

## **Doktori (PhD) értekezés tézisei**

Passzív és alacsony energiaigényű (favázás) épületek  
belső légterében kialakuló légparaméterek mérése és  
vizsgálata

Patkó Csilla

Nyugat-magyarországi Egyetem

Sopron  
2014

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Passzív és alacsony energiaigényű (favázás) épületek  
belső légterében kialakuló légparaméterek mérése és  
vizsgálata**

Írta:  
Patkó Csilla

Témavezető:  
Dr. Pásztory Zoltán

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar  
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola  
Vezető: Prof. Dr. Tolvaj László egyetemi tanár

Sopron  
2014

## 1. A doktori értekezés témája

A doktori értekezés a **beltéri levegőminőség** témájával foglalkozik. Ez egy új, interdiszciplináris tudományterület, mely nem vizsgálható önállóan. A megszokott lineáris, részleteket elemző kutatási módszer helyett egy holisztikus szemléletmódú megközelítést igényel. Több más tudomány is kapcsolódik a beltéri levegőminőséghez, az épületbiológia, építésökológia, és humánökológia.

A **humánökológia** területe a jelenlegi "civilizációs válság" jelenségét kutatja, vagyis milyen hatással van az ember / emberi tevékenység Bolygónk bioszférájára, és ezeknek a hatásoknak mik a kiváltó okai. A kialakuló káros anyagok forrása a folyamatosan változó, és egyre intenzívebb emberi tevékenységekkel függ össze. Ezek a káros anyagok jutnak el az épített környezetbe is, mely nemcsak a természetes környezetet alakítja át, hanem az emberek egészségére is hatással van. Ezzel foglalkozik az építésökológia és épületbiológia területe.

Az **építésökológia** területén több tanulmány is kimutatta, hogy az építőanyagok életciklus elemzése (*Life Cycle Assessment - LCA*) nem ad valós tájékoztatást az anyagok környezeti és egészségügyi terheléséről. A passzív és alacsonyenergia felhasználású (ún. energiatudatos) házak nem minden esetben számítanak ökológikus, környezettudatos, vagyis "egészséges" házaknak.

Az **épületbiológia** tudományterületén publikált tanulmányok közt számottevőek voltak a laboratóriumban végzett levegőanalitikai, és káros anyag emissziós mérések. Mellettük egyre több – országokra, városokra kiterjedő – felmérések találhatók, melyekben a beltéri levegőminőség mérésével párhuzamosan, a lakók egészségügyi állapotát is felmérték. Ide tartozik az építőanyagok egészségre gyakorolt hatásainak vizsgálata, azok káros anyag emisszióinak meghatározása, és számszerűsítése.

A **beltéri levegőminőség** meghatározza azon kémiai anyagokat – a ház beltéri levegőjében – amelyek alapvetően befolyásolják a beltéri levegő minőségét, és ezáltal hatással lehetnek a bent-tartózkodók egészségére. A beltéri levegőminőség vizsgálata egy összetett folyamat, melyet több tényező is befolyásol. Az éghajlati viszonyok, a gazdasági fejlettség, a kulturális szokások, az adott régióra vonatkozó helyi, építésügyi szabályozások, és nem utolsósorban az emberi tevékenységek összessége az, ami meghatározhatja egy épület beltéri levegőminőségét. A megfelelő építőanyagok, és technológiák kiválasztásával már a tervezési folyamat során ki lehet szűrni azokat a forrásokat, melyek később hatással vannak az épület belső terében uralkodó légparaméterek alakulására. Ehhez egy fontos lépés, hogy a tervezők, és kivitelezők számára könnyen elérhető legyen az ökológikus építőanyagokról és technológiákról egy adatbázis, mint az a nyugati országokban már meg is valósult bizonyos szempontból.

Az értekezés kiemelten tanulmányozza az építőanyagok közül a fához – mint az egyik ökológikus építőanyaghoz – kapcsolódó kutatási eredményeket, és a faalapú építőlemez káros anyag kibocsátásának csökkentési lehetőségeit. Kimutatják, hogy a faalapú építőanyagokból származó formaldehid csökkentésével ezek az anyagok újrahasznosíthatóakká válnak.

A szakirodalmi kutatás során cél volt feltárni a transz-diszciplinaritáson keresztül azt a szaktudást, amely egy építész számára az "egészséges épületek" tervezéséhez szükséges.

Konklúziójaként megállapítható, hogy a fenntarthatóság és ökológikus szemléletmód köré szerveződnek azok a kapcsolatok, melyek hatással vannak az épített környezetre, a természetes környezetre és rajtuk keresztül az egészségre. Az adaptáció egy lényeges eleme a rendszernek, hiszen hosszú távon ez tudja majd biztosítani az új gondolkodásmód továbbfejlődését, mely hatással lesz a jövőbeni emberi tevékenységekre, és általa az egész társadalomra. Ennek a holisztikus szemléletmódnak az elsajátítása, alkalmazása és továbbadása az, ami elindíthatja a változást, és egy új "Egész" kialakulását fogja eredményezni.

A kapcsolódó szakirodalom áttanulmányozása után, a beltéri levegőminőség vizsgálatához tartozó tanulmányokból kinyert információk szintetizálása, majd a kutatási téma leszűkítése következett a konkrét mérési vizsgálatra.

## 2. A doktori értekezés mérési vizsgálata

A kutatási munka keretén belül – feltehetőleg – Magyarországon elsőként került sor beltéri levegőminőség mérésre újépítésű, passzív, alacsonyenergia felhasználású, favázas házban, amely környezettudatos elvű tervezés és kivitelezés eredményeként valósult meg. Ez az épület szerkezetében és burkolataiban kezeletlen fa építőanyagokat tartalmaz. A vizsgálat során a beltéri levegőben egy éven keresztül illékony szerves anyagok (*Volatile Organic Compounds* - VOC) és formaldehid koncentrációinak a mérése történt. Az egy év során elvégzett hat mérésből az első 4 mérés a fűtési időszak alatt történt, míg további két mérés júniusban és júliusban. A mérési eredmények kiértékelése után az alábbi következtetéseket lettek megállapítva:

1. A TVOC értékek mozgása összefüggött a beltéri levegő hőmérséklet és relatív páratartalmának változásával, továbbá a helyiségekben végzett emberi tevékenységekkel. Legnagyobb mértékben a helyiségek bebútorozása gyakorolt hatást a beltéri levegőminőségre.
2. A toxikusnak számító anyagok közül a benzol, toluol, sztirol, naftalin mért értékei hosszú távon nem haladták meg az itthoni vagy külföldi szabványok által megadott határértékeket, így nem jelentenek egészségügyi kockázatot.
3. A formaldehid koncentrációja egy esetben túllépte a WHO (Egészségügyi Világszervezet) által közölt egészségügyi határértéket ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{-t}$ ). Ennek oka a beltérben végzett utólagos munkálatok, melyek során faanyagot szabtak méretre a nappali helyiségében. Ez az emelkedés azonban csak átmeneti volt. A beltéri hőmérséklet folyamatos emelkedése okozhatta a formaldehid értékének lassú emelkedését.
4. Az egyes helyiségekben lévő faburkolatok aránya befolyásolta a 3-karén, alfa-pinén mért koncentrációit. Ezek az anyagok nem számítanak toxikusnak, így nem jelentenek egészségügyi kockázatot.

Eljutva a szakirodalomból kinyert levegőanalitikai eredmények összegzéséhez, ezeket rendszerbe rakva, össze lehetett őket hasonlítani a konkrét mérések eredményeivel, melyek a kutatás keretein belül készültek. Mivel nem lehetett egyértelműen az összes esettanulmányból ugyanazokat az eredményeket kigyűjteni, így ez az összehasonlítás csupán tájékoztató jellegű

információkat közöl. A pontosabb következtetések levonásához egy következő kutatómunka szükséges.

A kutatás keretén belül végzett levegőminőségi mérések jelentőségét mutatja, hogy az abból kapott eredmények nagy mennyiségű, új, és jól használható információt adnak az épületről, annak egészségügyi hatásairól mind a tervezők, mind a bent-lakók számára. Fontos következtetés, hogy a beépített építőanyagok káros anyag emisszióit jelentősen befolyásolják a beltéri levegő légparamétereinek (hőmérséklet, relatív páratartalom, szellőztetés) a változása, valamint az emberi tevékenységek.

A levegőanalitika nagy jelentőséggel bírhat különböző tervezési feladatoknál, pl.: épület-rekonstrukciónál az épületdiagnosztikában, újjépítésű házaknál – az átadás előtt – egészségügyi kockázatok megállapításában, valamint "beteg épület tünetcsoportot" mutató házaknál a káros anyagok forrásainak kimutatásában.

### **3. Tézisek**

#### ***Tézis I.***

**Szakirodalmi kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy az épületbiológia és építésökológia tudományterületek összefüggéseinek vizsgálata és a belőlük nyert szaktudás fontos szerepet játszik az "egészséges ház" tervezésénél.**

Megállapítottam, hogy az épületbiológia és építésökológia tudományterületeinek kialakulása az ok-okozati rendszeren belül már az okozatok közé tartozik. Vagyis magát az okot is fel kell tárni, amihez alapot adott a humánökológia területének kutatása. A vizsgálat, egy holisztikus rendszeren alapuló modellre épül, mely az "Egészet" vizsgálva következtet a lehetséges okokra, és szükség esetén a "Részek" felülvizsgálatával, és azok korrigálásával javít az "Egész " minőségén, állapotán. Ezen tudományterületek megismerése, az onnan szerzett tudásanyag szintetizálása, és az így kialakított új szemléletmód alkalmazása fontos az "egészséges épületek" tervezésénél.

#### **I.1.**

Szakirodalmi kutatásaim eredményeiből azt a következtetést vontam le, hogy a passzív házak, valamint az alacsonyenergia felhasználású házak nem minden esetben "egészséges" házak. A "by-components" -alapú tervezés (vagyis a részek elkülönített vizsgálatán alapuló tervezés) során csak az egyes részek hatását vizsgálják a környezetre, nem veszik figyelembe az anyagok későbbi, kumulatív hatását. Arra a következtetésre jutottam, hogy a jelenlegi passzív és energiatudatos házak nem adnak választ az alábbi kérdésre: képes-e a mai nemzetközi építészeti trend a változásokhoz alkalmazkodó – a környezetet nem terhelő – épületeket létrehozni, mint ahogy a korábbi idők épületei a tartósságukból, és anyaghasználatukból kifolyólag a mai napig ezt teszik?

#### **I.2.**

Kutatásaim során megállapítottam, hogy az építőanyagokra vonatkozó előírások és szabályozások nem térnek ki kellő terjedelemben és mélységben az egészség védelmére. Az "egészséges" ház tervezésénél nagy jelentősége van az "egészséges" anyagok kiválasztásának (építőanyagok, bútorok, lakástextilek, stb.). Az emberek számára biztosítani kell azt az alapvető jogukat, hogy egészségüket ne érje kár otthonaikban. Ezért javaslom – az Általános környezetvédelmi törvény 6-12.§-ából az ökológiai elővigyázatosság elvére hivatkozva – az építőipari gyártók és fejlesztők számára egy új szabályozási rendszerben megszabni, hogy csak olyan építőanyagokat vihetnek piacra, melyek nem károsítják teljes életciklusuk alatt a környezetet, illetve a házban tartózkodók egészségét. Több tanulmány eredményei alapján megállapítom, hogy a jelenlegi életciklus elemző rendszerek az építészetben nem adnak valós tájékoztatást a beépített építőanyagok környezeti és egészségügyi terheléseiről.

## ***Tézis II.***

**A kutatómunka keretében végzett mérési eredmények kiértékelése alapján azt állapítottam meg, hogy a beltéri levegőminőség vizsgálata jelentős mennyiségű új, jól használható információt ad az épületben jelenlévő káros anyagok koncentrációjáról, az építőanyagokról, valamint a lehetséges egészségügyi kockázatokról. A beltéri levegőminőség témájában publikált szakirodalmi tanulmányok feltárása alapján feltételezhető, hogy Magyarországon elsőként végeztem beltéri levegőminőségi méréseket újépítésű, passzív, alacsonyenergia felhasználású, favázis házban, amely környezettudatos elvű tervezés és kivitelezés eredményeként valósult meg.**

Ezek az információk nemcsak új épületek esetén lehetnek fontosak, hanem meglévő épületek átalakításánál, rekonstrukcióknál. Továbbá a mérések eredményei összevethetők a szakirodalomban fellelhető hasonló levegőanalitikai mérésekkel, és azok konklúzióival.

A szakirodalmi kutatásaim során megállapítottam, hogy a magyarországi esettanulmányok mennyisége nem számottevő. A tisztánlátás és a tudományterület továbbfejlesztése/pontosítása miatt elengedhetetlenül szükséges a jelenlegi magyarországi lakóépület-állomány beltéri légállapotainak – keretek közé helyezett – felülvizsgálata. A vizsgálati eredmények összegyűjtését, és elemzését régióként kell elvégezni, és következtetéseket levonni.

Továbbá javaslom épület rekonstrukcióknál, illetve új-építésű házaknál a kulcsrakész átadás után, de a permanens beköltözés előtt a beltéri levegőminőség vizsgálatát levegő analitikai szakértők bevonásával. "Beteg épület tünetcsoportot" mutató építmények esetén a beltéri káros anyagok lehetséges forrásainak felkutatásával és megszüntetésével kell biztosítani a megfelelő beltéri levegőminőséget.

## ***Tézis III.***

**Szakirodalmi kutatásom során, és a végzett mérések eredményeiből azt a következtetést vontam le, hogy a természetes, kezeletlen faanyag környezettudatos anyagnak számít, mely nem terheli a beltéri levegőminőséget, és ezáltal a bent-tartózkodók egészségére sem jelent kockázatot. A kísérleti, passzív, alacsonyenergia felhasználású, favázis ház belső tereiben végzett, beltéri levegőminőség vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a levegőben jelenlévő összes VOC (TVOC) anyagok koncentrációja egy év alatt csak kis mértékben változott, és nem jelentenek hosszú távon egészségügyi kockázatot a jelenleg érvényes szabályozások szerint.**

A TVOC koncentrációk változására hatással volt a beltéri levegő hőmérsékletének és relatív páratartalmának változásai, a szellőztetés mértéke, valamint a helyiségek bebútorozása.

## ***Tézis IV.***

**Méréseim eredményeként megállapítható, hogy a toxikusnak számító anyagok közül a benzol, toluol, sztirol, naftalin mért értékei hosszú távon nem haladták meg az itthoni**

**vagy külföldi szabványok által megadott határértékeket, így nem jelentenek egészségügyi kockázatot.**

**Ezen VOC anyagok forrása nemcsak az építőanyagokból származhat, hanem a helyiségekben elhelyezett más tárgyakkól is.**

A formaldehid koncentrációja egy esetben túllépte a WHO (Egészségügyi Világszervezet) által közölt egészségügyi határértéket. Ennek oka a beltérben végzett utólagos munkálatok, melyek során faanyagot szabtak méretre a nappali helyiségében. Ez az emelkedés azonban csak átmeneti volt. A beltéri hőmérséklet folyamatos emelkedése okozhatta a formaldehid értékének lassú emelkedését.

### ***Tézis V.***

**A szakirodalmi kutatásaim és a mérési eredményeim alapján megállapítottam, hogy az egyes helyiségekben lévő faburkolatok arányai, valamint a helyiségekben elhelyezett bútorok befolyásolták a 3-karén, alfa-pinén koncentrációját.**

Az alfa-pinén és 3-karén, melyek nem számítanak toxikusnak, forrásai a szárított faanyag, amelyből kimutathatóan magas koncentrációban emittálódnak. Valamint a puha fáknál (pl. lucfenyő) szintén megfigyelhetően magas az alfa-pinén és 3-karén természetes kipárolgásának koncentrációja, mely függ a fa életkorától és kivágásának idejétől is. Ezek alapján megállapítható, hogy a helyiségekben lévő lucfenyő faburkolatok aránya és az alfa-pinén és 3-karén beltéri levegőben lévő koncentrációi között van összefüggés.



#### 4. A dolgozat témájához kapcsolódó saját publikációk

Patkó Cs. (2013):

Evaluation of volatile organic components of indoor air of a newly-built wooden frame house in the last four seasons.

Conference Proceedings Part (A) 4th INTERNATIONAL CONFERENCE “TO PROTECT OUR GLOBAL ENVIRONMENT FOR FUTURE GENERATIONS” ICEEE-2013, 20 – 21 November 2013, Óbuda University Budapest, Hungary, 229-237pp

ISBN: 978-615-5018-93-0

Patkó Cs., Pásztory Z. (2013):

Formaldehid koncentráció egy újépítésű, vázszerkezetes épületben.

Faipar, LXI 213/3:23-29

Patkó Cs., Pásztory Z. (2013):

Fa és faalapú építőanyagok emissziója.

Faipar, LXI. 2013/4:12-21

Patkó Cs., Patkó I., Pásztory Z. (2013):

Indoor Air Quality testing in Low-Energy wooden houses: Measurement of formaldehyde and VOC-s.

Acta Polytechnica Hungarica, Volume 10, Issue Number 8/ 2013, 105-116pp

DOI: 10.12700/APH.10.08.2013.8.6

IF:0,58

Patkó Cs., Patkó I., Pásztory Z. (2013):

The presence of volatile organic compounds (VOCs) indoors during the heating season: in situ emission study of a frame-house.

Acta Mechanica Slovaca, Volume 17, Issue Number 3/ 2013, 70-79pp

DOI: 10.2478/mecslo-2013-0031