

SZAKMAI BESZÁMOLÓ A KUTATÁSI PROGRAM MEGVALÓSÍTÁSÁRÓL

A kutatási program címe: A tantermek levegőminőségének hatása a tanulókra, és a gépi szellőztetés lehetőségei az iskolában

A kutatást vezető mentor neve: Dr. Kerese Tibor

A kutatócsoport tanulóinak száma: 4 fő

Érintett tudományterület (jelölje aláhúzással az érintett tudományterületet):

- **Természettudományok**
 - Biológiai tudományok
 - Fizikai tudományok
 - Földtudományok
 - Kémiai tudományok
 - Környezettudományok
 - Multidiszciplináris természettudományok
- **Műszaki tudományok**
 - Agrár műszaki tudományok
 - Anyagtudományok és technológiák
 - Építésmérnöki tudományok
 - Építőmérnöki tudományok
 - Gépészeti tudományok
 - Informatikai tudományok
 - Közlekedéstudományok
 - Vegyészmérnöki tudományok
 - Villamosmérnöki tudományok
 - Multidiszciplináris műszaki tudományok
- **Matematika**
 - Matematika

1. Kérjük, készítse el a megvalósult kutatási program munkatervét az alábbi szempontok alapján (legalább két A4-es oldal terjedelemben):

- Mutassa be a kutatási program tartalmát (tervezett és megvalósult elemek);
- Sorolja fel a kutatási program céljának elérése érdekében alkalmazott kutatási módszereket!
- Mutassa be, hozott-e új ismereteket és/vagy új eredményeket a megvalósítás.
- Mutassa be, hogyan hasznosultak a projekt eredményei (pedagógiai eredmények, a projekt eredménye).
- A projekt (várható) társadalmi-gazdasági hasznosulásának összegzése.
- A sikeresen megvalósított elemek bemutatása a pályázatban leírt munkatervhez képest.
- Mutassa be, mit tart a projekt legsikeresebb elemének, illetve legnagyobb eredményének!
- Mutassa be, mit tart a projekt legkevésbé sikeres elemének!

A mai energiatudatosabbá váló világunkban sorra hőszigetelik az iskolákat, és cserélik ki a tantermek ablakait jól záró műanyag nyílászáró szerkezetekre. Mindez környezeti szempontokból pozitív, de egy másik szempontot mintha elfelejtettek volna. Egy-egy tanóra közepe táján már nem kap levegőt az osztály a tanteremben. Ilyenkor természetesen kinyitják az ablakot, de télen fázósabb osztálytársak – „Inkább bűdös legyen, mint hideg!” – felkiáltással, a becsukást követelik. A nyári félév problémája sem jobb, hiszen a meleg ellen még nagyon kevés iskola rendelkezik légkondival. Délelőtt ugyan már nem gond az ablaknyitás, de

délután a bezárt ablakok üvegházán beáramló napsugárzás felmelegíti az épületet, az pedig a bent rekedt levegőt. A személyzet hiánya miatt az ablakok gyakran csak az első tanóra kezdetekor kerülnek kinyitásra, így nem ritkán kezdődik a tanítás reggel 30 fok feletti tanterekben. Ez a probléma a klímaváltozással csak fokozódni fog.

Egészségkockázati szempontból vizsgálva szintén figyelemreméltó a helyzet. Nem nagyon találunk példát az iskoláknál nagyobb embersűrűségű, hasonló hosszúságban igénybe vett épületekre. Egy átlag osztályteremben mindössze cirka 4 m³ levegő jut egy főre. A szellőtlen épület járványos időszakban a betegségek terjedésének melegágya, hiszen iskolánk közel ezer tagja által kilélegzett meleg párás levegő a legtöbb kórokozó számára kiváló terep a terjedéshez. Egy-egy járvány esetén így az iskolák a terjedés fő centrumai között lehetnek, amit sajnos a fennálló covid járvány is megmutott.

Utánanéztünk az épületek szellőzését leíró különböző szakirodalmaknak, valamint a meghatározó előírásoknak, s mindkettőből elég megdöbbentő információkat szűrtünk ki.

Egy átlagos felnőtt ember 300 liter levegőt lélegez be óránként, miközben 18 liter oxigént fogyaszt és 15 liter széndioxidot termel. Feltételezve, hogy ebből a szempontból egy középiskolás diák már tekinthető felnőtt embernek, egy átlag 35 fős osztály a tanárával együtt 36-szor ennyit. Azaz egy 45 perces tanóra végéig 486 liter oxigén fogy el és 405 liter CO₂ termelődik. Ha elméleti modellként teljesen zárt 120 légméteres termet feltételezünk, akkor egy 45 perces tanóra vége felé a 300ppm normál légköri CO₂ helyett 2750ppm-t tartalmaz a tanterem levegője, azaz közel tízszeresére nő a természetesnek. Ez a fokozott páratartalommal és magasabb hőmérséklettel együtt erős biológiai stresszhelyzetet teremt akkor, amikor a tanulóknak (és a tanároknak) szellemi teljesítményük legjavát kellene nyújtani.

Természetesen tökéletesen záródó tanterem nincs, de az építészeti leírások szerint a mai korszerű épülettechnikák mellett a zárt épület természetes légcseréje közel az elhanyagolható szintre csökkent. Komolyabb légcserével csak állandóan nyitott ablakok esetén számolhatunk, ami viszont energia-takarékossági szempontból elvégzett nyílászáró és szigetelési beruházások értelmét kérdőjelezi meg, hiszen ha friss levegőt akarunk, akkor továbbra is az utcát fűtjük a nyitott ablakon át.

Az elméleti számításokat mérésekkel is megerősítettük. Ez még rosszabb eredményt hozott, ugyanis mászerünk szerint nyugodt légköri viszonyok mellett a nyitott ablakok sem jelentenek elegendő légcserét a 35 ember által használt levegő hatékony cseréjéhez. Teljesen nyitott ablakok mellett is 7-900ppm-et mértünk, ami az egészséges levegő felső határértéke, zárt ablakok mellett pedig gyorsan 3000ppm fölé emelkedett a CO₂ szintje. Ehhez hozzájárul az is, hogy a 3.-4. tanórában már eleve nem 300-ról, hanem 1000ppm feletti indul a levegő. A tanítási nap végére pedig egészséges levegőminőség, csak szeles időjárási körülmények között állt fenn nyitott ablakok mellett is. Az elméleti számításaink eredményeit tehát megerősítették a mérési eredmények, sőt kimutatták, hogy a természetre bízott légcsereszám elég esetleges szellőzést biztosít a többszáz főt befogadó iskolaépületek számára.

Ha az épületszellőzési előírások felől közelítünk, az építőanyagok és berendezési tárgyak szublimációja miatt az egészséges levegő fenntartásához a minimális szellőzési igény az óránkénti teljes légcseré. Az emberi tartózkodásra szolgáló helységekre viszont az MSZ 04. 135/1 már 1982-ben kötelező minimális frisslevegő igényként minden egyes benntartózkodóra 20m³/h-t határozott meg. Az MSZ 21875-2-1991 már tevékenységenként bontotta a követelményt, és a „szellemi és könnyű fizikai munka” esetére – ami megfelel egy iskolai tevékenységnek – 30m³×fő/h szellőzést írt elő. A webes szellőzés-kalkulátorok a német szabványt alapul véve már 50m³-el számolnak. A fenti átlag osztályterem tehát 700-1750m³/h szellőzést, azaz minimum 200, ideális esetben 500 liter/sec sebességű folyamatos friss légáramot igényelne. A teljes iskolaépületre a jelenlegi 900 körüli benntartózkodó létszámmal számolva 18 000-45 000 m³/h adódik, ami már egy kisebb repülőgéphajtómű légárama. Ez csak folyamatos erős keresztvuzattal biztosítható, ami azonban nyugodt légköri viszonyok közepette nem áll elő. A keresztvuzat ráadásul egyéb káros egészségügyi hatásokat okozna, ezért kizárandó, tehát csak mesterségesen keltett kényszerlégcserével lenne megoldható a nagy embersűrűségű iskolaépületek szabvány által előírt légcseréje.

Két lehetőség adódik.

- A. Az embersűrűséget kell a légcseréviszonyokhoz igazítani.
- B. A légcserét kell növelni a kívánatos szintre.

Az A megoldás könnyen elérhető lenne a tanulók iskolák közötti egyenletesebb elosztásával, de ez a jelenlegi felvételi rendszer egyenlőre nem támogatja. A kurrensebb iskolákban a fizikai határokat is feszegetve túltöltik az osztálylétszámokat (van 40 fős létszámunk is), a kevésbé felkapott helyeken meg a minimum elérése is nehézségeket okoz, de legalább ott nem állnak fent a vázolt problémák.

Az iskolarendszer kedvelt objektumaiban a B megoldás a járható.

De láttak már iskolaépületet szellőzőrendszerrel felszerelve?

Meg kell jegyezzük, hogy a nem állami fenntartású épületek esetében egyszerűen hatóságilag kötelezik a tulajdonosokat a szabvány teljesítésére, különben visszavonják a használati engedélyeket. Az állami tulajdonú/fenntartású épületek esetében az állam által alkotott szabályokat épp az államnak nem kell betartani?!

Tehát mindezek után a diákok és tanáraik egészségtelen levegőben töltik napjaik harmadát-negyedét. Vajon nem járul ez hozzá sok tanuló alulteljesítéséhez, vagy a pedagógusok időskori egészségromlásához?!

2. Hipotézisek

A felvetett probléma jelentős egészségi kockázatokat hordoz, de a tanulmányi alulteljesítéshez is hozzájárulhat, ami hosszútávon bizonyára a gazdasági teljesítőképességre is hatást gyakorol. Előbbiek bizonyosan érződnek a fiatalok közérzetén, utóbbiak modellezhetők gazdasági számításokkal, de ez meghaladja jelen kutatásunk kereteit. Mindenesetre megkockáztatjuk, hogy nemzetgazdasági szinten tetemes veszteségről lehet szó.

Mi a megoldás?

A választ már rég kidolgozta az épületgépészet: ellenáramú gépi szellőztetés hővisszanyerővel kombinálva. Ennek elvi felépítése nem túl bonyolult. Tartalmaz egy szenzorvezérelt ventilátorpárt, egyik az elhasznált levegőt távolítja el a szabadba, a másik a friss levegőt juttatja be az épületbe. Azért, hogy télen a felfűtött épület melegét vagy nyáron a netán lehűtött hűvös levegőt ne dobjuk ki a szellőztetéssel a két légáramot egy hőcserélőn vezetjük át, amelyen a hőmennyiség egy része átkerül az egyik közegből a másikba. A mai korszerű hőcserélők akár 80-90% hatásfokkal dolgoznak, így a szellőzés energiatakarékos módon biztosítható. Az épületek magasfokú szigetelésének csak ezekkel a rendszerekkel együtt van értelme, nem véletlen, hogy 2022-től már az új építésű családi házakban kötelező lesz ezek alkalmazása.

Mi a helyzet az iskolákban?

A hővisszanyerős gépi szellőzésre természetesen léteznek teljes épületmegoldást nyújtó professzionális központi szellőztető technológiák, de ezek többszázmilliós ára messze meghaladja az iskolák épületfenntartására fordítható hosszú távú költségvetési kereteket. A hatalmas méretű rendszerek beépítése pedig csak teljes épületrekonstrukcióval valósítható meg. Lehet, hogy számos épületben nem is férne el egy ilyen természetes csőrendszer, a megfelelő légmennyiség szállításának hanghatása pedig alighanem zavarná az oktatást.

Központi helyett tantermenkénti megoldásban gondolkodva az olcsóbb fali szellőzők teljesítménye messze nem kielégítő. De egy kisebb családi házra méretezett cirka 1000m³/h légteljesítményű hővisszanyerős szellőztetőgép jelenlegi piaci ára közel 1 millió forint körül mozog. 30 tantermes iskolánk felszerelése ilyenekkel tehát cirka 30 milliós beruházást igényelne, feltéve, hogy a nagyobb számú gép beszerzésével elérhető árengedmény fedezi a beszerelés költségeit. Utóbbi csökkentheti, hogy viszonylag rövid csővezetésre lenne csak szükség.

Munkánk célkitűzése volt, hogy sajátos elképzelésünkkel létrehozzunk egy újszerű megoldásokkal alacsony költségvetésből is megvalósítható rendszert, amely a diákok munkáját is bevonó, így a környezettudatosságot és az innovatív gondolkodást is erősítő megoldást nyújt a felvetett problémára.

3. Módszerek

Első hipotézisünket részben műszeres mérésorozattal erősítettük meg, részben a tanulók közérzetét felmérő kérdőíves felméréssel igazoltuk.

A gazdaságos gépi szellőztetés megvalósításához tervünk egy olcsó anyagokból és alkatrészekből álló modulrendszerben bővíthető szellőztetőgép, amely akár a teljes légcseré-szükségletre is megoldást nyújt a professzionális rendszerek árának töredékéből. Konkrétan egy mikrokontrollerrel szabályozott ellenáramú

okosszellőztetés, mely kiegészül egy sörkollektorok mintájára részben fémhulladékból épített hővisszanyerő panellal.

Előzetes kalkulációnk szerint 100-200 ezer Ft közötti költségvetésből terveztük kialakítani a kétlépcsős szellőzőrendszert:

Ez egy 2-300m³/h légcserét biztosító szellőzőgép, mely biztosítja a tanterem levegőjének folyamatos cserélődését. Bár a szellőzési ütem a szabvány szerint még nem elegendő egy teljes osztálylétszámra, de legalább lassul a szén-dioxidszint emelkedése, és másnap reggel nem az előző napi osztály által bent hagyott szintről és az épület egyéb kipárolgásaival telített bezárt levegőben indul a tanítás.

A második lépcső az alumínium üdítősdobozokból épített ellenáramú hővisszanyerő panel, mely a téli fűtési energia egy részét az épületben tartja, illetve kánikula időben nem a külső forróságot juttatja az épületbe, hanem a belső levegővel hűti a bejövőt. Legyőzendő a hőcserélő légellenállás-növelését segédventillátorokat terveztünk beépíteni. Természetesen, amikor a külső és a belső levegő hőmérséklete nem tér el jelentősen egymástól a hőcserélő felesleges, ilyenkor egyenes úton kell haladnia a levegőnek, amihez szervomotoros mozgatású pillangószelepes elágazó elempárt építettünk be a rendszerbe.

Fejlesztési célunk tehát a rendszer megvalósítása volt, valamint alkalmazhatóságának műszaki teljesítményének, hatékonyságának üzemi tesztelése egy konkrét tanteremben. Ehhez a tanterem levegőminőségét folyamatában regisztráló automata mérésadat-gyűjtő eszközt szereztünk be.

4. Megvalósítás

Az ellenáramú szellőzőrendszert iskolánk 125. számú tantermében építettük ki, mivel ott az informatika terem mára kiegészült egy Makerspace műhellyel, így a 18 tanuló és a számítógépek mellett 3D nyomtatók és lézermegmunkálók is „rontják” a levegőt, néha esetleg mérgező gázokkal, így a kényszerszellőztetése feltétlenül indokolt.

Az aktív szellőztetőmodul lelke egy 50-200m³/h kapacitásintervallumban szabályozható 140 mm-es átmérőjű hosszú élettartamú PC rendszerhűtő ventilátorpár. Egyik a friss levegő bejuttatásért, másik az elhasznált levegő elszívásáért felel. Működésüket, illetve légteljesítményüket Arduino mikrokontroller szabályozza hőmérséklet-, páratartalom- és CO₂-szenzorok alapján. A saját fejlesztésű szellőztetőszoftver a szenzorok által mért belső és külső levegőminőségi adatok szerint, a szükségletek és a lehetőségek alapján „okosan” irányítja a légcseré intenzitását. A ventilátorok, a vezérlés és a tápellátás saját tervezéssel készült 3D nyomtatott házban foglaltak helyet, mely a rendszer hangszigetelését is biztosította, alapjáraton gyakorlatilag hangtalan a rendszer.

A tanterembe belépő levegő megfelelő huzatmentes szétterítésére a mennyezet alatt elhelyezett elosztó csőrendszert és szintén 3D nyomtatott befűvőt alkalmaztunk, melyek vízszintesen fúvatják be a friss levegőt. Ez télen hidegebb, mint a bent lévő, de mire leereszkedik a bent tartózkodók fejmagasságába, keveredik a radiátorok által felmelegített bent lévő levegővel. Az elszívást a hátsó fal előtt a padozat közelében végezzük, így kellemes huzatmentes cirkulációt és akadálymentes gépészetet kialakítva a teremben. A modularitás szemléltetésére duplázott rendszert készítettünk el, aminek startup értéke nagyobb lehet.

A szellőztetőrendszer alapja tehát megvalósult, a hővisszanyerő modul megépítésére sajnos már nem jutott időnk, részelemei azonban elkészültek. Társainkat is segítségül hívva összegyűjtöttük a megfelelő mennyiségű 250ml-es üdítősdobozt. Kidolgoztunk és legyártottunk a hulladékdobozok hőcserélőcsövekké történő összeépítéséhez egy 3D nyomtatott gyűrűrendszert, amely egyben a levegő keveredését is elősegíti, fokozva a hőcsere hatását. Megterveztük a hőcserélő osztó-gyűjtő elemeit, melyből egy részleges demópéldány legyártásra került. Alumínium profilból megépítettük a modul vázszerkezetét. A nagyméretű osztógyűjtő blokkok legyártása többszöri próbálkozásra sem sikerült, így a műszaki projektet sajnos nem sikerült befejezni. A részbeni sikertelenséghez hozzájárult az is, hogy a projektidőszak első felében a covid járványhelyzet, a hosszabbítás szakaszában pedig a végzőssé vált tanulókra háruló egyre több alapfeladat vonta el időnket a teljes befejezés elől. A témával azonban szándékában áll tovább foglalkozni felsőfokú tanulmányaik során is.

4. Hasznosulás

A minden K+F folyamatban benne rejlő ismeretlen faktorok miatt bizonytalanul várható tudományos megállapításokon és műszaki eredményeken túl a pedagógiai eredménye kiemelkedő volt a projektnek. A rendszer műszaki tervezése, kivitelezése és programozása egyrészt közvetlen didaktikai célokat szolgált, aktivizálta a diákok innovátor énjét, az analitikus és algoritmikus logikai gondolkodását, műszaki érzékét, a motoros tevékenységeket (szerelés). A kicsoportos munkamódszer pedig hozzájárult az önálló felelősségteljes munkavégzés és a kooperatív képességek fejlesztéséhez.

Emellett a projekt közvetetten hozzájárult az eddig túlzottan humán irányban gondolkodó tehetséges gimnáziumi tanulók MTMI tárgyak iránti érdeklődésének fokozásához, ezen keresztül a műszaki és természettudományos felsőoktatás, a mérnöki- kutatói pályák felé történő orientációjához is, ami napjaink egyik fő nemzeti oktatáspolitikai célja.

A pedagógiai előnyök hosszú távon is biztosíthatók, mivel a beszerzett tárgyi eszközöktől számos további műszaki feladatot oldhatnak meg a tanulók, a diákok által felépített rendszer pedig motivációs példa lehet a többiek számára. A szellőzőgép még így részsikerekkel is mintaként szolgálhat más intézmények hasonló diákfejlesztéseire.

Társadalmi-gazdasági hasznosság tekintetében elmondható, hogy a komplex K+F projekt egy olyan probléma feltárását és egyben a megoldást nyújtó eszköz fejlesztését célozta meg, ahol gyakorlatban is hasznos új tudományos értékű eredmények mellett műszaki innováció is keletkezett. Fejlesztésünk az iskolák tantermeinek levegőjét teheti egészségesebbé, ehhez adtunk új gazdaságos automata eszközt, melynek alkalmazása környezetkímélő, mégis hatékony.

5. Sikerek és kudarcok

A projekt legsikeresebb eleme természetesen a megvalósított és működő szellőzőrendszer. Bár a mérések szerint csak kb. felerészben tud hozzájárulni a levegő egészségeseen tartásában, a ventilátorok erősebbre cserélésével ez az arány növelhető akár a szabvány által megjelölt szintre is. Az erősebb ventilátorok megrendelésre kerültek, de a covid által felborított világkereskedelemben hiánycikké vált a megfelelő teljesítményű eszköz, és 8 hónap alatt sem érkezett meg. Sikeresnek tekinthető még, hogy munkánk elméleti alapszámításainak helyességét konkrét mérésorozattal is megerősítettük, a tanulók körében végzett kérdőíves felméréssel pedig igazoltuk, hogy a diákok is érzik, hogy rossz minőségű levegőben kell tölteniük a mindennapjaikat, igaz a gyenge teljesítőképességükkel ezt nem mindig kötötték össze.

Kutatócsapat részeredményeit közzétettük több fórumon is. A leánytagok a TUDOK Biológia egészségtudományok szekciójában szerepeltek a mérésorozat és a kérdőívek eredményeivel. A fiúk a műszaki szekcióban a döntőig jutottak a szellőzőgéppel, illetve első díjat szereztek a Kaposvári Egyetem által szervezett Dunántúli Mandulafa című diákkutató versenyen.

Legkevésbé sikeres elem természetesen a meg nem valósult hőcserélő blokk. Az egyik fő alkatrészének gyártási problémáit nem sikerült elhárítani. Más technológiával történő áttervezésben is gondolkodtunk, de ennek megvalósítását a végzősök egyre több időt elszívó kötelező feladatai mellett már nem tudtuk elvégezni. A rendszer így egyelőre a hőcserélő blokk nélkül üzemel, némileg rontva az épület fűtési hatékonyságát, de egészségesebbé téve a 125. terem levegőjét.

2. Mutassa be, hogy a kutatási program megvalósítása milyen ütemezés szerint történt!

Tervezett Év/Hónap	Megvalósult Év/Hónap	Elvégzett feladatok	Részt vevő diákok neve	Elért eredmények
2020-09	2020-09	előkészületek	Bitó Márton, Holzmann Dominik, Kovács Panna, Kurucz Réka	projektváz
2020-10	2020-10	programtervezés, partnerkapcsolat kiépítése, pályázatírás	„	kutatási program terve, kapcsolatfelvétel a PTE Biorobotika és a PE Információs Rendszerek Tanszékével

2020-11	2020-11	online szakirodalom gyűjtése, feldolgozása, kutatómódszertan részletezése és műszaki tervezés	„	szakirodalmi ismeretek alapján résztervek, okosrendszer algoritmusterve, bemutatás a Dunántúli Mandulafa versenyen
2020-12	2020-12	műszaki tervek pontosítása a partnerek segítségével	„	részletes rendszerterv és eszközlista
2021-01	2021-01	eszközbeszerzések elindítása, műszaki részpróbák, vezérlő-szoftver kódolása	„	működőképes részegységek, szoftver kódok
2021-02	2021-02	szellőzőrendszer építése, prezentációk elkészítése	„	az épülő rendszer és a korábbi felmérések bemutatása a TUDOK 2 szekciójában
2021-03	2021-03	szellőzőrendszer építése	„	működő szellőzőblokk, beépített csőrendszer, bemutatás 30. Országos Innovációs Versenyen
2021-04	2021-04	szellőzőrendszer építése, tanulmány és prezentációk elkészítése	„	működő szellőzés, de tesztelés csak üres terebben + bemutatás a Tudok és KIVAGY verseny döntőjén
2021-05	2021-05	rendszer tesztelése meleg időjárási körülmények között (csak bypass üzem)	„	szellőztetési eredmények meleg időjárásban
2021-06	2021-06	a részleges tapasztalatok kiértékelése	„	új ventilátorok kiválasztása és megrendelése
2021-09	2021-09	hőcserélő elemeinek gyártása	„	csőelemek és demó alkatrész kész, a teljes alkatrész szétesik
2021-10	2021-10	„rendszer tesztelése mérsékelt időjárási körülmények között (bypass üzem)	„	szellőztetési eredmények mérsékelt időjárásban
2021-11	2021-11	áttervezési kísérlet más technológiára	„	terv van, legyártásra idő hiányában nem kerül sor
2021-12	2021-12	zárótapasztalatok összegzése	„	beszámoló

3. Amennyiben a program megvalósítása során a pályázatban szereplő ütemezéstől eltértek, vagy a program a tervezetthez képest megváltozott, mutassa be az eltérést, és indokolja a módosítás okát! (maximum 1000 karakter)

A program megvalósításának ideje alatt 2020 novemberétől 2021 májusáig nem volt jelenléti oktatás. februárig még be sem tehetők a lábukat a diákok épületbe, a kutatásvezető tanár közvetítésével online folyt a munka. Februártól a versenyeken való szereplés miatt kaptunk külön engedélyt a rendszer helyszíni munkálatainak megvalósítására, de a távolsági oktatást nehéz volt összehangolni a jelenléti igénylő munkálatokkal, így azok jelentősen elhúzódtak. Az ütemtervet ezért redukáltuk a szellőzőblokk elkészítésére, amit áprilisra a versenyek döntőjére sikerült is befejezni. A diákok hiányában érvényes tesztek csak május végétől volt lehetőségünk folytatni, bár a digitális oktatás hiányosságainak pótlása elég sok időt elvette. A hőcserélő megvalósítását átütemeztük az időközben lehetővé tett hosszabbított projektidőszakra, őszre. Ebben a felmerült technológiai problémák és a megnövekedett iskolai feladatok következtében már csak részikerek értünk el.

4. Kérjük, válaszoljon az alábbi kérdésekre; válaszaiban kérjük kerülje az ismétléseket!

- Mutassa be, hogy a kutatási projekt hogyan segítette elő a programban résztvevő tanulók fejlődését, tehetségük kibontakoztatását? (maximum 1000 karakter)

A rendszer műszaki tervezése, kivitelezése és programozása egyrészt közvetlen didaktikai célokat szolgált, aktivizálta a diákok innovátor énjét, az analitikus és algoritmikus logikai gondolkodását, műszaki érzékét, a motoros tevékenységeket (szerelés). A kiscsoportos munkamódszer pedig hozzájárult az önálló felelősségteljes munkavégzés és a kooperatív képességek fejlesztéséhez. Emellett a projekt közvetlenül hozzájárult az eddig túlzottan humán irányban gondolkodó tehetséges gimnáziumi tanulók MTMI tárgyak iránti érdeklődésének fokozásához, ezen keresztül a műszaki és természettudományos felsőoktatás, a mérnöki- kutatói pályák felé történő orientációjához is, ami napjaink egyik fő nemzeti oktatáspolitikai célja.

- Mi alapján választották ki a kutatási programban részt vevő tanulókat? (*maximum 500 karakter*)

A kiválasztott tanulók komplex műszaki, informatikai, természettudományos, illetve idegen nyelvi érdeklődéssel rendelkeznek, több versenyeredményük van szakterületükön. A fiúk részt vettek már a robotika szakkör munkájában, továbbá hobbi szinten műszaki jellegű dolgokkal foglalkoznak, pl. programozott áramkör építés. Fontos szempont, hogy többen már dolgoztak együtt a kutatásvezető mentortanár irányításával a korábbi műszaki projektek során vagy a mentortanár tanítványai. Érdeklődésük, baráti kapcsolatuk és közös céljaik alapján ideális csapatot alkotott a 2 fiú és a 2 leány.

- Milyen egyéni fejlődési célokat értek a tanulókkal, és milyen tapasztalatokat szereztek a projekt során? (Amennyiben lehetséges, kérjük tanulónként megadni.) (*maximum 500 karakter*)

Bitó Márton - matematika-fizika-informatika emelt képzésre járó tanuló műszaki érdeklődéssel és tapasztalatokkal, kompetenciáinak és ezen témájú előadóképességében fejlődött

Holzmann Dominik - informatika-angol emelt képzésre járó tanuló műszaki érdeklődéssel és tapasztalatokkal, a csapat motorja, jelentős technológiai ismeretekkel gazdagodott

Kovács Panna - matematika-fizika-informatika emelt képzésre járó leánytanuló műszaki érdeklődéssel és tapasztalatokkal, kompetenciáinak és ezen témájú előadóképességében fejlődött

Kurucz Réka - biológia-kémia emelt képzésre járó leánytanuló kutatói érdeklődéssel, tudományos kutatói kompetenciáinak és ezen témájú előadóképességében fejlődött

- Mi volt a tanulók konkrét feladata a projektben? (Amennyiben lehetséges, kérjük tanulónként megadni.) (*maximum 500 karakter*)

A csapat alapvetően a legtöbb esetben együtt dolgozott. A részfelelősök irányították az adott projektrészletet, a többiek a segítségére voltak.

Bitó Márton - a szellőzőrendszer légtechnikai elmeit tervezte és az építést irányította

Holzmann Dominik - a szellőztetőrendszer elektronikai vezérlését tervezte és programozta

Kovács Panna - a levegőminőség adatgyűjtését és a feldolgozást végezte

Kurucz Réka - a levegőminőség és fiziológiai hatásainak biokémiai alapjait tanulmányozta, és a kvantitatív eredmények értelmezését végezte

- Miben fejlődtek a tanulók az adott tématerületen? (Kérjük tanulónként megadni.) (*maximum 500 karakter*)

Bitó Márton - matematika-fizika-informatika emelt képzésre járó tanuló műszaki érdeklődéssel és tapasztalatokkal, kompetenciáinak és ezen témájú előadóképességében fejlődött

Holzmann Dominik - informatika-angol emelt képzésre járó tanuló műszaki érdeklődéssel és tapasztalatokkal, a csapat motorja, jelentős technológiai ismeretekkel gazdagodott

Kovács Panna - matematika-fizika-informatika emelt képzésre járó leánytanuló műszaki érdeklődéssel és tapasztalatokkal, kompetenciáinak és ezen témájú előadóképességében fejlődött

Kurucz Réka - biológia-kémia emelt képzésre járó leánytanuló kutatói érdeklődéssel, tudományos kutatói kompetenciáinak és ezen témájú előadóképességében fejlődött

- Részt vett-e valamely tanuló hazai vagy nemzetközi versenyen a projekt eredményeivel? Amennyiben igen, röviden mutassa be! (*maximum 500 karakter*)

A 2 fiú még a tervezési szakaszban az előzetes felmérésekkel indult a Dunántúli mandulafa c. versenyen, ahol első helyezést értek el. Aztán a Tudok Műszaki szekciójában a döntőbe jutottak. A KIV-AGY c. helyi innovációs versenyen a második helyet szerezték meg, a 30. Ifjúsági Innovációs versenyen pedig dicséretben részesültek. A leányok a Tudok Egészségtudományi szekcióba adták be nevezésüket, de a

Biológia szekcióban kellett mérkőzniük kísérletes kutatókkal, így munkájuk nem nyerte el a biológusokból álló zsűri olyan fokú tetszését, hogy továbbjussnak a döntőbe.

- Nevezze meg a kutatási program során felhasznált hazai és külföldi és/vagy idegen nyelvű szakirodalmat. Amennyiben kizárólag hazai irodalmat használtak, indokolja meg, miért! (*maximum 500 karakter*)
 - Advanced hybrid ventilation systems for schools - http://www.lowcarbonlivingcrc.com.au/sites/all/files/publications_file_attachments/rp1040_advanced_hybrid_ventilation_systems_for_schools_-_final_report.pdf?fbclid=IwAR0QlHUIJ2HHocwbvmGg55P3ElSEfBSNvDcpJ-wcj4HNpT4JmTEl7cDB1GCQ
 - Bodnár Zs: Sokkal súlyosabban hat az emberi szervezetre a beltéri széndioxid ...; <https://qubit.hu/2019/07/09/sokkal-sulyosabban-hat-az-emberi-szervezetre-a-belteri-szen-dioxid-mint-eddig-gondoltak>
 - Herczeg Levente: Irodateretek belső levegő minőségének értékelése – doktir értekezés, BMGE
 - Légtechnikai tervezési segédlet – Lindab
 - School Indoor Air Quality - Office of Environmental Health and Safety
 - Többszintes épületek szellőzőrendszereinek korszerűsítése – AERECO
 - William J. Fisk: The Ventillation Problem in Schools - Lawrence Berkeley National Laboratory
- Röviden ismertesse, sikerült-e a kutatást befejezni. (*maximum 500 karakter*)

A program megvalósításának ideje alatt 2020 novemberétől 2021 májusáig nem volt jelenléti oktatás. februárig még be sem teheték a lábukat a diákok épületbe, a kutatásvezető tanár közvetítésével online folyt a munka. Februártól a versenyeken való szereplés miatt kaptunk külön engedélyt a rendszer helyszíni munkálatainak megvalósítására, de a távolsági oktatást nehéz volt összehangolni a jelenléti igénylő munkálatokkal, így azok jelentősen elhúzódtak. Az ütemtervet ezért redukáltuk a szellőzőblokk elkészítésére, amit áprilisra a versenyek döntőjére sikerült is befejezni. A diákok hiányában érvényes tesztek csak május végétől volt lehetőségünk folytatni, bár a digitális oktatás hiányosságainak pótlása elég sok időnket elvette. A hőcserélő megvalósítását átütemeztük az időközben lehetővé tett hosszabbított projektidőszakra, őszre. Ebben a felmerült technológiai problémák és a megnövekedett iskolai feladatok következtében már csak részsikerek értünk el.

- Mutassa be a kutatásra vonatkozó további terveit, tervezi-e a projekt folytatását. (*maximum 500 karakter*)

A projekt befejezését tervezzük.

- A kutatásban való részvétel segítette-e a tanulókat a továbbtanulási döntésben, és amennyiben igen, hogyan segítette elő, hogy a természet-, a műszaki tudományok és a matematika területén folytassák tanulmányaikat a felsőoktatásban? (*maximum 1000 karakter*)

Igen, bár az egyik tanuló gazdasági okok miatt egyelőre nem tanul tovább, a többiek a témát érintő területeken tanulnak tovább.

- Mutassa be, hogy mely tudományterületeken kívánnak továbbtanulni a kutatásban részt vett tanulók. (*maximum 500 karakter*)

Bitó Márton – mérnöki tudományok

Holczmann László Dominik – informatika tudományok

Kovács Panna – egyelőre dolgozni szeretne, távlati célja egészségtudományi területen tanulni

Kurucz Réka - orvostudomány

5. Röviden mutassa be, hogy jelen kutatásban való részvétel hogyan és milyen mértékben segítette elő a tanulók tehetség gondozását. (*maximum 1000 karakter*)

A tanulók számos gyakorlati tapasztalatot is szerevezve fejlesztették tehetségüket több területen. A rendszer műszaki tervezése, kivitelezése és programozása egyrészt közvetlen didaktikai célokat szolgált, aktivizálta a diákok innovátor énjét, az analitikus és algoritmikus logikai gondolkodását, műszaki érzékét, a motoros tevékenységeket (szerelés). A kiscsoportos munkamódszer pedig hozzájárult az önálló felelősségteljes munkavégzés és a kooperatív képességek fejlesztéséhez. Emellett a projekt közvetlenül hozzájárult az eddig túlzottan humán irányban gondolkodó tehetséges gimnáziumi tanulók MTMI tárgyak iránti érdeklődésének fokozásához.

6. Foglalja össze, hogy a kutatási tevékenység hogyan segítette elő, hogy a részt vevő tanulók természettudományos és/vagy műszaki, illetve matematikai kompetenciái fejlődjenek, illetve műszaki kompetenciáinak gyakorlatorientált fejlesztése megvalósuljon. (maximum 1000 karakter)

A rendszer műszaki tervezése, kivitelezése és programozása egyrészt közvetlen didaktikai célokat szolgált, aktivizálta a diákok innovátor énjét, az analitikus és algoritmikus logikai gondolkodását, műszaki érzékét, a motoros tevékenységeket (szerelés). A kiscsoportos munkamódszer pedig hozzájárult az önálló felelősségteljes munkavégzés és a kooperatív képességek fejlesztéséhez.

7. Mutassa be a kutatással összefüggésben keletkezett publikációt/tanulmányt/előadást (amennyiben releváns). (maximum 500 karakter)

A kutatás összefüggésében a megcélzott versenyek irányában születtek a projekt részeredményeit bemutató leadott tanulmányok illetve online előadott prezentációk. Összegző publikáció nem készült.

8. Mutassa be a költségvetésben tervezett költségek felhasználását szövegesen és az alábbi táblázat kitöltésével, különös tekintettel a tárgyi eszközökre.

A költségek felhasználásának szöveges bemutatása (maximum 1000 karakter):

A költségvetésünkben a megépített rendszer alkatrészeinek, illetve alapanyagának beszerzése volt az elsődleges, melyet a szokásos megkésített anyagi forrásbiztosítás miatt a mentortanár előre beszerzett. A tárgyi eszközök viszonylag késői beszerzése miatt azok alkalmazását csak a hosszabbítás alatt tudtuk megkezdeni. A tervezett 2 kisebb költségelem felhasználásra nem került sor, melyek részben az alkatrész, részben a tárgyi eszköz beszerzésekre kerültek átcsoportosításra.

DOLOGI KIADÁSOK	Elszámolt összeg (Ft)	Felhasználás rövid szöveges bemutatása, indoklása
Utazás-, kiküldetés, szállítás, járműüzemeltetés költségei	0	
Sokszorosítás költségei, nyomdaköltség	0	
Szakmai anyagok (szakkönyvek, újság, folyóirat) költségei	0	
Egyéb szolgáltatások költségei	0	
Egyéb beszerzések, anyagköltség kiadásai	144 980	A szellőzőrendszer alapanyagai és alkatrészei (3D filament, légtechnikai csövek és elemek, ventilátorok, szenzorok, vezérlőelektronika)
Irodaszer költségei	0	

Egyéb, a feladat ellátáshoz kapcsolódó nevesített beszerzések, szolgáltatások, kiadások	0	
BÉRKÖLTSÉGEK ÉS SZEMÉLYI JELLEGŰ EGYÉB KIFIZETÉSEK	Elszámolt összeg (Ft)	Ösztöndíjasok neve
Tanulók ösztöndíja összesen	180000	Bitó Márton, Holzmann Dominik, Kovács Panna, Kurucz Réka
Mentor ösztöndíja összesen	63000	Dr. Kerese Tibor
TÁRGYI ESZKÖZÖK, IMMATERIÁLIS JAVAK	Elszámolt összeg (Ft)	Felhasználás rövid szöveges bemutatása, indoklása
200 ezer Ft alatti tárgyi eszközök, műszaki eszközök, berendezések	88 900	CO2 mérésadatgyűjtő a levegőminőség folyamatos mérésére a szellőzés nélküli és a szellőztetett terem összevetéséhez
200 ezer Ft feletti tárgyi eszközök, berendezések	273 120	Hőkamera a hőmérsékleti viszonyok elemzéséhez, ez különösen a hőcserélő esetében hozhatott volna releváns eredményeket, de a bypass szellőzés hőtani vizsgálatára tudtuk egyelőre alkalmazni
Immateriális javak (szellemi termékek, szoftverek)	0	