

Az ipari forradalmaktól a fenntarthatóságra nevelésig

KOVÁCS MIHÁLY, BÁRÁNY EDIT, DANCSA DÁNIEL, GYŐRÖSSY KRISZTINA,
SIMONYI SÁNDOR RAJMOND, VLASZÁTSNÉ VANCZER DÓRA

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem

Neveléstudományi Doktori Iskola

Klapka u. 12., Eger 3300

kovacs2.mihaly@uni-eszterhazy.hu

Neveléstudományi területen kutató doktoranduszokként tanulmányunk fő célja megérteni, hogy az ipar 4.0-val bekövetkező változások milyen mértékben jelennek meg már most az iskolarendszerünkben, illetve milyen oktatási-nevelési célokat kell ennek kapcsán hangsúlyosan megjelentetni az iskolákban. Tanulmányunk első fejezetében áttekintjük az ipar 4.0 történetét. A történelem kapcsán nagy hangsúly lesz azon, hogy hogyan jelenik meg az első három ipari forradalom a történelemkönyvekben. A továbbiakban az ipar 4.0 fogalmáról, az épp lezajlóban lévő és a várható technológiai, gazdasági, társadalmi változásokról lesz szó. Ezt szintén a neveléstudomány szemüvegén keresztül igyekszünk nézni. A technológiai változások kapcsán szó lesz arról, hogy hogyan jelennek meg az új technológiák a fizika és a digitális kultúra tantárgyakhoz készített tankönyvekben. A konklúzióban azonban azt is átgondoltuk, hogy milyen – a neveléstudományban egyébként is fontos – készségek, attitűdök fejlesztésének szükségességére következtethetünk a várható változások kapcsán. Ilyenek az élethosszig tartó tanulás vagy a pozitív környezeti attitűdök.

Kulcsszavak: Ipar 4.0, nevelési célok, fenntarthatóság, tankönyv

1. Az ipari forradalmak történeti áttekintése az iskolai keretek között

Az első ipari forradalom Angliában (1780-as évek) alakult ki. Nevét onnan kapta, hogy ez egy korszakalkotó gazdasági átalakulás volt, mintha forradalom lett volna, de a történészek a „forradalom” szó helyett a „gépesített nagyipar kialakulása” megnevezést preferálják (Szárny, 2015). Azért Angliából indult ki, mert itt voltak a legkedvezőbb feltételek. Az alkotmányos monarchia a feudális kötöttség felszámolásával járt, továbbá kialakult

a kapitalizmus, gazdag vasérc- és szénlelőhelyekkel rendelkezett az ország (Száray, 2015). Az ipari forradalom előfeltétele a mezőgazdaság fejlődése volt, majd ez az ipar fejlődését vonta maga után, pl.: olcsó munkaerő, juhtenyésztés (nyersanyag – angol textilipar), megjelent az istállózó állattartás, talajjavítás, trágyázás stb. (Száray, 2015)

A „forradalom” során felhasználták a gőzenergiát, és James Watt alkalmassá tette arra, hogy forgó mozgást végezzen, így már több gépet is megtudtak vele hajtani, pl.: fonó- és szövőgépeket, gőzmozdonyokat (Száray, 2015). A közlekedésben megjelent Stephenson felszíni vasútvonala, ami lehetővé tette a nagy tömegű áru gyors szállítását szárazföldön. Amíg az ipari forradalom első szakaszában a textilipar, addig a második szakaszában a vasútépítés lett a gazdaság húzóágazata. A gazdasági fejlődés következménye a demográfiai robbanás lett, eltűntek az éhínségek, javultak a higiéniai viszonyok, pl.: szappangyártás, védőoltások (Száray, 2015). További következményeihez tartozik az urbanizáció, a környezetszennyezés. A vasútépítéssel elkezdték kiirtani az erdőket, mivel a vasúti sínekhez talpfákra volt szükség.

A XIX. század során a fejlődés motorja a nehézipar volt. Második ipari forradalomnak nevezzük a gazdaság eme újabb, jelentős társadalmi és életmódbeli változásokat is hozó nekilendülését. Alapvető forrása a szén, de alapanyagént elsősorban a vasat, majd az acélt alkalmazták. Új energiaforrása a kőolaj, új erőgép a belső égésű motor (Otto, Daimler, Benz) (Baranyai, 2016). A kőolajnak köszönhetően tudott fejlődni a vegyipar (kőolaj-finomítás) és a közlekedés. Kifejlesztették a repülőgépet az amerikai Wright testvérek, majd az autóiparban a T-modell jelent meg, amelyet Henry Ford cége gyártott, de jórészt Galamb József tervezte. A Ford cég valósította meg a tömegtermelést és a szalagrendszert, amelyet elsőként a kohászatban és az autógyártásban használtak (Baranyai, 2016). A XX. században az elektromosságnak köszönhetően megjelent Edison szénszálas izzólámpája, a transzformátor. A hírközlés is gyors ütemű fejlődésen ment keresztül, pl.: Bell – telefon, Puskás Tivadar – telefonközpont stb.

A harmadik ipari forradalom (XX. század) már a második világháború idején kibontakozóban volt. Ekkor bizonyították be, hogy az uránatom magja kettéhasad, ezzel hatalmas energiát termelve. Feltalálták az atombombát, megjelent a mobiltelefon, a digitális, programozható számítógép, a hologram. Megépült az első atomerőmű, pályára állították az első mesterséges holdat (Szputnyik-1), ezzel elkezdve az űrkorszakot (Kis-Timer, 2021). A harmadik ipari forradalom azt az ipari kifejezést jelöli, amely az információs technológiák és az automatizálás területén zajló újításokat foglalja magában. Elhozta a digitalizáció és az automatizáció korát, amely hatására az internet, a mesterséges intelligencia, a mobiltelefonok fejlődtek, ezáltal hatékonyabb, kényelmesebb munkavégzésre képesek az emberek (Kis-Timer, 2021).

Jelenleg az emberiség a negyedik ipari forradalomba lépett át. Ez egy olyan korszak, amelyben az automatizálás és digitalizáció olyan szintjeit érjük el, ahol az ipari folyamatokban az internetre kapcsolódó eszközök, gépek és adatok megosztása, illetve

az érzékelők és az eszközök közötti kommunikáció hálózata nagyon hatékony és nagy pontosságú termelést biztosít, pl.: okos gyártás. Az új technológiák és a digitalizáció-automatizáció gyorsabbá, valamint hatékonyabbá teszi a gazdaságot, aminek a hátránya a munkanélküliek számának növekedése lesz. (*Desoutter Tools*, 2021)

2. Lépések a sikeres környezetierőforrás-gazdálkodás felé

Az ipar 4.0 nemcsak a gazdasági hatékonyságra lehet pozitív hatással, és nemcsak kockázatokat hordoz magában a társadalom számára, hanem lehetőségeket is, például egy fenntarthatóbb világot. *Szlávik* (2014) hat lépésben vizsgálta azt, hogy a gazdaság-természet viszonyba való gazdasági beavatkozások mennyiben szolgálják a fenntarthatóságot. A következőkben ezeket a lépéseket fejtjük ki részletesen, néhány példával is szemléltetve.

1. lépés: *anyag, energia, élő munka, az inputok*

Az első szakaszban, az anyag- és energiabefektetés fázisában egy gondosan elkészített költségvetés (minimalizált anyag- és energiaköltségekkel) segíthet a megújuló erőforrások használatának támogatásában. A foglalkoztatási költségeket csökkenteni kellene, és arra kellene ösztönözni a vállalatokat, hogy több munkavállalót vegyenek fel. Az emberi erőforrások ugyanis megújuló erőforrások. A munkaképesség hasznosítása az első és talán legfontosabb lépés a fenntartható társadalom kialakításában. (*Szlávik–Szép*, 2022)

A környezeti kérdések elemzéséhez a legfontosabb az életciklus-hatásvizsgálat elkészítése és a környezeti erőforrások és kibocsátások ökológiai lábnyomának kiszámítása. Erre azért van szükség, mert egy megújuló energiaforrás elsődleges hatásai lehetnek pozitívak, de az általános hatás növelheti az entrópiát vagy az ökológiai lábnyomot, és ezáltal nem támogatja a fenntarthatósági törekvéseket. Az ENSZ-ben az elmúlt években tudományos viták folytak többek között a bioüzemanyagok környezetre gyakorolt hatásáról, ugyanis a bioüzemanyag-gyártó egységek környezeti hatásai eltérhetnek egymástól. Bár a szén-dioxid-kibocsátás szempontjából előnyösek lehetnek, a tágabb értelemben vett környezeti költségek nagyobbak lehetnek (*Szlávik–Szép*, 2022).

Mindezek alapján bátran állíthatjuk, hogy a fenntarthatóságot szolgáló anyag-, energia-, föld- és élőmunkaárak az első és nagyon fontos lépését jelentik a fenntarthatóság felé vezető útnak (*Szlávik*, 2014).

2. lépés: *a gazdálkodás fenntartható menedzselése*

A fenntartható fejlődés megvalósításának következő lépése a vállalatok ösztönzése arra, hogy stratégiáikat a fenntarthatóság érdekében változtassák meg. A környezetbarát vállalatirányítással kombinált tiszta technológiák segítenek a szervezeteket a fenntarthatóság

irányába terelni. A zöld vállalkozássá alakulás érdekében újragondolják stratégiáikat, és új, környezetbarát rendszereket kezdenek bevezetni, mint például a tisztább termelés.

A különböző környezetvédelmi vezetési rendszerek kifejlesztése és bevezetése különböző európai szervezeteknél a fenntarthatóság irányába mutat. A számadatok azt mutatják, hogy a szervezetek egyre inkább a fenntarthatóság irányába tesznek lépéseket a vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR) koncepciójának üzleti modellként való elfogadásával (Szlávik–Szép, 2022).

Az Európai Bizottság felülvizsgált definíciója szerint a vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR) olyan eljárás, amelynek révén a vállalatok önkéntes alapon társadalmi és környezeti szempontokat építenek be gazdasági működésükbe és az érdekelt felekkel való kapcsolatrendszerükbe (Szlávik, 2014, 101. o.). „A CSR jelenti a vállalatok felelősségét a társadalomra gyakorolt hatásukért” – ez az új, „szigorúbb” meghatározás összhangban van a nemzetközileg elismert CSR-alapelvekkel és iránymutatásokkal (Szlávik–Szép, 2022).

A társadalmi felelősségvállalásnak a fenntarthatóság megvalósítása érdekében az egyik alapvető feladata az, hogy úgy végezze a jelenben az üzleti tevékenységet, hogy az biztosítsa a jövő generációi számára az erőforrások, a természeti környezet és a társadalom által nyújtott szolgáltatások jelenbeli szintjének elérhetőségét (Csáfor, 2009). A felelős vállalati tevékenység a cég erőforrásainak bevonásával valósul meg az üzleti gyakorlaton keresztül, s a közjő fejlesztése melletti önkéntes elkötelezettséget jelent (Csáfor, 2017). A fenntarthatóság szempontjából nem értelmezhető a szűken vett gazdasági versenyképesség, ugyanis az csak összetetten, a társadalmi és természeti költségeket bevonva vehető figyelembe (Szlávik, 2014).

3. lépés: fenntartható fogyasztás

Az elmúlt évtizedben a termelés visszafogott környezetvédelmi szabályozása miatt a fogyasztás egyre inkább előtérbe került számos vállalati stratégiában. Az életszínvonal javulása lehetővé tette a háztartások számára, hogy több terméket, energiát fogyasszanak, és több szolgáltatást vegyenek igénybe. A fogyasztói kapitalizmus által támogatott tékozló életmód nem fog magától megváltozni, így alapvető kérdések sorozata vár megválaszolásra továbbra is. (Szlávik–Szép, 2022)

Csutora Mária és Kerekes Sándor közgazdász professzorok „A környezetbarát vállalatirányítás eszközei” című könyvükben (Csutora–Kerekes, 2004) vizsgálják és támogatják a Michael J. Polonskynek és Philip J. Rosenbergernek a Reevaluating Green Marketing: A Strategic Approach című tanulmányában (Polonsky–Rosenberger, 2001) megfogalmazott javaslatot, miszerint a vállalatoknak a termékértékesítés helyett a környezeti teljesítményükre és a termékeikre kellene összpontosítaniuk. A zöld marketingstratégiák és -taktikák bevezetése hatalmas lépés lenne a fenntarthatóság felé. Magyarországon az elmúlt évtizedben kutatások folytak a fogyasztói szokások és a fenntartható fogyasztás vizsgálatára (Szlávik–Szép, 2022).

4. lépés: újrahasználát

A fenntartható fogyasztás mellett olyan attitűdre és viselkedésre van szükség, amely fókuszában az egyéni és társadalmi felelősség, a természeti-társadalmi-gazdasági környezet kölcsönhatásainak megértése áll. Ennek egyik módja olyan termékek előállítása, melyek újrahasználatra alkalmasak, elősegítve a fogyasztás egy szakaszából kikerült termékek lehető legnagyobb hányadának újrafelhasználását, életciklusának meghosszabbítását, ugyanakkor az ipari termelésnek nem célja és anyagilag sem éri meg ilyen termékeket előállítani (Szlávik–Szép, 2022).

5. lépés: újrahasznosítás

További lépés a fenntarthatóság felé az elsődleges hulladékok újrahasznosítása például szelektív hulladékgyűjtéssel vagy az újrahasznosító iparban. Ezáltal újra nyersanyaggá alakíthatók, vagy új produktumok keletkezhetnek, így kevesebb teher nehezedik környezetre, s a használati értékét veszített tárgy visszakerülhet a termelési láncba. Ugyanakkor az újrahasznosítás folyamata is energiaköltséges folyamat, hiszen hulladékot és szennyezést termel, illetve szállítást igényel (Szlávik–Szép, 2022).

2006 óta a franciaországi vállalatoknak lehetőségük van a Récyclum ökoszervezettel együttműködni, amely az elektronikai eszközök hulladékának újrahasznosítását is elvégzi, egyfajta közvetítő szerepet biztosítva a gyártók és cégek között (Rahman–Kim–Lerondel–Bouzidi–Clerget, 2019). Itt a probléma az, hogy az ipari hulladék nagy részét vagy törmelékbe, vagy csomagolóanyagokba keverik, amelyeket így már nem tudnak újrahasznosítani.

6. lépés: a hulladékok környezetre káros hatásainak semlegesítése

A fenntarthatóság felé tett utolsó lépés a hulladékok környezetre káros hatásainak semlegesítése, mely során a hulladékot még azelőtt feldolgozzák, hogy az visszakerülne a környezetbe („end-of-pipe” eljárás). Ennek háttérbe szorítása során mind az ökoszisztémák, mind a természet eltartóképessége csökken, s a talaj, víz és levegő semlegesítőképesége is hamar kimerülhet (Szlávik–Szép, 2022).

A legtöbb országban az ipari tevékenységek kibocsátásának csökkentése kormányzati szabályozásokkal támogatott, például az Európai Unió környezetvédelmi politikájának egyik eleme a „szennyező fizet” elv, amely egy reális természethasznosítási díj fizetését jelenti a természeti erőforrások felhasználásakor (Biermann–Böhm–Brohm–Dröge–Trabold, 2003). 2008 óta az Európai Unió, illetve Kína, Mozambik és Ausztrália az addig használt lineáris modell helyett az ún. körkörös gazdasági modellt támogatják (Su–Heshmati–Geng–Yu, 2013, Ferrari–Gamberini–Rimini., 2016; Ausztrália, 2018). Ennek lényege, hogy a termékek életciklusát minél jobban meghosszabbítsuk, biztosítva a minél kisebb energia- és anyagráfordítást, hulladékfelhalmozódást és egy zárt rendszer létrehozását (Korhonen–Honkasalo–Seppälä, 2018).

Az Európai Unió 2020-as Körkörös Gazdasági Akció tervének célja az Európai Unió klímasemlegessé tétele 2050-re. A főbb törekvések közé tartozik, hogy:

- a 2025-ig forgalomba hozott műanyag csomagolások újrahasznosíthatók, újrahasználhatók vagy komposztálhatók legyenek,
- a termékek újrafelhasználhatósága és javíthatósága fejlődjön,
- növeljék az újrahasznosított alkatrészek mennyiségét,
- korlátozzák az egyszeri felhasználást és a korai elavulást (*Körkörös Gazdasági Akció, Európai Bizottság, 2020*).

A hat lépés összegzése

Összességében elmondhatjuk, hogy ahhoz, hogy a fenntarthatósági törekvéseket megvalósítsuk, az alapanyagok beszerzésétől kezdve a termékek előállításáig minden lépést figyelembe kell vennünk. A fenntarthatóság azt hangsúlyozza, hogy a társadalom és a gazdaság egy zárt rendszernek, a természetnek a részei, s az emberiség valamennyi tevékenységét a Föld eltartóképesége határozza meg. De mi történik akkor, ha ez a zárt rendszer valahol felbomlik?

Végül, a neveléstudományra mint e cikk szerzőinek kutatási területére kitekintve a fenntarthatóság felé vezető útnak ezt a hat lépését hasznosítani lehet a földrajz-felsőoktatásban is (*Homoki–Sütő–Mika, 2017*), mert olyan téma, amely a leendő tanárok komplex szemléletének formálásához hozzájárulhat. Ezenkívül az itt felsoroltokat a középfokú oktatás-nevelés során is érdemes hangsúlyozni, hiszen olyan praktikus, valamint hosszú távon is átgondolandó aspektusokat biztosít a felnövekvő generáció számára, amelyekkel érdemes foglalkozni.

3. Az ipar 4.0 következményei az emberi munkaerőre és a munkaszervezésre nézve

A fenntarthatósághoz vezető út átgondolása után néhány kiemelt témának az ipar 4.0-val való kapcsolatáról lesz szó. Elsőként a munkanélküliség esetleges növekedését érdemes megemlítenünk. A virtuális számítógépes hálózatok és a fizikai gépek, berendezések integrálásának következményeként kibernetikai fizikai rendszerek jöttek létre. Németországban ez vezetett az „ipar 4.0” koncepciójához. E koncepció szerint a termelési rendszerek képesek lesznek arra, hogy kevés emberi beavatkozással, viszonylag önállóan irányítsák és optimalizálják magukat (*Bauernhansl, 2014; Hirsch-Kreinsen, 2014*). *Kagermann (2014)* szerint ez utat nyitna a dolgok internete előtt, és lehetővé tenné az alanyok és tárgyak egy időben való kommunikálását. *Bauernhansl (2014)* szerint a közeljövőben az ilyen rendszerek hatalmas hatást gyakorolhatnak a munkaerő tartalmára, munkaszervezésre, és megváltoztathatják az emberi tényező részvételének és hozzáadott értékének módját számos ipari értékláncban. Ez nem csupán az alacsony

képzett munkavállalókra, hanem a magasan képzett szellemi dolgozókra is hatással lehet.

Ford 2009-es elemzése szerint az olyan technológiák, mint a mesterséges intelligencia, már nem elsősorban az alacsony bérű, képzetlen munkavállalókat érintenék, hanem egyre inkább lehetővé teszik, hogy a számítógépek olyan munkaköröket is betöltsenek, amelyek jelentős képzést és oktatást igényelnek. *Brynjolfsson és McAfee* (2014) szerint a technológiai fejlődés nemcsak a rutinmunkák, hanem a magasan képzett, nem rutinfeladatok által meghatározott munkakörök megszűnését is eredményezheti. *Frey és Osborne* (2013) tanulmányukban arra a kérdésre keresték a választ, hogy a munkahelyek mennyire érzékenyek a számítógépesítésre. Tanulmányuk eredménye, hogy az amerikai munkahelyek 47 százaléka ki van téve annak a kockázatnak, hogy a robotok nemcsak szabványosított programokat, hanem rutinfeladatokon túlmutató, kifinomult feladatokat is képesek lennének elvégezni a jövőben. A Boston Consulting Group egy tanulmánya szerint az ipar 4.0 által létrejövő technológiákból származó következmények alapján 10 éven belül több mint 100 000 új munkahely jöhet létre a gépészet és az építőipar területén. Véleményüket arra a tényre alapozták, hogy a kiberfizikai rendszerek bevezetése jelentős számú további, speciális műszaki szakértelemmel rendelkező munkavállalót igényel (*Maier–Student*, 2014). Az ipar 4.0 technológiai tehát nemcsak munkahelyeket szüntetnének meg, hanem várhatóan újakat is teremtenének.

Hirsch-Kreinsen is elemezte az ipar 4.0 következményeit, az operatív munka szintjén arra a következtetésre jutott, hogy az egyszerű és ismétlődő tevékenységeket tartalmazó, alacsonyabb képzettségű munkaköröket nagyrészt intelligens és kiberfizikai rendszerek fogják helyettesíteni (*Hirsch-Kreinsen*, 2014). Hasonló veszélyek Magyarországon is jelen vannak. Korábban a technológia az emberek munkáját segítette, manapság már a technológia fejlődése miatt veszély fenyegeti a munkahelyüket. Ezt a jelenséget a fenntarthatóság legnagyobb kihívásának tekintik. Ezért törekedni kell, hogy az ipar 4.0 ne munkahelygyilkossá, hanem munkahelyteremtővé váljon. Az emberi tényező ugyanis a fenntarthatóság mind a három – gazdasági, környezeti és társadalmi – dimenziójában szerepet játszik. (*Szlávik–Szép*, 2022)

Összegezve, a jövőben valószínűleg növekedni fog az emberi munkakörnyezetre nehezedő nyomás. A negatív hatásokat viszont az innovatív megoldások, a magasan képzett munkaerő képzése csökkenthetik. Az előrejelzések szerint 2030-ig a rendelkezésre álló szakképzett munkaerő számának mintegy hatmillió fővel való csökkenéséhez vezető jelentős demográfiai változások tükrében a becsült munkahelyvesztési potenciálok viszont talán kevésbé problémásak, mint azt jelenleg gondolják (*Paul*, 2014).

4. A 4. ipari forradalom következményei és hatásai

Fenntartható mezőgazdaság

A mezőgazdaságot az egyik legfontosabb ágazatnak tekintik, amely számos olyan nélkülözhetetlen árucikket biztosít, amelyektől az országok élelmezésbiztonsága függ. A mezőgazdaság a történelem során folyamatosan fejlődött, tekintettel az alapvető emberi létfenntartás szempontjából való jelentőségére. Jelenleg a mezőgazdasági ágazat olyan digitális technológiákkal bővül, mint a mezőgazdaság 4.0, amely különböző forgatókönyvekből származó digitális fejlesztéseket foglal magában, mint a felhőalapú számítástechnika, a mesterséges intelligencia, az internet, a nagy adatok és a fejlett robotika, amelyek az agrárgazdasági termelési láncok középpontjában állnak. (Sánchez–Rodríguez–Espitia, 2022)

A fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok (SAP) alkalmazása a kisbirtokos gazdálkodók számára idővel jobb alkalmazkodóképességet biztosított az éghajlatváltozáshoz. A fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok olyan mezőgazdasági gyakorlatként határozhatók meg, amelyek biztosítják a természeti erőforrások hatékony felhasználását, ugyanakkor mérséklik a mezőgazdaság környezetre gyakorolt hatásait, miközben támogatják a mezőgazdasági termelők éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodóképességét. Ezek közé tartoznak az olyan, a klímavédelmet szolgáló mezőgazdasági gyakorlatok, mint a mulcsozás, a talajművelés mellőzése, a vetésforgó és a vetésközi növénytermesztés, valamint más, az éghajlatváltozást segítő mezőgazdasági gyakorlatok, mint a gödrös ültetés, a szerves trágya használata, az agrárerdészet, a vízgyűjtés, az erózió elleni védőgátak stb. (Mgomezulu–Machira–Edriss–Pangapanga–Phiri, 2023)

Fenntartható energia

A fenntartható energia az ipar 4.0 és a fenntarthatóság egyik fontos aspektusa, valamint az emberi fejlődés alapvető eleme. Az energianyelhasználás egyre nő és egyre sokrétűbbé válik. Az energiarendszerekhez számos környezeti hatás kapcsolódik, és az energia jelentős szerepet játszik az életszínvonalban és a gazdasági fejlődésben. A fenntartható energiára való áttérés számos feltételtől függ, többek között a fenntartható energiaforrások megszerzésétől, az előnyös energiahordozók alkalmazásától, az energiahatékonyság növelésétől, az energiarendszerek egész életen át tartó környezeti hatásainak mérséklésétől, valamint az olyan nem technikai jellegű kérdések kezelésétől, mint az életszínvonal és az életmód, a gazdaságosság és a megfizethetőség, valamint a társadalmi elfogadottság. A megújuló energiaforrások felhasználása egyre növekszik, mivel az innovációk csökkentik a költségeket, és lehetővé teszik, hogy a tiszta energia jövője valósággá váljon. A megújuló energia növekvő felhasználásának köszönhetően csökken az energiaszektor szén-dioxid- és egyéb szennyezőanyag-kibocsátása. A megújuló forrásokból származó energia bőséges, és mindenhol körülöttünk

van. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése sokkal több kibocsátást eredményez, mint a megújuló energia előállítás. (Jie–Khan–Alharthi–Zafar–Saeed, 2023)

Szén-dioxid-kibocsátás csökkentése

Az atomenergia a fosszilis tüzelőanyagok ígéretes, alacsony költségű, alacsony szén-dioxid-kibocsátású alternatívája lehet. Az atomenergia költsége a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése költségeinek elsődleges tényezője egy sor társadalmi, gazdasági és éghajlat-politikai forgatókönyv szerint. Amennyiben az atomenergia nem áll rendelkezésre, a nulla szén-dioxid-kibocsátási útvonalak akár 50%-kal nagyobb tőkebefektetést igényelhetnek, mint a magas nukleáris penetrációjú forgatókönyvek esetén. (Barron–Hill, 2019)

Mivel a szén-dioxid-kibocsátás elsődleges forrása az energia, sok ország megkezdte energiaforrásainak átalakítását. A megújuló és az atomenergia a leghatékonyabb szénmentes energiaforrásoknak számítanak, és világszerte érdeklődést váltottak ki. (Wang–Guo–Li–Jiang, 2023)

5. Energia 4.0

Szenteljünk egy külön fejezetet annak a kérdésnek, hogy hogyan teszi mindezt lehetővé az ipar 4.0! Az energia 4.0 ugyanis elválaszthatatlan része az ipar 4.0-nak: a testreszabhatóságnak az energiamenedzsmentben is szerepet kell kapnia a fogyasztás monitorozásán és az ez alapján hozott döntéseken keresztül. (Szlávik–Szép, 2022)

Egy rendszer teljes digitális másolatát digitális ikernek (Digital Twin, DT) nevezzük. Ebben mesterséges intelligencia segítségével elemezhetőek a szenzorok által folyamatosan gyűjtött adatok. A DT így támogathatja a valós idejű döntések meghozatalát. (Ardebili–Longo–Ficarella, 2021)

A dolgok internete (IoT) segítheti a megújuló energiaforrások elterjedését, mert jobban integrálhatók az ingadozó teljesítményű erőművek egy okoshálózatba. Az energia 4.0 emellett hozzájárulhat az energiaszegénység felszámolásához és a jobb életminőséghez is. (Szlávik–Szép, 2022) Az energia 4.0 és az ipar 4.0 így kapcsolódnak az ENSZ 7. ('Megfizethető és tiszta energia') és 9. ('Ipar, innováció és infrastruktúra') fenntarthatósági céljaihoz (Hidayatno–Destyanto–Hulu, 2019).

A digitális modellek szerepe

Egy okoshálózatban minden elemnek megvan a digitális modellje. Az okostranszformátorok modelljei segítik a karbantartások időzítését, így meghosszabbítva az eszköz élettartamát. (Laayati és szerzőtársai, 2022b) Az okosbánya modellje előre jelzi a várható energiaigényt, így a terhelés ütemezhetővé válik, a fogyasztási csúcs az ingadozó energiaforrások termelési csúcsához közelíthető (Laayati–Bouzi–Chebak, 2022a). Ugyanakkor

nagy mennyiségű új hardverre van szükség, védeni kell az internetre kerülő adatokat, és védekezni kell az adathibákkal szemben. (Laayati és szerzőtársai, 2022a és 2022b) Pl. szélturbinák DT-i adataikat megosztva kijavíthatták a hibákat. (Sahal–Alsamhi–Breslin–Brown–Ali, 2021)

A fejlődés újfajta lehetőségeket teremt közösségeink számára is. A helyi energia-közösségek tagjai generátorokat és energiátároló rendszereket osztanak meg egymással. A szenzorok adatai alapján az MI egy appon keresztül javaslatokat küldhet a tagoknak, hogy melyik időszak a legjobb a háztartási gépek üzemeltetésére (Giordano–Ghiani–Pilo–Rosetti, 2019). Az iparosodott államok pedig forrásaik segítségével kihasználhatják a digitalizáció előnyeit. Ennek fő hajtóereje jelenleg a versenyképesség javítása, az energiahatékonyság inkább örömteli mellékhatás. A fenntarthatóság szempontjából ez utóbbit hangsúlyosabbá kell tenni (UNIDO, 2023).

Energia 4.0 a tankönyvekben

A neveléstudomány vonatkozásában megvizsgáltuk a hazai fizika- és digitáliskultúra-tankönyvekben az energia 4.0-hoz kapcsolható elemek előfordulását, s a következőket találtuk. A fizikatankönyvek esetében Dégen és Major (2022) említik az okostelefonról szabályozható termosztátot, de a döntéstámogató appokat nem. Ádám (2020) az ipari forradalmak közül csak az első háromról ír, de közvetlen mellette található egy blokk a mesterséges intelligenciáról is, így a tanár számára adott a lehetőség a téma kifejtésére. Csajági (2022) könyvében az okosotthonról olvashatunk mint az energiatakarékosság eszközéről, de ez fakultatív tárgyhoz készült. A digitáliskultúra-tankönyvek vonatkozásában Pintér (2020) és Vitéz (2022) is említi röviden az okosotthon koncepcióját. Széll (2020) viszont a mesterséges intelligenciáról (MI) szóló fejezetben tisztázza a Big Data és az IoT fogalmát. Említi, hogy az MI segítheti a folyamatok optimalizálását és az energiatakarékosságot.

Összefoglalás

Az energia 4.0 és az ipar 4.0 mélyen összefonódnak egymással. A technológiai fejlődés támogatja az energetikáét, az energetikai szektor fejlődése pedig segíthet az iparnak az energiahatékonyság növelésében, a termelés optimalizálásában, és ha a szándék megvan rá, akkor a fenntarthatóbbá válásban.

6. Konklúzió, javaslatok

A negyedik ipari forradalom mindenképp hatalmas változásokat hoz az életünkbe. Ez egyszerűen rejt kockázatokat, hiszen a ma ismert munkalehetőségek egy része várhatóan megszűnik majd, és lehetőségeket is, amelyekkel ha élünk, elmozdulhatunk egy

fenntarthatóbb világ felé: például a különböző okostechnológiák megkönnyítik a megújuló energiaforrások használatát vagy eszközeink élettartamának meghosszabbítását.

A munkahelyekre nehezedő nyomás egyik legfontosabb ellenszereként a magasan képzett munkaerőt említettük, amihez a megfelelő oktatás-nevelés elengedhetetlen. Szerencsére azt tapasztalhattuk, hogy már fellelhetőek az ipar 4.0-hoz kapcsolódó fejlesztések is a tankönyvek egy részében. Igazi kihívás azonban, hogy pontosan mit is kell erről tanítani, hiszen egy olyan világban kell majd helytállnia a diákoknak felnőttként, amely forradalmi változások eredményeként jön majd létre, és amelyről így pontosan azt sem lehet tudni, hogy hogyan néz majd ki.

Fontos a személetformálás kapcsán az első fejezetben bemutatott történeti áttekintés, ami arról szól, hogy az első három ipari forradalom kapcsán mi jelenik meg a történelemkönyvekben. Ez ugyanis képet ad a tanulóknak arról, hogy hogyan lehet a változó világ által megteremtett lehetőségekkel élni. A korábbi ipari forradalmakra is jellemző volt ugyanis, hogy munkahelyeket szüntettek meg, azonban az is igaz, hogy új lehetőségeket teremtettek, amivel viszont élni kellett. Épp ezért talán a legfontosabb pedagógiai feladat az ipar 4.0 kapcsán az élethosszig tartó tanulásra való nevelés.

Nem elégedhetünk meg azonban ennyivel, hanem megfelelő attitűdöket is ki kell alakítani diákjainkban, hallgatóinkban ahhoz, hogy az ipar 4.0 által teremtett lehetőségeket a fenntarthatóság érdekében is felhasználják. Láthattuk, hogy jelenleg a digitalizáció fő hajtóerejét ugyanis a versenyképesség növelése jelenti, az energiatakarékosság csak örömteli, de mellékes eredmény.

Hivatkozások

- ÁDÁM PÉTER (ed.) (2020): *Fizika 9-10. II. kötet*. Oktatási Hivatal.
- ARDEBILI, A. A. – LONGO, A. – FICARELLA, A. (2021): Digital twin (dt) in smart energy systems-systematic literature review of dt as a growing solution for energy internet of the things (eiots). In *E3S Web of Conferences* (Vol. 312, p. 09002). EDP Sciences.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT, STATE AND TERRITORY GOVERNMENTS AND THE AUSTRALIAN LOCAL GOVERNMENT ASSOCIATION. (2018): *National waste policy 2018: Less waste, more resources*. <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/d523f4e9-d958-466b9fd1-3b7d6283f006/files/national-waste-policy-2018.pdf> [2023. 05. 09.]
- BARANYAI KATALIN (2016): *OFI Történelem 10*. Eszterházy Károly Egyetem Oktató-kutató és Fejlesztő Intézet.
- BARRON, W. R. – HILL, C. M. (2019): A wedge or a weight? Critically examining nuclear power's viability as a low carbon energy source from an intergenerational perspective. *Energy Research – Social Science* (50, 2019) Pages 7–17, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.012>.

- BAUERNHANSL, T. (2014): Die vierte industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In Bauernhansl, T., ten Hompel, M. – VogelHeuser, B. (Eds.) *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendungen Technologien Migration* (pp. 5–36). Wiesbaden: Springer.
- BIERMANN, F. – BÖHM, F. – BROHM, R. – DRÖGE, S. – TRABOLD, H. (2003): *The polluter pays principle under WTO law: the case of National Energy Policy Instruments*.
- BRYNJOLFSSON, E. – MCAFEE, A. (2014): *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W.W. Norton – Company.
- CSAJÁGI SÁNDOR (ed.) (2022): *Természettudomány 11.: Fizika modul*. Oktatási Hivatal.
- CSÁFOR HAJNALKA (2017): *Vállalati felelősségvállalás a fenntarthatóságért: Gyakorlatorientált kézikönyv*. Eger, Eszterházy Károly Egyetem Líceum Kiadó.
- CSÁFOR HAJNALKA (2009): *Vállalatok társadalmi felelősségvállalása, regionális vizsgálat az Észak-magyarországi régióban*. Doktori érkezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar.
- CSUTORA MÁRIA – KERÉKES SÁNDOR (2004): *A környezetbarát vállalatirányítás eszközei*. KJK Kerszöv.
- DÉGEN CSABA – MAJOR BALÁZS (2022): *Fizika 7-8*. Oktatási Hivatal.
- DESOUTTER TOOLS. (2021. március 23). *Ipari forradalmak – Az ipar 1.0-ból az ipar 4.0-ba vezető út*. Desoutter Industrial Tools. <https://www.desouttertools.hu/your-industry/news/641/ipari-forradalmak-az-ipar-1-0-bol-az-ipar-4-0-ba-vezeto-ut> [2023. 05. 10.]
- FERRARI, K. – GAMBERINI, R. – RIMINI, B. (2016): The waste hierarchy: a strategic, tactical and operational approach for developing countries. the case study of Mozambique. *Int J SDP*, 11, 759–770. <https://doi.org/10.2495/SDP-V11-N5-759-770.2>
- FORD, M. (2009): *The Lights In The Tunnel*. USA: Acculant Publishing.
- FREY, C. – OSBORNE, M. (2013): The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/%20academic/The_Future_of_Employment.Pdf [19. 12. 2014].
- GIORDANO, A. – GHIANI, E. – PILO, F. – ROSETTI, L. (2019): Planning of energy production and management of energy resources in local energy communities: The case of Berchidda municipality (Italy). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 20(1), 16.
- HIDAYATNO, A. – DESTYANTO, A. R., – HULU, C. A. (2019) “Industry 4.0 technology implementation impact to industrial sustainable energy in Indonesia: a model conceptualization,” *Energy Procedia*, vol. 156, pp. 227–233.
- HIRSCH-KREINSEN, H. (2014): Welche Auswirkungen hat “Industrie 4.0” auf die Arbeitswelt?. *WISO direkt* (12/2014), pp. 1–4. <http://libraryfes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf> [27. 01. 2015].
- HOMOKI ERIKA – SÜTŐ LÁSZLÓ – MIKA JÁNOS (2017). A Fenntartható Fejlődési Célok (2016-2030) hasznosítása a földrajz felsőoktatásban. In: Fodorné, Tóth Krisztina

- (ed.): *Felsőoktatás, életen át tartó tanulás és az ENSZ fenntartható fejlesztési célok megvalósítása: Higher Education, Lifelong Learning and Implementation of UN Sustainable Development Goals*. Pécs, Magyarország: MELLearn Egyesület, pp. 66–79.
- JIE, H. – KHAN, I. – ALHARTHI, M. – ZAFAR, M. W. – SAEED, A. (2023): Sustainable energy policy, socio-economic development, and ecological footprint: The economic significance of natural resources, population growth, and industrial development. *Utilities Policy*, 81, <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101490>.
- KAGERMANN, H. (2014): Chancen von Industrie 4.0 nutzen, In T. Bauernhansl, M. ten Hompel – B. Vogel-Heuser, (ed.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendungen Technologien Migration* (pp. 603–614). Wiesbaden: Springer.
- KIS ÉVA – TINER TIBOR (2021): Az ipari forradalom és az infokommunikációs fejlődés földrajzi összefüggései a nemzetközi szakirodalom tükrében. *Földrajzi Közlemények*. <https://doi.org/10.32643/fk.145.2.1>
- KORHONEN, J. – HONKASALO, A. – SEPPÄLÄ, J. (2018): Circular economy: the concept and its limitations. *Ecol Econ*. 143:37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- LAAYATI, O. – BOUZI, M., – CHEBAK, A. (2022a): Smart Energy Management System: Design of a Monitoring and Peak Load Forecasting System for an Experimental Open-Pit Mine. *Applied System Innovation*, 5(1), 18.
- LAAYATI, O. – EL HADRAOUI, H. – EL MAGHARAOU, A. – EL-BAZI, N. – BOUZI, M. – CHEBAK, A. – GUERRERO, J. M. (2022b): An AI-Layered with Multi-Agent Systems Architecture for Prognostics Health Management of Smart Transformers: A Novel Approach for Smart Grid-Ready Energy Management Systems. *Energies*, 15(19), 7217.
- MAIER, A. – STUDENT, D. (2014): M D IN GERMANY. *Manager Magazin* (12/2014), pp. 92–98.
- MGOMEZULU, W. R. – MACHIRA, K. – EDRISS, A. K. – PANGAPANGA-PHIRI, I. (2023): Modelling farmers' adoption decisions of sustainable agricultural practices under varying agro-ecological conditions: A new perspective. *Innovation and Green Development*, 2(1), <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100036>.
- PINTÉR GERGELY (ed.) (2020): *Digitális kultúra 9*. Oktatási Hivatal.
- POLONSKY, M. J. – ROSENBERGER III, P. J. (2001): Reevaluating green marketing: a strategic approach. *Business horizons*, 44(5), 21–30.
- RAHMAN, S. M. M. – KIM, J. – LERONDEL, G. – BOUZIDI, Y. – CLERGET, L. (2019). Value Retention Options in Circular Economy: Issues and Challenges of LED Lamp Preprocessing. *Sustainability*. (11)4723. <https://doi.org/10.3390/su11174723>
- RÉCYLUM (2019): *Le Recyclage Des Lampes Et Luminaires à LED*. <https://www.recylum.com/recyclage-lampes-luminaires-leds/> [2023. 05. 09.]

- SAHAL, R. – ALSAMHI, S. H. – BRESLIN, J. G. – BROWN, K. N. – ALI, M. I. (2021): Digital twins collaboration for automatic erratic operational data detection in industry 4.0. *Applied Sciences*, 11(7), 3186.
- SÁNCHEZ, J. M. – RODRÍGUEZ, J. P. – ESPITIA, H. E. (2022): Bibliometric analysis of publications discussing the use of the artificial intelligence technique agent-based models in sustainable agriculture. *Helijon*, <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2022.e12005>.
- SU, B. – HESHMATI, A. – GENG, Y. – YU, X. (2013): A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of cleaner production*, 42, 215–227.
- SZÁRAY ISTVÁN (2015): *Történelem 11*. Eszterházy Károly Egyetem Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet, Alföldi Nyomda Zrt. Debrecen.
- SZÉLL SZILVIA (ed.) (2020): *Digitális kultúra 11*. Oktatási Hivatal.
- SZLÁVIK JÁNOS (2014): Lépések a fenntartható gazdálkodás irányába: Gondolatok Láng István és Kerekes Sándor Megalakult a Túlélés Szellemi Kör című vitairatához. *Magyar Tudomány*, 175(1), 99–108.
- SZLÁVIK JÁNOS – SZÉP TEKLA (2022): A Framework of Risks in the Context of Industry 4.0, Related to Sustainability. *World Futures*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/02604027.2021.2012875>
- UNIDO, N. T. (2017): Accelerating clean energy through Industry 4.0: Manufacturing the next revolution. *Vienna, Austria: United Nations Industrial Development Organization*. [2023. 04. 11.]
- VITÉZ ANNAMÁRIA (ed.) (2022): *Digitális kultúra 4*. Oktatási Hivatal.
- WANG, Q. – GUO, J. – LI, R. – JIANG, X. T. (2023): Exploring the role of nuclear energy in the energy transition: A comparative perspective of the effects of coal, oil, natural gas, renewable energy, and nuclear power on economic growth and carbon emissions. *Environmental Research*, 221, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115290>.