

Szakirodalmi áttekintés a felsőoktatási intézmények környezeti fenntarthatóságáról, avagy fókuszban a jó gyakorlatok

*Literature Review on Higher Education Institutions on
Environmental Sustainability – a Focus on Good Practices*

Náhlík András¹ – Bazsóné Bertalan Laura² – Polgár András³

Abstract: The study takes stock of the good practices and shortcomings of universities that have joined UI GreenMetric (Universitas Indonesia GreenMetric World University Ranking), a ranking organisation that assesses the green campus and environmental sustainability of universities. It aims to present these to help create a sustainable, pleasant environment for learning and working at the University of Sopron (UoS). In line with this objective, a content analysis of publications on the subject has been carried out. Taking into account their conclusions, we have tried to identify some new directions for improvement in order to move forward in the field of ranking and sustainability.

Keywords: *sustainability, green university, best practices*

JEL Codes: *Q01, Q56, Q59*

Absztrakt: A tanulmány a UI GreenMetric (Universitas Indonesia GreenMetric World University Ranking), az egyetemek zöld campusát és környezeti fenntarthatóságát vizsgáló, rangsort is felállító szervezethez csatlakozott egyetemek jó gyakorlatait és hiányosságait veszi számba. Célja, hogy ezek bemutatásával segítséget nyújtson egy fenntartható, kellemes, a tanulást és munkát elősegítő környezet létrehozásában a Soproni Egyetemen (SOE). A célnak megfelelően a témában megjelent publikációk tartalmi feldolgozását végeztük el. Ezek következtetéseinek figyelembe

¹ NÁHLIK András PhD hallgató – levelező szerző

Soproni Egyetem, Széchenyi István Gazdálkodás-és Szervezéstudományok Doktori Iskola
(andras.nahlik@uni-sopron.hu; <https://orcid.org/0009-0005-6430-3726>)

² BAZSÓNÉ dr. BERTALAN Laura PhD, egyetemi docens

Soproni Egyetem, Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar
(bertalan.laura@uni-sopron.hu; <https://orcid.org/0000-0002-1199-9257>)

³ Dr. habil. POLGÁR András PhD, egyetemi docens

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar
(polgar.andras@uni-sopron.hu; <https://orcid.org/0000-0002-7665-396X>)

vételével, igyekeztünk néhány olyan új fejlesztési irányt meghatározni, amelyekkel a rangsorban és a fenntarthatóság területén előre lehet lépni.

Kulcsszavak: *fenntarthatóság, zöld egyetem, jó gyakorlatok*

JEL-kódok: *Q01, Q56, Q59*

Bevezetés

Az UI GreenMetric World University Ranking az Universitas Indonesia által 2010-ben kezdeményezett, az egyetemek zöld campusát és környezeti fenntarthatóságát vizsgáló rangsor. 6 kritérium 39 mutatóján keresztül körültekintően határozza meg a rangsort az egyetemek környezetvédelmi elkötelezettsége és kezdeményezései alapján. A Soproni Egyetem (SOE) 2020 óta szerepel a UI GreenMetric rangsorokban. 2023-ban a világ 1.182 felsőoktatási intézménye közül az előkelő 130. helyet foglalta el, Európában a 47. és a listán szereplő 12 magyar egyetem közül a 3. (UI GreenMetric).

A Soproni Egyetem célja nemcsak a rangsorban történő előrelépés és vezető hely elfoglalása a hazai egyetemek között, hanem egy minél élhetőbb és vonzóbb, a hallgatók tanulását, munkatársak jóllétét elősegítő környezet kialakítása, és – a kor globális követelményeinek megfelelően – előrelépés a fenntarthatóság, a zöldítés és az energiahatékonyság területén. Jelen tanulmány más egyetemek publikált adataiból szándékozik feltárni jó gyakorlatokat és hiányosságokat annak érdekében, hogy segítséget nyújtson egy fenntartható, kellemes, a tanulást és munkát elősegítő környezet létrehozásában (Polgár et al., 2022).

Nem volt és nem is lehetett e tanulmány célja a teljességre törekvés, már csak a korlátozott terjedelem okán sem. A fenntartható egyetemek, benne a UI GreenMetric témakörben nagyon sok ismertető, közöttük tudományos publikáció jelent meg. Igyekeztünk ezek közül olyanokat kiválogatni, amelyek a Soproni Egyetem fejlesztési irányainak meghatározásakor figyelembe vehetők.

Anyag és módszer

Szekunder kutatást folytattunk, amely során Google Scholar, Scopus, Web of Science, UI GreenMetric publikációk tartalmi feldolgozását végeztük el. A publikáció szerkezetét az UI GM kulcs indikátorai alapján határoztuk meg. Az egyes indikátorok mérési módszertanához és mérési

eredményeihez kapcsolódó információkat gyűjtöttük össze és összegeztük. A feldolgozás kritikai elemzése alapján következtetéseket vontunk le és javaslatokat fogalmaztunk meg a jógyakorlatok alkalmazási lehetőségeire vonatkozóan.

Eredmények

Környezet és infrastruktúra

Világszerte egyre nagyobb igény mutatkozik új megközelítések alkalmazására az egyetemi épületek tervezése és kivitelezése során, annak érdekében, hogy minőségüket tovább javítsák. Számos megoldási lehetőséget kell figyelembe venni az egyetemi épületek tervezésénél, amelyek javítják a hallgatók teljesítményét. Köztudomású, hogy a biofil, természetközeli tervezés a társas kapcsolatok fokozását, a tanulók és a diákok egészségének és a jóllétének javulását eredményezi, előnyös hatással van az élettani, pszichológiai, kognitív és szociális / spirituális jellemzőkre, viselkedés mintázatokra, ugyanakkor az ilyen állításokat alátámasztó szigorú tudományos bizonyítékok ritkák. Ennek egyik oka, hogy kevés kutatás foglalkozik a biofil tervezés hatásainak számszerűsítésével, illetve ennek módszertani kidolgozásával. Mahrous és szerzőtársai (2022) kérdőíves módszert alkalmaztak a biofilikus minták és a hallgatói tervezői munkák teljesítményének fokozása közötti összefüggések azonosítására, majd az eredményeket statisztikai módszerekkel dolgozták fel. Megállapították, hogy a világítás és az árnyékolás, az ültetés, a tanterem természetes ihletésű színei és a nappali megvilágítás gyakorolják általában a fő hatást az egyetemi tervezőstúdiók teljesítményének fokozására.

A külső környezet hatását vizsgálták a Babiloni Egyetemen Hussein és szerzőtársai (2022). Az intézmény vezetése, munkatársai és hallgatói az infrastruktúra korszerűsítése és fejlesztése során zöld és biztonságos környezet kialakítására helyezték a hangsúlyt. A zöld campus létrehozása hozzájárult a fenntartható fejlődési célok 2015–2030-as ENSZ (Egyesült Nemzetek Szervezete) által megfogalmazott agendájának eléréséhez. Hogy a campus környezetének kialakítása, beleértve a zöldítést is, mennyire fontos, arra Uzochukwu (2018) szolgáltatott példát az Észak-Karolinai Mezőgazdasági és Műszaki Állami Egyetem kapcsán. Az egyetem

campusának környezete és infrastruktúrája, a campus éghajlata, elhelyezkedése, területe, az épületek földszintje, a campus épületeinek területe, a parkoló területe, a campus intelligens épületei, a talajfelszín, a talajerózió és a lefolyás csökkentésére szolgáló vízelvezető rendszerek, a hallgatók száma, beleértve az online hallgatókat is, az egyetemi oktatók és alkalmazottak száma, valamint az egyetem fenntarthatóságra szánt költségvetése tette az egyetemet 2017-ben 11.177 hallgató számára világszerte vonzóvá és a választott egyetemmé.

A Szecsuaní Egyetem egy fenntartható campus megvalósítását tűzte ki célul. Ennek érdekében – csatlakozva a Globális Városfejlesztési Programhoz – egy mikrohálózat kiépítésével többkomponensű energiatermelő és tároló rendszereket alkalmaztak (Zhu et al., 2017).

Sharjah-i Egyetem (UoS) is folyamatos erőfeszítéseket tesz az élhető és fenntartható campus kialakítása érdekében, amihez a GreenMetric kulcsteljesítmény-indikátorainak (Key Performance Indicators) javítását tűzte ki célul, ezek: a fenntarthatósági erőfeszítések fokozása és a növényekkel borított teljes terület növelése. Ugyanakkor megállapították, hogy a GreenMetric rangsorban történő előre lépéshez az elkövetkező években növelni kell a fejlesztések költségvetését. Ezzel párhuzamosan azzal a javalattal éltek, hogy a UI GreenMetric World Universities Ranking vizsgálja felül a teljesítményindikátorokat, és tegye azokat rugalmasabbá és világszerte alkalmazhatóvá (Mushtaha et al., 2022).

Energiahatékonysági gyakorlatok

A felsőoktatási intézmények energiahatékonyságának egyik legfontosabb mérőszáma a szénlábnyom. Ennek megfelelően a kutatások egy része ezt a problémát elemzi. Az első ilyen jellegű tanulmányok már tízéves múltat tekintenek vissza. Yazdani et al. (2013) az University Technology Malaysia (UTM) CO₂ lábnyomát elemezték a kibocsájtás csökkentésének elérése érdekében. Megállapították, hogy az intézmény karbonlábnyomának 84%-át a vásárolt villamos energia teszi ki, ezért hatékonyabb energiagazdálkodási rendszer kidolgozását szorgalmazták. Kanthamanon (2022) a Thaiföldi King Mongkut's University of Technology Thonburi egyetemen szintén szénlábnyom mérésével, valamint az SDG (Sustainable Development Goals) 7 és SDG 13 mutatóival vizsgálták a fenntartható energia menedzsment lehetőségeit. Javasataik szerint a fogyasztás csökkentése, az energiahatékony gépekre való átállás, és a megújuló energiaforrások használata jelenthet előrelépést.

A legtöbb tanulmány az épületek energiahatékonyságának növelésével foglalkozik. Az argentin National University of San Martin energiahatékonyági kezdeményezése az épületek fogyasztási szintjének csökkentését célozta (Barbero et al., 2022). Ennek érdekében készítettek egy környezetvédelmi kézikönyvet, amelynek tájékoztató szerepe van az egyetem polgársága számára. A kézikönyv előírásokat tartalmaz többek között a hulladékgazdálkodásra, a dokumentumok digitalizációjára, az áram és a víz megfelelő használatára, valamint a komposztálható hulladékok kezelésére is.

Hasonló kezdeményezés volt Kanadában is, a Carleton University Ottawa campusán. Itt esettanulmányokat írtak le az energia- és vízhasználatra, valamint az üvegházhatású gázokra (ÜHG) vonatkozóan. Átfogó módszertant dolgoztak ki az energia-, víz-, földgáz-, közüzemi költség- és üvegházhatásúgáz-kibocsátási adatok épület- és egyetemi léptékű elemzésére, melynek során elemző diagrammokat is alkalmaztak. A szerzők javaslata szerint a jövőben a kidolgozott módszertant megfelelő mérőeszközökkel kellene kiegészíteni, így részletesebb, akár óránkénti bontásban is lehetne adatokat kapni (Abdelalim et al., 2015). A brazil Campinasi Egyetemen a fentartható energiagazdálkodási rendszer megvalósításán dolgoztak. Két éven belül egy integrált energiagazdálkodási rendszert (EnMS) szándékoztak bevezetni, amelyet más intézmények is használhatnak, alacsony költségű kivitelezéssel. Céljuk, hogy az energiafelhasználás szempontjából élő laboratóriummá, egyben regionális viszonyítási ponttá váljanak (Cypriano et al., 2019).

Walsh és szerzőtársai (2023) az energiafelhasználás és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséből származó költségmegtakarítást elemezték. Életciklusköltség-értékelési (LCCA) megközelítéssel egy intézményi kontextusban ésszerű megtérülési időt és nettó jelenértéket határoztak meg. A tanulmány elsőként vizsgálta a kanadai egyetemi campuson fenntarthatóan tervezett épület LCCA-ját. Megállapították, hogy a kanadai egyetemek számára pozitív üzleti érv, hogy fontolóra vegyék a fenntartható tervezés alkalmazását az energiafelhasználás és az ÜHG kibocsátásának csökkentése érdekében.

Mobilitási gyakorlatok

A közlekedés az egyik olyan terület, amelynek megfelelő kialakítása lehetővé teszi a fenntarthatóság elérését egy egyetemi campuson, a környezeti, társadalmi és gazdasági követelmények figyelembevételével. A gyaloglás és kerékpározás olyan zöld közlekedési mód, amely alapvető fontosságú lehet a fenntartható közlekedés előmozdításában, emellett hozzájárul az egyetemi hallgatók és dolgozók mentális és fizikai egészségéhez és jóllétéhez. Ezt felismerve, Fadhil és Waheeb (2020) a Diyala Egyetemen kvantitatív és kvalitatív megközelítéssel, a campuson és a képzőintézményen belüli mozgásproblémák megfigyelésével, valamint a GIS program segítségével a termikus hotspotok meghatározása révén, stratégiát dolgoztak ki különböző közlekedési módok aktiválásához. Vizsgálatuk során számos kérdést tártak fel a tervezési megoldásokkal kapcsolatban, amelyek az egyetemi zöldutak három szintjéhez, a (utak-utak) és (utak-épületek) és (utak-táj) kapcsolatához, valamint a kereszteződés, a mozgás és a megállás területei által képviselt létfontosságú fókuszok azonosításához kapcsolódtak.

A nem motorizált közlekedési módok, elsősorban a kerékpározás és a gyaloglás előnyben részesítése alapvető fontosságú a fenntartható közlekedési rendszerek szempontjából. Az egyetemi campusoknak, amelyek fontos közlekedési csomópontoknak számítanak, megfelelő infrastruktúrával kell rendelkezniük a nem motorizált közlekedési módok használatának ösztönzése érdekében. Menini és szerzőtársai (2021), a felhasználók kényelmét és biztonságát figyelembe véve, olyan módszert javasoltak, amely az egyetemi campusokon használt nem motorizált közlekedési módokra vonatkozó adatokból indexet számol ki a terepi jellemzők feltérképezésével. Az adatokat egy földrajzi információs rendszerrel összekapcsolva a több szempontú döntéselemzés (MCDA – multiple-criteria decision analysis) vált lehetővé. A tényezők és korlátozások közül a következő kritériumokat javasolták: a kerékpáros utak hossza, a kerékpáros infrastruktúra fizikai jellemzői, a kerékpáros infrastruktúra összekapcsolhatósága, a kerékpáros parkolók elhelyezkedése, a kerékpárosok számára fenntartott parkolóhelyek, a nem motorizált módok közúti jelzései, a járdákkal ellátott utak és a fizikai-területi széttagoltság. Az elemzett kritériumok közül a campuson belüli járdákkal ellátott utak kritériuma kapta a legjobb értékelést, mivel az index kiszámításához magasabb szintű megfeleléssel rendelkezett. Kerékpársávok, kerékpárutak és a közös hasz-

nálatú utak első három, infrastruktúrával kapcsolatos kritériumát nem értékelték, mivel a kerékpárutak hossza rövid, és a vizsgált területen nincs más kerékpáros infrastruktúra. Az eredmények tematikus térképeken történő ábrázolása lehetővé tette, hogy a vizsgált terület különböző szektoraiban meghatározzák, mely helyeken van szükség nagyobb beavatkozásra ahhoz, hogy a nem motorizált közlekedési módok használóinak alapvető biztonsági és komfortfeltételei teljesüljenek.

A Mahidoli Egyetem campusai között jelentősebb távolságok vannak, ezért kulcskérdés a mobilitás az egyes campusok között. A campusok között buszjáratokat indítottak, amiket a dolgozók és a hallgatók egyaránt igénybe vehetnek. Legnagyobb campusukon, a Salaya campuson, többféle létesítmény is működik (kollégium, karok, központ), ezért indokolt volt egy szintén környezetkímélő belső tömegközlekedési lehetőséget is létrehozni. A nem motorizált eszközök használata is kiemelt szerepet kapott az egyetemi mobilitásban: 500 darab ingyenes kerékpárt biztosítottak használatra (Charmondusit et al., 2022).

Ridhosari és Rahman (2020) az indonéz Pertamina Egyetem fenntarthatósági kérdésköreit vizsgálta. Az intézmény részt vesz az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testület programjában, amely a karbon kibocsátás csökkentésére irányul. Kutatásuk célja, hogy választ kapjanak arra, mely területről származik az egyetem CO₂ kibocsátásának legnagyobb része. Ennek érdekében az energiafelhasználást, a közlekedést és a hulladékgazdálkodást vizsgálták. Megállapították, hogy a kibocsátásért legnagyobb arányban a villamosenergia felhasználása felelős. Az egyetem a megoldást a napkollektorok, és szélturbinák elhelyezésében látta, amely javította a felsőoktatási intézmény energiamixét. Emellett létrehoztak egy belső tömegközlekedési rendszert is.

Vízgazdálkodási gyakorlatok

A fenntartható vízfogyasztást tekintve már 25 évvel ezelőtt születtek jó gyakorlatok, például egy brazil egyetemen, ahol a vezetés támogatása nélkül is tudtak sikereket elérni (Marinho et al., 2014). Az energiahatékonyág növelésébe történő kiterjedt beruházások ellenére az építőipari ágazat energiaigénye még mindig a világ éves energiafogyasztásának több mint 40%-át teszi ki. Bár az épületek életciklusa során felhasznált energia nagy része az üzemeltetési tevékenységekből származik, egy része a megtestesült energiából (EE) (amely közvetlenül az épület építése során, és közvetve

az anyagok felhasználásával kerül felhasználásra. Mivel az egyes anyagok nemcsak különböző mennyiségű, hanem különböző típusú energiaforrásokat is fogyasztanak, a megtestesült szén-dioxid (EC) tanulmányozása ugyanilyen fontos. Az épületek építése a globális édesvízkészlet közel 1/5-ét fogyasztja, ami az egyre gyakoribbá váló aszályok és erdőtüzek miatt komoly aggodalomra ad okot. Az a tény, hogy az anyaggyártási és építési folyamatok is fogyasztanak vizet, elengedhetlenné teszi, hogy ne csak az energiát és a szemet, hanem a megtestesült vizet (EW) is értékeljék (Dixit & Kumar, 2024). A szerzők makrogazdasági modelleket használtak négy egyetemi épületben megtestesült energia, szén-dioxid-kibocsátás és víz kiszámítására és elemzésére. Az eredmények szerint az EE-értékek közel tökéletes pozitív korrelációt mutattak az EW-értékekkel. Ugyanakkor az az energiához kapcsolódó megtestesült víz (EREW) részesedése a teljes EW-ben 13–16% között mozgott, ami azt jelzi, hogy az EE-felhasználás csökkenése nem biztos, hogy segít csökkenteni az EW nagy részét.

A szennyvíz újbóli felhasználása a körkörös vízgazdálkodás megvalósításának feltétele. Ezt felismerve a taiwani National Pingtung University of Science and Technology (NPUST) egyetemi campusán vízgazdálkodási stratégiát dolgoztak ki. Az intézmény az esővizet, szennyvizet, és az úszómedencék leengedett vizét is újrahasznosítja, például mellékhelységben öblítőfolyadékként, vagy növények öntözésére. A talajvíz hatékonyabb felhasználásának érdekében vízáteresztő burkolatokat és víztározókat hoztak létre (Li et al., 2022). Hasonló projektet kezdeményezett és vitt véghez az indiai SRM Institute of Science and Technology (SRMIST). Az elkészült tanulmány a fenntartható vízhasználatra fókuszált. A cél az egyetem vízhasználatának csökkentése volt, ennek megfelelően jelentősen megnövelték a víztakarékossági berendezések számát. Emellett szennyvíztisztítási tevékenység is zajlik, valamint az esővizet is gyűjtik, amit az illemhelyiségek öblítésére használnak (Pachamuthu et al., 2021).

A fenntartható vízfogyasztás jelentős előrelépés a fenntartható egyetemmé válás során. Ezt felismerve, egy mérnöki iroda, tiszta technológiákat előtérbe helyezve, a brazil Federal University of Bahia (UFBA) egyetem vízhálózatának elemzését végezte el. Bár az egyetem vezetése nem volt elkötelezett a kivitelezés mellett, egy szakértőkből és szerelőkből álló csoport megvalósította a projektet, aminek eredményeképpen 1999 és 2008 között a felére csökkent az egy főre eső vízfogyasztás (Marinho et al., 2014).

Hulladékgazdálkodási gyakorlatok

A témában megjelent publikációk alapján látszik, hogy a vizsgált egyetemek erőfeszítéseket tesznek a hulladékgazdálkodás javítására, az elért eredmény alapján azonban jelentős fejlődésbeli különbségeket mutatnak. Jain és Pant (2010) az indiai New Delhi-ben található TERI University fenntarthatósági tevékenységét SWOT elemzéssel vizsgálva, a felsőoktatási intézmény a hulladékgazdálkodását egyértelműen fejlesztendő területnek határozták meg, célul kitűzve a hulladékkeletkezés csökkentését. Ridhosari és Rahman (2020) az indonéz Pertamina Egyetem fenntarthatósági elemeit vizsgálva a hulladékgazdálkodás tekintetében szintén előrelépést tartottak szükségesnek. Célul tűzték ki a dolgozók és hallgatók felvilágosítását a szelektív szemetgyűjtés hatékonyabb megvalósítása érdekében.

A maláj Mersing Polytechnic egyetem több projekt során is zöld gyakorlatokat vezetett be. Ezek, többek között faültetésre, energia megtakarításra, műanyagmentes campusra, agrárprojektekre, és esővíz gyűjtésére irányultak. A hulladékkezelés területén a hallgatók bevonását tartotta fontosnak. A diákok gyűjtik az ételhulladékokat, hogy trágyaként újrahasznosítják azt. A szilárd hulladékokat, leveleket, fűvet szintén trágyaként hasznosítják újra. Az egyetemen tanulmány is készült az ott dolgozók fenntarthatósági tudatosságának felmérése érdekében. Eredménye rávilágított arra, hogy az egyetem polgárságának környezetvédelmi tudatossága az átlagosnál nagyobb (Krishnan, 2022).

Az előzőekben ismertetett egyetemek hulladékgazdálkodásához képest kétségtelenül a legnagyobb lépést e területen az indonéz Gadjah Mada Egyetem (UGM) tette, annak ellenére, hogy egy vizsgálat még mindig a kommunális hulladék kelleténél nagyobb arányát mutatta ki. Az egyetem hulladékgazdálkodását a UI GreenMetric mutatói alapján értékelték. Az intézménynek saját hulladékfeldolgozó rendszere van. A szerves hulladékot komposztálják, a műanyagot pedig üzemanyaggá dolgozzák fel. Megállapították, hogy amennyiben a hulladékokat, anyagként szétválogatva, anyagában hasznosítanak újra (például a lombhulladékot komposztálnák), akár a maximálisra is növelhető lenne az egyetem hulladékgazdálkodásra vonatkozó UI GreenMetric pontszáma (Setyowati et al., 2018).

Oktatási gyakorlatok

A fenntarthatóság gondolatát és elvét az egyetemek elsősorban az oktatási programokon keresztül közvetítik a hallgatóság felé. Így tesz a kínai Tsinghua Egyetem is, amelynek stratégiai célja egy világhírű, magasan jegyzett egyetem létrehozása. A stratégiai cél mellett három dimenziót határoztak meg a zöld egyetemmé válás kapcsán, ezek: zöld oktatás, zöld kutatás és zöld campus. A dimenziók megvalósításához be kívánták építeni a tanmenetekbe és a kutatási tervekbe a fenntarthatósági gondolatokat, valamint létrehozták az ökológiai campust. Ezekbe a hallgatókat is bevonták, hiszen így válhatnak felelős állampolgárrá (Zhao & Zou, 2018).

Hasonló elhatározásra jutott a Thaiföldi Siam University is. A felsőoktatási intézménynek célja, hogy a minden oktatott tárgy tematikájában megjelenjenek fenntarthatósági célokkal (SDG) kapcsolatos gondolatok. 2020-ra már a fenntartható fejlődés fogalma az összes, több mint 2000 tárgy tematikájának a 94%-ban megjelent. A thai egyetem az általános oktatási programját úgy dolgozta ki, hogy az intézmény fenntartható fejlődési céljai számára élő tanuló laboratóriumként szolgáljon (Living Learning Lab – LLL). Az LLL projekt naprakész fenntarthatósági kompetenciákat ad az oktatók és a hallgatók számára egyaránt, illetve csoportmunkára is ösztönöz, emellett erős partnerségi kapcsolatok alakultak ki a helyi közsféra és magánszféra dolgozóival (Rukspollmuang et al., 2022).

A Dublin City University (DCU) a fenntarthatóságot az egyetem valamennyi tevékenységét és stratégiai célját alátámasztó központi témaként határozta meg. A DCU elkötelezett annak biztosítása mellett, hogy minden diplomázó megértse a környezeti fenntarthatóság kihívásait, és rendelkezzen olyan fenntarthatósági kompetenciákkal, amelyek felkészítik őket a fenntartható jövőhöz szükséges intézkedések megtételére. Ami azért is lényeges, mert Szeberényi és szerzőtársai (2022) eredményei szerint, a hallgatókat érdekli a környezetvédelem, és a környezettudatos életmód, hiszen aggodalommal tekintenek a víz és légszennyezés káros egészségügyi hatásaira. A DCU fenntarthatósági célú kutatásokat végez, és ahol megvalósítható, a fenntartható megoldások bemutatásán dolgozik a „Living Lab” campusain. A DCU a vállalati és társadalmi közösségekkel is együttműködik, hogy bevonja, tájékoztassa és támogassa ezeket a fenntarthatóság megvalósításában. Az egyetem célként tűzte ki, hogy a piac számára versenyképes tudást nyújtson. Ennek érdekében a tanterveket úgy alakították át, hogy segítsék a kapcsolatteremtést a vállalatokkal. Új, fenntarthatósággal kapcsolatos szakokat indítottak el, mint például az

energiamérnök képzést. Workshopok segítik elő a fenntarthatósági gyakorlatok elterjedését (Fahy & Moran, 2022).

Az Universidad de Medellín kolumbiai privát nonprofit felsőoktatási intézmény a fenntarthatóság egyik kritériumának tartja azt, hogy a hallgatók széles köre férjen hozzá az oktatáshoz. Ezért a tandíjat hallgatónként eltérő, családjuk anyagi helyzetétől függően állapítja meg. Az egyetem mára saját zöld egyetemi programmal rendelkezik, amiben a Campus zöldítése, valamint a létrehozott ökokert gondozása is szerepel. A programba belefoglalták, hogy a fenntarthatósági menedzsmentnek inkluzívnak, támogatónak, és közösnek kell lennie. Az intézmény éves jelentéseket is készít az UI GreenMetric rangsor-beli részvételhez (Hernandez-Diaz et al., 2020).

Az egyetemi fenntarthatóság modellezése

Egyre több egyetem kezdte el mérni a fenntarthatóságot valamilyen módszertan mentén. A fenntarthatóság megvalósításának korai szakaszában lévő egyetemek számára az értékelési folyamat fontos lépése a sajátos környezetükhöz illeszkedő eszköz kiválasztása. Gomez és munkatársai (2015) olyan adaptálható fenntarthatósági értékelési modell bevezetését javasolta, amely lehetővé teszi a fenntarthatóság értékelését az egyetemen, különböző megvalósítási szakaszokban. A modell négy szintű hierarchián alapul, három fő kritériummal: intézményi elkötelezettség, példamutatás és a fenntarthatóság előmozdítása. A javasolt hierarchia egyes szintjeihez rendelt súlyok megállapítása érdekében az analitikus hierarchia folyamatát alkalmazták. A folyamat eredményei azt mutatták, hogy az intézményi elkötelezettség és a példamutatás/vezetés kritériumai előnyben részesülnek és kevésbé preferált a fenntarthatóság előmozdítása kritérium. A modell lehetővé teszi a fenntarthatóság értékelését különböző kontextusokban, miközben fenntartja az egyetemes módszertani megközelítést; ez lehetővé teszi a hasonló kontextusú intézmények csoportján belüli összehasonlítást. A fenntartható egyetemi modell világos perspektívát kínál arra vonatkozóan, hogy a fenntarthatósági kezdeményezésekért felelős személyek hogyan érik el a kezdeti lendületet ahhoz, hogy a fenntartható egyetemmé válás folyamatának előrehaladott lépései felé haladjanak. Velazquez et al. (2006) a fenntartható egyetemek átfogó menedzseri modelljét mutatja be a világ mintegy 80 felsőoktatási intézményéből gyűjtött empirikus adatok alapján. A modell egy strukturált ke-

retrendszeret ábrázol, amely egy stratégiai menedzsmentfolyamat négy fázisából áll. Ezekben a fázisokban négy eltérő stratégiát és számos, a felsőoktatási intézmények fenntarthatósági kezdeményezéseinek kulcsszereplői által alkalmazott gyakorlatot elemeznek.

Az egyetemek fontos szerepet játszanak a fenntartható környezet megteremtésében, abban, hogy felvázolják a fenntartható társadalom modelljeit, és bemutassák annak előnyeit, törekedve a szereplők elkötelezettségének megteremtésére. A Campinasi Egyetem (UNICAMP) a CPFL Brazil (helyi áramszolgáltató) támogatásával 2017 augusztusában létrehozta a „Fenntartható Campus” elnevezésű projektet. A projekt több alprojektet foglal magában. A fotovoltaikus (PV) alprojektet úgy tervezték, hogy nyomon kövesse hat PV erőmű építését és üzemeltetését. Így lehetőség nyílt a PV-erőművekkel végzett szimulációk validálására és a rendszer egyetemre gyakorolt hatásának ellenőrzésére. A PV-termelés az egyetem által elfogyasztott energia mindössze 1,13%-át eredményezte az egyetem nagy mérete miatt. A beruházás becsült megtérülése 7,65 év volt. A projekt célja az is volt, hogy más egyetemeket is ösztönözzön a megújuló energiaforrások alkalmazására, hozzájárulva ezzel a fenntartható fejlődéshez és a kezdeményezés más ágazatokra való kiterjesztéséhez (de Souza Silva et al., 2022).

A Göteborgi Egyetem, az általa kidolgozott környezetirányítási rendszer (EMS) támogatásával szisztematikus megközelítéssel kezeli az éghajlat-változási intézkedéseket, mind a végrehajtás, mind a nyomon követés terén. Ez lehetőséget teremt a technikai megoldások és a társadalmi tanulási folyamatok számára, és lehetővé teszi, hogy a Göteborgi Egyetem élő laboratóriumként és a fenntarthatóság példaképeként szolgáljon. A klímastratégiát 2011-ben indították el, és 2015 végére a teljes szén-dioxid-kibocsátás 20%-os csökkentésére vonatkozó célt majdnem sikerült elérni, a 2008-as bázisévhez képest 18,5%-os csökkenéssel. A teljes energiafelhasználás 19%-kal csökkent. Ezeket az eredményeket annak ellenére sikerült elérni, hogy az egyetem bevételei, a személyzet/alkalmazottak és a hallgatók száma 2008 és 2015 között nőtt (Omcren et al., 2018).

Összegzés és következtetések

A fenntartható egyetemmé váláshoz, mit ahogy ezen cikkből is kiderült, számtalan út vezet. Minden egyetem a beállítottságához és a lehetőségeihez képest próbálja magára szabni a fenntartható átállást, melyhez tanulmányunk segítséget nyújt a vonatkozó szakirodalom feldolgozásával és a megismert gyakorlatok tematikus ismertetésével. Fontos azonban kihangsúlyozni, hogy az egyetemek esetében eltérőek a képzési és szervezeti struktúrák, és mások a földrajzi, társadalmi és gazdasági adottságok.

A bevezetésben említett Soproni Egyetem például a kedvező környezeti és természeti adottságait próbálja kihasználni, és nagy hangsúlyt fektet a fenntartható és zöld átmenetre. A kiváló természeti környezetét meghatározza az egyetemet körül ölelő botanikus kert, egy 17 hektáros védett természeti terület, ami az oktatás és a kutatás céljait egyaránt támogatja, és az itt található növények a hazai flóra védett fajainak 1/5 részét képviselik (SOE Zöld egyetem – greenuniversity.uni-sopron.hu).

A fenntartható zöld egyetem témakörben történő előrelépéshez fontos azokat a területeket azonosítani, amelyekben elmaradása van a Soproni Egyetemnek. Ilyenek elsősorban a környezet és infrastruktúra (505. helyezés), a hulladékgazdálkodás (238. helyezés) és az energiahatékonyság (196. helyezés). Mindhárom területen jelentős előrelépések voltak az elmúlt években, ennek ellenére javítani ezeken a területeken továbbra is szükséges.

A botanikus kerti környezet megszépült, a Lignum nevű látogatóközpont és rendezvényház belső kialakítása megújult, egyben funkcionálisan is bővült. A Soproni Egyetem a Természetpozitív Egyetemek Szövetségének alapító tagja (Nature Positive Universities, 2023). A szervezetet az Oxfordi Egyetem és az ENSZ Környezetvédelmi Programja kezdeményezésére 117 egyetem alapította, köztük található – az Oxfordi Egyetem invitálására – egyetlen magyar intézményként a Soproni Egyetem is. A szövetség célja a természeti értékek és a biodiverzitás helyreállítása. A csatlakozással egyetemünk elkötelezte magát és egyben lehetőséget is kapott a GreenMetric zöld környezet kategóriájában történő további előrelépés tekintetében.

A szelektív hulladékgyűjtés területén szintén jelentős eredmények születtek. A Soproni Egyetem e-hulladékgyűjtési és hulladékgazdálkodási projektje a világ 54 vezető egyeteme közül az első helyen végzett (MTI-Hungary Today, 2023). Ezen a téren további feladat a hulladék feldolgozásának megvalósítása lehet.

Az energiagazdálkodás kategóriájában is jelentős fejlődést ért el a Soproni Egyetem, a megújuló földrajzi és környezeti adottságait proenergia használatának bevezetésével hasznosítja. A jövőben egy integrált energiagazdálkodási rendszer bevezetése és az egyetemi polgárok számára készült, az energiahasználat mérséklését szolgáló környezetvédelmi kézikönyv elkészítése lehet a fejlesztés további iránya.

A vízgazdálkodás területén (117. helyezés) a vízfogyasztás mérséklése lehet egy megcélozható fejlesztési irány. A közlekedés területén (23. helyezés) jelentős előrelépés történt a kerékpárhasználat feltételeinek javításával (greenmetric.ui.ac.id). A Soproni Egyetem a fenntarthatósági átállás hatékonyságának tökéletesítése érdekében létrehozta a Fenntartható Egyetemi Modelljét, mely egy piramismodell és a jövőbeli irányokat SMART célokként definiálja (Fábián et. al., 2024) Az oktatás-kutatás területén (123. helyezés) hasonlóképpen jelentős előrelépés volt az *UI Green Metric* rangsorában. Itt tovább kell erősíteni az egyetemi polgárok fenntarthatósági kompetenciáit. Cél, hogy minden szakon fenntarthatósági ismeretekhez jusson a hallgatóság. Az energiagazdálkodás területéhez kapcsolódóan említett kézikönyv útmutatást adhat minden kategóriában történő előre lépéshez.

A tanulmány számos olyan gyakorlatot tárgyalt, amelyek a hazai és nemzetközi egyetemek fenntarthatóvá válását hivatott elősegíteni. A világ különböző egyetemeinek gyakorlatai irányt adhatnak másoknak a fenntartható fejlődéshez vezető célok kitűzésében és azok megvalósításában. Tanulmányunk ezeket a már bevált és adaptálható intézkedéseket gyűjtötte össze, és témakör szerint csoportosította azokat. A csoportosítás alapját az *UI Green Metric* indikátorkategóriái alkották. A fenntarthatóság elterjedésének széleskörűségét jól mutatja, hogy más kontinenseken, és különböző természeti, kulturális, anyagi, és politikai környezetben elhelyezkedő egyetemek egyaránt vezetnek be fenntarthatósági gyakorlatokat.

Az alábbi táblázatban kívánjuk összefoglalni a cikkünkben bemutatott legfontosabb jó gyakorlatokat az *UI Green Metric* kategóriái szerint csoportosítva. Fontos megjegyezni, hogy széles körű alkalmazhatóságuk ezeknek a gyakorlatoknak korlátozott, hiszen az előző bekezdés végén említett tényezők minden egyetem számára más és más környezetet biztosítanak. Nagyon fontos megtalálni azokat a gyakorlatokat, amik lényegesek, és kevésbé függenek az említett tényezőktől, azaz bárhol megvalósíthatóak, ilyen például a tudatformálás, az oktatás, és a tájékoztatás, amivel a környezet és a fenntarthatóság iránt érzékeny diplomás embereket, nemzedéket lehet kiművelni.

1. táblázat: Legfontosabb fenntarthatósági felsőoktatási gyakorlatok

<p>Környezet és infrastruktúra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stratégiai tervek és mérések (Hussein et al., 2022) • Biofilikus tervezés hatásának vizsgálata a hallgatókra (Mahrous et al., 2022) • Fejlett technológiák bevezetése (Uzochukwu, 2018) 	<p>Energihatékonyság</p> <ul style="list-style-type: none"> • Életciklus költségelemzés (Walsh, 2023) • Szénlábányom számítása (Li et al., 2015; Yazdani et al., 2013; Kanthamannon, 2022) • Környezeti hatáselemzés (Abdelalim et al., 2015) 	<p>Mobilitás</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kerékpárok osztása: hagyományos (Charmondusit, 2022), elektromos (Luttik-Maters, 2022) • Térképes modellezés (Menini et al., 2021) • Belső tömegközlekedési rendszer létrehozása (Ridhosari & Rahman, 2020)
<p>Vízgazdálkodás</p> <ul style="list-style-type: none"> • Felszín alatti vizek gyűjtése (Li et al., 2022) • Vízmegtakarítás életciklus elemzés segítségével (Dixit & Kumar, 2024). • Fogyasztás csökkentésének ösztönzése, kurzusom (Marinho, 2014) 	<p>Hulladékgazdálkodás</p> <ul style="list-style-type: none"> • Műanyagok üzemanyagká váló átalakítása (Setyowati et al., 2018) • Ételhulladékok és további szerves hulladékok feldolgozása (Krishnan, 2022) • SWOT elemzés (Jain & Pant, 2010) 	<p>Oktatás</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oktatott tárgyak besorolása a fenntartható fejlődési célokba (Rukspollmuang et al., 2022) • Tanmenetek átalakítása, rendezvények, workshop-ok (Fahy & Moran, 2022) • Tandíjak kiszabása a hallgatók családjának anyagi helyzete szerint (Hernandez-Diaz et al., 2020)

Forrás: A feldolgozott szakirodalom alapján saját szerkesztés

Köszönetnyilvánítás

Ez a cikk az ÚNKP-23-3-I projekt támogatásával valósult meg.



Új Nemzeti
Kiválóság Program



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-23-3-1 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”

Irodalomjegyzék

- Abdelalim, A., O'Brien, W., & Shi, Z. (2015). Visualization of energy and water consumption and GHG emissions: A case study of a Canadian University Campus. *Energy and Buildings*, 109, 334-352.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.058>
- Barbero, J., Chomik, T. W., Ericson, L., & Alvarez, D. (2022). Good practices: experiences and challenges-Unsam, Argentina. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(1), 24-31.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15462>
- Charmondusit, K., Wattanawitchai, W., & Mahisavariya, B. (2022). Implementation of Sustainable Transportation at Mahidol University, Salaya Campus, Thailand. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2, 301-307.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15526>
- Cypriano, J. G. I., Pinto, L. F., Machado, L. C., Da Silva, L. C. P., & Ferreira, L. S. (2019). Energy management methodology for energy sustainable actions in University of Campinas-Brazil. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 257, No. 1, p. 012034. IOP Publishing.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/257/1/012034>
- de Souza Silva, J. L., de Melo, K. B., dos Santos, K. V., Sakô, E. Y., da Silva, M. K., Moreira, H. S., ... & Villalva, M. G. (2022). Case study of photovoltaic power plants in a model of sustainable university in Brazil. *Renewable Energy*, 196, 247-260.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.103>
- Dixit, M. K., & Kumar, P. P. (2024). Embodied impacts of buildings from energy-carbon-water nexus perspective: A case study of university buildings. *Cleaner Energy Systems*, 7, 100108.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cles.2024.100108>
- Fábián, A., Lakatos, F., Elekné Fodor V., Őrsi, Á., Náhlik, A., & Polgár, A. (2024). Fenntartható egyetem modellje és megvalósítási programja. In *Erdészeti Tudományos Konferencia Sopron, 2024. február 5-6. : Kivonatok Kötete* (p. 10).
- Fadhil, A., & Waheeb, R. (2021, April). A greenway for sustainable transportation of the university campus: Diyala University as a case study. In *IOP Conference series: earth and environmental science*, Vol. 754, No. 1, p. 012013. IOP Publishing.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/754/1/012013>
- Fahy, S., & Moran, C. (2022). Transforming lives and societies through education and research at DCU. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(2), 140-147.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15481>
- Gómez, F. U., Sáez-Navarrete, C., Lioi, S. R., & Marzuca, V. I. (2015). Adaptable model for assessing sustainability in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 107, 475-485.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.047>
- Hernandez-Diaz, P. M., Polanco, J. A., & Castaño, S. M. (2020). Do sustainability practices influence university quality? A Colombian case study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(7), 1525-1543.
DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2020-0087>

- Hussein, K. H., Hassoon, A. F., Abdulhassan, A., Al-Muttairi, B. M. K., & Tameemi, W. A. (2022). University of Babylon Performance in Setting and Infrastructure Indicator through UIGreenMetric 2017-2020. (A comparative study). *Journal of Sustainability Perspectives*, 2, 187-193.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15510>
- Jain, S., & Pant, P. (2010). Environmental management systems for educational institutions: A case study of TERI University, New Delhi. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(3), 236-249.
DOI: <https://doi.org/10.1108/14676371011058532>
- Kanthamanon, P. (2022). Sustainable Energy Management at KMUTT Thailand. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2, 224-229.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15515>
- Krishnan, T. M. (2022). Best Practice: Waste to Fertilizer in Polytechnic Mersing. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(1), 1-6.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15457>
- Li, P., Chien, H., Chang, P., Chou, S., & Tai, C. H. (2022). Water Management Strategies on Campus: An integrated approach. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(1), 73-79.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15469>
- Mahrous, A. M., Dewidar, K. M., Rifat, M. M., & Nessim, A. A. (2022, December). Biophilia as a Sustainable Design Approach for University Buildings Design: a case study in university campus drawing studios Cairo, Egypt. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 1113, No. 1, p. 012001. IOP Publishing.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1113/1/012001>
- Marinho, M., do Socorro Gonçalves, M., & Kiperstok, A. (2014). Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. *Journal of Cleaner Production*, 62, 98-106.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.053>
- Menini, S. E., Silva, T. O. D., Pitanga, H. N., & Santos, A. D. P. D. (2021). Method for using nonmotorized modes of transportation as a sustainable urban mobility index in university campuses. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 147(2), 05020010.
DOI: <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000483>
- MTI-Hungary Today (2023): University of Sopron's E-waste Management Method a World Leader
URL: <https://tinyurl.com/7ufs46u9>
- Mushtaha, E., Alsyoub, I., Bettayeb, M., Al Jaber, B. H., & Al Mallahi, M. (2022). Managing University of Sharjah Setting and Infrastructure Towards a Sustainable and Livable Campus. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(2), 99-109.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15477>
- Nature Positive Universities (2023)
URL: <https://tinyurl.com/4akj9733>
- Omrčen, E., Lundgren, U., & Dalbro, M. (2018). Universities as role models for sustainability: a case study on implementation of University of Gothenburg climate strategy, results and experiences from 2011 to 2015. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 12(1-2), 156-182.
DOI: <https://doi.org/10.1504/IJISD.2018.089254>

- Pachamuthu, S., Sancheti, S., Sethuraman, N., & Thirumurugan, V. (2021). Water Sustainability: Current and Future Challenges at SRM Institute of Science and Technology, Chennai, India. *Journal of Sustainability Perspectives*, 1, 239-246.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2021.12010>
- Polgár, A., Elekné Fodor, V., Zsidákovits, N., Örsi, Á., Náhlik, A., Lakatos, F., & Fábíán, A. G. (2023). Soproni Egyetem Fenntarthatósági Jelentés 2022 – Sustainability Report 2022. Sopron: Soproni Egyetem.
- Ridhosari, B., & Rahman, A. (2020). Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119172.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119172>
- Rukspollmuang, C., Mongkhonvanit, P., Phitthayanon, C., Silalai, N., & Nubsang, H. (2022). University as a living learning lab for sustainable futures. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(1), 56-64.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15467>
- Setyowati, M., Kusumawanto, A., & Prasetya, A. (2018, May). Study of waste management towards sustainable green campus in Universitas Gadjah Mada. In *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1022, No. 1, p. 012041. IOP Publishing.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012041>
- Soproni Egyetem – Zöld Egyetem
URL: <https://tinyurl.com/3t5p4scy>
- Szeberényi, A., Lukács, R., & Papp-Váry, Á. (2022). A Budapesten tanuló egyetemi hallgatók környezettudatos hozzáállásának vizsgálata. *Gazdaság & Társadalom*, 33(1.), 80–97.
DOI: <https://doi.org/10.21637/GT.2022.1.05>
- UI GreenMetric
URL: <https://tinyurl.com/2vn87scd>
- Uzochukwu, G. A. (2018). Setting and infrastructure at North Carolina Agricultural and Technical State University. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 48, p. 02005. EDP Sciences.
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184802005>
- Velazquez, L., Munguia, N., Platt, A., & Taddei, J. (2006). Sustainable university: what can be the matter? *Journal of cleaner production*, 14(9-11), 810-819.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.12.008>
- Walsh, P. R., Dunne, H., & Nikoubakht-Tak, O. (2023). Fostering the use of sustainable design to reduce energy use and GHG emissions at Canadian universities: a life cycle cost analysis approach. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2022-0409>
- Yazdani, Z., Talkhestan, G. A., & Kamsah, M. Z. (2013). Assessment of carbon footprint at University Technology Malaysia (UTM). *Applied Mechanics and Materials*, 295, 872-875.
DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.295-298.872>
- Zhao, W., & Zou, Y. (2015). Green university initiatives in China: a case of Tsinghua University. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(4), 491-506.
DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2014-0021>
- Zhu, Y., Wang, F., & Yan, J. (2018). The potential of distributed energy resources in building sustainable campus: the case of Sichuan University. *Energy Procedia*, 145, 582-585.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.04.085>
- A webes hivatkozások utolsó, egységes ellenőrzési időpontja: 2024. november 30.