

Szabadon álló családi házak utólagos hőszigetelése szalmabála elemekkel

Magasépítési Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

medgyasszay.peter@met.bme.hu

Kulcsszavak: Szalma-bála, felújítás, energiahatékonyság, hőszigetelés.

Absztrakt. A cikkben bemutatásra kerül két családi ház külső falszerkezetének szalmabála anyaggal történt megvalósult hőszigetelése. Az épületszerkezeti tapasztalatok mellett bemutatásra kerül az egyik épület mért energiafogyasztása, ami igazolja a technológia energia-hatékonyságát. A bemutatott tapasztalatok alapján a cikk javaslatokat fogalmaz meg a technológia fejlesztésére.

Key-words: Straw-bale, refurbishment, energy efficiency, heat-insulation.

Abstract. The paper introduces additional insulation of walls made from straw-bale by two realized dwelling houses. Beside the constructional experiences the measured energy consumption of one house are introduced, which prove the energy-efficiency of the technology. The paper gives proposals to the development of the technology according to the introduced experiences.

1. Bevezetés

A meglévő épületek energiahatékonyságának növelése az EU energia-hatékonysági akcióterve szerint fontos prioritás. [Wesselink, 2010] Az épületek térelhatároló szerkezeteinek utólagos hőszigetelése jelentősen lecsökkenti az üzemeltetési energiaigényt, de az alkalmazható hőszigetelés mértékének gazdasági és környezeti korlátai vannak. Korábbi kutatásaink alapján a falak szalmabálával történő szigetelésének lényeges előnyei vannak az általánosan használt technológiákhoz képest. [Medgyasszay, Szalay, 2014] A magyarországi épületállomány minőségéről becsült adatok állnak rendelkezésre. Egy 2006-ból származó adatsor szerint a 4,2 millió lakásból 2,5 millió családi ház, amelyekből 1,8 millió ház energetikai minősége (átlagos U értéke) legalább 2,6-szor gyengébb, mint a jelenleg érvényes követelményérték. [Medgyasszay, 2007; 7/2006 TNM] Ezen épületek jellemzően statikailag jó állapotúak, vidéki, vagy kisvárosi környezetben, szabadonálló beépítéssel találhatók meg.

A cikk egy Magyarországon nemrég óta használt anyag, a szalmabála egyes felhasználási lehetőségeit mutatja be. Elméletileg lehetséges és a szalmabálák alkalmazása egyégt épületszerkezetekben (pl. padlásfödém), azonban terjedelmi korlátok miatt ezen kérdéssel jelen cikkben nem foglalkozom. A szalmabála mint építőanyag civil szervezetek kezdeményezésére a 2000-es évek elején jelent meg az építőiparban. Az első megvalósult épületek tapasztalati azt mutatták, hogy építőanyag környezeti előnyei mellett (jó hőszigetelő képesség, hulladékanyag használat, CO₂ raktározás, stb.) megfelelő épületszerkezeti tervezéssel az anyag kezdeti hátrányai is kiküszöbölhetők (éghetőség, bomlás, rágszál veszély). Elkészült továbbá egy szalma-bála fal hazai tüztesztje 2008-ban, ami az építetők és a hatóság felé is egyfajta garanciát jelent a szerkezet alkalmazhatóságára. [ÉMI, 2008] A szerző által vezetett építész iroda 2007 óta számos épület tervezésében és kivitelezésében vett részt. A tapasztalatok alapján azonosíthatók a technológiai fejlesztés irányai, valamint a szélesebb elterjedés gátjai.

2. Esettanulmányok

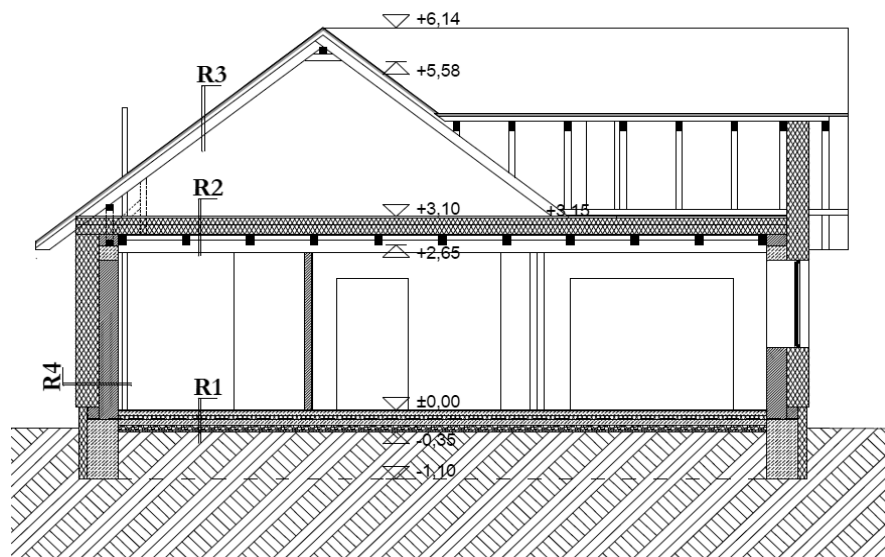
A szalma-bála alkalmazásának építőipari lehetőségei. A hazai gyakorlat, valamint szakirodalom alapján a szalmabálák építőipari felhasználásának több területe határozható meg. A bálák beépíthetők új épületeként 1) falakba a) tartószerkezeti, vagy b) kitöltő jelleggel; 2) födémekbe; 3) padlószerkezetbe; 4) tetőtér határoló szerkezetekbe, vagy használhatók meglévő épületek 5) falainak; 6) födémének hőszigetelésére. [Medgyasszay, Novák, 2006]

A továbbiakban csak az 5) falak utólagos hőszigetelésnek lehetőségeivel foglalkozom.

Családi ház Mányban. A bemutatott példában a hőszigetelés igazából a falazattal együtt épült, de a szerkezet kialakítása az utólagos hőszigeteléssel analóg. A ház tartószerkezete 30 cm vastag Porotherm téglából épült. A vasbeton koszorúra fafödém és fa fedélszerkezet került. A falazatra került 35 cm vastag szalmabála hőszigeteléssel együtt a fal U értéke $0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékű lett. (1. ábra)

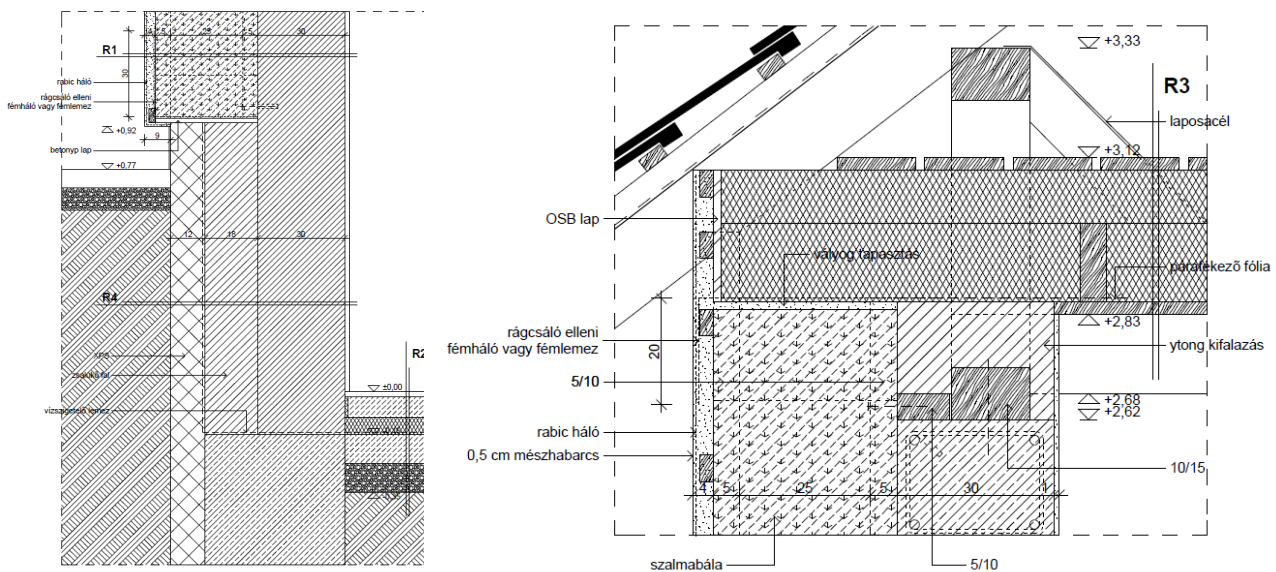
A tetőszerkezet a szokásosnál magasabban került kialakításra, hogy a fal és a padlásfödém vastag hőszigetelő rétegei teljes vastagságban tudjanak találkozni. (Ebben az esetben a padlásfödémbe két rétegben, összesen 25 cm vastagságban kőzetgyapot hőszigetelés került betervezésre.)

A ház érdekessége, hogy a lejtős terepbe illeszkedés miatt a szalmabála fal változó magasságból indult. Ahol szükség volt rá, a vízszigetelés felhajtatásával és a lábazati hőszigetelés kiemelésével mindenhol legalább 30 cm-re elemeltük a szalmabála szigetelést a talajtól, megvédve a felszíni vizektől és a hótól a nedvességre érzékeny szerkezetet. A falak vályogvakolattal vakoltak.



1. ábra: Mányra épült, szalmabálával hőszigetelt épület keresztmetszete [Medgyasszay, 2010a]

A szalmabála elemeket nem lehet a vakolható hőszigetelésekhez analóg módon rögzíteni a falszerkezethez. A 35 cm vastag elemekhez nem kapható gazdaságos rögzítődübel, illetve a bálák nem egyenmértűek, mint az ipari termékek, így az vakolat felhordása gondot okozna. A szalmabálákat egy létravázhoz közé kell rögzíteni, amely létravázat a szalmabálák és a külső vakolat terheinek viselése érdekében az alapra fel kell ültetni, és a szarufákhoz fel kell kötni. (2-3. ábra)



2-3. ábra: Szalmabála elemek rögzítésének alsó (2) és felső (3) csomópontja [Medgyasszay, 2011]

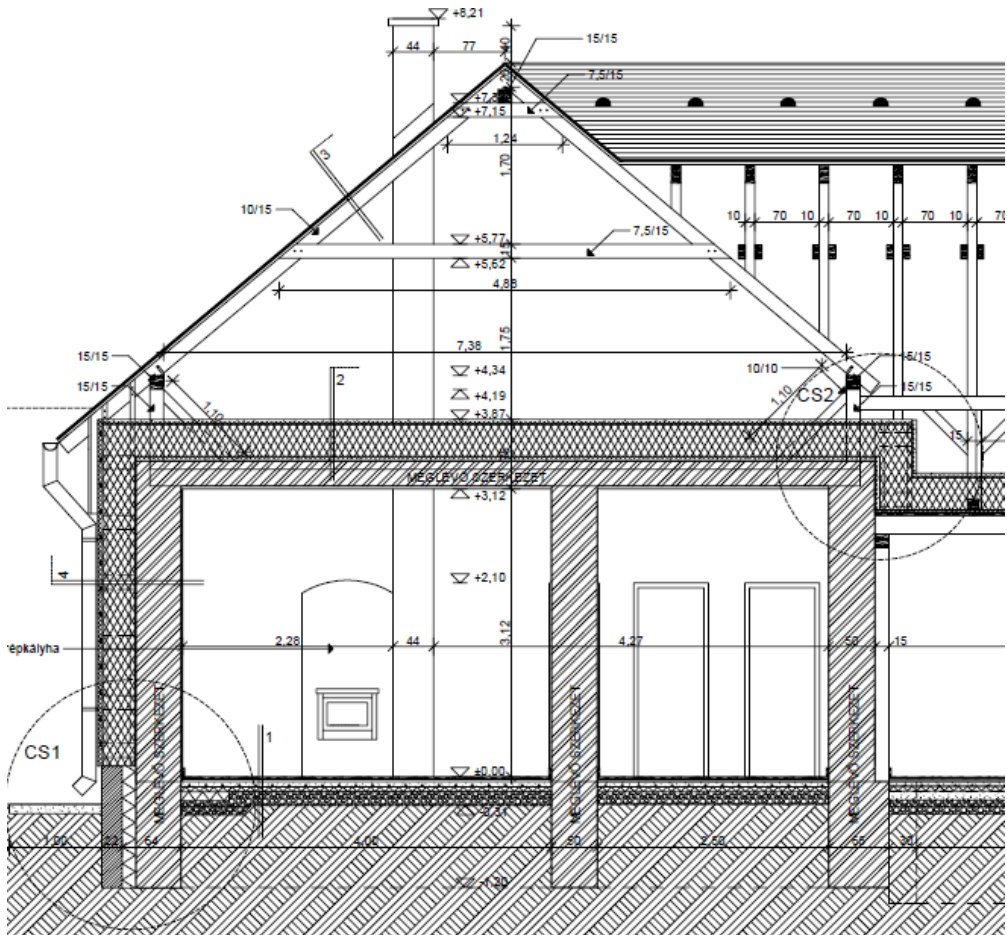
Családi ház Nyíregyházán. A bemutatott épület Nyíregyháza kertvárosi elővárosában helyezkedik el. A tervezési feladat egy meglévő vályogtégla falú épület hőszigetelésére és bővítésére irányult, szalmabála elemek használatával. A meglévő falazatra 35 cm vastagságban szalmabála hőszigetelés került, ami a fal U értékét a kezdeti $1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékről $0,15$ értékre javította. (Az épület bővítését 50 cm vastagságú nem teherhordó szalmabála falszerkezetként készítették el, amely szerkezet U-értéke $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$) A falazat vastagítására, azonban az alapozás mellett és a tető túlnyúlása miatt is új kiegészítő szerkezeteket kellett létesíteni. (4. ábra.)

Az alap és a lábazat mellett a fal hőszigetelő képességével közel azonos teljesítményű, 15 cm vastag függőleges XPS polisztirol anyagú hőszigetelés került elhelyezésre, amit 20 cm vastag beton felfalazás véd a mechanikai sérülésektől. Az XPS szigetelés csökkenti az épület talaj felé irányuló hőveszteségét, míg a kiemelés lehetővé teszi a szalmabála falak felszíni nedvességektől való védelmét.

A tető rossz állapota miatt annak elbontásáról döntött a megrendelő. Így lehetővé vált a tető magasításával hőhidmentes geometria kialakítása. Ellenkező esetben a hőszigetelés vastagsága a fal és padlásfödém csatlakozásában jelentősen lecsökkent volna, ami a belső térben a penészesedéshez vezethet.

A szalmabála hőszigetelés mind a falon, mind a padlásfödemen 3 cm vályogvakolatot és 0,5 cm mészhabarc vakolatot kapott, amely rétegek a felületi védelem mellett a tűzvédelmet is biztosítják a szerkezetnek. A rágcsálók által leginkább támadott területekre (lábazat, födém-fal csatlakozás, stb.) a vakolat alá fémlemezt került beépítésre.

A megvalósult épület illeszkedik a környezetébe, a szalma-bála hőszigetelés nyomai a ház külső képén alig láthatók. (5. ábra.)



4. ábra: A meglévő épületrész felújítását bemutató metszet [Medgyasszay, 2010b]



5. ábra A megvalósult épület előtérben a meglévő utcai épületrésszel [Foto: Márton Révész]

3. A pozitív és negatív tapasztalatok összegzése

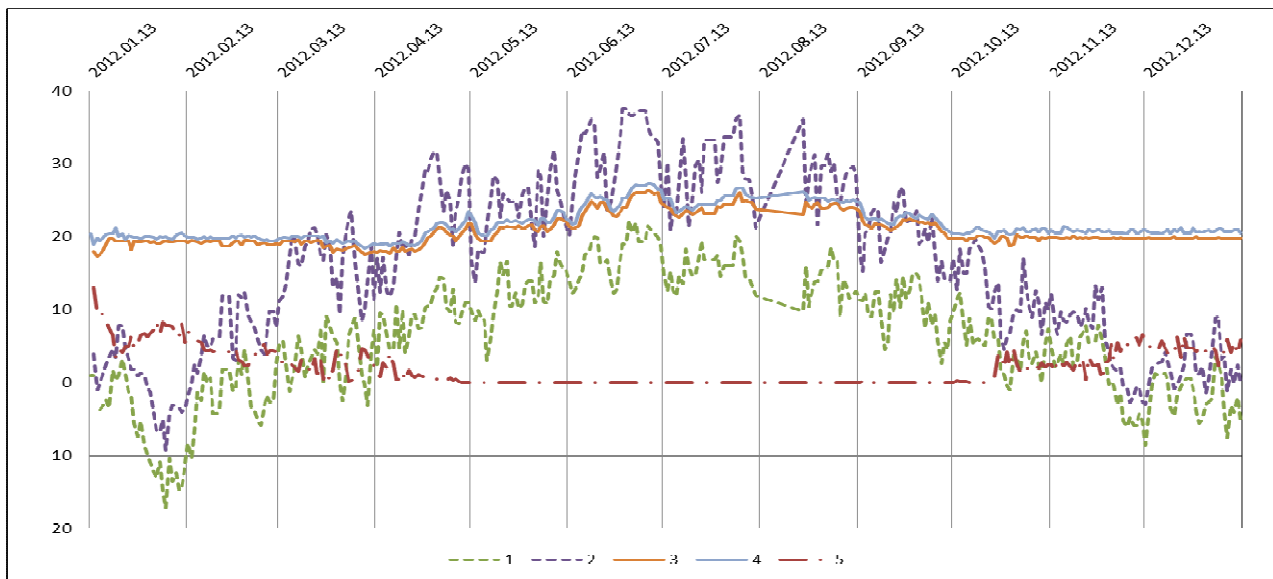
Pozitív tapasztalatok. Mind a bemutatott, mind a megvalósult, de a cikk terjedelmi korlátai miatt nem ismertetett épületek számos pozitív tapasztalattal szolgáltak.

Elsőként a hőszigetelő képességet kell kiemelni. Az épületek használata során, az előzetes számításokkal összhangban, nagyon alacsony energiafogyasztást mértek a tulajdonosok. Az engedélyezési tervben az épület energetikai minőségét a 7/2006 TNM rendeletben leírt „egyszerűsített” módszerrel számoltunk. Tervezési módszereink továbbfejlesztése során az utóbbi években alacsony energiaigényű házaknál már csak részletesebb módszerrel számolunk, mivel más épületek kapcsán arra a megértésre jutottunk, hogy az egyszerűsített módszer nem alkalmas ilyen esetekben. Az egyszerűsítések miatt ugyanis olyan eltérések lesznek a számított érték és a mért értékek között, ami túlmutat a mérnöki pontosság körén. Részletesebb módszerrel számolva, a benapozási nyereségek égtáj szerint várható értékének figyelembe vételével és a fűtési hőfokhíd és fűtési idényhossz számításával a valósághoz jobban közelítő adatokat lehet számítással meghatározni. Az engedélyezési tervnél továbbá kétrétegű üvegezéssel számoltunk, azonban a kivitelezés során háromrétegű üvegezésű nyílászárókat tudott az építető beépíteni. A cikk kapcsán elvégeztem a megvalósult épület részletesebb energetikai számítását (fent említett tényezők részletes számításával), hogy tapasztalatokat gyűjtsék a számítási modell helyességéről. Az energetikai számítás a következő eredményeket adta az épület összesített energetikai mutatójára: egyszerűsített számítás esetén számított fogyasztás 79,7 kWh/m²a (52,9 kWh/m²a nettó fűtési igény mellett), míg részletes módszer esetén 64,2 kWh/m²a (37,5 kWh/m²a nettó fűtési igény mellett).

A Mányi házon a tulajdonos által végzett adatgyűjtés alapján a fűtési idény ugyan nem lett lényegesen rövidebb, mint általában, azonban az éves gázfogyasztás lényegesen alacsonyabb, mint átlagos házak esetén. A 2012-ben április 18-án fűtöttek tavasszal utoljára a házban és ősszel először október 27-én indították el a gázkazánt. (6. ábra) A tulajdonos által gyűjtött adatok alapján 2012. június 06-a és 2014. június 7-e között a 120 m²-es ház fűtésére és használati melegvíz igényének kielégítésére 1346 m³ gáz fogyott. 9,45 kWh/m³ átváltási arányszámmal számolva ez 53 kWh/m²a bruttó fogyasztást jelent. Ebben az értékben ugyan nincs benne a gépészeti berendezések üzemeltetéséhez szükséges elektromos segédenergia, azonban az érték lényegesen alacsonyabb a közel-nulla igényű épületek Magyarországra jelenleg javasolt értékénél (családi házak esetén 80 kWh/m²a). [Zöld, 2013] Az épületbe kondenzációs gázkazán, radiátoros hőleadók és napkollektoros használati melegvíz rásegítő rendszer lett beépítve, így az épület primer energiafogyasztása kb. 59 kWh/m²a. (Az 53 kWh/m²a gázfogyasztás primer energia átváltozó száma 1, míg a gépészeti rendszerre jellemző kb. 2,5 kWh/m²a elektromos segédenergia átváltási száma 2,5)

A mért értékből kimutatható 59 kWh/m²a érték alacsonyabb, mint a 7/2006 TNM rendelet egyszerűsített módszerével számítható 79,7 kWh/m²a illetve részletes módszerével számítható 64,9 kWh/m²a érték, így a számítási modell (pl. szalmabála hőszigetelés hővezetési értéke) biztonsággal használható.

További pozitív tapasztalat, hogy a Mányi épület tulajdonos által gyűjtött adatai alapján az épület a nyári klímára is jól működött. Az épület a legmelegebb időszakokban is 10 °C-kal csökkentette a külső hőmérsékletet, a belső térben 26 °C fölötti hőmérséklet nagyon rövid ideig tudott kialakulni. (6. ábra)



6. ábra Külső és belső hőmérsékletek, illetve a gázfogyasztás alakulása a mányi háznál (1: Minimális külső hőmérséklet [°C]; 2: Maximális külső hőmérséklet [°C]; 3: Minimális belső hőmérséklet [°C]; 4: Maximális belső hőmérséklet [°C]; 5: Gázfogyasztás [m³]. Adatokat gyűjtötte Pechán Gergely, a mányi ház tulajdonosa.)

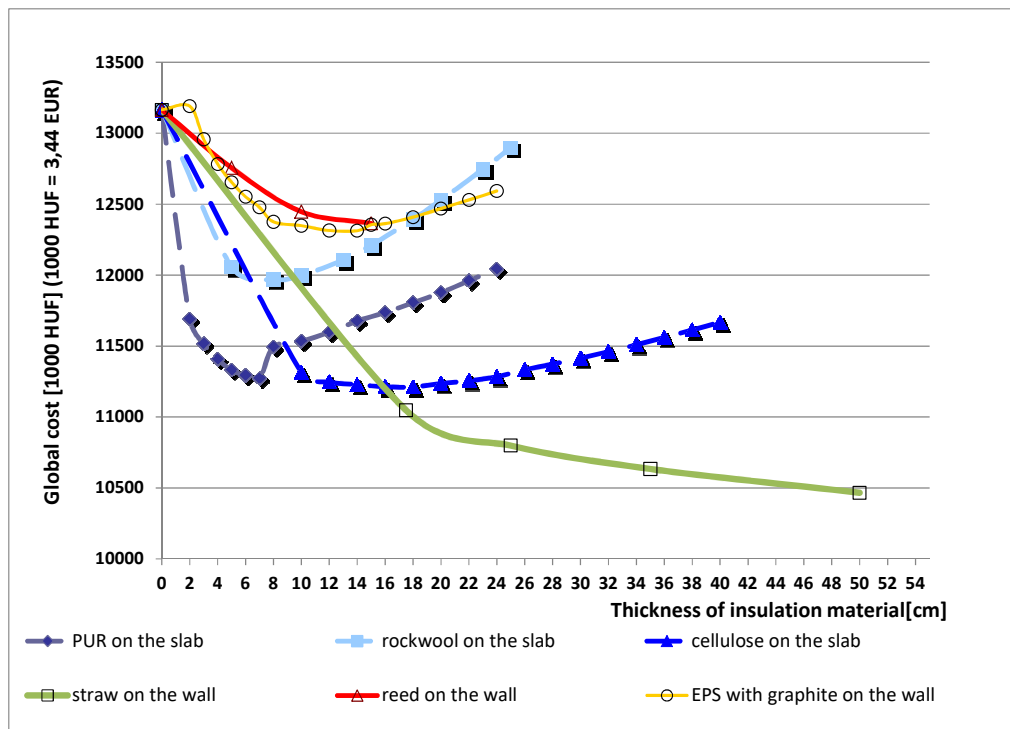
Egerek, egyéb rágcsálók belső térben való jelenlétéről a tulajdonosok nem számoltak be.

A külső falon statikai, vagy párafeldúsulásból eredeztethető probléma nem jelentkezett.

A szalmabála falnak átnedvesedése, elmozdulása nem volt tapasztalható.

A szalmabála falak utólagos hőszigetelése még 50 cm vastagságban is költséghatékonyak tekinthető a jó hőszigetelő képességnek és a technológia alacsony bekerülési költségének köszönhetően. (7. ábra) Egy hasonló geometriájú meglévő családi ház energetikai korszerűsítési lehetőségeit vizsgálva jól mutatja az ábra, hogy a födémek szigetelése (PUR on the slab; rockwool ont he slab; cellulose ont he slab) jellegében kedvezőbb, mint a falak hőszigetelésére használt megoldások (pl. EPS with grafit ont he wall). A 30 éves életciklusra számított „globális költségek” optimum pontja 300-1100 eFt-tal alacsonyabb, mint falszigetelések esetén. Ennek oka, hogy a zárófödémre helyezhető szigetelés bekerülési költsége lényegesen alacsonyabb, mint falazatok hőszigetelése, ugyanakkor a potenciális energia megtakarítás hasonló léptékű, tehát összes költséget tekintve hatékonyabb megoldások. Az egyes technológiák önmagukban történő gazdaságossági vizsgálatán túlmenően fontos, hogy milyen szerkezeti vastagságban található a gazdasági optimum pont. Azonos hővezetési képességű anyagok esetén ugyanis minél nagyobb hőszigetelés vastagsághoz mutatható ki a költség optimum pont, az épület energetikai minősége annál kedvezőbb lesz.

A görbék közül nagyon más jelleget mutat a fal szalmabálával történő hőszigetelése. Ebben az esetben ugyanis jelentős használati energia megtakarítási potenciál van a szigetelés vastagsága miatt (szemben pl. a kis vastagságban használható nád szigeteléssel), ugyanakkor a technológia bekerülési költsége nagyon alacsony más megoldásokhoz viszonyítva, így globális költséget tekintve kiemelkedően jó megoldás.



7. ábra A falak szalmabálával történő hőszigetelése (straw on the wall) több vizsgált falazati és padlás hőszigetelési lehetőséghez a legköltséghatékonyabb megoldás [2]

Negatív tapasztalatok. Egy negatív tapasztalatról a Nyíregyházi ház tulajdonosa számolt be. A kert felé eső oromfalán, ahol a tornác, illetve a túlnyúló eresz nem tudta megvédeni a falat vakolattartási problémák jelentkeztek. A felnedvesedett vályog és a mészvakolat az anyagok eltérő duzzadási alakváltozása miatt elváltak egymástól, a vályogvakolatra új, több rétegű vékonyan felhordott mészfestést kellett elhelyezni.

Az épületek engedélyezése továbbá meglehetősen nehézkes. A szalmabálát nem építési terméként gyártják. A gyártó azonosítása, felelősség-vállalásának mértéke nem bejárattott. A korábbi években létrejött szalmabála szabvány (MSZE-3576-2) és az új termékrendelet (275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelete) megkönnyíti ugyan a szalmabálák beépítését, de még mindig több önkormányzat idegenkedik a technológia engedélyezésétől.

4. Konklúzió

A falak szalmabálával történő szigetelése energia és költséghatékony megoldás. Körültekintő tervezéssel a szerkezet védelme külső hatásnak erősen kitett helyeket leszámítva jól megoldható. A technológia fejlesztése szükséges a vakolattartási problémák minden szituációban történő megoldására, mivel csak a megfelelően védett szalmabála tekinthető hosszú távon energia és költséghatékony megoldásnak.

BME-Magasépítési tanszékének LOW-Tech munkacsoportja jelenleg két projektet indít a feltárt hiányosságok kiküszöbölésére, szalmabála építőelemek új épületekben és felújítások esetén történő minősített terméként történő alkalmazására.

Irodalomjegyzék

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

ÉMI: Vizsgálati jegyzőkönyv a kétoldali agyagvakolattal ellátott szalmabála kitöltésű, nyílás nélküli falszerkezet tűzállósági vizsgálatáról. Témaszám: M-110/2008.

Medgyasszay Péter, Novák Ágnes, Föld- és szalmaépítészet, Terc Kiadó. Budapest, 2006.

Medgyasszay Péter (et. al): A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia háttéranyagaként az éghajlatváltozás csökkentése és az alkalmazkodás lehetőségei az épített környezet alakításával. Independent Ecological Center, Budapest, 2007.

Medgyasszay Péter Mányra épület családi ház engedélyezési terve, Belső Udvar Építész és Szakértő Iroda, 2010.

Medgyasszay Péter, Nyíregyházára épült családi ház részleges kiviteli terve, Belső Udvar Építész és Szakértő Iroda, 2010.

Medgyasszay Péter, Mányra épület részleges kiviteli terve, Belső Udvar Építész és Szakértő Iroda, 2011.

Medgyasszay Péter, Szalay Zsuzsa: Optimization of building envelope components based on life cycle environmental impacts and costs, Advanced Material Research 899: pp. 93-98. (2014)

Wesselink, Bart (et. al.): Energy Savings 2020, 2010.

<http://www.roadmap2050.eu/attachments/files/EnergySavings2020-FullReport.pdf>

Zöld, A. (et.al): A közel nulla energiafogyasztású épületek követelményrendszerének illesztése a költség optimum számítások eredményeihez, Debreceni Egyetem, 2013.