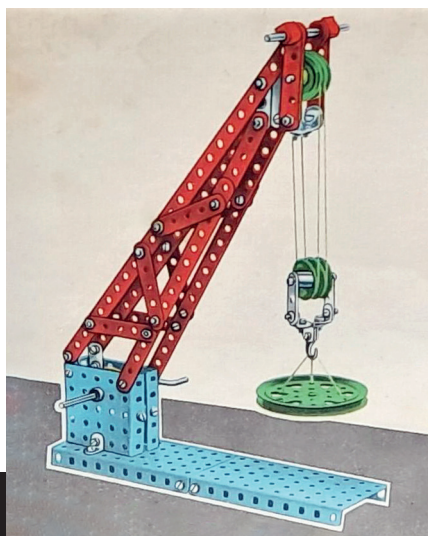




Játék, konstruálás és tanulás: az építés szerepe a kreativitás fejlesztésében

Playing, construction and learning:
the role of building in creativity development



Lenkei Balázs

DLA, egyetemi docens,
Soproni Egyetem
Kreatívipari Intézet,
ORCID: 0009-0000-2922-5375
lenkei.balazs@uni-sopron.hu

Ferenczy Noémi-díjas formatervező iparművész, háromszoros Magyar Formatervezési Díj-nyertes (2008, 2009, 2015). 2012-től a MOME oktatója, 2019–2024 között a Soproni Egyetem Alkalmazott Művészeti Intézetének igazgatója. Tervezési munkái infokommunikációs, biztonságtechnikai, egészségügyi és járműipari területekre terjednek ki. Legismertebb alkotása a MÁV IC+ kocsik designja. Kutatási témái közé tartozik a járműtervezés és a járműtörténet, az ergonómia és a formatervezés.



Preklet Edina

okl. fizika és matematika szakos tanár, PhD, egyetemi docens,
Soproni Egyetem
Alaptudományi Intézet,
ORCID: 0009-0001-5985-6220

e-mail: joobne.preklet.edina@uni-sopron.hu
PhD fokozatát az anyagtudományok és technológiák tudományterületén szerezte. Faanyagtudományi és csomagolótechnológiai kutatásai nemzetközileg elismert folyóiratokban jelennek meg. Oktatási tevékenysége során kiemelt hangsúlyt fektet az innovatív és kreatív oktatási módszerek alkalmazására. Az utóbbi években szakmai érdeklődésének egyik fókuszába kerültek a Z és az alfa generáció tanulási szokásainak eltérő mintázatai és ezek korszerű oktatási gyakorlatokra gyakorolt hatásai.

Kivonat / Hun

A 2000-es évek egyik nagy kérdése, hogy a digitalizáció milyen hatással van a gyermekek fejlődésére és a jövő generációira. A digitális tartalmakra fordított idő jóval meghaladja a klasszikus játékokkal való foglalatosságot, pedig a konstrukciós játékok bizonyítottan fejlesztik a kreatívipar számára kulcsfontosságú készségeket. A tanulmány bemutatja a játékok fejlődését és oktatási szerepét, valamint olyan világhírű egyetemi versenyeket, amelyek támogatják a „játékos tanulás” elvét és a szakmai karrierépítést. Az építész-, építőművész- és faipari mérnök szakos hallgatók körére fókuszálva választ keres arra, miért nem teljesülnek Magyarországon az oktatásfejlesztési célok, és milyen akadályok nehezítik a projektalapú oktatás bevezetését. Megállapítható, hogy bár a digitalizáció egyre nagyobb teret nyer, az oktatás nem követte ezt megfelelően a kreatív készségek fejlesztése terén.

Kulcsszavak: kreatív tervezés, konstrukciós játékok, játékos tanulás, projekt alapú oktatás, digitalizáció hatása

Abstract / Eng

One of the big questions of the 2000s is the impact of digitalisation on the development of children and future generations. The time spent on digital content far outstrips the time spent on classic games, even though construction games have been shown to develop key skills for the creative industries. The paper will describe the development and educational role of these games, as well as world-renowned university competitions that support the concept of “playful learning” and career development. Focusing on students of architecture, civil engineering and wood engineering, it seeks to answer the questions of why educational development goals are not being met in Hungary and what barriers hinder the introduction of project-based education. It can be concluded that, although digitalisation is gaining ground, educational development has not followed this up adequately in terms of developing creative skills.

Keywords: creative design, construction games, playful learning, project-based education, impact of digitalisation

Lektorált **talom**

1. | A játék és a korai nevelés szerepe

1.1. Az innováció nemcsak cél, hanem lételemünk

A második ipari forradalommal léptünk abba a korszakba, amikor a tudás gyarapítása mellett annak közvetlen hasznosítása, az innováció különösen hangsúlyossá vált. Jelenlegi gazdasági rendszerünk egyik, ha nem a legfontosabb hajtóanyaga az innováció és annak különböző formái [1]. Sőt, az innováció ma már nemcsak a vállalatok és globális gazdasági-pénzügyi mechanizmusok mozgatórugója, hanem lassan saját magunk és civilizációnk túlélésének zálogává vált; például a földi ökoszisztéma drasztikus változása és az azokhoz való alkalmazkodás okán.

Heidegger „Kérdés a technika nyomán” című 1954-ben megjelent esszéjében [2] a technikát nem csupán eszközként értelmezi, hanem egy sajátos létmódként (Ge-Stell), amely keretezi és meghatározza az emberi kapcsolatot a világgal. Kiemeli, hogy a modern technika nem egyszerűen az emberi szükségletek kielégítésére szolgáló eszköz, hanem egy olyan folyamat, amely önálló dinamikát nyerhet, és amely az emberi létezés is alakítja. A technika fejlődése, a mesterséges intelligencia térhódítása számos új lehetőséget ad az emberiség kezébe. Ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk a tudományos és a kreatív gondolkodás fontosságáról, az emberi kíváncsiságról és alkotóerőről – illetve ezek szerepéről az emberi civilizáció létrehozásában, bolygónk mai arculatának kialakításában.

Éppen ezért elengedhetetlen, hogy az elkövetkező generációk alkotó elméi olyan komplex készségek birtokában legyenek, amelyekkel a jövőben még egy mesterséges intelligenciával rendelkező gép sem tudja felvenni a versenyt. Ahogy az OECD PISA stratégiája fogalmaz: „A természettudomány-tanítás feladata, hogy felkészítse a tanulókat arra, hogy képesek legyenek szembenézni a következő évtizedek kihívásaival” [3]. Mindezt úgy kellene tenniük, hogy egy rendkívül turbulens történelmi korszakot élünk, s nemcsak a társadalmi, de a környezeti változások is egyre hektikusabbak. A 4K kifejezés az, mely tulajdonképpen magába foglalja mindazt, amire egy 21. századi innovatív megoldásokat létrehozó embernek szüksége van: kommunikáció, kritikai gondolkodás, kollaboráció, kreativitás.

1.2. „Education through play” – a „játékos” tanulás elve

Az 1960-as és 1970-es évek során az Egyesült Államokban alakult ki az „education through play” elve, amely a gyakorlati tanulás fontosságát hangsúlyozta, és éppen az innovációt volt hivatott serkenteni új oktatási módszerek által – elsősorban az STEM rövidítéssel aposztrofált területeken. (A STEM kifejezés csak 1990-es évektől terjedt el, science: természettudomány, technology: technológia, engineering: mérnöki tudomány, mathematics: matematika területek rövidítéseként, a STEAM esetében az art szó is csatlakozott a rövidítés betűihez.) Lényege, hogy a tanulók (óvodától a középiskoláig) játékokon keresztül szereznek gyakorlati tapasztalatokat és mélyebb megértést az adott témákban.

Bónus és Csapó összehasonlító elemzése [3] bemutatja, hogy az Egyesült Államok erre a területre kidolgozott programja, a Next Generation Science Standards (NGSS) már az óvodás (!) gyerekek természettudományos tanításába bevezeti a mérnöki tervezést. „Ugyanis a gyerekek rendkívül kreatívan terveznek és építenek különböző dolgokat, például szívesen építenek erődöt, babaházat, homokvárat. A pedagógus feladata ennek a természetes tendenciának a felhasználása azáltal, hogy segít a tanulóknak felismerni, hogy a kreatív energia eszköz lehet a problémák megoldására és a célok elérésére egy szisztematikus folyamaton keresztül, amit mérnöki tervezésnek nevezünk. (...) A mérnöki tervezést viszi tovább 3-5. évfolyamra is. Ezen a szinten – a korábbi évfolyamokra építve – a tanulók már szisztematikusabb és kreatívabb módon vesznek részt mérnöki tervezést igénylő feladatokban és mindhárom szakaszban (probléma meghatározása, lehetséges megoldások kidolgozása, legjobb megoldás kiválasztása / tervek javítása) fejleszteniük kell képességeiket. Ez a megközelítés jobban felkészíti a tanulókat azokra a hivatásokra, amelyeknél a természettudományos tudás alkalmazására nagymértékben szükség van.” [3] (Itt kell kiemelniük, hogy a NGSS program a „design” szót használja a mérnöki tervezésre [engineering design] és számos alkalommal használja a „design solution”, „design problem” kifejezéseket, ami nem minden esetben vág egybe a „planning” kifejezéssel, hanem a „design” klasszikus jelentésére utal.)

A természettudományok „nagybetűs” életben való alkalmazásának demonstrálása, a mérnöki / kreatív tervezésnek a tudatos (ki)fejlesztéséhez olyan iskolai feladatokra és projektekre van szükség, ahol a tanulók életszerű helyzetekben a problémákat teljes komplexitásukban látják. Idevág három további szempont:

- a projektmenedzsment agilis módszere sprint és értékelő / visszacsatoló fázisokból áll, azaz van egy sajátos lüktetése, mely bár tartalmaz határidőket, mégis inkább a cél hatékony elérésére koncentrál;
- a csapatmunka, mely személyek közötti kommunikáción alapul, és sem a modern tudomány nem működne, sem a gazdasági szereplők nem lennének életképesek nélküle;
- a Csíkszentmihályi Mihály nevéhez fűződő flow-elmélet, mely azt írja le, amikor az emberek optimális vagy csúcsteljesítményt nyújtanak, akkor megfigyelnek magukról, az időről, s ez leginkább az alkotó fázisokra jellemző [4].

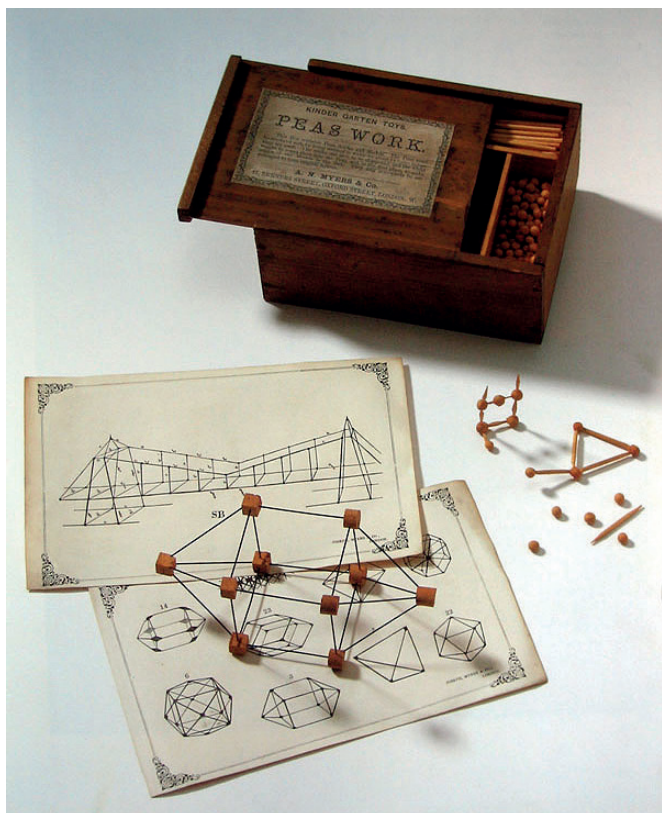
1.3. A zöldborsó és a sztárépítész

Ugorjunk vissza a 20. század közepére, amikor Buckminster Fuller, világhírű amerikai építész, nagy hatású gondolkodó, a geodéziai dóm feltalálója a következőképpen nyilatkozott egy massachusettsi óvodában gyermekként szerzett tapasztalatairól: „Az első óvodai napom egyikén a tanárnő hozott nekünk fogszékelt és félig szárított borsót, és azt mondta, készítsünk ebből szerkezeteket. Rossz látásommal megszoktam, hogy csak tömegeket látok. Egyáltalán nem éreztem a szerkezeti vonalakat. A többi gyerek, akinek jó volt a szeme, ismerte a házakat és az istállókat. Mivel nem láttam, természetesen más érzékszerveimhez folyamodtam. Amikor a tanár azt mondta, hogy készítsünk szerkezeteket, megpróbáltam olyat készíteni, ami működik. Tolva, majd húzva azt tapasztaltam, hogy a háromszög megtartotta alakját, amikor semmi más nem. A többi gyerek téglalap alakú

szerkezeteket készített, amelyek úgy tűntek, hogy felálltak, mert a borsó tartotta őket formában. A tanár felhívta az összes többi tanárt az általános iskolában, hogy nézzék meg ezt a háromszög alakú szerkezetet. Emlékszem, meglepődtem azon, hogy meglepődtek.” [5]

Fuller kisgyerekként egy olyan óvodába járt, mely Friedrich Fröbel német pedagógus elveit alkalmazta. Fröbel 1837-ben alapította meg az első Kindergartent, azaz mai értelemben vett óvodát és felismerte a játéknak az egyén személyiség-fejlődésében játszott szerepét. Ehhez „adományok” nevezett tárgyakat ajánlott a kicsiknek: labdát, golyót, nyolc egyenlő részre osztott kockát, nyolc hasábra osztott kockát, hengert, lapokat, léceket, papírszalagokat stb., valamint fejlesztő játéknak ajánlotta a papírhajtogatást, de a fent említett borsó-fogpiszkáló foglalkozást is (1. ábra). Jól kimutatható az összefüggés Fuller különleges szerkezeti megoldásai és a kisgyermekkorában megszerzett játékokkal kapcsolatos tapasztalatai között.

Máthé Katalin egyik tanulmánya [6] rávilágít, hogy Fröbel fejlesztőpedagógiájának mekkora hatása volt Frank Lloyd Wright építész karrierjére is, aki legelső építészeti szárnypróbálgatásait a gyermekkorában édesanyjától kapott Fröbel-adományokkal való foglalatosságára vezette vissza. „Az akkor kilencéves Wrightot építésznek szánták, és ígéretes tehetségként nevelték. A hársból készült építőkockák és az azok egy-egybe rendezgetésére szolgáló négyzethálós osztású asztalka mellé Anna Lloyd Wright egy az édesanyák számára szervezett pedagógiai tanfolyamon való részvételt is megvásárolt, hogy fiát szakszerű instrukciókkal láthassa el a Fröbel-adományok hasz-



1. ábra: A Fröbel-féle zöldborsó játék [6]

nálatához.” [7] De említhetnénk Georges Braque, Paul Klee, Piet Mondrian, Le Corbusier és Johannes Itten nevét is, akik szintén ilyen intézményekben nevelkedtek kigyermekként. Ittennek később Kindergarten-nevelői képesítése is volt, s 1919-től a Bauhaus meghatározó alakjaként oroszlánrész vállalt a műhelyrendszerű oktatás szervezésében, ahol a természet- és anyagtanulmányokat, kontraszt-, forma- és ritmustant oktatott.

2. | A konstrukciós / konstruáló játékok családfája

A konstrukciós / építő játékok vagy a körülöttünk lévő világ kicsinyített méretarányú modelljei vagy absztrakt téri világok manifesztációi, melyek léptékükből és építési logikájukból adódóan fejlesztik a kézügyességet, a térlátást és a problémamegoldó képességet: szerkezeti, egyensúlyi, statikai, esztétikai, absztrakciós kompetenciákat. Ezeknek a játékoknak a családját néhány archetípusra lehet visszavezetni, s ezekből nőttek ki, ágaztak el idővel az újabb és újabb konstrukciós játékfajták elsősorban a gyártástechnológia fejlődésének, az alkalmazott anyagoknak vagy egy-egy innovatív ötletnek köszönhetően. A fa és fém alapanyagok alkalmazását a gumi, majd az 1960-as évektől a különféle műanyagok megjelenése követte, de új lehetőségeket nyitottak meg a mágnesek, neodímium mágnesek és az elektro-mechanikus komponensek is a 2000-es évektől.

Fontos mérföldkő a digitális játékok megjelenése, melyeknek térnyerése a játékpiacon az 1980-as évekre tehető, majd az 1990-es és 2000-es években a technológia fejlődése és a hozzáférhetőség bővülése tette igazán meghatározóvá őket a játékpiacon. A digitális játékok persze másfajta lehetőséget kínálnak a fantázia és a kreativitás kibontakoztatására. Ezek a játékok nemcsak a valóság határait feszegetik, hanem olyan virtuális környezeteket teremtenek, ahol a játékosok szabadon kísérletezhetnek, tervezhetnek és új világokat alkothatnak – fizikai (és gyakran sajnos etikai) korlátok nélkül.

A Minecraftban például a játékos saját képzelete szerint formálhatja a környezetét, kockákból építkezve. Ez a játék a konstruáló játékok kreatív szabadságát és a konstrukciós já-



2. ábra: A klasszikus Meccano készlet [8]

tékok precíz, célorientált elemeit egyesíti. A játékos döntései és a játékmód választása határozza meg, hogy éppen melyik típus dominál. Ez a kettősség az egyik oka annak, hogy a Minecraft ennyire népszerű és sokoldalú: egyszerre támogatja a szabad önkifejezést és a logikus problémamegoldást. Hasonlóan, a Kerbal Space Program nemcsak tudományos ismereteket közvetít, hanem tervezési és problémamegoldási képességeket is fejleszt. Bár a digitális játékok sok esetben eltávolítanak a hagyományos értelemben vett kézügyességet és fizikai interakciókat igénylő tevékenységektől, cserébe egy olyan platformot biztosítanak, amely a komplex gondolkodás, a történetmesélés és az absztrakció új szintjeit nyitja meg.

2.1. A Meccano és Matador típusú játékok

A konstrukciós játékok egyik őse az angliai „születésű” Meccano 1898-ból [2. ábra], mely az alábbi alapelemeket tartalmazta:

- különböző hosszúságú lekerekített végű fémlapok, egyenlő távolságban elhelyezett lyukakkal,
- a lapokat csavarkötéssel lehet egymáshoz rögzíteni,
- már kezdetben része volt a készletnek a tengely és kerék, illetve különféle tárcsák.

A Meccanoból összetettebb szerkezeteket, például darukat, hidakat, gőzgépet vagy járműveket építhettek azok a 8-14 éves gyerekek, akik a mechanikai szerkezetek – fogaskerek, csigák, emelőrendszerek, karok – működésében szívesen merültek el. De az 1920-as évektől mérnökök és modellezők is használták a szetteket. A Meccano a mai napig kapható, újabb változatai már nemcsak merev, hanem rugalmas-hajlítható fém lapokat is tartalmaznak.

A Meccanoval szinte egyidőben szabadalmaztatta Matador nevű fa építőjátékát Johann Korbuly osztrák mérnök. A cégtörténet szerint ötletét az adta, hogy Korbuly végignézte, amint három fia egymás alkotásait rombolja le, amelyeket fakockákból építettek. Mi lenne, ha ezeket a blokkokat facsapokkal kötné össze? Így születtek a fából készült, hasábszerű, vagy hosszúka, furatolt építőelemek, melyeket fa pecek segítségével lehet egymáshoz kapcsolni.



3. ábra: A KGST országokban elterjedt csehszlovák Merkur építőkészlet

A Meccano rokonának tekinthető a német Märklin cég az 1914-es Metallbaukasten játéka, majd annak kelet-európai replikái, továbbgondolt változatai, melyek idehaza is közismertek voltak: a Fémépítő játék, a Merkur [3. ábra], a BZ Metallbaukasten és a Technokid. Ezek a szocialista ipar lehetőségeihez mérten silányabb anyagokból és a precizitást kevésbé ösztönző üzemi körülmények között készültek.

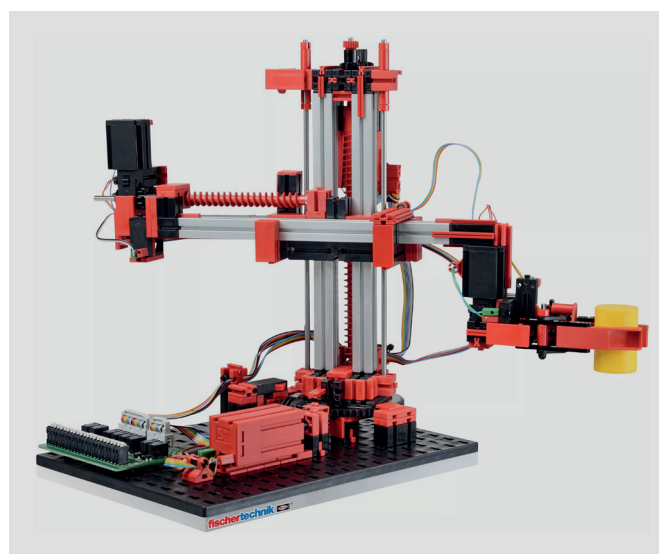
Az építőiparban dübeleiről, kötőelemeiről ismert Fischer cég konstrukciós játékkészletét eredetileg meglepetésnek szánták 1964 karácsonyán a mérnököknek és ipari ügyfeleknek. Az ajándékok olyan népszerűnek bizonyultak, hogy egy évvel később, 1965 karácsonyára a cég bemutatta első kiskereskedelmi építőkészletét Németországban. A kitek elemei erőteljesen a mérnöki gondolkodást sugallják geometriájukban, építési logikájukban és színvilágukban is [4. ábra]. Részben a Meccano távoli rokonai, részben a gépészmérnöki világból származnak, s ennek köszönhetően nemcsak szabadidős, hanem oktatási célra is kifejezetten alkalmasak. Ma már pneumatikus, elektromechanikus, elektronikus komponensek is elérhetőek, melyek kifejezetten a „makerek” számára kínálnak (Arduino, Raspberry stb.) kompatibilis fejlesztési lehetőségeket, akár az egyetemi oktatási keretek között is.

2.2. Tinkertoy

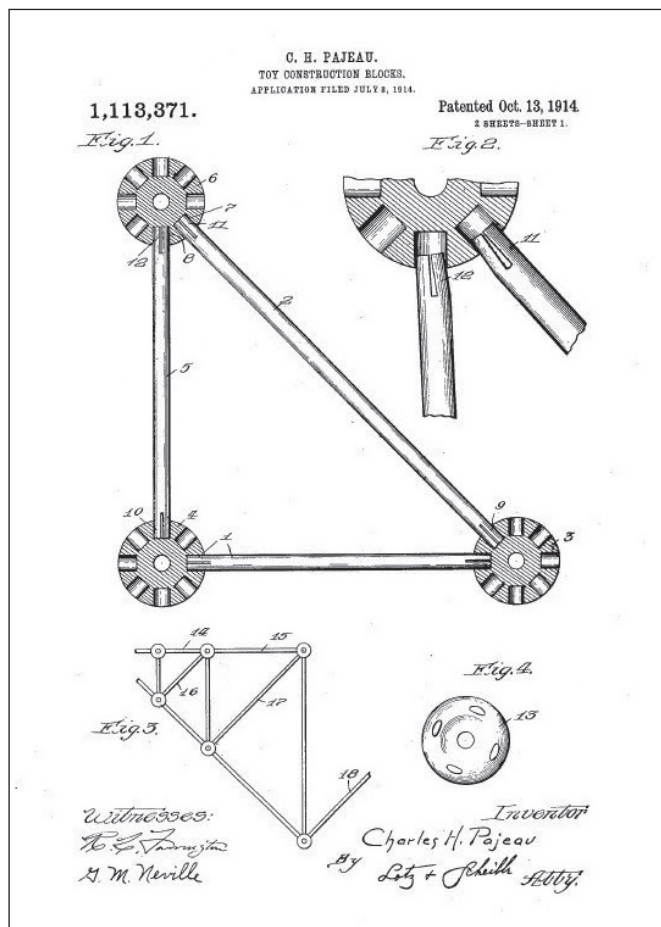
Az amerikai Charles H. Pajeau által 1914-ben szabadalmaztatott, szellős, 3D szerkezetek építésére alkalmas Tinkertoy [5. ábra] tulajdonképpen a fröbeli borsó-fogpiszkáló játék elveit követi, s két alapelemből állt:

- hengeres pálcikákból és
- lyukakkal ellátott hengeres csomópontokból.

A Tinkertoy egyik ikonikus leszármazottja a szocialista érában a Műanyag és Fémfeldolgozó Szövetkezett által gyártott Babylon, mely műanyag pálcákból és 26 lyukú, golyó alakú csomópontokból állt, s kifejezetten oktatási célokra szánták. Ha valakinek az 1958-as brüsszeli világkiállítás jelképe, az Atomium jut eszébe a játékról, az nem a véletlen műve.



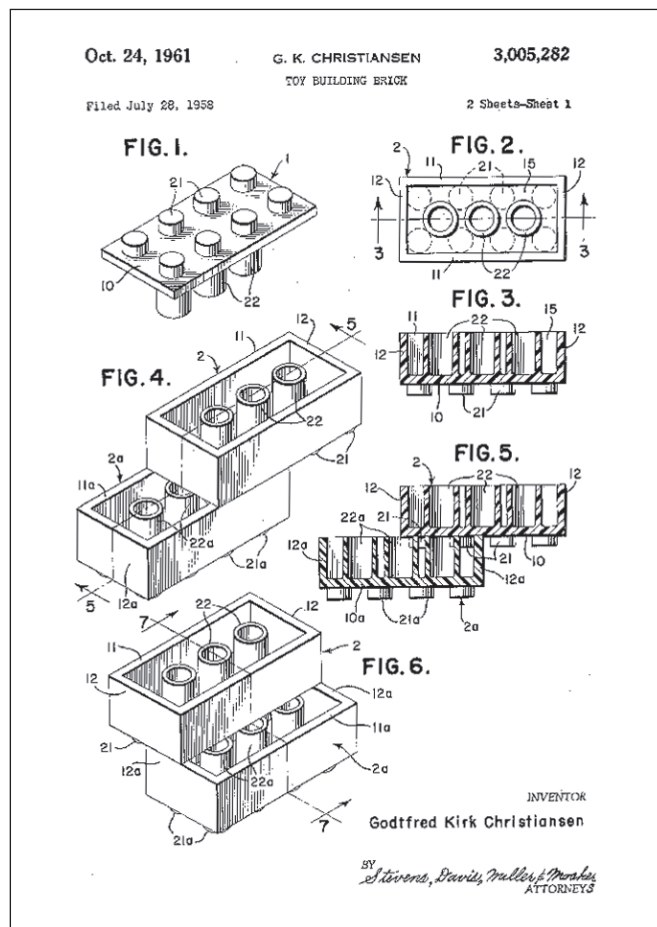
4. ábra: A Fischertechnik egyik elektromotorokkal hajtott készlete [9]



5. ábra: A Tinkertoy szabadalmi leírásának ábrája [10]



6. ábra: Geomagtól összeállított rácsos tartószerkezet [11]



7. ábra: A LEGO szabadalmi leírásának ábrája [12]

1998-ban a mágnesek specialistája, a svájci Claudio Vicentelli szabadalmaztatta a Geomagt (6. ábra), mely szintén rudakból és golyókból álló konstrukciós játék, de a rudakat nem alakítható, hanem neodímium mágnesek rögzítik a csomópontként funkcionáló acélgolyókhoz. A készlet a 2000-es milánói és nürnbergi játékiállításokon hatalmas sikert aratott. Ezután a játék gyorsan elterjed világszerte és kiegészült egyéb építőelemekkel is célzott konstrukciós helyzetekre (tárcsák golyóscsapágyakhoz, karosszériaelemek járművekhez stb.)

2.3. LEGO

A dán LEGO Group által gyártott műanyag építőkockák maiakkal kompatibilis első változatát 1958-ban mutatták be (7. ábra). A játék legfőbb újdonsága az volt, hogy a többnyire négyszögletes építőelemek tetején egy raszter mentén bűtykök helyezkedtek el, aljuk pedig lyukas volt, így biztosítva az elemek egymásba kapcsolódását. 6 darab 2x4-es építőelem 915 103 765 féle variációban csatlakoztatható, ami óriási változatosságot biztosít. Az első készletek csak elvéve tartalmaztak a négyszögletes alapformától különböző elemeket (pl. ablakokat, lejtős tetőidomokat), de a LEGO népszerűségének növekedésével, az újabb és újabb szettek megjelenésével a kompatibilis elemek a mai napig szaporodnak.



8. ábra:
A Mola konstrukciós
rendszerből készített
épületmodell [15]

1977-ben az idősebb gyerekeket célozta meg a LEGO Technik, mely a Meccanohoz hasonló, lyuggatott elemeket, továbbá tengelyeket, fogaskereket, csapokat is tartalmazott mechanikus szerkezetek építéséhez.

A LEGO építőköcek mindig is magukban hordozták az oktatási segédeszközként történő felhasználást, és már a korai '60-as években is voltak olyan tanárok, akik különféle módon használtak LEGO kockákat az osztályteremben. A LEGO harmadik generációs tulajdonosa, és vezérigazgatója Kjeld Kirk Kristiansen kifejezett célja volt, hogy a LEGO tanulási segédeszköz is legyen, ezért 1980-ban létrehozta a LEGO Institutional Department nevű részlegét [13]. Ma már külön weboldal és LEGO készletek, valamint oktatási program áll rendelkezésre a STEM, STEAM területekhez az óvodától a középiskoláig bezárólag.

A LEGO Architecture Studio 2013-ban jelent meg a piacon és célzottan az építészeket, designereket szólította meg. Ez a különleges készlet eltért a hagyományos LEGO szettektől, mivel kizárólag fehér és áttetsző LEGO-elemeket tartalmazott, lehetővé téve az absztrakt, minimalista és professzionális megjelenésű makettek építését.

A LEGO üzleti modelljét és a kockák töretlen sikerét bizonyítja, hogy 2023-ban a cég forgalma akkora volt, mint a két legnagyobb amerikai riválisáé, a Mattel és Hasbroé együtt [14].

2.4. Mola

A brazil Marcio Sequeira építész által kifejlesztett konstrukciós építő-szett újszerű – intuitív és játékos – módon tanítja meg az építés és designer hallgatókat a szerkezetek tervezésére és azok viselkedésének tanulmányozására. Az építőjáték (8. ábra) rúdjai, pálcikái, rugói, láncai, mágnesei és merev lapjai az alapvető szerkezeti elemeket és csomópontokat reprezentálják, melyek a különböző igénybevételekre eltérő módon reagálnak, s tulajdonképpen a húzó-, nyomóerő, forgatónyomaték és a különböző támaszok stb. viselkedését szemléltetik. Ezt a játékot kifejezetten felsőfokú oktatási célokra fejlesztették ki, de egy 10-12 éves kisdíák is örömet lelhet benne, ha fogékony ezekre a problémákra.

3. | Műszaki-technológiai egyetemi versenyek – innováció és buli felsőfokon

Az oktatás és az oktatási segédeszközök sem tudják azonban önmagukban megvalósítani a 4K koncepció egészét, ezért az alábbi blokkban olyan példákat mutatunk be a felsőoktatás világából, melyek a kreatív-konstrukciós-mérnöki ismeretek elsajátítására, gyakorlati alkalmazására és csapatmunkára ösztönzik a projektek résztvevőit.

3.1. Tökhajtás és katapult

Az első katapultépítő eseményre valamikor az 1970-es években került sor egy indianapolisi iskolában. Inkább játékos kísérletként indult, hogy történelmi viseletbe öltözött diákok fegyvereket építsenek, csatákat imitáljanak, de a Pentagon hamar felfigyelt az eseményre; a vietkong ugyanis katapultokkal támadta harci helikoptereiket a vietnámi háborúban [16].

Később szerte az angolszász területeken elterjedtek a katapult építő egyetemi / főiskolai rangadók, mert a hallgatók integrálva tanulhatták a történelmi technológiákat, a mechanika és a kreatív tervezés alapjait. Az ostromgép – nemzet-



9. ábra: A Rowan University ASME hallgatói a „Pumpkin Chunkin” keretein belül kipróbálják az általuk épített hajtógépeket [17]

közi szóhasználatban a francia trebuchet – jól demonstrálja az alapvető fizikai elveket: forgás, erőkar, súlypont, kinetikai energia törvényszerűségeit, a csapatmunka pedig a projekt- és erőforrásmenedzsment, belső kommunikáció elsajátításában játszik szerepet. A trebuchet-k építését tervezés és kicsinyített méretarányú modellek építése előzi meg, a megvalósítás pedig a gyakorlati-szakmai fogások megtanulását célozza. Ezek a gépek általában könnyen hozzáférhető, olcsó anyagokból, lécekből, stáflikból készülnek, de van példa 4-5, vagy akár 8 méter magas gerendakonstrukciókra is, melyek sütőtököt vagy kosárlabdát hajítanak el. Az elkészült munkák bemutatója általában egy látványos és az érintett település számára is mozgalmas esemény (Purdue University, Upland High School, University of Windsor stb.) **(9. ábra)**.

3.2. Betonkenu

2012-2019 között Magyarországon is rendeztek betonkenu építő versenyeket **(10. ábra)**, amelyeken építőipari cégek, cementgyárak, de leginkább egyetemi csapatok vettek részt. Ennek a megmérettetésnek is az USA-ban találjuk meg az előzményeit az 1970-es években, majd 1981-ben Stockholmban rendezték meg az első nemzetközi versenyt. A kiírás szerint 4-6 méter hosszúságú cement kötőanyagú hajókkal lehet részt venni, melyeket nem merevíthet eltérő anyagú szerkezet, testüket és vízzáró rétegüket is kizárólag cement kötésű kompozit alkothatja. A versenyeredményeket nemcsak az evezős versenyen elért időeredmény határozza meg (férfi és női futamok), hanem olyan faktorokat is figyelembe vesznek, mint a mérnöki tervezés folyamata, innovatív szerkezeti és kivitelezési megoldások, tesztelés, projektmenedzsment, pénzügyi tervezés és üzleti prezentáció. A cél a betonkenu versenyek esetében is az, hogy a mérnöki gondolkodást, a kísérletező kedvet és az innovatív megoldások létrehozását serkentsék, ami gyakran különleges betonkeverék-tervekhez, vagy gyártási eljárásokhoz vezet, mint például 3D-nyomtatott zsaluzat, intelligens-dinamikus öntés, vagy 3D-nyomtatás. Az innovatív műszaki megoldások mellett helyet kapnak a vicces, vagy egészen túlzó formai megoldások is, például a norvégok viking hajóra emlékeztető kenui.



10. ábra: Az ETH Zürich hallgatóinak betonkenuja a 2017-es versenyen [18]

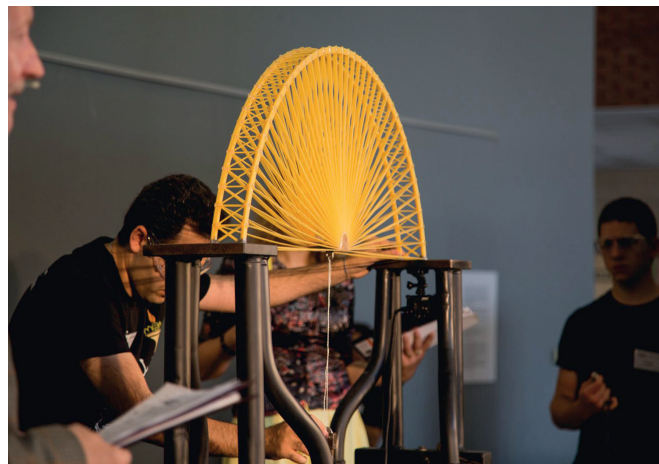
3.3. Híd dobozból

A Technische Universität München építészmérnök hallgatói egy sajátos tervezési és gyakorlati projektfeladatot kapnak tanulmányaik második szemeszterében évről-évre, mely immár két évtizedes múltra tekint vissza. A csapatoknak 30 perc áll rendelkezésükre, hogy egy előre megtervezett és Euro-szabványos dobozban összekészített alkatrészekből három méter fesztávolságú hidat építsenek össze, melynek teherbírása megegyezik prof. Stefan Winter tanszékvezető súlyával. A professzor saját bevallása alapján közel ezer ilyen hídon gyalogolt már végig az évek során, tesztelve azok teherbírását a feladat záróakkordjaként. Oktatóként ezzel a feladattal azt szeretné erősíteni, hogy a hallgatók ne csak az elméleti tudásukról adjanak számot, hanem az életben is álljanak helyt. Bizonyítsák rátermettségüket csapatmunkában, logisztikában is, és a kivitelezést, összeállítást is saját maguk végezzék el. A hallgatók az interjúk során kiemelték, hogy ez a projektfeladat mindig egyöntetű tetszést arat közöttük.

3.4. Spagettihíd

Az első tésztahíd-építő versenyek az 1980-as évekig vezethetők vissza, s többek között Észak-Amerikában, Európában és Magyarországon is rendeztek ilyen versenyeket. Az Óbudai Egyetem 2005-től RECCS néven saját versenyt szervezett a hazai és a környező országok hallgatói számára, mely később világversennyé nőtte ki magát. 2019-ig összesen 17 ország vett részt, 150 csapattal, közel 350 hallgató 190 téstaszerkezetet épített, amelyek együttesen több mint 36 tonna terhelést bírtak el.

A versenyek célja, hogy az egyetemisták saját tervezésű téstahídjaikat mérnöki szempontok szerint optimalizálják és a teherbírásukat (általában statikus súlyerő) maximalizálják egy adott fesztávon (pl. 1 m), adott mennyiségű téstából (pl. 1 kg spagetti) **(11. ábra)**. Statikai számításokat és szilárdságtani ismereteket kell alkalmazniuk, melyek eredményeként a 2013-as világversenyen állították fel az eddigi rekordot 570,3 kg pontszerű terheléssel. Tartó kategóriában pedig Irán csapata a csúcstartó 666,3 kg teherbírással.



11. ábra: A spagettihíd építő verseny egyik terhelési próbája [19]

3.5. Solar Decathlon

Az építész szakmában talán a Solar Decathlon versenyek váltották ki a legnagyobb visszhangot. 2002-ben az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma hívta életre ezt az egyetemi versenysorozatot, amely világszerte diákok ezreit ösztönözte arra, hogy magas színvonalon tervezzenek és építsenek kiemelkedő energetikai hatékonyságú és alacsony szén-dioxid-kibocsátású lakóépületeket. Cél az éghajlatváltozás mérséklése megfizethető, magas életminőséget biztosító, rugalmasan alakítható épületek által. A nyertesek azok a csapatok, amelyek a legjobban integrálják a fenntartható technológiákat (pl. a víz- és hulladékgazdálkodást is), a megújuló energiaforrások használatát a modern építészeti szerkezeti, téri, esztétikai megoldásaiba.

Európában, Kínában, Afrikában és a Közép-Keleten is rendeztek a Solar Decathlon név alatt az adott régió sajátosságaihoz alkalmazkodó versenyeket, melyek eredményeként kész és működő lakóházakat építenek fel egy kiállítási területen a több szakterületet képviselő csapatok kétéves munkájának eredményeként. Hazánkban 2019-ben az ÉMI szentendrei Tudományos és Technológiai Ipari Parkjában építették fel a Solar Decathlon Europe mintaházait két hónap alatt 15 ezer látogatóval ismertetve meg a környezetbarát építészeti megoldásokat (12. ábra).

3.6. Formula Student

Több magyar egyetem vesz részt a Formula Student versenyszériában, azonban ez egy lényegesen nagyobb lélegzetvételű projekt, mint a fenti példák, s nem néhány napig, hétig, esetleg hónapig tart, hanem a több tucatnyi főt számláló csapatok évről-évre fejlesztik járműveiket, és már-már cégszerűen felépített szervezeti struktúrában és munkamegosztással dolgoznak. Nemcsak járműmérnök hallgatók, hanem számos más szakterület képviselői is aktív részesei a csapatmunkának: villamosmérnök, műszaki menedzser, informatikus, PR, szponzoráció és rendezvényszervezés stb. szakterületekért felelős hallgatók is.



12. ábra: A szentendrei Solar Decathlonon építészeti kategóriában a Hungarian Nest+ mintaháza nyerte el a második, energiahatékonysági kategóriában pedig a harmadik díjat [20]

3.7. Továbbá ...

Fontos megemlíteni, hogy több hazai egyetemi műhely is rendszeresen szervez építőtáborokat, projektalapú kurzusokat vagy közösségi építéseteket – például a MOME, Széchenyi Egyetem, de említhetjük a Hello Wood programjait is. Ezek nemcsak a szakmai identitás kialakításában játszanak szerepet, hanem a kollaboráció és az élményalapú tanulás fontos színterei is.

4. | Magyarok a nemzetközi mezőnyben: lemaradás vagy lehetőség?

A tantervek változása során és a digitális tevékenységek térhódításával a természettudományos kísérletezés mellett a kreatív alkotó és tervezési feladatok, konstrukciós gyakorlati foglalkozások is kiszorulnak az iskolai oktatásból és a szabadidős játékok köréből is – tulajdonképpen már 10-12 éves kortól, vagy még hamarabb. A konstruáláshoz kötődő készségek fejlesztése kapcsán fontos megkülönböztetni az életkori sajátosságokat is. A szabadidős tevékenységek köre nemcsak az egyéni érdeklődési körtől, hanem az életkortól is függ. Míg kisgyermekek számára a szenzoros és intuitív felfedezés áll a középpontban – a játszótéri játék, a szerepjátékok, a gyurma, építőkockák, és a mesehallgatás –, az általános iskolás gyerekek életében a sportok, számítógépes játékok, és csak esetlegesen a társasjátékok, konstrukciós építőjátékok, kézművesség válnak meghatározóvá. A tizenévesek (13+) körében a sport, zenehallgatás, drámajáték, és az online / személyes közösségi tevékenységek, baráti találkozók kapják a fő hangsúlyt. A probléma mértékét csak most, a Z és az alfa generáció iskolai, középiskolai és egyetemi oktatásba való belépésével kezdjük felismerni. Az egyetemi korosztály számára pedig a projektalapú, interdiszciplináris együttműködés biztosít releváns keretet. A mai egyetemisták körében egyértelműen megfigyelhető a szerszámokkal, eszközökkel, anyagokkal szembeni tartózkodó, vagy éppen idegenkedő magatartás.

Nem mehetünk el szó nélkül amellett, hogy a magyar fiatalok természettudományos területen mutatott teljesítménye a PISA teszteken az utóbbi évtizedekben csökkenő tendenciát mutat és az OECD átlaga alá süllyedt, miközben ötven évvel ezelőtt a világ élvonalában voltunk. Az amerikaiaké – ha nem is nagy mértékben – növekszik, ötven éves távlatban pedig már egy markáns emelkedő trend figyelhető meg és a 2010-es évek végére megelőzte a magyart. (Árnyalja a képet, hogy sajnos az OECD átlaga is csökkent a 2022-es adatok alapján az elmúlt két évtizedben szemmel látható mértékben.) A hazai oktatáskutatók ugyanakkor széleskörűen és folyamatosan foglalkoznak a természettudományos gondolkodásmód kialakításának lehetőségeivel [21] [22]. Munkáikból az derül ki, hogy a természettudományok területén többféle szemléletű és irányzat jelent meg az utóbbi évtizedekben. Egyrészt a természettudományos tartalmak és problémák kiváló lehetőséget teremtenek a gondolkodásfejlesztésre, másrészt a természettudományok tanulása, a hierarchikus fogalomrendszer elsajátítása elősegíti a más területeken is alkalmazható, általános gondolkodási képességek fejlődését [23].

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a kreatív kompetenciákat igénylő szakokon az egyén korlátozott kompetenciái akadályozzák a hatékony teljesítményt az egyetemen is. Kedvezőtlen tapasztalat az is, hogy egy-egy kreatív tervezési feladat megoldásához az egyetemi hallgatók nem inspirációk, előzmények, analógiák keresésére és elemzésére használják az internetet, hanem az ott talált példát egész egyszerűen lemásolják és sajátjukként prezentálják. De ezt nem restségből, vagy kibúvót keresve teszik, hiszen a szituáció abszurditását sem érzik, s fel sem merül bennük az alkotó felelőssége az eredeti gondolatok iránt.

4.1. Mi volt / van a magyar tantervekben?

Az 1978-as tantervi reform bevezette a technikaórákat, amelyek a gyakorlati készségekre fókuszáltak, mint a barkácsolás és az egyszerű gépek működésének megértése. A felső tagozatosok ejtőernyőt, tutajt, periszkópot és más modelleket készítettek, miközben megismerték az alapanyagok tulajdonságait, a szerszámhasználatot és a konstrukciós alapelveket. Ehhez sok iskolában külön tantermet is kijelöltek.

Az 1995-ös Nemzeti alaptantervben az alsósok az anyagalakítás alapjait, a felsősök pedig a kézműves technikákat, szerelést, építést és modellezést sajátították el, kiegészítve vizuális kommunikációs ismeretekkel. A 2012-es NAT [24] már a nemzeti vonatkozású elemeket és a tárgy- és környezetkultúrát is beépítette a tananyagba, az alsó tagozaton a kreativitás kibontakoztatására helyezve a hangsúlyt. A felső tagozaton az óraszámokat az iskolák saját tantervei szerint oszthatták el (az ajánlás éves szinten 36 óra), de a tematikába bekerült a háztartásvezetés, fenntarthatóság és pályaorientáció is. Ez azonban jelentősen csökkentette az alkotó és konstrukciós tevékenységekre fordítható időt.

Bereczki Enikő Orsolya egy kutatásban elemezte [26] a 2012-es NAT-ban a kreativitás fogalmának érvényesülését és szerepét és rávilágított, hogy már a fogalom definíciója is hiányzik, értelmezése pedig szerteágazó. A tanárok fejében – külföldi publikációk tanúsága szerint is – még nagyobb a káosz: kreativitásról alkotott implicit elméletek olyan tévhiteken alapulnak, minthogy a kreativitás egy misztikus és titokzatos jelenség, és értelmezése teljesen inkohereus. Lannert Judit oktatáskutató több tanulmányban és előadásban foglalkozik a kreativitás oktatásban betöltött szerepével [25].

A hatályos 2020-as NAT [26] tartalmazza ugyan a „Technika és tervezés” tárgyat heti 1 tanóra keretében az alsóbb évfolyamokon, ami inkább a modern technológiákra és kreatív tervezési folyamatokra helyezi a hangsúlyt. Ezek között szerepelhet makettek készítése papírból vagy újrahasznosított anyagokból, tervezési feladatok papíron vagy digitálisan. De ez az óraszám például a nyolcosztályos gimnáziumok esetében nagyrészt elvész, mivel a gimnáziumok hajlamosak más tárgyakra helyezni a hangsúlyt (pl. idegen nyelvek, matematika, természettudományok hagyományos oktatása).

A tantervi kereteken túl számos alternatív oktatási műhely – gyakran fizetős formában, vagy állami, illetve európai uniós forrásokkal támogatva – épít be konstruáló tevékenységeket a tanulásba. Ilyenek például a DesignPed középiskolás programjai, a CAN EDU, a KulturAktív vagy az ARKKI kezdeményezései, amelyek különféle közösségi térformálási feladatokon

keresztül segítik a kreatív, kísérletező tanulási folyamatokat. Ezek a programok különösen ott töltenek be fontos szerepet, ahol a hivatalos tananyag nem biztosít elegendő teret az élményalapú, gyakorlati pedagógiai módszereknek, ugyanakkor a részvétel anyagi feltételei is megoldottak.

4.2. Miért ragaszkodunk a 45 perces tanórákhoz?

Míg a 19. században és a 20. század elején Magyarországon a tanórák hossza nem volt egységesen szabályozva, és az iskolatípusoktól, valamint a helyi szokásoktól függött, a 20. század közepe óta nem változott a rendszer, a 45 perces tanórák váltak általánossá a közoktatásban. A 60 perces órák bevezetésére például elvételre találunk csak példákat, egyes iskolákban, helyi szinten. A 45 perces időkeret hosszabb annál, mint amennyi ideig a gyermekek és a fiatalok figyelme fenntartható, ugyanis a figyelem 20-30 perc után jelentősen csökken, ezzel együtt a tanulás hatékonysága is. Ez az időtartam is változott az évtizedek alatt, míg az 1990-es években a kutatások az egyetemista korosztálynál ezt igazolták, egy 2024-es brit felmérés alapján egy tipikus brit átlagosan mindössze 17 perc 10 másodpercig tud egy feladatra koncentrálni. A 18-24 éves korosztály tagjainak majdnem fele bevallotta, hogy 60 másodpercen belül elkalandozik a figyelmük, elveszítik a fókuszot egy adott feladattal kapcsolatban [27].

A magyar gyakorlat szerint 45 percbe sűrűsödik a tananyag, ami intenzív koncentrációt igényel. Aztán következnek a 10-15 perces szünetek, melyek nem alkalmasak arra, hogy a tanulók mentálisan és fizikailag is felfrissüljenek. Viszont a különböző tantárgyak és tanárok közötti gyakori váltás megzavarja a diákok tanulási ritmusát is. A szünetek optimális idejével és a tanulási folyamat szervezésével is több tudományterület képviselői foglalkoznak, például neurológiai vagy oktatáshatékonysági oldalról is [28]. Többen kutatták, hogy hogyan lehet a különböző korcsoportoknál a munka-szünet hatékonyságot növelni akár munkahelyi feladatszervezésben is [29], mégis Magyarországon a 45 perces tanórától való eltérést csak nagyon ritkán találunk. Ha ettől eltérnek, akkor leginkább olyan intézményekben, ahol nagyobb hangsúlyt fektetnek a projektekre, interaktív oktatásra vagy a komplex tantárgyakra, mint például a természettudományok, a művészeti tantárgyak, illetve az idegen nyelvek. A hosszabb órák bevezetése helyett lehetőségként például az egyes tantárgyak blokkjainak meghosszabbítása marad, a szünetek közötti időkihasználás vagy akár a szabadidős programok.

Magyarországon az iskolák számára 1993 óta kötelező saját pedagógiai programot készíteni, amit az 1993. évi LXXIX. közoktatási törvény írt elő. Ez a jogszabály szabályozta az intézmények működését és meghatározta a pedagógiai programok készítésének kötelezettségét. Bár a pedagógiai programok része lehet például egy projekthét, annak beépítése nem kötelező, az intézmények saját döntésétől és nevelési céljaiktól függ. Az innovatív szemléletű iskolák – különösen az alternatív pedagógiát alkalmazók – gyakran kiemelt jelentőséget tulajdonítanak a projektheteknek. Ezzel szemben az egyházi fenntartású intézményekben a projektek fókusza kevésbé kreatív feladatokon, inkább vallási és közösségi tevékenységeken van.

4.3. A magyar iskolaépületek többnyire inkompatibilisek a projekt alapú oktatással

A legtöbb magyar iskolaépületet a frontális tanítás elvárásai szerint alakították ki, ahol az osztályterekben a tanár kap központi szerepet, a diákok pedig egy irányba nézve, sorokban ülnek. A projektrendszerű oktatás viszont a csoportmunkára, kooperatív tevékenységekre és az interaktív tanulásra épít, amelyhez rugalmasan átrendezhető vagy multifunkcionális terek szükségesek. Az osztálytermek mérete, de leginkább a bútorzat kialakítása ritkán teszi lehetővé a kisebb csoportokban végzett munkát vagy a különböző tevékenységek párhuzamos megvalósítását egymás zavarása nélkül. Ráadásul a legtöbb magyar iskolaépületben nincsenek olyan átmeneti, vagy közösségi terek, nyitott zónák, amelyek a projektalapú tanulás céljait szolgálnák.

Számos iskolaépület a megépítése óta nem esett át olyan komolyabb felújításra, amely figyelembe venné a korszerű oktatási elveket. Az újonnan épülő vagy felújított iskolák is gyakran az elavult pedagógiai elvekhez igazodnak, nem pedig a modern, diákcentrikus oktatás térbeli követelményeire. Vannak persze kiemelkedő példák is, mint az Alternatív Közgazdasági Gimnázium 110 éves épületének átalakítása (13. ábra), mely szerényebb költségvetéssel, nagyobb szerkezeti átalakítások nélkül, empatikus, befogadó tervezői szemlélettel készült el 2020-ban, és a MÉD különdíjával tüntették ki. „Az alternatív oktatási szemlélet és módszer másképpen szabja meg az iskolai élet kereteit, sokkal nagyobb önállóságot és felelősséget ad a diákoknak, ugyanakkor gyakorlatiasabb, az életre nevel.” – emelte ki a zsűri [30].

A hagyományos iskolai bútorzat csak kompromisszumokkal alkalmas a rugalmas átrendezésre, ami alapfeltétele lenne a projektrendszerű oktatásnak. A csoportos tevékenységekhez moduláris bútorok vagy könnyen mozgatható asztalok

szükségesek, amelyek lehetővé teszik a tanulási környezet gyors átalakítását. Ráadásul a csoportokban egyszerre több párhuzamos tevékenység zajlik, amihez megfelelő akusztikai lehatárolás is szükséges [25] [31].

Ahhoz, hogy a diákok kreatív energiát felszínre lehessen hozni például a projekt alapú oktatás által, átfogó, a modern pedagógiai elveket követő infrastrukturális fejlesztésekre és az épületek célirányos átalakítására lenne szükség.

4.4. A technológiai infrastruktúra hiánya

A projektrendszerű oktatáshoz, vagy konstrukciós / kreatív feladatokhoz gyakran szükség van olyan eszközökre és technológiára, mely a magyar iskolák jelentős részében nem áll rendelkezésre. A fent bemutatott, oktatási célokra forgalomba hozott játékok nyugat-európai költségvetéssel mérve nem jelentenek „exkluzív” kiadást, a szettek pótlása, időről-időre történő aktualizálása, vagy fejlesztése az iskolai rutin része.

Amennyiben Magyarországon egy ilyen eszköz egyszeri beszerzésére forrás áll rendelkezésre, úgy azt gyakran csak egy szűk kör használhatja, az elhallódó alkatrészek pótlása pedig általában megoldhatatlan mind adminisztratív, mind anyagi, mind szervezeti okokból. A magyar valóságot kiválóan példázza a 2012-ben indult Öveges program, ahol több embert elítéltek a feltárt különösen nagyértékű költségvetési szabálytalanságok miatt, amellet, hogy sok intézmény sikeresen valósította meg a program egyébként nemes célkitűzéseit.

A középiskolák típusa jelentős mértékben befolyásolja a megszerezhető készségek spektrumát. Míg az általános gimnáziumokban jellemzően hiányoznak a képességeket és konstruáló képességeket fejlesztő tanórák, addig a technikumokban a tanterv szerves részét képezik a gyakorlati feladatok és a tanműhelyekben zajló képzés. A faipari mérnök,



13. ábra: Az AKG (Alternatív Közgazdasági Gimnázium) Kiscelli utcai épülete egy pozitív példa a közelmúltból, közösségi tér a folyosón [32] (fotó: Batár Zsolt)

építész-mérnök, és építőművész szakokra felvett és jelentkező hallgatók aránya is arra enged következtetni, hogy gimnáziumokból jelentkezők kevésbé rendelkeznek a szakhoz szükséges konstruktív tervezési és implementációs készségekkel. A 2020-as években a szakképzésből jelentkeztettek és felvettek aránya minden évben magasabb, mint a gimnazisták esetén. (2024-ben például faipari mérnök képzésre a szakképzésből jelentkezők 73%-a nyert felvételt, míg gimnáziumból csak 53%, a felvi.hu adatai szerint.)

5. | Játsszunk, hogy alkossunk!

„Az ember igazán ember csak akkor, ha játszik.”

Friedrich Schiller Levelek az ember esztétikai neveléséről című művének a gondolatai. Azaz a játék nem pusztán szórakozás, hanem az emberi szabadság és kreativitás kifejeződése, amely összehangolja az érzéki és értelmi oldalunkat.

A konstrukciós játékok történetük során egyre komplexebbeké váltak, és moduláris építési logikájuknak köszönhetően az egyszerűtől a nagyon bonyolultig szinte végtelen variációban építhetők belőlük különböző szerkezetek akár empirikusan, akár intuitív módon. Emiatt kifejezetten alkalmasak oktató-fejlesztő eszközként egészen kisgyermekkortól az egyetemi képzésig mind a mérnöki (gépész, építő, mechatronikai, jármű, biomechanikai stb.), mind művészi (plasztikai, téralakítási, képkalkotási stb.) kompetenciák fejlesztésére.

A konstrukciós játékok új színtereken való megjelenésükkel különleges aspektust, új értelmet vagy funkciót kaphatnak, például digitális változatban vagy kültéren, más léptékben használva is más-más fejlesztési potenciált rejtenek a gyerekek számára. Mindezek ellenére, a konstruáló és konstrukciós játékok egyre inkább kiszorulnak a szabadidős elfoglaltságok köréből. Az oktatás pedig nem készült fel arra, hogy képes legyen erősíteni azokat a kompetenciákat, melyeket korábbi generációk életében ezek a játékok gyakorlatilag észrevétlenül fejlesztettek.

Bár a tudásalapú társadalom egyik alappilléreinek tarjuk a kreativitást és az innovációt, ezek oktatási háttere hazánkban még mindig esetleges.

Hivatkozások

- [1] **Joseph A. Schumpeter:** A gazdasági fejlődés elmélete. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [2] **Martin Heidegger:** Kérdés a technika nyomán. In: J. A. Tillmann (szerk.): A későújkori józansága II. Göncöl, Budapest, 2004.
- [3] **Bónus Lilla, Csapó Benő:** A magyar és az amerikai természettudomány-tanítás tartalmi kereteinek összehasonlító elemzése az új sztenderdek tükrében. Magyar Pedagógia, 122(4), 189–211. 2022., <https://doi.org/10.14232/mped.2022.4.189>
- [4] **Csikszentmihályi Mihály:** Flow – Az áramlat – A tökéletes élmény pszichológiája. Akadémiai Kiadó, 2022.
- [5] **Buckminster Fuller:** Thinking Out Loud. In: PBS 'American Masters', dokumentumfilm. Rendező: Karen Goodman, Kirk Simon, 1996.

- [6] **Máthé Katalin:** Friedrich Fröbel adományai – Óvodai nevelés és absztrakt művészet, Magyar Iparművészet, 2020/6. 46–51., https://epa.oszk.hu/01000/01059/00274/pdf/EPA01059_magyar_iparmuveszet_2020_6_46-51.pdf
- [7] **Doug Stowe:** Peas-work. 2015.11.28., <https://wisdomofhands.blogspot.com/2015/11/peas-work.html>
- [8] **A kép forrása:** https://www.theodorebruceauctions.com.au/auction-lot/a-collection-of-vintage-meccano-including-instruc_3D74626936
- [9] **A kép forrása:** <https://www.fischertechnikwebshop.com/en-gb/fischertechnik-3d-robot-24-v-dc-511938-en-gb>
- [10] **Alan Larkin:** Tinkertoys. <https://alanlarkin.net/tinkertoys/>
- [11] **A kép forrása:** <https://www.geomagworld.com/hu/>
- [12] **[:]** Christiansen Godtfred Kirk. https://en.wikipedia.org/wiki/Godtfred_Kirk_Christiansen
- [13] **[:]** Lego education. <https://www.lego.com/en-us/history/articles/g-lego-education>
- [14] **Nemes Tamás:** Miért bombabiztos a Lego vállalati üzleti modellje? Világ gazdaság, 2024.04.01. <https://www.vg.hu/cegvilag/2024/04/miert-bombabiztos-a-lego-vallalati-uzleti-modellje>
- [15] **A kép forrása:** <https://molamodel.com/>
- [16] **Dawn Mitchell:** Casting stones: How an Indianapolis catapult contest got the attention of the Pentagon. IndyStar, 2019.03.20., <https://eu.indystar.com/story/entertainment/best-lists/2019/03/20/how-catapult-contest-got-attention-pentagon/3200907002/>
- [17] **[:]** Pumpkin Chunkin 2017. <https://sites.udel.edu/asme/2017/10/29/pumpkin-chunkin-2017/>
- [18] **[:]** SkelETHon wins 1st prize for design innovation at the 16th Concrete Canoe Regatta in Germany. <https://dbt.arch.ethz.ch/skelethon-3d-printed-boat-wins-1st-prize-design-innovation-26th-concrete-canoe-regatta-germany/>
- [19] **[:]** Milyen jó, hogy a tésztahíd építésben világhírűek vagyunk. Nuus, 2018.10.27. <https://nuus.hu/unatkozom/erdekes/1027/milyen-jo-hogy-a-tesztahid-epitesben-vilaghiruek-vagyunk/>
- [20] **Rétfalvi Donát:** Solar Decathlon Europe 2019: Magyar Fészek+ verseny-épület. 2019.04.10. <https://retfalvidonat.com/post/747407630226636800/solar-decathlon-europe-2019-magyar-f%C3%A9szek>
- [21] **Adey Philip, Csapó Benő:** A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 17–58. 2012.
- [22] **Korom Erzsébet, Z. Orosz Gábor:** A természettudományos nevelés fő kutatási irányzatai. Magyar Tudomány, 181(1), 34–46. 2020., <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.1.4>
- [23] **Géczi-Laskai Judit:** Kézművészet. Technika, életvitel és gyakorlat jegyzet. ELTE Tanító- és Óvóképző Kar, Bp., 2018., <https://www.eltereader.hu/kiadvanyok/geczi-laskai-judit-kezmuvesseg-technika-életvitel-es-gyakorlat-jegyzet/>
- [24] **Bereczki Enikő Orsolya:** Kreativitás és köznevelés: A Nemzeti alaptanterv kreativitásfelfogásának kritikai vizsgálata, Neveléstudomány, 2016/3., 5–20. o., https://real-j.mtak.hu/13957/3/neveléstudomány_2016_3.pdf
- [25] **Lannert Judit, Németh Szilvia:** Kreatív tanulás, Kreativitás az iskolában és azon kívül, ISBN 978-615-82556-0-8
- [26] **5/2020. (I. 31.) Korm. rendelet** a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet módosításáról, <https://njt.hu/jogszabaly/2020-5-20-22>
- [27] **Emily Stearn:** Are you paying attention? Researchers pinpoint the exact number of minutes a person can concentrate before their mind wanders... Dailymail, 2024.10.11., <https://www.dailymail.co.uk/health/article-13949657/attention-number-minutes-person-concentrate-mind.html>
- [28] **Marlene Bönstrup, Iñaki Iturrate, Ryan Thompson, Gabriel Cruciani, Nitzan Censor, Leonardo G. Cohen:** A rapid form of offline consolidation in skill learning. Current Biology, vol. 29, 2019, no. 8, p. 1346–1351, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.049>
- [29] **Gloria Mark, Daniela Gudith, Ulrich Klocke:** The cost of interrupted work: more speed and stress. Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing System, p. 107–110, 2008., <https://doi.org/10.1145/1357054.1357072>
- [30] **[:]** A MÉD Europa Design különdíj 2020 győztese. ED, 2021.02.22., https://europadesign.hu/med_2020/a_med_europa_design_kulondij_2020_gyoztese
- [31] **Cseh András:** Space pedagogy - Responsive environments for learning May 2018, The 5th International Conference S.ARCHAT: Venice, Italy, <https://www.researchgate.net/publication/326440009>
- [32] **Somogyi Krisztina:** Kibontakozó tér – Az AKG iskola Kiscelli utcai épületének átalakulása. Építészforum, 2020.02.11. <https://epiteszforum.hu/kibontakozo-ter--az-kg-iskola-kiscelli-utcai-epuletenek-atalakulasa>