljék az épület gazdasági értékét. A gazdasági teljesítmény értékelése a teljes élettartam költségei (WLC) vagy az élettartamköltségek (LCC) alapján végezhető el.

Mindkét módszert arra használják, hogy **meghatározzák a legköltséghatékonyabb lehetőséget az összehasonlítható alternatívák közül bármely projekt vagy folyamat beszerzésére, üzemeltetésére, fenntartására és ártalmatlanítására, valamint a költségoptimalizálási stratégiákhoz a korai tervezési döntéshozatali folyamatban.** A döntések a következőkkel kapcsolatosak:

- meglévő létesítmény átalakítása/átalakítása vagy új létesítmény létrehozása (beruházás tervezési szakasz)
- választás az alternatív tervek között (tervezési és építési szakasz)
- alternatív komponensek kiválasztása (építési és használati szakasz)
- a korábbi döntések összehasonlítása
- a jövőbeli költségek becslése



3. ábra – LCC és WLC elemek az ISO 15686-5 alapján

Sok építési projekt esetében a kezdeti beruházási költségek csak mintegy 20%-át teszik ki a tulajdonosnak a tulajdonlás ideje alatt felmerülő összes költségnek - különösen, ha az energiaszámlákat és a karbantartási költségeket is figyelembe vesszük. Bár számos fenntartható építési megoldás magasabb kezdeti beruházást igényelhet, a működési költségek figyelembevételével ezek a megoldások általában idővel megtérülnek. Ez még nagyobb hangsúlyt kap, ha a fenntarthatósági előnyökhöz is értéket rendelünk, amelyek közé tartozhat a lakók teljesítményének javulása is a kényelmesebb munkakörnyezet megteremtése révén. A WLC használatára leginkább a tervezés korai szakaszában van lehetőség. A projekt folyamán a hatóságnak egyre kevesebb lehetősége van a költségek

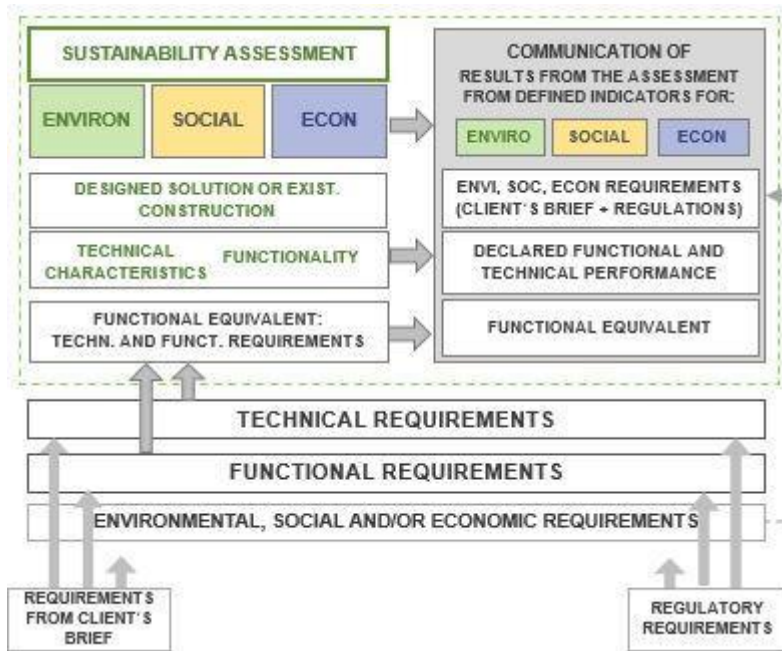
befolyásolására. **Becslések szerint egy épület üzemeltetési, fenntartási és felújítási költségeinek 80-90%-a a tervezési szakaszban dől el.**

### 3 ÉLETCIKLUS ELEMZÉS ÉS ÉLETCIKLUS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS

Az első fenntarthatósági értékelési rendszereket az 1990-es években dolgozták ki, azzal a céllal, hogy társadalmi nyomást gyakoroljanak a környezetbarát, energia- és erőforrás-hatékony épületek építésére. Az értékelési rendszerek figyelembe veszik az épületek hatásait az épületek teljes életciklusa során, a nyersanyagok kitermelésétől, az építőanyagok előállításától, szállításuktól, magának az épületnek az építésétől és működtetésétől kezdve az épület életciklus végén történő lebontásáig a hulladékgazdálkodásig és az újrahasznosításig.

Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) létrehozta a CEN/TC 350 Építési munkák fenntarthatósága műszaki bizottságot azzal a céllal, hogy önkéntes harmonizált módszert dolgozzon ki az új és meglévő építési munkák fenntarthatósági szempontjainak értékelésére és az építési termékek értékelésére.

A szabványokban meghatározott követelmények önkéntes jellegűek, a szabványok fő célja az értékelési eredmények összehasonlíthatóságának lehetővé tétele. A szabványok nem határoznak meg referenciaértékeket vagy tulajdonságszinteket. Az építés fenntarthatóságát biztosító követelményeket uniós irányelvek és rendeletek szabják meg, amelyeket törvények és rendeletek formájában ültetnek át a nemzeti jogba.



4. ábra – Az épületek integrált teljesítményének fogalma a CEN/TC350 szerint

Az **életciklus-alapú megközelítés** a nyersanyagok kitermelésétől a szállításig, az építési termékek feldolgozásától, gyártásától, csomagolásától és forgalmazásától a felhasználásig, újrahasználatig, újrafeldolgozásig és hulladékártalmatlanításig minden szakaszt figyelembe vesz.

Az épületek életciklus-értékelése az alapját képezi az anyag- vagy alkatrészalternatívák összehasonlításának, a tervező által választott életciklus-forgatókönyvhöz kapcsolódóan, azzal a céllal, hogy megtalálják az épületben rejlő fejlesztési lehetőségeket. Az életciklus-elemzés (LCA) egy olyan módszer, amelynek célja egy termékrendszer környezeti szempontjainak és hatásainak elemzése és számszerűsítése annak életciklusa során. Az alapelveket és követelményeket az ISO 14040 és 14044 szabványok ismertetik. Az ISO 14040 szerinti életciklus-értékelési módszer 4 fázisra különül el:

- A cél és a hatókör meghatározása
- Leltárelemzés
- Hatásvizsgálat
- Értelmezés

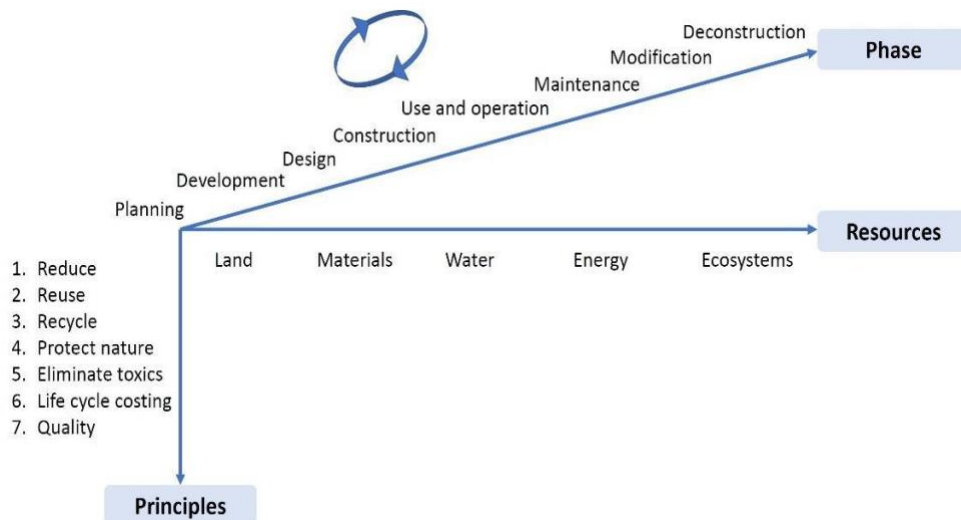
**Példa az életciklus-értékelésre - Cél és alkalmazási kör meghatározása** (S. El Khouli et al: Sustainable construction techniques, Detail, 2015, p. 25):

- **Kérdés:** Az épület teljes életciklusa során melyik életciklus, mely épületkomponensek és életciklusfázisok vannak a legnagyobb hatással az épület teljes környezeti hatására??
- **Cél:** a legnagyobb fejlesztési potenciállal rendelkező épületelemek és életciklusfázisok azonosítása.
- **Eljárás:** 12 különböző többlakásos lakás vizsgálata. Az eredmények jobb összehasonlíthatósága érdekében minden épület esetében ugyanazt a rendszerhatárt használtuk.
- **Rendszerhatár:** az élettartam végén a legtöbb (újra nem hasznosítható) anyagot általában ártalmatlanítják. Ezeket az anyagokat az építkezés előkészítése során hulladéklerakóban ártalmatlanítják.
- **Allokációs módszer:** élettartam végi cut-off módszer. (az ún. cut off kritériumok meghatározása azt jelenti, hogy mely anyagok zárhatók ki kis mennyiségük miatt az értékelésből, kivéve a veszélyes vegyületeket)
- **Funkcionális egység:** 1m<sup>2</sup> kezelt alapterület az épület tervezett élettartamának minden évében.
- **Adatforrás és adatminőség**
- **Feltételezések:** pl. az alkatrészek rétegvastagsága, az egyes anyagok élettartama, szállítási távolságok stb.
- **Hatáskategóriák és hatásmutatók:**
  - **Beépített energia** (az építőanyagok előállításához, szállításához és ártalmatlanításához szükséges nem megújuló energia) és az épületek üzemeltetéséhez szükséges nem megújuló energia
  - **Beépített kibocsátások** (az építőanyagok gyártásából, szállításából és ártalmatlanításából) és az épületek üzemeltetéséből származó kibocsátások (GWP 100a).

## 4 ÚJ ÉPÍTÉS ÉS FELÚJÍTÁS

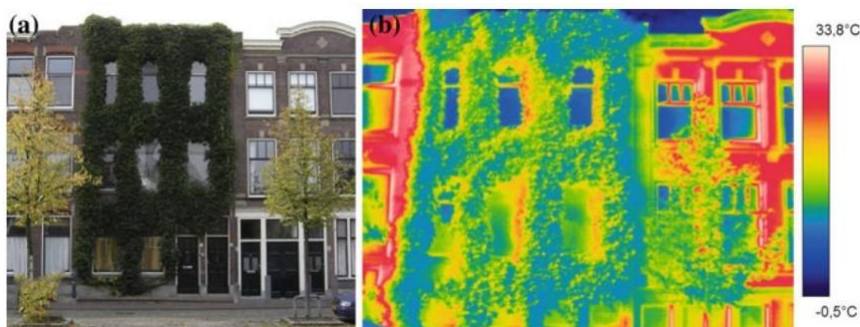
**A fenntartható építés** etikus és gyakorlati választ ad a környezeti hatások és az erőforrás-fogyasztás kérdéseire. A fenntarthatósági feltételezések az épület és az azt alkotó elemek teljes életciklusát felölelik, az erőforrások kitermelésétől az anyagok hasznos élettartamának végén történő ártalmatlanításig. A fenntartható építés részletes fogalmi modellje a különböző fázisok során az épített környezetre alkalmazott elveken és erőforrásokon alapul. Ez egy olyan döntéshozatali eszköz, amely az épület teljes életciklusa során felmerülő lehetőségek vizsgálatára szolgál.





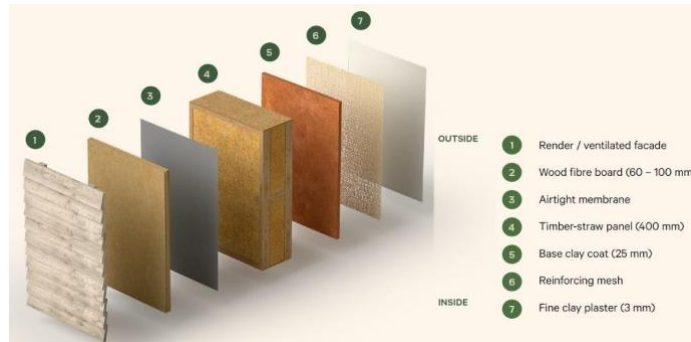
5. ábra – A fenntartható építésre 1994-ben kidolgozott keret, CIB Task Group 16.

A zöldépítési stratégia a növények használatára összpontosít a városi épületeken és azok körül (6. ábra). A növények közvetlen beépítése az épületburkolatba előidézhetheti a napenergia átalakulását biomasszává, oxigénné és a levegő páratartalmává, valamint csökkentheti a városi hőszigeteket.



6. ábra – a) Zöldhomlokzat Delftben 2009 nyarán. b) A homlokzatról készült infravörös fotó. Source: Marc Ottelé, A Green Building Envelope: A Crucial Contribution

A fő építőelemek fenntartható szerkezeti fa-szalma falelemekből állhatnak össze - Az EcoCocon (7. ábra) falrendszer Passivhaus és Cradle to Cradle minősítéssel is rendelkezik. A rendszer szerves részét képezi a légmentes, de diffúzióra nyitott membrán alkalmazása a panelek külső oldalán.



7. ábra – Az EcoCocon falrendszer. Forrás: ecococon.eu

## 5 TANÚSÍTÁSI RENDSZEREK

A tanúsítási rendszereknek számos közös megközelítése és célja van:

- Az épületek energetikai és környezetvédelmi értékelése a telephelyi potenciál, az épületszerkezetek és -anyagok, az energiahatékonyság, a víztakarékosság, a beltéri levegő minősége, az üzemeltetés és karbantartás kritériumai alapján.
- Inspiráció olyan innovatív megoldások megtalálására, amelyek minimalizálják a környezetre gyakorolt hatást.
- Olyan rendszer tervezése, amely segít csökkenteni a működési költségeket, javítja a munka- és életkörülményeket.
- Az alacsony környezeti hatású épületek piaci elismerése.

A tanúsítási rendszerek jellemzően három fő összetevőből állnak:

- **a struktúra** - a környezetvédelmi teljesítménykritériumok logikusan felépített, bejelentett halmaza.
- **a pontozás** - több lehetséges pont vagy kredit kiosztása minden egyes teljesítménykérdésre, amelyeket egy adott teljesítményszint teljesítésével lehet megszerezni.
- **a kimenet** - egy épület vagy létesítmény környezeti teljesítményének általános pontszámát bemutató eszköz.

**BREEAM** jelenleg a világelső épület fenntarthatósági értékelési módszer. A megfelelő BREEAM értékelési eszközt vagy kalkulátort kell kiválasztani, majd a pontozást és a súlyozást úgy kell beállítani, hogy az tükrözze az értékelt kategóriákat és az egyes krediteket. A BREEAM kilenc kategóriájának mindegyike esetében a kiosztott kreditek számát az egyes értékelési szempontok teljesülése esetén elérhető kreditek száma alapján határozzák meg. Az elérhető kreditek százalékos arányát minden egyes szakaszra vonatkozóan kiszámítják. Az egyes szakaszokban elért pontszámok százalékos arányát megszorozzuk az egyes szakaszok

megfelelő súlyozásával, és így kapjuk meg a környezetvédelmi kategória általános pontszámát. A szakaszok pontszámait összeadva kapjuk meg a teljes BREEAM-pontszámot. Az összpontszámot összehasonlítják a BREEAM minősítési referenciaértékekkel, és amennyiben az összes minimumkövetelmény teljesül, a megfelelő BREEAM minősítést kapják meg. A végső BREEAM-pontszámhoz minden egyes elért innovációs kredit után további 1% adható hozzá (legfeljebb 10%, a teljes BREEAM-pontszám felső határa pedig 100%).

1. táblázat – Példa a BREEAM UK pontszám és minősítés kiszámolására. Forrás: [www.breem.com](http://www.breem.com)

BREEAM section	Credits achieved	Credits available	% of credits achieved	Category weighting (fully-fitted)	Section score (%)
<a href="#">Management</a>	14	21	66.67	0.11	7.33
<a href="#">Health and Wellbeing</a>	12	22	54.55	0.14	7.64
<a href="#">Energy</a>	15	31	48.39	0.16	7.74
<a href="#">Transport</a>	8	12	66.67	0.10	6.67
<a href="#">Water</a>	4	10	40.00	0.07	2.80
<a href="#">Materials</a>	8	14	57.14	0.15	8.57
<a href="#">Waste</a>	3	6	50.00	0.06	3.00
<a href="#">Land Use and Ecology</a>	5	10	50.00	0.13	6.50
<a href="#">Pollution</a>	8	12	66.67	0.08	5.33
<a href="#">Innovation</a>	2	10	20.00	0.10	2.00
Final BREEAM score				57.58%	
BREEAM Rating				VERY GOOD	

## 6 KÖRNYEZETI, KÉNYELMI ÉS TŰZVÉDELMI SZEMPONTOK

### 6.1 BEVEZETŐ

Az épületek környezeti és gazdasági hatása elsősorban a fenntarthatósági értékelés társadalmi és gazdasági pilléréhez tartozik. Az épületek környezeti és gazdasági hatás szempontjából történő tervezését számos jogszabályi és szabványos követelmény határozza meg, amelyeket az épület alapvető funkcionalitásának biztosítása érdekében dolgoztak ki az egészség, a biztonság és a kényelem szempontjából. E két szempont értékelési kritériumait meglehetősen nehéz megállapítani az épületek fenntarthatóságának értékelésekor, bár egyes tanúsítási rendszerek erre tesznek kísérletet. A kérdés összetettségét a bemutatott esettanulmány szemlélteti.

## 6.2 EXTENZÍV ZÖLDTETŐ KÖZÉP-EURÓPAI ÉGHAJLATON

A zöldtetőket többnyire az életminőséget pozitívan befolyásoló építészeti elemeknek tekintik, különösen a városi településszerkezetekben. Ez a pozitív hatás makroszinten a levegőminőség javításában és a városi hőszigeteknek nevezett hatás csökkentésében, az épületeknél pedig a belső komfortérzet növelésében nyilvánul meg, különösen a közvetlenül a tető alatt elhelyezkedő emeleteknél. A makroszintű hatékonyság előfeltétele a különösen egészséges növényzet, amely a szén-dioxidot oxigénné alakítja, árnyékot vet a lapos tetőre és nyáron hidratálja a környezetet. Télen különösen esztétikai és pszichológiai jelentősége van. A zöldfelület gondozása kiemelkedő fontosságú, miközben nagyobb területeken ez elég költséges ügy is lehet. A zöldtetők üzemeltetése idővel meghaladhatja a kisbefektetők lehetőségeit, ami aztán a zöldfelület fokozatos csökkenésében és a tető poros felületté történő kontraproduktív átalakulásában nyilvánul meg, ami negatív hatással van a környezetre. Ezért nagyon fontos a tetőszerkezetet és az épület elhelyezkedését tükröző zöldfelület helyes kialakítása.

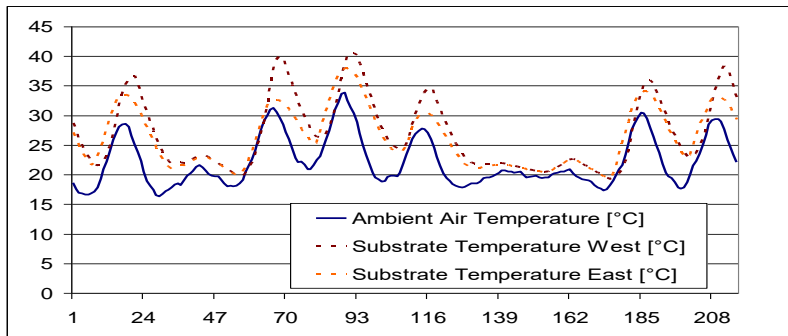
A belső környezet minősége szempontjából maga a zöldfelület többé-kevésbé jelentéktelen tényező, fontosabb szerepet játszik az aljzat, amely nyáron és télen is hozzájárulhat a belső környezet hővédelméhez. Nyáron különösen az a képessége, hogy a napsugárzást összegyűjti, és így megakadályozza a tető alatti tér túlmelegedését. Téli időszakban az aljzat hozzájárul a tetőszerkezet hőellenállásának javításához, bár a tető hőellenállásának számításakor figyelmen kívül kell hagyni, mivel nem szerves része a tetőnek. Jogi szempontból tehát a tető alatti terek jobb hővédelme a zöldtető másodlagos hatása, és mint ilyen, nem játszhat jelentős szerepet a zöldtető tervezése során a döntéshozatali folyamatban (bár a fából készült tetők esetében ez igen fontos tényező lehet).

Sokkal fontosabb annak mérlegelése, hogy az építés és üzemeltetés költségei megtérülnek-e egy vonzóbb és egészségesebb környezet formájában, de ezt nehéz számszerűsíteni. A zöldtető lényege a növényzet és annak az emberre gyakorolt pozitív egészségügyi és esztétikai hatása. Ez azonban csak akkor érhető el, ha a zöldfelület valóban funkcionális. Közép-Európa éghajlati viszonyai között (négy, nagyjából azonos évszakkal, hideg téllal és viszonylag meleg, gyakran száraz nyárral) a növények a tetőn szélsőséges hőmérséklet-ingadozásoknak vannak kitéve. Még a közép-európai területre jellemző, ebben a környezetben jól fejlődő növények is nehezen élnek meg. A normál talajban lévő növényi gyökerekkel ellentétben, amelyek hőmérséklete egy méter mélyen a talajfelszín alatt 0 °C és kb. 16 °C között ingadozik, azaz kb. 16 Kelvin tartományban, a tető aljzatába ültetett zöld növények gyökerei sokkal szélesebb hőmérsékleti tartománynak vannak kitéve.

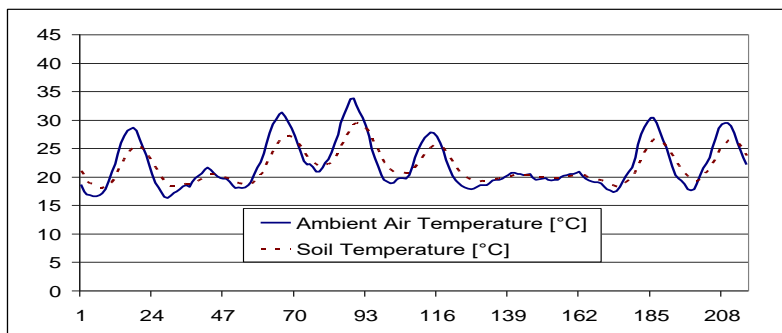
## 6.3 ESETTANULMÁNY

Az esettanulmány (Kravka, Daněk és Rabenseifer, 2016) egy tipikus, extenzív zöldtető példáján keresztül mutatja be a hőmérséklet alakulását a zöldtető aljzatában a közös téli és nyári napokon, és összehasonlítja azt a közös talaj felszíne alatt ugyanolyan mélységben lévő hőmérséklet alakulásával. A tanulmányból nyilvánvaló, hogy a zöldtető aljzatában a hőmérséklet nyáron (8. ábra) sokkal nagyobb ingadozást mutat, mint a környező terep talajában a felszín alatt azonos mélységben (9. ábra). A megfelelő növények kiválasztása ezért rendkívül fontos. Gyökérzetük jelentősen ki van téve az extrém körülményeknek. Egyrészt el kell viselnie a magas hőmérsékletű száraz időszakokat, másrészt a hosszú hideg és nedves időszakokat. Annak ellenére, hogy az extenzív zöldtetőket gyakran öntözőrendszer nélkül tervezik, javasoljuk, hogy a projektben gondoljanak erre - tekintettel a magasabb légköri hőmérséklet irányába történő klímaváltozásra is.

Ha érzékeny növényeket használunk, célszerű az ajánlottnál néhány centiméterrel magasabbra tervezni a növényzet rétegvastagságát. Ugyanis az az időszak, amikor egy extenzív zöldtetőnek elsősorban a funkcióját kell betöltenie, azaz csökkenteni a por és a környezeti hőmérsékletet, oxidálni és párásítani a levegőt, a nyár.



8. Ábra - Talajhőmérséklet 6 cm-rel a felszín alatt forró nyári napokon a tetőn (időtartam órában)



9. Ábra - Talajhőmérséklet 6 cm-rel a felszín alatt forró nyári napokon az épület melletti talajban (időtartam órában)

## 7 HIVATKOZÁSOK

S. El Khouli et al: Sustainable construction techniques, Detail (2015)

Life-cycle assessment (LCA) – a guide to approaches, experiences and information sources), Environmental Issues Series, No. 6, EEA, 1997

Close, P.D.: Building Insulation. Third edition, published by American Technical Society, Chicago, USA, 1946

Csík, A.: Cost Optimization of Building Skins and Potential Applications in National Administrations. In: Advanced Building Skins. Conference Proceedings of the 9th ENERGY FORUM, 28 - 29 October 2014, Bressanone, Italy, published by Economic Forum, Munich, Germany, 2014, pp. 1117-1128

Jamnický, M., Rabenseifer, R.: Environmental Assessment of Buildings – a Suggestion. In: Slovak Journal of Civil Engineering, Vol. 28, 2020, No. 1, pp. 20 – 24

Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)

Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency

EN 15643 Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings. Part 1 – 5

Waltjen, T.; Mötzl, H.; Mück, W.; Torghele, K.; Zelger, T. Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen. (Catalogue of Ecological Components. Evaluated Common Constructions). IBO, Österr. Inst. f. Baubiologie u.-ökologie u. d. Zentrum f. Bauen u. Umwelt, Donau-Univ. Krems; Springer Verlag: Berlin, Germany, 1999. (In German)

Eyerer, P.; Reinhardt, H.-W. Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden. Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. (Ecological Balancing of Building Materials and Buildings. Ways to a Holistic Balancing). Reihe BauPraxis; Birkhäuser Verlag, Basel, Switzerland: 1999. (In German)

<https://www.oekobaudat.de/>

Pfundstein, M.; Gellert, R.; Spitzner, M.H.; Rudolphi, A. Insulating Materials: Principles, Materials, Applications, 1st ed.; Birkhäuserverlag–Edition Detail: Basel, Switzerland; 2008; pp. 93-105.

H. König et al: A life cycle approach to buildings, Detail (2010)

H. Kreiner et.al : LCA and LCCA in context to energy efficiency and use of renewable energy sources, handbook for Build Up Skills ingREeS (2016)

S. El Khouli et al: Sustainable construction techniques, Detail (2015)

ISO 41011:2017 Facility management — Vocabulary

Construction Product Directive (CPD) and Regulation (EU) No. 305/2011.

ISO 14040 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

EN 15643-1 Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings. Part 1 General framework

EN 15643-2 Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings. Part 2 Framework for the assessment of environmental performance

EN 15643-3 Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Part 3 Framework for the assessment of social performance

EN 15643-4 Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Part 4 Framework for the assessment of economic performance

EN 15643-5 Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings and civil engineering works - Part 5 Framework on specific principles and requirement for civil engineering works

EN 15643 Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings.

EN 15804+A1 Sustainability of construction works. Environmental product declarations.

CEN/TR 17005 Sustainability of construction works - Additional environmental impact categories and indicators - Background information and possibilities - Evaluation of the possibility of adding environmental impact categories and related indicators and calculation methods for the assessment of the environmental performance of buildings.

EN 15978 Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method.

ISO 15686-5 Building and constructed assets – Service-life planning – Part 5: Life-cycle costing

Green construction products, IMBT-TU Graz, Build Up Skills ingREeS, 2016

The European environment — state and outlook 2010 (SOER 2010), EEA, 2010

Millenium Ecosystem Assessment, 2005; EEA, 2010.

Construction Product Directive (CPD) and Regulation (EU) No. 305/2011.

Charles J. Kibert: Establishing principles and a model for sustainable construction. CIB TG 16, Sustainable Construction, Tampa, Florida, USA, November 6 – 9, 1994.

Marc Ottelé, A Green Building Envelope: A Crucial Contribution to Biophilic Cities. In Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering, Springer 2015, ISBN: 978-3-319-09287-4.

El khouli et. al: Sustainable Construction Techniques, From structural design to interior fit-out: assessing and improving the environmental impact of buildings. Edition DETAIL Green Books, ISBN: 978-3-95553-239-0.

<https://ecococon.eu/>

Kasper Guldager, Jensen and Harpa Birgisdottir. (2018). Guide to Sustainable Building Certifications, Published by SBI and GXN, 1st Edition PDF, ISBN: 978-87-563-1881-5. Available online: <https://www.buildup.eu/en/practices/publications/sustainable-building-certifications-comparative-guide>

---

Catrin Heincke, & Daniel Olsson. (2012). Simply Green: A quick guide to environmental and energy certification systems for sustainable buildings. Swegon Air Academy, Kvänum, Sweden. ISBN: 978-91-977443-5-5.

Sam Kubba. (2012). Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes. Elsevier. ISBN 978-0-12-385128-4.

Charles J. Kibert. (2016). Sustainable construction: green building design and delivery. Fourth edition, John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-05532-7.

[www.breeam.com](http://www.breeam.com)

Čermáková, Barbora & Mužíková, Radka. (2009). Ozeleněné střechy (Green Roofs). Published by Grada Publishing, a.s., Prague, Czech Republic (in Czech)

Kravka, M., Daněk, M. & Rabenseifer, R.: Extensive Roof Green in Central European Climate. In: Applied Mechanics and Materials, Vol. 824, Trans Tech Publications, Switzerland, 2016, pp. 795-802, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.824.795



A projektet az Európai Bizottság támogatta. A kiadványban megjelentek nem szükségszerűen tükrözik az Európai Bizottság nézeteit.

Az Európai Unió  
Erasmus+ programjának  
társfinanszírozásával



SLOVAK UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



**ENERGIACLUB**  
CLIMATE POLICY INSTITUTE  
APPLIED COMMUNICATIONS