



**Szalmaház  
tervezési koncepciók  
és  
építési rendszerek kifejlesztése  
építésökölógiai és építésbiológiai elvek mentén**

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

szerző: Igaz Titusz, okl. építészmérnök

témavezető: Dr. Lakatos Gyula

DEBRECENI EGYETEM

Természettudományi és Műszaki Tudományi Doktori Tanács

Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola  
Debrecen, 2025.



Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi és Műszaki Tudományi Doktori Tanács, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola Alkalmazott ökológia programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi/műszaki doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából. Nyilatkozom arról, hogy a tézisekben leírt eredmények nem képezik más PhD disszertáció részét.

Debrecen, 2025. 06. 13.

.....

Igaz Titusz

Tanúsítom, hogy Igaz Titusz doktorjelölt 2009 – 2012 (2025) között a fent megnevezett Doktori Iskola Alkalmazott ökológia programjának keretében irányítással végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Nyilatkozom továbbá arról, hogy a tézisekben leírt eredmények nem képezik más PhD disszertáció részét.

Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2025. 06. 13.

.....

Dr. Lakatos Gyula



**Szalmaház tervezési koncepciók és építési rendszerek kifejlesztése  
építésökölógiai és építésbiológiai elvek mentén**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében

a környezettudományok tudományágban

Írta: Igaz Titusz okleveles építészmérnök

Készült a Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál doktori iskolája

(Alkalmazott ökológia programja) keretében

Témavezető: Dr. Lakatos Gyula

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Dr. ....

tagok: Dr. ....

Dr. ....

A doktori szigorlat időpontja: 20... . . . . .

Az értekezés bírálói:

Dr. ....

Dr. ....

A bírálóbizottság:

elnök: Dr. ....

tagok: Dr. ....

Dr. ....

Dr. ....

Dr. ....

Az értekezés védésének időpontja: 20... . . . . .



## TARTALOMJEGYZÉK

1.	Rövidítések jegyzéke.....	- 10 -
2.	Bevezetés és célkitűzések.....	- 11 -
2.1.	Bevezetés.....	- 11 -
2.2.	Célkitűzések .....	- 12 -
2.2.1.	Szalmaház tervezési koncepciók kifejlesztése .....	- 12 -
2.2.2.	Szalmaház építési rendszerek kifejlesztése .....	- 13 -
2.2.3.	Szalmaházak csomóponti részletmegoldásainak kifejlesztése .....	- 13 -
2.2.4.	Szalmaházak építése, tesztelése, fejlesztése .....	- 13 -
3.	Áttekintés.....	- 14 -
3.1.	Irodalmi áttekintés .....	- 15 -
3.2.	Hazai szalmaházak szakmai szervezetek és jogi háttér áttekintése .....	- 16 -
3.3.	Külföldi szalmaházak szakmai szervezetek és jogi háttér áttekintése ..	- 20 -
4.	Kutatási módszerek .....	- 22 -
4.1.	Kvalitatív módszerekkel szerzett hazai tapasztalatok .....	- 24 -
4.2.	Kvalitatív módszerekkel szerzett külföldi tapasztalatok .....	- 25 -
4.3.	Szalmaház tervezői építészmérnöki tevékenység módszertana.....	- 26 -
4.3.1.	Teljes életciklusra építésÖKOLógiai és építésBIOLógiai elvek mentén tervezett autoNÓM megoldásokat alkalmazó és egész évre OPTimalizált ENergiagazdálkodási és hőKOMfort Konceptió alkalmazása szalmaházakra (ÖKOBIONÓM + OPENKO = ECOBIONOM).....	- 27 -
4.3.2.	Tervezés és kutatás során alkalmazott szoftverek .....	- 28 -
4.4.	Szalmaházak kivitelezésével összefüggő mérnöki tevékenység módszertana.....	- 28 -
4.5.	Szalmaházak használati, működési tapasztalatainak mérése.....	- 30 -
5.	Eredmények és értékelésük .....	- 30 -
5.1.	Teljes életciklusra építésÖKOLógiai és építésBIOLógiai elvek mentén tervezett autoNÓM megoldásokat alkalmazó és egész évre OPTimalizált ENergiagazdálkodási és hőKOMfort koncepció (ÖKOBIONÓM + OPENKO = ECOBIONOM) kifejlesztése szalmaházak tervezésére és építésére .....	- 33 -

5.1.1. ECOBIONOM 1 - Teljes életciklus szemléletű építőanyag és épületszerkezet választás szalmaházakra optimalizálva.....	- 34 -
5.1.2. ECOBIONOM 2 - Építésökológiai elvek alkalmazása szalmaháztervezés során .....	- 36 -
5.1.3. ECOBIONOM 3 - Építésbiológiai elvek alkalmazása szalmaháztervezés során .....	- 38 -
5.1.4. ECOBIONOM 4 - Autonóm megoldások alkalmazása szalmaháztervezés során.....	- 41 -
5.1.5. ECOBIONOM 5 - Napjáráshoz és környezethez optimalizált épülettájolás és nyílászáró elhelyezés szalmaháztervezés során .....	- 47 -
5.1.6. ECOBIONOM 6 - Környezet – és energiatudatos alaprajzi és tömegformálás szalmaházakra optimalizálva.....	- 51 -
5.1.7. ECOBIONOM 7 - Transzparens nyílászáró szerkezetek egész évre optimalizált üvegezési rendszerének kiválasztása, árnyékolásának megoldása, társítható szerkezetek megvizsgálása szalmaháztervezés során.....	- 54 -
5.1.8. ECOBIONOM 8 - Fokozott hőszigetelésű fal, födém vagy tetőszerkezetek alkalmazása szalmaháztervezés során.....	- 61 -
5.1.9. ECOBIONOM 9 - Hőhidas megoldások alkalmazásának minimalizálása, elkerülhetetlenségük esetén a hőhidak hatásának csökkentése szalmaháztervezés során.....	- 64 -
5.1.10. ECOBIONOM 10 - Hőburkon belül alkalmazott szerkezetek hőtárolási lehetőségeinek maximalizálása és egész évre optimalizált padló-alap-lábazat kialakítási koncepció alkalmazása szalmaházak esetén .....	- 66 -
5.1.11. ECOBIONOM 11 - Frisslevegő bevezetés optimalizálása szalmaházak esetén.....	- 69 -
5.1.12. ECOBIONOM 12 - Passzív és megújuló energia alapú fűtési - hűtési lehetőségek megvizsgálása szalmaháztervezés során.....	- 73 -
5.1.13. ECOBIONOM 13 - Megvalósíthatóság elemzése, különös tekintettel a szalmaspecifikus engedélyeztetési és kivitelezéstechnikai szempontokra ...	- 75 -
5.2. Kisméretű szalmabála építőelemek felhasználásával készülő fal-, födém- és tetőrendszer kifejlesztése .....	- 77 -
5.3. Előregyártott fal- és tetőelemekből álló szalmaház rendszer kifejlesztése.....	- 81 -
5.4. Nagyméretű kockabálák felhasználásával készülő szalmaház építési rendszer kidolgozása .....	- 83 -

5.5.	Plusz energiás ház kifejlesztése dupla sorban alkalmazott kisméretű szalmabála építőelemek felhasználásával készülő fal- és tetőrendszerrel.....	- 86 -
5.6.	Alap-lábazat megoldások kifejlesztése szalmabála építőelemek felhasználásával készülő házakhoz.....	- 89 -
5.7.	Fal-födém-tető kapcsolatok szerkezeti megoldásainak kifejlesztése szalmabála építőelemek felhasználásával készülő házakhoz .....	- 92 -
5.8.	Nyílászáró szerkezetek beépítési megoldásainak kifejlesztése szalmabála építőelemek felhasználásával készülő házakhoz .....	- 94 -
6.	Diszkusszió.....	- 95 -
7.	Új tudományos eredmények.....	- 98 -
8.	Összefoglalás.....	- 99 -
9.	Summary .....	- 103 -
10.	Köszönetnyilvánítás .....	- 108 -
11.	Irodalomjegyzék.....	- 109 -
12.	Függelékek .....	- 113 -

## 1. Rövidítések jegyzéke

**BREEAM** - Building Research Establishment's Environmental Assessment Methodology (Építéskutatási Intézet Környezeti Minősítési Módszertana)

**BIM** – Building Information Modelling

**CO<sub>2</sub>** – szén – dioxid

**DIY** – Do It Yourself = csináld magadnak (barkács mozgalom, szemlélet)

**ECOBIONOM** = **ÖKOBIONÓM** + **OPENKO** – Teljes életciklusra építés~~ÖKOL~~ógiai és építés~~BIO~~ológiai elvek mentén tervezett auto~~NÓM~~ megoldásokat alkalmazó és egész évre **OPT**imalizált **EN**ergiagazdálkodási és hő~~KOM~~fort koncepció alkalmazása szalmaházakra

**ÉAOP** - Észak-Alföldi Operatív Program

**EKA** – Energia és Környezet Alapítvány

**ÉMI** – Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nkft

**EPBD** – Energy Performance of Buildings Directive (Épületenergetikai Irányelv)

**ESBG** – European Straw Bale Gathering (Európai Szalmaépítő Találkozó)

**ESBA** – European Strawbuilding Association (Európai Szalmaépítők Egyesülete)

**ESG** – Environmental (környezeti), Social (társadalmi), Governance (irányítási) (fenntarthatósági értékelési szempontrendszer)

**HMV** – Használati MelegVíz

**LCA** – Life Cycle Assesment = Teljes Életciklus Elemzés

**LEED** - Leadership in Energy and Environmental Design (Vezető az energiahatékony és környezettudatos tervezésben)

**MSZE** – Magyar SZalmaépítők Egyesülete

**OTÉK** - 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az Országos Településrendezési és Építési Követelményekről

**PIR** – poliizocianurát (nedvességálló keményhab hőszigetelés)

**RAL** - Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen

**STEP** - Straw bale building Training for European Professionals (Európai Hivatásos Szalmaépítő Képzés)

**TÉKA** - 280/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet a Településrendezési és Építési Követelmények Alapszabályzatáról

**XPS** – extrudált polisztirol (nedvességálló zárt cellás polisztirol hab hőszigetelés)

## 2. Bevezetés és célkitűzések

### 2.1. Bevezetés

Építészmérnökként hamar felismertem a szakma, és saját magam, felelősségét a globális léptékű környezetterhelés, a klímaváltozás kapcsán. Arra is rájöttem, hogy ez a felelősség, ha vállaljuk, akkor óriási lehetőségét is jelent egyben, hiszen ha megfelelő döntéseket hozunk, akkor sokat tehetünk azért, hogy a Föld bolygót jobb helyé tegyük. Azokat az épületeket, amiket most építünk az EUROCODE (egységes európai tartószerkezeti szabványok) szerint jellemzően 50 éves időtartamra tervezzük, tehát a következő, rendkívül kritikus időszakra nagyon jelentős a hatása annak, hogy milyen épületek készülnek. Az épületek létrehozására fordított energia és erőforrásigény, a választott építőanyag és technológia függvényében, és annak környezeti hatásai azonnal jelentkeznek (Cao et al., 2016), az épület üzemeltetésének, karbantartásának, majd végül az elbontásának hatásaival pedig a következő évtizedekben szembesülünk majd. Manapság jellemzően az energiahatékonyság került még csak a döntéshozók és a szakmabeliek fókuszába, holott a minél gyorsabb dekarbonizáció érdekében legalább olyan fontos, vagy talán még fontosabb lenne, hogy az építéssel/felújítással járó környezetterhelést is csökkentsük, hiszen ha erre nem ügyelünk, akkor a hosszú távú előnyök ellenére is rövid távon további jelentős környezetterhelést idézünk elő.

Épített környezetünk alakítása ugyanakkor nemcsak a CO<sub>2</sub> mérleget befolyásolja, hanem a természeti környezettel való kölcsönhatásai, ökológiai aspektusai is rendkívül fontosak. Arról sem szabad megfeledkezni, hogy az időnk legnagyobb részét épületeinkben töltjük (Lányi Erzsébet, 2010), ezért építésbiológiai szempontból is rendkívül fontos, hogy milyen életteret biztosítanak számunkra. Mára közismert tény, hogy az utóbbi időben általánosan használt, túlnyomó többségében mesterséges építőanyagok nagy egészségügyi kockázatot jelentő kipárolgásokkal árasztják el az épületek belső légtereit (Samudro et al., 2022). Ezáltal a benne élőknel nagy számban tapasztalt tünetek miatt meg is született a „beteg épület szindróma” („sick building syndrome”) fogalma, napjainkban pedig új (még nem igazán ismert következményekkel fenyegető) veszély leselkedik ránk, az egyre jobban felhalmozódó mikroműanyagok formájában (Torres-Agullo et al., 2022).

Amikor a szalmaházazas építési rendszereket megismertem, akkor egyből megláttam a bennük rejlő lehetőségeket. Minél többet kutattam a témát, minél többet tudtam meg a léterhozásukról és működésükről, annál inkább felismertem, hogy a fent vázolt problémák mindegyikére nagyon hatékony és környezetbarát megoldást kínálhatnak. A szokásos építőanyagokhoz képest jelentősen kisebb beépített energiát tartalmaz (Li et al., 2023), kiváló hőszigetelő képességének köszönhetően tökéletesen alkalmas energiahatékony épületek létrehozására, természetes alapanyagai révén egészséges belső életteret biztosít, életciklusa végén pedig nagyrészt visszaforgatható a

természetbe, így nem hagyva maga után nagy mennyiségű nehezen kezelhető hulladékot. Ezen kiváló tulajdonságok miatt találtam kutatásra különösen alkalmasnak a témát. Szerettem volna gyarapítani az ismereteimet a szalmaházak működéséről, saját tapasztalatokat szerezni és ismereteket megosztani, hogy mind szakmabeliek, mind laikusok, mind döntéshozók körében ismertté és kedvező választási opcióvá váljon ez a rendkívüli potenciállal rendelkező építési módszer, technológia.

## 2.2. Célkitűzések

A szalmaházak kutatása során, a fent részletezett szempontok különös figyelembevételével, hamar felismertem, hogy számos előnyös tulajdonságának köszönhetően ígéretes potenciál rejlik ebben az építőanyagban, építési rendszerben. A témában elmélyedve, első sorban a hazai helyzetre koncentrálnak, azt találtam, hogy elterjedésének fő gátja a technológia ismeretlensége, és ebből származik az összes többi nehézség is, úgymint a szakmabeliek idegenkedése és a jogi környezet kialakulatlanlansága (Igaz et al., 2011).

Kutatásaim megkezdésekor első célkitűzésem tehát a rendelkezésre álló ismeretanyag szintetizálása és kiértékelése volt. A disszertációm írásának áttetelezen az is célja, hogy gyarapítsa és ráirányítsa a figyelmet a témával kapcsolatos ismeretekre.

Fő és végső célkitűzésem a doktori munkám során a szerzett és továbbfejlesztett ismeretek gyakorlati alkalmazása, új megoldások kifejlesztése és sikeres tesztelése. Okl. építészmérnökként nem is lehetett más a célom, mint innovatív szalmaház tervezési és építési gyakorlatok alkalmazása valós tervezési és kivitelezési munkák során.

A disszertációm során tehát az elméleti és gyakorlati ismeretek, tapasztalatok alapján a legjobb tudásom szerint kívánom bemutatni, hogy hogyan jutottam el a jelenlegi megoldásokig. Nem rejtem véka alá azok hátrányait sem és a további fejlesztési lehetőségek és irányok kijelölésére is kísérletet teszek.

### 2.2.1. Szalmaház tervezési koncepciók kifejlesztése

Tervező építészmérnökként leghatékonyabban tervezési tevékenységemen keresztül tudok hatást gyakorolni, így kézenfekvő célnak ígérkezett a környezet- és energiatudatos tervezési módszerek, majd fókuszáltan szalmaház tervezési rendszerek megismerése és fejlesztése. Hazai és külföldi tapasztalatokat tovább gondolva és kifejezetten szalmaházakra adaptálva kívántam saját tervezési koncepciókat,

szalmaház tervezési rendszert kidolgozni. Kezdetől fogva az építésökölógiai és építésbiológiai elvek fokozott figyelembevételével kívántam a tervezési módszertant kidolgozni.

### 2.2.2. Szalmaház építési rendszerek kifejlesztése

A szalmaház tervezési koncepciók felhasználásával szalmaház építési rendszerek kifejlesztését céloztam meg. Előképként természetesen használva a világszerte megvalósuló példákat, de a hazai viszonyokra optimalizálva és az általam kidolgozott módszertant követve képzeltem az építési rendszerek kidolgozását. A kisméretű bálák felhasználásával készülő házak világszinten a legelterjedtebbek, először én is ezekben kívántam elmélyedni. Ehhez részben kapcsolódó, de építési módszerét tekintve speciális verziójának tekinthetők az előre gyártott szalmaházaz rendszerek, melyekben rejlő potenciált mindenképp alaposabban vizsgálni kívántam. Másik érdekes irányvonalnak találtam a nagyméretű bálák felhasználási lehetőségeit, mely irányba külföldi előképek nyomán indultam. Az egyre növekvő energetikai követelmények tették egyre aktuálisabbá ezeket a megoldásokat, akárcsak a logikai úton felmerülő több sorban alkalmazott kisbálás megoldásokat. Mérnökként az építési rendszerek kifejlesztése nem képzelhető el csupán elvi (terv) szinten, csakis gyakorlatban is megépülő formában. Az építési rendszerek kifejlesztését tehát valós projekteken keresztül kívántam megvalósítani.

### 2.2.3. Szalmaházak csomóponti részletmegoldásainak kifejlesztése

A részletmegoldások kidolgozása nem képzelhető el a tervezési koncepciók és valós építési rendszerek, konkrét projektek nélkül. A csomópontok kidolgozását tehát csakis a megfelelő elvek és konkrét projektek mentén kívántam végezni.. Olyan építési rendszerek esetén, amelyek sok újszerű/innovatív megoldást tartalmaznak, nem várható el a kivitelezőktől és szakmunkásoktól, hogy részletes tervek nélkül építsék meg. Fontos célként tűztem ki tehát, hogy az összes építési rendszerhez, azon belül is a legkritikusabb/legfontosabb részekhez olyan részletes megoldásokat dolgozzak ki, amelyek alapján megfelelő minőségben valósíthatók meg az épületek.

### 2.2.4. Szalmaházak építése, tesztelése, fejlesztése

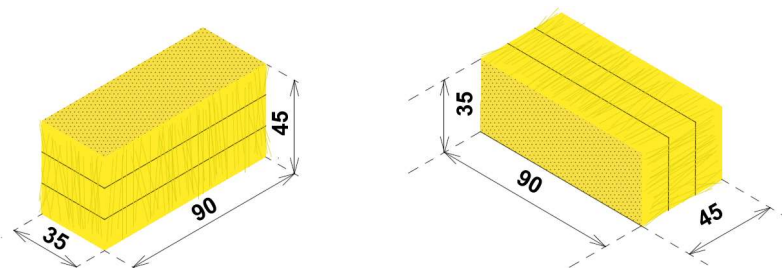
Ahogy korábban is említettem, építészmérnökként a megvalósult, megépült ház a végső cél. Disszertációm fő célja is az, hogy a megfelelő tervezési elvek mentén,

megfelelően kifejlesztett építési rendszereknek köszönhetően jól működő házak épüljenek fel. A megfelelőséget természetesen a folyamat során ellenőrizni kell, elkészülte után tesztelni és értékelni szükséges. Céлом volt tehát, hogy a tervezési módszertan alkalmazásával, a fentebb is említett építési rendszerekből minél többet alkalmazhassak valós körülmények közt. Ehhez a tervezésen túl természetesen a kivitelezésben való hathatós közreműködés is szükséges. Célként tűztem ki tehát minél több kivitelezési folyamat követését és a tapasztalatok gyűjtését mind az építés, mind a használat során. A tapasztalatok kiértékelése és a megoldások fejlesztése, a tervezési módszertan és az építési rendszerek, valamint részletmegoldások folyamatos jobbítása is végig fontos cél volt.

### 3. Áttekintés

Az EU-n belül az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának majdnem feléért épületeink felelősek, melyből 36 százalékpont az épületek üzemeltetéséhez kötődik, további 11 százalékpont az építőanyag gyártáshoz és ártalmatlanításhoz (Broer et al., 2022). Függetlenül attól, hogy globális szinten vagy hazánkban vizsgáljuk ugyanezt, a tanulmányok szerint szennyezések rendkívül jelentős hányadéért okolhatók épületeink (Pérez-Lombard et al., 2008), ezért tartom rendkívül fontosnak azon megoldások kutatását, melyekkel ezen javítani lehet.

A korábban épült házak esetében az üzemeltetéshez felhasznált összenergia jóval meghaladja az épületek létrehozására fordított energiát (Szalay et al., 2022). Ahogy viszont napjainkban javulnak az épületek energetikai tulajdonságai, úgy nő a szerepe a beépített energiának is. Nem elég tehát energiatudatosnak lenni, hanem az egyéb környezeti hatásokra is figyelni kell. Egy igazán környezettudatos háznak kicsi az ökológiai lábnyoma is. Teljes életciklusuk alatt tehát csak olyan háznak alacsony a környezetterhelésük, melyeknek nem csak az üzemeltetése gazdaságos, hanem a gyártásához sincs szükség sok energiára (Medgyasszay, 2007) (Igaz et al., 2011). Így első sorban az újrahasznált, újrahasznosított és a természetes alapanyagú épületek jöhetnek szóba. Disszertációmban az utóbbiakkal foglalkozok részletesebben, azon belül is kiemelten a szalmabálák (1. ábra) felhasználásával készült épületekkel.



**1. ábra.** Kisméretű szalmabálák sematikus rajza jellemző méretek és szálirány ábrázolásával. (saját grafika)

A manapság általánosnak mondható építőanyagok és abból készülő épületszerkezetek, úgymint a beton, vasbeton, égetett kerámia, polisztirol, acél, alumínium, üveg stb., teljes életciklusukra vetítve nagy környezetterheléssel járnak (Chen et al., 2022). Ezzel szemben a természetes anyagok, mint a fa, vályog és a szalmabála jóval csekélyebb mértékben terhelik környezetünket. Épületeinket, épített környezetünket nem csak a klímaváltozás szempontjából érdemes vizsgálni, hanem egyéb környezetszennyező hatások és a belső életterek minősége szempontjából is, melyekre szintén kitérek a későbbi fejezetek során.

### 3.1. Irodalmi áttekintés

A szalmaházak történetével számos könyv és cikk foglalkozik, hiszen számos országban építettek már szalmaházat (Sun et al., 2023). Magyar nyelven is található szakirodalom erről, bár jóval kisebb számban. Mivel kutatásom nem a szalmaházak történetére, hanem építészeti – épületszerkezeti és ökológiai aspektusaira fókuszál, ezért csak röviden írok erről, akárcsak a szalmaházak általános tulajdonságairól, melyeknél a disszertáció megértése szempontjából szükséges szintre szorítkozok. Bizonyos (nem általános, hanem speciális kérdéseket érintő) irodalmi hivatkozásokat jobbnak ítélem az eredmények tárgyalásakor, a konkrét problematika felmerülésekor tárgyalni, így ezen fejezetekben található meg.

A legelső szalmaházak Nebraskában készültek a 19. század végén (Barzellay Ferreira Da Costa et al., 2022), miután a bálázó gépek feltalálásának köszönhetően felismerték, hogy a bálákat téglakötés-szerűen egymásra rakva és levakolva nagyon jól működő házak építhetők. (Igaz et al., 2011) A legelső ilyen házak közül néhány még a mai napig is áll, akárcsak ez egyik legelső ismert (1921-ben épület) európai szalmaház a franciaországi Montargisban (Cornaro et al., 2020). Érdekesség, hogy a legelső nebraskai típusú házakban a báláknak teherhordó szerepe volt, fa vázszerkezet nélkül épületek. A kezdeti szalmaházak próbálkozások később, az iparosított technológiák megjelenésével, háttérbe szorultak, és csak az 1970-es évek olajválságai után a 80-as években, amikor az energiatudatosság kérdésköre előtérbe került, kezdték újra reneszánszukat élni Amerikában és Nyugat Európában. Hazánkban is készülhettek már ekkortájt szalmaházak, de az első publikált szalmaház csak a 2000-es években épült.

A szalmaházak számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, kiváló hőszigetelő képességük alkalmassá teszi őket energiatudatos épületek létrehozására (Tlajji et al., 2022b), természetes alapanyaguk és kiváló szorpciós tulajdonságaik lévén egészséges belső légállapotot tudnak biztosítani (Koh and Kraniotis, 2021), tesztelt tűzállóságuk biztonságossá (Zingoni, 2013) (Apte et al., 2008), megfelelő kialakításuk tartóssá teszik őket (Tlajji et al., 2022a) (Li et al., 2023).

Az utóbbi években leginkább, mint energiahatékony építési rendszer került a figyelem középpontjába (Yin et al., 2023) (Bo et al., 2023). Sok helyen épültek passzívház követelménynek megfelelő épületek (Moreno-Rangel, 2020), melyek jól mutatják, hogy a szalmaházak komoly minőségi követelményeknek is megfelelnek és hosszú távon is jó eredményeket produkálnak (Marincioni and Bradshaw, 2023).

Népszerűségük másik fő oka természetességükben rejlik. Mióta sok mesterséges építőanyagról kiderült, hogy egészségkárosító kipárolgásokkal terhelik az épületek belső légtérét (Igwe et al., 2023), azóta egyre inkább renenszánshukat kezdik élni a hagyományos/természetes építőanyagok, melyek hosszú évszázadok, sőt évezredekig szolgálták az embereket hajlékaikban. Bővebben az 5.1.3. fejezetben írok majd az építésbiológia és szalmaházak kapcsolatának kérdésköréről.

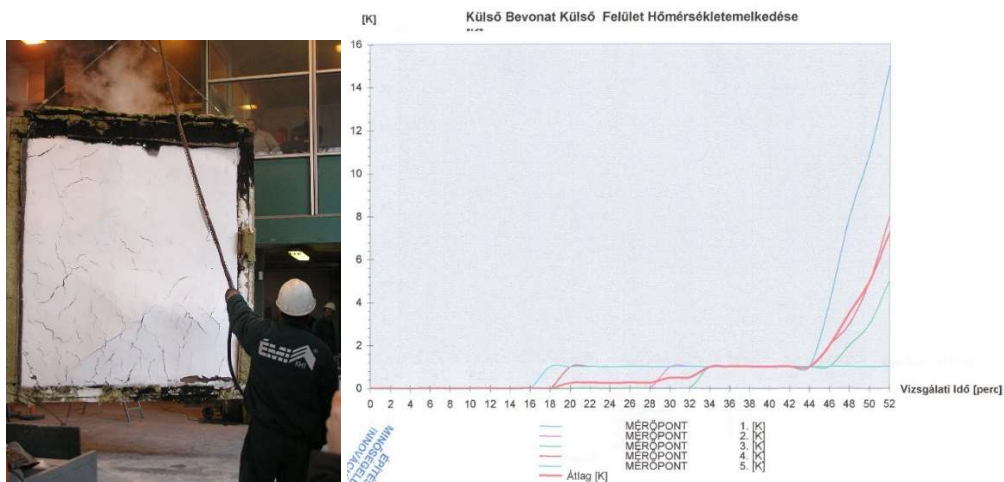
### 3.2. Hazai szalmaházak szakmai szervezetek és jogi háttér áttekintése

Bár az utóbbi időben egyre több publikáció foglalkozik a szalmaházakkal, mégis, főleg eleinte, az a benyomásom alakult ki, hogy a témában való elmélyüléshez a szakirodalom ismerete mellett a szalmaházakhoz kapcsolódó szervezetek és jogi környezet megismerése is ugyanolyan fontos. A témához kötődő legaktuálisabb események, hírek és fejlesztések ugyanis jellemzően nem (vagy nemcsak) egyetemi közegekben, hanem civil szervezetek, magán és céges rendezvények kapcsán zajlottak, így szakmai együttműködések, rendezvények során voltak beszerezhetőek.

A témában 2002-ben publikált először átfogóbb írásos művet Novák Ágnes „Építés szalmabála felhasználásával” című egyetemi/főiskolai jegyzetben, ami később megjelent könyv formában. Átdolgozott és kibővített tartalommal Medgyasszay Péter társszerzővel együtt 2006-ban jelent meg a „Föld- és szalmaépítészet” című könyv (Medgyasszay Péter et al., 2006). Ezek a művek nagyban segítették a téma hazai köztudatba emelését. Beszámoltak például hazánk első publikált szalmaházának építéséről is, amely Sárospatakon készült 2000-2001-ben. Azóta egyébként talákoztam olyan építővel, aki saját bevallása szerint már 1986-1987 -ben, egy másik 1996-ban építkezett szalmabálák felhasználásával. Lehetnek további elszigetelt próbálkozások is, amikről nem tudunk, de az biztosnak látszik, hogy az ezredfordulóig számottevő mennyiségű szalmaház nem készült Magyarországon. Magyar nyelven azóta is csak egy újabb könyv jelent meg a témában „Szalmabála-építés: elméleti alapok, szerkezetek, példák” címmel (Minke et al., 2012), amely első sorban külföldi szalmaházak példákön keresztül mutatja be a szalmaházakban rejlő lehetőségeket.

Az E-misszió Természet és Környezetvédelmi Egyesület és az **EKA** (Energia és környezet Alapítvány), sok más tevékenysége mellett, már a 2000-es években felkarolta a szalmabála építészet témáját. Népszerűsítő előadások és bemutatók mellett komoly érdemeket szereztek hazánk első **ÉMI**-ben végzett hivatalos

tűztesztjének (2. ábra) 2008-as megvalósulásában is. Rendszeresen tartanak szalmaépítészeti elméleti és gyakorlati képzéseket, melyeken nekem is többször volt alkalmam előadóként közreműködni. 2025-re több mint 30 000 főt számláló érdeklődő közösséget hoztak létre. Sikeres tevékenységeik nyomán a szalmaépítészet hazai és külföldi fejleményeit folyamatosan nyomon lehet követni.



**2. ábra.** ÉMI-ben 2008-ban végzett tűzteszt. Balra: A próbafal kinézete a sikeres teszt végén. (saját fotó). Jobbra: A tűztől mentett (külső) oldal hőmérsékletváltozása a teszt során. Jóval a megengedett határértéken belül teletsített. (forrás: tűzteszt jegyzőkönyve)

Ami a jogszabályokat illeti, még korábban a **3/2003.(I.25.) BM-GKM-KvVM** együttes rendelete nyomán olyan jogi környezet alakult ki hazánkban, ami megnehezítette a természetes építőanyagból készített házak engedélyeztetését, ami akkoriban több hazai szalmaépítészeti projekt megghiúsulásához is vezetett. Építetői és szakmai érdeklődés egyaránt mutatkozott a szalmaházak iránt, egy ilyen csoportosulás eredményeképp született meg 2009-ben a Magyar Szalmaépítők Egyesülete (**MSZE**), melynek jómagam is alapító, majd elnökségi tagja lettem. Az Egyesület fő célja a szalmaépítészet hazai népszerűsítése mellett a jogi környezet rendezése volt.

A nehézségek ellenére ekkoriban született meg hazánk mindmáig legnagyobb szalmaházazas épületegyüttese Balmazújvárosban a Nagyszík (Bíbic) látogatóközpont demonstrációs épülete 505 m<sup>2</sup>-es alapterülettel és szállásépülete 1127 m<sup>2</sup>-es aalapterülettel (Medgyasszay, 2019).

2011-ben, nem kis részt az **MSZE** tevékenységének is köszönhetően, meg is született egy Belügyminisztériumi állásfoglalás (13. melléklet), mely a természetes építőanyagok beépíthetőségét, mint egyedi termékeket, lényegében részletes gyártmányterv elkészítéséhez kötötték. Ezzel, és a már korábban elkészült tűzteszttel együtt, sokat javult a hazai jogi környezet, az engedélyeztetési eljárások zömében elhárult az 1-2 szintes szalmaházazak építészjogi akadálya. Közben az **MSZE** évente

szervezett nagy érdeklődésre számot tartó konferenciákat, melyek segítettek többek számára megismerni ezt a technológiát.

Újabb pozitív fejleményként 2012-ben hazánkban *Vályog falazóelemek és szalmabála építőelemek követelményeiről* előszabvány is készült, melynek 2. része a *Szalmabála építőelemekről* (MSZE – 3576-2) szól. A szabvány megalkotásában közreműködő bizottságban volt szerencsém aktívan közreműködni, így első kézből ismerem a tartalmát és megszületésének körülményeit. Ez tovább segítette a tervezőket és kivitelezőket, így már szabványos megoldásokat tervezhettek/építhettek be, egyúttal tovább erősítette a szalmaházak elfogadottságát is.

A szabványosítási folyamat utóéleteként 2016-2019 között *Építésügyi Műszaki Irányelvek* kerültek kidolgozásra, melyek közül az egyik *Szalmabála falazatok minősítése* címmel íródott. Az irányelv elfogadásáért felelős Építésügyi Műszaki Szabályozási Bizottság tagjaként volt lehetőségem részt venni a folyamatban.

A jogalkotók idő közben 2013-ban a **275/2013. 2. § 11.)** rendeletben jogszabályba foglalták a természetes építőanyagokat, köztük a szalmát is név szerint felsorolva az alábbiak szerint:

*Hagyományos vagy természetes építési termék: ismert és gyakorolt hagyományos eljárással előállított, az előállítás körzetében helyi felhasználásra szánt, fa, terméskő, föld, agyag, vályog, nád, szalma és más természetes vagy növényi anyagok és az ezekből jellemzően nem sorozatban gyártott építési termékek,*

Eközben az építészek legalapvetőbb jogszabályában, amit szakmai körökben egyesek „építész bibliaként” is szoktak emlegetni, a **275/2013. (OTÉK)** rendeletben is egyre nagyobb hangsúlyt kaptak a fenntarthatósági elvek:

#### IV. Fejezet

### ÉPÍTMÉNYEK LÉTESÍTÉSI ELŐÍRÁSAI

#### ÁLTALÁNOS ELŐÍRÁSOK

*(3) Az építménynek meg kell felelnie a rendeltetési célja szerint*

- a) az állékonyság és a mechanikai szilárdság,*
- b) a tűzbiztonság,*
- c) a higiénia, az egészség- és környezetvédelem,*
- d) a biztonságos használat és akadálymentesség,*
- e) a zaj és rezgés elleni védelem,*
- f) az energiatakarékosság és hővédelem,*
- g) az élet- és vagyónvédelem, valamint*

## ***h) a természeti erőforrások fenntartható használata***

Ahogy látható, a 8 fő szempont közé bekerült a **fenntarthatóság** is, melyet az 56/B. § alatt az alábbiak szerint részletez a jogszabály:

### *Természeti erőforrások fenntartható használata*

**56/B. §** *Az építmény és annak részeinek tervezése, megvalósítása és bontása során törekedni kell az alábbi fenntarthatósági szempontokra:*

- a) egészséges, a káros anyagoktól mentes belső környezet, a használók kellemes közérzetét biztosító belső kialakítás,*
- b) racionális energiafelhasználás, az energia visszanyerés és a megújuló forrásokból származó energia alkalmazása, az épületgépészeti berendezések energiahatékony üzemeltetése,*
- c) a takarékos vízfelhasználás, a csapadék, a talajvíz, és a szürkevíz hasznosításának lehetősége, vagy a vízfelhasználás hatékony csökkentésére kialakított megfelelő szerelvények alkalmazása,*
- d) a fenntartható építőanyag felhasználás, amely törekszik a helyi vagy helyben gyártott építőanyagok betervezésére, a bontott építőanyagok szakszerű újrafelhasználására,*
- e) a környezetszennyezés csökkentése, különös tekintettel a fény- és zajszennyezés mérséklésére, a káros anyagok kibocsátásának és a természetes vizek szennyezésének csökkentésére vagy megszüntetésére,*
- f) az ökológiai értékek védelme, amely magában foglalja a védett természeti területek és értékek megóvását, az épített környezet és az élővilág harmóniájának megteremtését, és*
- g) az életciklus vizsgálata.*

A fenti elvek igazán dicséretesek és előre mutatók, tapasztalatom szerint viszont az általános szakmai szemléletbe és gyakorlatba egyáltalán nem épületek be. Addig, amíg a jogszabályok nem tartalmaznak konkrétan és számon kérhetően megfogalmazott követelményeket és szankciókat, addig sajnos ezek az elvek csak elvek maradnak. Az épületenergetikai követelményeket szabályozó törvények (176/2008. (VI.30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról és 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet) is csak az épületek üzemeltetésére fordított energiára fókuszálnak, a teljes életciklus szemlélet sajnos nem képezi jelenleg részét, bár az éppen aktuális EU-s direktíva (2024/1275 EU irányelv) szerint ebben 2030-tól változások várhatók.

Az építési jog területén jelenleg (2024-2025-ben) is éppen jelentős változások zajlanak, többek között az **OTÉK** is gyökeres átdolgozáson esett át, és **TÉKA** néven válik a szakma új Testamentumává.

Az OTÉK-ban korábban is benne lévő fenntarthatósági elvek szerencsére a TÉKÁ – ba is belekerültek. Érdeemes megemlíteni viszont, hogy belekerült a természetes építőanyagok definíciója is:

*161. természetes építőanyagok: olyan természetes alapanyagokból – különösen föld, sár, agyag, vályog, szalma, kender, nád, gyékény, fa, terméskő vagy cellulóz – készülő építési termékek, amelyek az alapanyagból építőanyaggá alakítási, gyártási folyamat során minimális felhasznált energiával, kémiai átalakítás nélkül készülnek, és amelyeknek a teljes élelciklusra vizsgált környezetterhelési hatása a gyártás, használat, elbomlás, újra felhasználás során elhanyagolható;*

A természetes anyagokhoz kapcsolódóan bekerült a jogszabályba egy újszerű, ösztönző jellegű szabály is, mely értelmében döntően természetes alapanyagok felhasználásával készülő lakó és szálláshely rendeltetésű épületek esetén a szokásosnál 20 %-al nagyobb beépítési érték engedhető meg. Ez egyfelől eliminálja ezeknek a házaknak jellemzően nagyobb szerkezeti vastagságából eredő nagyobb beépítési %-ot eredményező hátrányait, másfelől elismeri és jutalmazza ezeknek az alacsonyabb környezetterhelését, továbbá kritikus helyzetekben (amikor a beépítési % szorítja az építetöt) a természetes megoldások irányába terelheti az embereket. Úgy gondolom, hogy ez egy igazán jó példa, amelyből többre lenne szükség, hogy ne csak elvileg legyenek a szabályok és a jövőnk fenntarthatóbb, hanem gyakorlatilag is.

### 3.3. Külföldi szalmaházak szakmai szervezetek és jogi háttér áttekintése

A külföldi szalmaházak szervezetek munkáját kezdettől fogva követtem, így hamar kiderült számomra, hogy Európában vannak olyan országok, ahol már sokkal előtünk tartanak, különleges példákat és előre mutató kutatásokat lehetett látni, különösen Angliában, Franciaországban és Németországban.

Személyesen először 2011-ben egy EU-s Leonardo da Vinci partnerségi pályázat előkészítő találkozója kapcsán nyílt lehetőségem találkozni 10 másik európai ország (Anglia, Franciaország, Németország, Belgium, Hollandia, Olaszország, Portugália, Szlovákia, Ausztria és Spanyolország) szalmaépítő szervezeteinek képviselőivel. A találkozó elsődleges célja egy 2 éves partnerségi együttműködés előkészítése volt, de ennél is fontosabb kapcsolatokat sikerült kialakítani, és a többi ország által megosztott tapasztalatokból rengeteg tudást, inspirációt és motivációt tudtam meríteni.

Ugyanebben az évben vettem részt Csehországban az **ESBG**-n (European Straw Bale Gathering), vagyis az évente megrendezésre kerülő Európai Szalmaépítők Találkozásán, ahol minden évben összegyűlik Európa szalmaépítő krémje. Előadások, kiállítások és kerekasztal beszélgetések során volt lehetőség információhoz jutni, tapasztalatot cserélni, kapcsolatot építeni.

Közvetlenül az ESBG után, ugyanúgy Csehországban, Bouzov mellett szerveztek egy **BBBB (Big Bale Building Basics)** nevű műhelymunkát, ahol egy nagybálás teherhordó szerkezetű építményt hoztunk létre.

A kialakult kapcsolatoknak és egy sikeres pályázatnak köszönhetően 2013-2015 között sikerült bekapcsolódnunk az európai szalmaépítő szervezetek munkájába, ezáltal sok európai ország szalmaépítési tapasztalataiba, eredményeibe nyerhettem betekintést. A '2013-1-DE-2-LEO-04-16102-1' számú EU-s Leonardo da Vinci partnerségek program keretein belül egy egységes képzési anyag kidolgozását vállaltuk a következő szervezetekkel együttműködve:

1. FASBA, Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V., Artilleriestrasse 6, 27283 Verden, Germany

2. RFCP, Les Compailleurs, Réseau Français de la Construction en Paille, Liffernet, 46100 Lunan,

France

3. RCP, Red de Construcción en Paja, Doctor Fajames 44, 03204 Elche, Spain

4. Strawbuild, Sedum Cottage, Owen Street, Pennar, SA 72 6SL Pembroke Dock, UK

5. ASBN, Austrian Straw Bale Network, Baierdorf 6, 3720 Ravelsbach, Austria

6. SBN, StroBouw Nederland, Paukenkamp 45, 3607 GC Maarsen, Netherlands

7. ArTUR, Architektura pre Trvalo Udrzatelny Rozvoj, Hruby Sur 237 90301, Slovakia

#### **8. Magyar Szalmaépítők Egyesülete, Joka u. 14, 5650 Mezőberény, Hungary**

9. Compalha, Associação para a Bio Construção com Materiais Naturais em Portugal, Rua Abade Faria N°40, 3°D, 2725-476 Mem Martins, Portugal

A projekt keretében szervezett találkozók során jó példákat tekintettünk át, közösen dolgoztunk egy egységes képzési rendszeren. A sikeres közös munka során felmerült egy Európai Szalmaépítő Szervezet létrehozásának igénye, hogy egységesen képviselhesük európai szinten a szalmaházás érdekeket.

Az **ESBA (European Straw Building Association)** alakuló ülésére, résztvétellel együtt 2016. januárban sor is került a következő országok szalmaépítő szervezeteinek képviselőivel: Szlovákia, Ausztria, Portugália, Németország, Magyarország, Lengyelország, Olaszország, Spanyolország, Franciaország, Egyesült Királyság és Hollandia.

A fentebb ismertetett események és szervezetek révén betekintést nyerhettem a legtöbb európai ország szalmaépítését szabályozó jogi környezetébe. A disszertáció

szempontjából a hazánkon kívüli jogszabályok részletezése nem igazán releváns, ezért csak általános érvényű tapasztalatokról számolok be. Kutatásaim kezdetén (2005-2010) 3-4 európai országban volt még csak rendezett a jogi környezet, több ország hazánkhoz hasonló problémákkal küszködött, az engedélyeztetés terén akadtak változó mértékű nehézségek. Bár Európai Unió országáról beszélünk, lényegében azonos EU-s elveken és rendeleteken alapuló jogszabályi keretéről, mégis nemzetenként eltérő értelmezés és alkalmazás volt tapasztalható. A szalmabálás építési rendszerek műszakilag és jogilag megalapozott használatához a hatóságok rendszerint olyan hivatalos teszt eredményeket vártak/várnak el, melyek az alapvető műszaki paramétereiket (hőszigetelő képesség, tűzállóság, beépítési szabályok stb.) adják meg. Némely országban elfogadták a másikban készült eredményeket, de rendre az volt a jellemző, hogy az országok zömében egyenként is el kellett készíteni a helyi elvárásoknak megfelelő vizsgálatokat, vagy legalább egy részüket.

Az **ESBA** létrejöttének célja többek közt az országonként felhalmozott tudás összegzése, közös, hatékonyabb fellépés lehetőségének megteremtése, kutatási, pályázati lehetőségek követése és koordinálása.

Az Európán kívüli szalmaépítészeti fejlemények kapcsán személyes tapasztalataim nincsenek ugyan, de szakirodalmi forrásokból is jól látható, hogy a Világ minden tájékán található szalmaházak kezdeményezések.

#### **4. Kutatási módszerek**

A disszertációm során legnagyobb arányban a „Research by design” módszert követve jutottam eredményeimhez. A szalmaházak tervezési és kivitelezési munkái során szerzett ismeretek rendszerezésével és strukturálásával alkottam meg tervezési módszertanomat, szalmaház építési rendszereimet és az azokhoz használt jól bevált csomóponti részletterveket.

Kutatási témám jellegéből és mérnök voltomból adódóan leginkább alkalmazott kutatási tevékenységet folytattam. Kvantitatív és főleg kvalitatív módszerekkel szereztem kellő mélységű ismeretet és tapasztalat a hazai és a külföldi szalmaházak kapcsán, majd újszerű tervezési módszereket és műszaki megoldásokat alkalmazva végeztem kísérleti fejlesztéseket. A fejlesztések eredményeit teszteltem és esettanulmányok keretein belül értékeltem.

Az építészeti tervezés értelemszerűen interdiszciplinális tevékenység, hiszen a mérnöki ismereteken (anyagismeret, matematika, fizika stb.) túl művészi, jogi, gazdasági, sokszor pszichológiai és egyéb ismeretek bizonyos szintű használatát is megköveteli. A környezet- és energiatudatos építészet megértéséhez nélkülözhetetlen az építésökológia, az épületfizika, az épületkémia és épületbiológia megértése is. A

különböző tudományágaknál logikus módon különböző kutatási módszerek alakultak ki és váltak be.

Gyakorló építészmérnökként tulajdonképpen minden egyes tervezési projekt kvalitatív kutatással, az építetővel folytatott mélyinterjúval indult, mely során az elképzelések, igények és lehetőségek alapos feltárása történt meg, aminek eredményeképp a tervezési program, majd később maga az épület is megszületett.

A tervezés folyamata rendkívül összetett, rengeteg szempont összehangolását igényli. A szokásos tervezési elvek mellett a környezeti – fenntarthatósági elveket kiemelten középpontba állítva gyakorlatilag konceptuális kutatás keretein belül láttam neki saját tervezési koncepcióm megalkotásának, ami eredményeképpen született meg az **ECOBIONOM** (alaposan kifejtésre kerül a későbbi fejezetekben), melyet az ismeretek és tapasztalatok folyamatos gyarapodásával lépésről-lépésre fejlesztettem tovább.

A tervezéshez gyakran az építőanyagok (más vagy saját) anyagvizsgálati módszereivel szerzett paramétereire volt szükség. Épületfizikai modellezéssel és számításokkal kerültek meghatározásra az épületenergetikai tulajdonságok. Szerkezeti analízisre van szükség a megfelelő statikai modellek megszületéséhez, esetenként terhelési próbákat is kellett végezni (pl. nagyméretű bálák nyomásteresztje vagy előregyártott panelek elemeinek törésteresztje).

Az elkészült tervek alapján megépült első házakat prototípus fejlesztések eredményeinek is tekinthetjük, melyek folyamatos továbbfejlesztése által születtek meg a bevált építési rendszerek. Ehhez persze mások és a saját projektek esettanulmány jellegű kielemezésére is szükség volt.

Eredményeim megszületéséhez akciókutatás jellegű tevékenységem is hozzájárult, hiszen nem csak a tervezésbe és kivitelezésbe, de a szalmaházak terjedésének és elfogadtatásának alakulására kihatással lévő jogi és társadalmi tevékenységekbe is belefolytam.

Összességében megállapítható tehát, hogy disszertációban ismertetett eredmények megszületéséhez olyan kombinált módszertant használtam, mely során először szakirodalmi, esettanulmányi és személyes tapasztalati úton szereztem és elemeztem ismereteket, amit követett a koncepcióalkotás és tervezés, majd a prototípusok létrehozása, amit mérésekkel, személyes és használói tapasztalatokkal validáltam, majd a folyamat indult újra előlről, hogy a tanulságok és új ismeretek birtokában tovább tökéletesíthető legyen. Ezzel a módszerrel elérhető az egyre javuló, aktuális körülményekhez jól idomuló, ám abszolútnak egyáltalán nem tekinthető eredmény.

#### 4.1. Kvalitatív módszerekkel szerzett hazai tapasztalatok

A kutatásaim megkezdése során először a kvalitatív módszerek alkalmazását részesítettem előnyben.

Nagy esetszámok (melyek eleinte nem is igen álltak rendelkezésre) elemzése helyett a mélységi elemzésre, tapasztalásra helyeztem a hangsúlyt. A kutatási témámmal összefüggő cikkeket, eseményeket, konferenciákat, műhelymunkákat (workshopokat), összefogásokat kerestem, hogy testközelből szerezhsek minél több információt, tapasztalatot a környezet- és energiatudatos építészet, különösen a szalmaházak hazai helyzetéről, jogi környezetéről, megépült példákról, elkészített tanulmányokról stb. A hazai szalmaházak eseményekbe való bevonódással a kezdeti megfigyelői és elemzői pozícióból fokozatosan kutatói, fejlesztői, alkotói pozícióba kerültem.

A hazai majd később a nemzetközi szalmaházak szakmai életbe egyfajta akciókutatás jelleggel folytam bele. Az **MSZE** alapítása, majd a benne való tevékenykedés folytán volt lehetőség megismerni a téma iránt elkötelezett szakértőket. Sokféle aspektusból jártuk körbe a szalmaházak témáját, nemcsak építészeti, hanem jogi, környezetvédelmi, gazdaságossági vagy éppen egészségügyi szempontból is kielemeztük.

„Szalma az építészetben” címmel konferencia sorozatot is indítottunk, melyet 5 esztendőben is megrendeztünk. Ezek az események is kiváló lehetőséget biztosítottak a hazai és külföldi aktualitások megismerésére, szélesebb körben való terjesztésére. A részt vevők és előadók közti párbeszéd szintén rengeteg hasznos információval szolgált, visszatükrözve az aktuális véleményeket, tévhiteket, gyakran ismétlődő kérdéseket, és persze az ezekben bekövetkező változásokat. A kutatásokat nemcsak mint megfigyelő, hanem az eseményeket befolyásoló tényezőként is megjelentem.

Az **EKA** által szervezett elméleti és gyakorlati „szalmabála építészeti képzések” is rengeteg hasznos tapasztalásnak és tevékenységnek voltak a színterei.

A disszertáció szempontjából gyakorló építészmérnöki tevékenységem volt a legfontosabb. Szalmaház tervező építészként hasznosak voltak az érdeklődőkkel, építetőkkel való egyeztetések. A tervezési folyamat elején megalkotandó „tervezési program” gyakorlatilag egy mélyinterjú elkészítése során születik, mely legtöbbször 1-2 személyes, néhány telefonos és számos e-mail üzenet formájában bonyolódik le. A tervezési folyamat során hosszú hónapokig további folyamatos egyeztetések jellemzőek, melyek a kivitelezés közben is jellemzően folytatódnak. Nem ritka, hogy egy megvalósult szalmaház a tervezésen-rajzoláson, műszaki, szakági és jogi tennivalókon túl akár az építetővel átbeszélte több száz óra és üzenetváltás eredményeképpen születik meg. Ez idő alatt elég alapos képet lehet kapni a szalmaházak iránt nyitott emberek igényei, elképzelései és hozzáállása kapcsán.

Természetesen általánosítani nem lehet, de mintázatokat megfigyelni igen. Gyakorlatilag módszertant kellett kidolgoznom és működtetnem nemcsak a tervezésre, hanem annak egyéb részfolyamataira is, mint az építtetővel és a kivitelezőkkel való kommunikáció.

Akarva akaratlanul a jogi és szabályozói környezetbe is betekintést kellett nyernem. Az engedélyeztetési és kivitelezési kérdések kapcsán az építésügyi és építésfelügyeleti szervekkel való közreműködés szintén a napi rutin része, mely nem kerülhető meg egy olyan kutatási téma esetén, ahol hatósági engedélyekhez és szabályokhoz kötődik a kutatás tárgyának létrehozása, vagyis az épületek megvalósítása.

A szabványalkotói majd Műszaki Irányelv készítési munkába való bekapcsolódás szintén rendkívül tanulságos volt, korábban nem tapasztalhattam meg, hogy hogyan lehet a műszaki és jogi szempontoknak és követelményrendszereknek egyaránt megfelelő szöveget alkotni. A szakirodalmi aktualitások mellett a szabványosítás világát, és a jogi nyelvezetet is alkalmazni kell a sikeres tevékenységhez.

Hamar felismertem, hogy az ismeretek, a tapasztalatok fejlesztésének ugyan sikeres módja a saját kutatások végzése, de nem mindig a leghatékonyabb. Ha más által már megszerzett tudáshoz/tapasztalathoz sikerül hozzáférni, akkor sok időt és energiát lehet megtakarítani.

Külföldön, ezen belül is Európában, különösen Franciaországban, Angliában, Ausztriában és Németországban sok mindenben előttünk jártak már akkor (is) a szalmaházak fejlesztése, alkalmazása terén, így hamar felmerült az igényem arra, hogy az ottani tapasztalatok megismerése, kapcsolatépítés során tegyek szert nagyobb lendületre és tudásra.

#### 4.2. Kvalitatív módszerekkel szerzett külföldi tapasztalatok

Bár a szakirodalom tanulmányozásával, kvantitatív jellegű kutatásokkal sok információhoz lehet jutni, de be kellett lássam, hogy a téma szempontjából érdekes ismeretek és tapasztalatok egy részéhez nem, vagy csak sokkal később lehet publikációkon keresztül hozzájutni. A 3.3 pontban említett EU-s Leonardo project kapcsán lehetőségem nyílt bekapcsolódni az európai szalmaépítő szervezetek munkájába, ezáltal sok európai ország szalmaépítési tapasztalataiba, eredményeibe nyerhettem közvetlen betekintést. Az együttműködés idején online is folyamatos információcsere zajlott, de természetesen a rendszeres külföldi találkozók voltak a leginkább hasznosak, így több ország szalmaépítészeti remekműveit volt lehetőség személyesen is meglátogatni, alaposabban kielemezni. A különböző országok jogszabályi környezetének, klimatikus adottságainak és hagyományainak nyomát

viselik a megvalósult épületek is. A különbségek mellett számos hasonlóság volt megfigyelhető, többségében a favázás rendszerek domináltak, azon belül is egyes országokban például az előregyártott paneles rendszerek, míg máshol az önerős építés volt a jellemző ezzel is visszatükrözve a helyi gazdasági és kulturális viszonyokat is.

A tapasztalatcsere nem csak a megvalósult épületekre, hanem az építésben közreműködő szakemberek képzési rendszereire is fókuszált. A különböző nemzetek közös tapasztalata volt, hogy az egyre növekvő érdeklődéssel nem tud számot tartani az építőipari szakma. Az általános építészeti és építőipari képzésekben nem, vagy csak alig esik szó a szalmaházak és azokhoz hasonló természetes alapanyagú építési rendszerekről, így ezt a kérdéskört is közösen jártuk körbe, amely disszertációm egyik fő céljával is összhangban van, mégpedig az ismeretek szélesebb szakmai és érdeklődői körökben való terjesztése révén. Úgy gondolom, hogy nem kizárólag építészeti szakmai, hanem interdiszciplináris megközelítéssel érdemes ezt a témát vizsgálni, ezt a módszert a tervezési koncepcióm kidolgozása és az építési rendszerek fejlesztése során is végig szem előtt tartottam.

Ahogy a későbbi fejezetekben kifejtésre kerül majd, az előre gyártott építési rendszerem és a nagybálás építési rendszer hazai meghonosításához is külföldről nyertem inspirációt. A máshol már megvalósult példákban okulva sokkal könnyebben és hatékonyabban tudtam a saját rendszereket megtervezni.

A külföldi tapasztalatokhoz tartozik még, hogy a partneri együttműködésekén túl saját tervezési tapasztalatot is sikerült 2 külföldre tervezett szalmaház kapcsán szerezni. A külföldi tervezés során tudtam ugyan használni az itthoni projektek során kifejlesztett tervezési módszeremet és építési rendszereket, de a helyi viszonyokra való adaptáció itt a hazaihoz képest más kihívást jelentett. Rendkívül tanulságos volt az ily módon 2014-ben Moszkvába tervezett kisbálás projekt és a 2018-ban a romániai Nagykárolyba tervezett dupla soros szalmaház projekt megvalósulása.

Összességében tehát a külföldi együttműködések és projektek nagymértékben hozzájárultak a kutatási eredményeim gyorsabb és hatékonyabb megszületéséhez. A kutatás jellegéből (tervezés, fejlesztés és kivitelezés, majd használati tapasztalatok) adódóan így is években mérhető a megvalósulás ideje, a hosszú távú tapasztalatok pedig évtizedes távlatban válnak csak teljes értékűvé.

#### 4.3. Szalmaház tervezői építészmérnöki tevékenység módszertana

A „research by design” módszert követve végeztem kutatásaim legjavát, ennek köszönhetően eredményeim zömét. Az építészeti tervezés során általam használt koncepciók és megoldások zöme ismert és egyenként alkalmazott technika, annyiban tekinthető egyedinek, hogy módszeresen kerültek kiválasztásra és együtt alkalmazásra

a környezetileg és energetikailag kedvező megoldások, melyeket kifejezetten szalmaházazs építési rendszerekre optimalizáltam és az alábbiakban ismertetek.

#### 4.3.1. Teljes életciklusra építés**ÖK**ológiai és építés**BIO**ológiai elvek mentén tervezett auto**NÓM** megoldásokat alkalmazó és egész évre **OPT**imalizált **EN**ergiagazdálkodási és hő**KOM**fort **Kon**cepció alkalmazása szalmaházazakra (**ÖKOBIONÓM + OPENKO = ECOBIONOM**)

Tervezési munkáim során az elméleti és gyakorlati ismereteket ötvözve konceptuális kutatási módszerrel által a saját tervezési koncepcióm kidolgozásához. A kifejlesztett „**ÖKOBIONÓM + OPENKO**” tervezési koncepció lényege, hogy azokat az anyagokat, szerkezeteket és megoldásokat kerestem, melyek az épület teljes életciklusa alatt ökológiailag és egészségügyileg is előnyösek, energetikailag és hőkomfort szempontjából pedig egész éves működésre optimalizáltak. Ez elsőre triviálisnak tűnhet, de több eset is van, amikor bizonyos időtávok/körülmények (pl. csak éjszaka, vagy csak télen, vagy csak felhős időben stb.) között vizsgálva nem tűnik a legjobb megoldásnak, de hosszú távon már mást mutat a képlet. Az alább felvázolt koncepciók az építésökológiai, építésbiológiai és energetikai szempontokra koncentrálnak, de építészeti tervezés során természetesen más mérlegelni valók is vannak, ám én csak a disszertációm célkitűzésével összhangban léővokre szorítokozok.

A szalmaházazakra optimalizált teljes életciklusra építés**ÖK**ológiai és építés**BIO**ológiai elvek mentén tervezett auto**NÓM** megoldásokat alkalmazó és egész évre **OPT**imalizált **EN**ergiagazdálkodási és hő**KOM**fort koncepció (**ÖKOBIONÓM + OPENKO = ECOBIONOM**) elemei a következők, melyek részletes kibontására az **5.1. Eredmények** fejezetben kerül majd sor.

„**ÖKOBIONÓM + OPENKO**” (**ECOBIONOM**) koncepció „12+1” pontja:

- 1.) Teljes életciklus szemléletű építőanyag és épületszerkezet választás szalmaházazakra optimizálva
- 2.) Építésökológiai elvek alkalmazása szalmaházaztervezés során
- 3.) Építésbiológiai elvek alkalmazása szalmaházaztervezés során
- 4.) Autonóm megoldások alkalmazása szalmaházaztervezés során
- 5.) Napjáráshoz és környezethez optimalizált épülettájolás és nyílászáró elhelyezés szalmaházaztervezés során
- 6.) Környezet – és energiatudatos alaprajzi és tömegformálás szalmaházazakra optimalizálva
- 7.) Transzparens nyílászáró szerkezetek egész évre optimalizált üvegezési rendszerének kiválasztása, árnyékolásának megoldása, társítható szerkezetek megvizsgálása szalmaházaztervezés során

- 8.) Fokozott hőszigetelésű fal, födém vagy tetőszerkezetek alkalmazása szalmaháztervezés során
- 9.) Hőhidas megoldások alkalmazásának minimalizálása, elkerülhetetlenségük esetén a hőhidak hatásának csökkentése szalmaháztervezés során
- 10.) Hőburkon belül alkalmazott szerkezetek hőtárolási lehetőségeinek maximalizálása és egész évre optimalizált padló-alap-lábazat kialakítási koncepció alkalmazása szalmaházak esetén
- 11.) Frisslevegő bevezetés optimalizálása szalmaházak esetén
- 12.) Passzív és megújuló energia alapú fűtési - hűtési lehetőségek megvizsgálása szalmaháztervezés során
- 13.) Megvalósíthatóság elemzése, különös tekintettel a szalmaspecifikus „engedélyeztetési” és kivitelezéstechnikai szempontokra

#### 4.3.2. Tervezés és kutatás során alkalmazott szoftverek

A szalmaház építési rendszerek fejlesztése és a tervezés során a kézi rajzok készítése mellett az ArchiCAD SE 2013 nevű tervező szoftvert használtam leginkább. Oktatási célú tevékenységekhez és a disszertációban használt rajzokhoz Az ArchiCAD oktatási verzióit és a legfrissebb ArchiCAD 28 – at vettem még be. Képszerkesztőként az InfranView-t használtam rendszeresen.

Az épületfizikai és épületenergetikai számításokat a WinWATT és más ingyenesen hozzáférhető excel alapú táblázatok segítségével készítettem.

Az „Office 365” csomagja nem csak a táblázatkezeléshez szükséges Excel, de a szövegszerkesztéshez szükséges Word programokat is biztosította, az előadásokhoz pedig a PowerPoint – ot használtam.

A benapozási vizsgálatok végzéséhez az ArchiCAD beépített modulja mellett használtam a Benapoz.exe és a SunArch programokat is.

#### 4.4. Szalmaházak kivitelezésével összefüggő mérnöki tevékenység módszertana

Tudományos világban némileg szokatlannak tűnhet, de a témám jellegéből adódóan elkerülhetetlen volt a kivitelezésbe való bevonódás. Az elméleti alapokon és terveken nyugvó fejlesztések végül jellemzően kivitelezés folytán valósulnak ugyanis meg. Szalmaházak kivitelezését 2006 óta követem nyomon egyre növekvő alaposággal. Eleinte megfigyelőként, önkéntes segítőként kerestem a lehetőséget, hogy saját kezemmel és szememmel tapasztalhattam meg a technológiai fortélyokat, aminek

nagyon nagy hasznát vettem a későbbiekben is, amikor már magam terveztem szalmaházakat és próbáltam egyre tökéletesíteni a megoldásokat, technológiákat. Az **ECOBIONOM** tervezési koncepció utolsó pontja részben a szalmaspecifikus kivitelezhetőségi szempontokról szól, ennél a résznél (5.1.13.) kerül bővebben kifejtésre. Alapvetően fontos tervezési szempont volt, hogy megvalósítható tervek készüljenek. Az általános szakmai szabályokon túl a teljes megvalósulás során arra törekedtem, hogy mindig, az éppen aktuális körülmények között, a rendelkezésre álló anyagok és a kivitelezői tudás kompatibilis legyen a tervrajzokkal. A kivitelezés folyamatát, azon belül is a szalmaspecifikus részeket különösen, az éppen aktuális építésjogi szerepkörömtől is függő mértékben, nagy figyelemmel követtem végig. Az építésben résztvevők közti kiemelt kommunikáció egy ilyen újszerű technológiánál különösen fontos, hiszen hatványozottan igaz, hogy nem működik a kivitelezésben mindennaposnak tekinthető „így szoktuk” attitűdje. Tervezői művezetőként első sorban a terv szerinti szakszerű megvalósulás ellenőrzéséért felelős az építész. Felelős műszaki vezetőként a kivitelezés szakszerű és jogszerű irányítása a feladat, míg műszaki ellenőrként az építető szakmai képviselőjeként járhat el az építész, így ezen műszaki feladatkörök gyakorlása a szalmaházak kutatások megvalósításának módszereivé is vált egyben.

Szakmagyakorlóként alapvetés az általános szakmai és jogi elvárásoknak való megfelelés, a disszertáció szempontjából a szalmaspecifikus részletek az érdekesek. A fent említett szerepkörök függvényében mások a pontos felelősségek, ugyanakkor mindegyikben közös, hogy egy újszerű, innovatív technológia megvalósulásában kell sikeresen közreműködni. Hagyományosan nem túl jó a kapcsolat a tervezők és a kivitelezők közt, amelyért szerintem mindkét fél egyaránt okolható. Személyes praxisomban mindig arra törekedtem, hogy mindenki kifejttesse véleményét és lehetőleg konszenzusos vagy enyhén kompromisszumos megoldás születhessen. Ehhez tervezőként nagyon fontos, hogy ne csak az elméletekkel legyen tisztában az ember, hanem a gyakorlati megvalósulást is kövesse, ugyanakkor a kivitelezőktől, szakmunkásoktól is elvárható némi rugalmasság, újra való nyitottság. A megfelelő kommunikáció kulcsfontosságú a sikeres együttműködés során. Bevezettem, hogy a kivitelezés megkezdése előtt egyeztetést tartok a legfontosabb résztvevőkkel, hogy mindenkinek legyen lehetősége kérdéseket, észrevételeket fűzni az elképzelésekhez, tervekhez. Nézeteltérés esetén igyekszem megérteni a másik fél szempontjait, jogos észrevétel esetén el is fogadom. Ha szakmailag nem értek egyet, akkor ész érvekkel adok nyomtatékot a véleményemnek. Az esetek többségében sikerül mindenki számára elfogadható megoldást találni. A kivitelezések során alkalmazott módszer lényege tehát az elmélet és a gyakorlat megfelelő egyensúlya, illetve a megfelelő kommunikáció kialakítása.

#### 4.5. Szalmaházak használati, működési tapasztalatainak mérése

Bár a disszertációmnak nem képezte fókuszát a használati adatok mérése és kiértékelése, azért így is történtek megfigyelések ezen a területen is. Egy-egy kisebb projekt kapcsán elhelyezésre kerültek hő és páramérő szenzorok, illetve készültek akusztikai mérések is. Egy projekt (D jelű épület) kapcsán radonterhelés beltéri alakulásáról is készültek mérések, melyeket az MTA Atommagkutató Intézetének Radon Csoportja (vezeti: Dr. Csige István) által kifejlesztett Radamon típusú maratottonyom-detektoros radondetektorral végeztük (Csige and Csegzi, 2001).

Az elkészült szalmaházak használati tapasztalatairól, működéséről egyfelől az építetőkötől közvetetten szereztem be információkat, de természetesen a saját célra épített szalmaház kapcsán jutottam a legtöbb közvetlen tapasztalathoz. A megfigyelések leginkább a tervezési koncepciók sikeres működésére irányultak. Az épületenergetikai tervezés során kiszámolt alacsony fűtési energiaigény és a nyári hőkomfort tényleges megvalósulását így nem csak az építetők beszámolóitól, hanem saját magam és családom bőrén keresztül is tesztelhettem.

### 5. Eredmények és értékelésük

A szalmaházakkal való megismerkedésem óta közel 100 darab szalmaház tervezése és építése során volt szerencsém kisebb-nagyobb mértékben közreműködni, a kezdeti tapasztalatszerzési időszak után egyre inkább önálló fejlesztéseket véghezvinni. Magyarországon például (a rendelkezésre álló ismeretim szerint) elsőként fejlesztettem ki, terveztem és kiviteleztem előre gyártott panelekből álló szalmabála építőelemek felhasználásával készülő építési rendszert (Igaz, 2014a) (Igaz, 2016a). Tudtommal szintén első alkalommal terveztem és segített megvalósulni nagyméretű kockabálák felhasználásával épülő házat (Igaz, 2016b). Elsőként alkalmaztam falban, födémbe és tetőszerkezetben is dupla sorban szalmabála építőelemeket (Igaz, 2017a) (Igaz, 2018).

Figyelembe véve az általános szakmai elveken túl az építésökológiai és építésbiológiai szempontokat is, a szalmaházak tervezése során folyamatosan tökéletesítettem az alap-lábazat-fal csomóponti megoldásait, a fal-födém-tető találkozásának csomóponti részleteit és a nyílászárók megfelelő beépítésének lehetőségeit. Kutatásaim és tervezési praxisom során különös figyelmet fordítottam a megvalósíthatóságra, a kivitelezésre, majd használati tapasztalatok folyamatos nyomon követésére és a megfelelő konzekvenciák levonására. Ezek alapján a megoldásokat folyamatosan fejlesztettem, de az állandóan változó világunkban és az egyre gyarapodó ismeretek és tapasztalatok birtokában a későbbiekben lehetőség és szükség lesz a módszerek felülvizsgálására és tökéletesítésére.

Az előzőekben már említett, más kutatási területekhez képest kissé rendhagyó, módon, jutottam el eredményeimhez. A meghatározott céljaimnak megfelelően szalmaház építési rendszereket szerettem volna kidolgozni és tesztelni. Az építészet világában a tesztelés legeklatánsabb módja az építés, a megvalósítás. Persze nem lehet, sőt nem is kell, minden „ötletet” megépíteni, ma már olyan tervezési módszerek és eszközök állnak rendelkezésünkre, melyek segítségével az életképtelen elképzelések zöme előre kiszűrhető. A tervezés folyamatára óriási hangsúlyt fektettem tehát, először is megpróbáltam az elérendő célnak (környezet- és energiatudatos szalmaházak) megfelelő tervezési módszertant, koncepciókat kidolgozni. Az 5.1. fejezet során bemutatom azt a kiemelésre érdemesnek ítélt 12+1 koncepciót, melyek tudatos alkalmazásával hoztam létre eredményeimet. A megvalósult projektjeim közül kiválasztottam 12 darabot, melyeken a koncepciók megvalósulását már terv fázisban is röviden (legalább ráhivatkozás erejéig) be kívánom mutatni. Az 5.2 – 5.5. fejezetekben sorban a kisbálás (5.2.), az előregyártott (5.3.), a nagybálás (5.4.), majd a dupla soros plusz energiás szalmaház (5.5.) építési rendszereket mutatom be, hivatkozva persze közben a megvalósult példákra is. Az építési rendszereken és terveiken való munka közben néhány szerkezeti részlettel kiemelten sokat kellett dolgozni, úgy gondoltam, hogy ezek önálló fejezetet érdemelnek a disszertációban, így született meg az alap-lábazati megoldásokról szóló 5.6. fejezet, majd a fal-födém-tető kapcsolatokat bemutató 5.7. fejezet és a nyílászáró beépítéseket tárgyaló 5.8. fejezet.

A teljes tervezési-fejlesztési folyamat, de még a lényegét tartalmazó, végeredménynek tekinthető tervezési dokumentáció is, túl terjedelmes a teljes bemutatáshoz, így a publikált 12 épület tervanyagából készítettem egy-egy rövidebb kivonatot, amelyet mellékletekben lehet megtekinteni. A mellékleteket úgy állítottam össze, hogy a disszertáció megértéséhez szükséges formában tartalmazza a rajzokat, de szerzői és adatvédelmi okokból hiányos és léptéktelen. A tervezési koncepciók megértését segítő ábrákat, építés közben készült fotókat, minimális mennyiségű tervrajzot a disszertációba is beillesztettem, de a tervanyagra rendre a kivonatok formájában fogok hivatkozni a publikációs jegyzékben is szereplő (kronologikus) sorrend szerint az alábbi módon:

1. melléklet (A jelű épület) (Igaz, 2019):

Részben földbe süllyesztett íves szalmaház, lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 4002 Debrecen, Méhészföld utca 25. Hrsz: 33678. Megjelenés ideje: 2019 - 2021

2. melléklet (B jelű épület) (Igaz, 2018):

Dupla soros szalmabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - Nagykároly, Petőfi Sándor u. 57-59. Megjelenés ideje: 2018

3. melléklet (C jelű épület)(Igaz, 2017b):

Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 8294, Kapolcs, HRSZ: 210 (belterület). Megjelenés ideje: 2017 – 2019

4. melléklet (D jelű épület)(Igaz, 2017a):

Dupla soros szalmabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 4033 Debrecen, Tör u. 62. HRSZ: 4530/156. Megjelenés ideje: 2017

5. melléklet (E jelű épület)(Igaz, 2016b):

Nagyméretű kockabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 2730 Albertirsa, Margaréta utca, HRSZ: 5064/3. Megjelenés ideje: 2016

6. melléklet (F jelű épület)(Igaz, 2014b):

Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti pallértervek - Moszkva. Megjelenés ideje: 2014

7. melléklet (G jelű épület)(Igaz, 2014c):

Égetett téglapillér tartószerkezetű, vályogtéglapillér kitöltésű meglévő falszerkezettel rendelkező épület utólagos szalmabálás hőszigetelése és fa tartószerkezetű, szalmabála kitöltésű bővítménnyel megvalósuló lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 6728 Szeged, Pihenő u. 35, HRSZ 38156/a. Megjelenés ideje: 2014

8. melléklet (H jelű épület)(Igaz, 2014d):

Tó közepére, lábakra állított szalmabálás halórház, szolgálati lakás: építészeti engedélyezési és pallértervek - Bakonyszonbathely, külterület HRSZ 364/2. Megjelenés ideje: 2014

9. melléklet (I jelű épület)(Igaz, 2013):

Íves alaprajzi kialakítású szalmaház, lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 6726 Szeged, Orsolya u. 30. HRSZ. 35074. Megjelenés ideje: 2013

10. melléklet (J jelű épület)(Igaz, 2014a):

Magyarország első szalmapanel háza, lakóház, demóház: építészeti engedélyezési és pallértervek, gyártmánytervek - 4033 Debrecen, Tör u. HRSZ: 4530/156. Megjelenés ideje: 2013 - 2014

11. melléklet (K jelű épület)(Igaz, 2012):

Vörösiszap katasztrófa károsultja számára tervezett szalmaházhoz szakértés készítése, majd elsősorban szalmaspecifikus szempontok alapján módosított tervek készítése

sikeres megvalósíthatósághoz: szakértés és módosított építészeti kiviteli tervek - 8461 Devecser, Ifjúság utcában (HRSZ: 1015/30). Megjelenés ideje: 2012 – 2013

12. melléklet (L jelű épület)(Igaz, 2011):

Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 8052 Fehérvárcsurgó, Páskom utca, HRSZ 332/2. Megjelenés ideje: 2011 - 2013

5.1. Teljes életciklusra építés**ÖK**ológiai és építés**BIO**ológiai elvek mentén tervezett auto**NÓM** megoldásokat alkalmazó és egész évre **OPT**imalizált **EN**ergiagazdálkodási és hő**KOM**fort koncepció (**ÖKOBIONÓM** + **OPENKO** = **ECOBIONOM**) kifejlesztése szalmaházak tervezésére és építésére

A szerzett ismeretek és fokozatosan gyarapodó tapasztalatok birtokában kidolgoztam egy újszerű tervezési módszertant, melynek elemei egyenként ismert vagy már publikált környezet - és energiatudatos koncepciókból, módszerekből állnak, de én gyúrtam egybe és adaptáltam kifejezetten szalmaházak építési rendszerekre. A módszertanra a legfontosabb elemeiből alkotott mozaikszóval **ÖKOBIONÓM** + **OPENKÓ** –ként hivatkozok, melynek jelentése: teljes életciklusra építés**ÖK**ológiai és építés**BIO**ológiai elvek mentén tervezett auto**NÓM** megoldásokat alkalmazó és egész évre **OPT**imalizált **EN**ergiagazdálkodási és hő**KOM**fort koncepció, melyet szalmaházak tervezésére és építésére optimalizáltam. A nemzetközi szakirodalomban való használhatóság és egyszerűség kedvéért **ECOBIONOM** koncepciónak fogom hívni.

Ahogy alább látható lesz, a különböző tervezési szempontok mögött rejlő tudományterületek, filozófiák és elvek sok helyen átfedést mutatnak egymással. A különbségek általában csupán a megközelítési módban (például energetikai, környezetvédelmi, autonómia stb.) és a hangsúlyokban vannak. A **ECOBIONOM** tervezési koncepció tehát a tárgyalta alkonceptiók összességéből áll össze. A gyakorlatban a koncepció eredményeképp született terv és ház nem egy abszolút igazság, hanem a megrendelő igényei és lehetőségei szerint épült, egy adott hely adottságait, a kivitelezők és a jogszabályi környezet is figyelembe vevő otthon, mely az aktuális tudásunk és lehetőségeink szerint készül kiemelten figyelembe véve a hosszú távú környezeti, globális összetársadalmi, és természetesen az egyéni (első sorban egészségvédelmi) érdekeket is. Az alkalmazott koncepciók kombinációja tehát mindig egyéni mérlegelés alapján valósul meg, így a végeredmény sem jósolható meg előre.

### 5.1.1. ECOBIONOM 1 - Teljes életciklus szemléletű építőanyag és épületszerkezet választás szalmaházakra optimalizálva

Az építőanyagok és épületszerkezetek kiválasztása során manapság az általánosan elterjedt tervezési gyakorlatban még jellemzően nem igazán kap nagy hangsúlyt a teljes életciklus szemléletű tervezés, pedig megfelelő módszertanok állnak már rendelkezésünkre (Fenner et al., 2018). Míg sok más ipari területen az **LCA** (Life Cycle Assessment), vagyis teljes életciklusra vetített vizsgálatok mára bevett gyakorlatnak számítanak. Komoly tudományos módszertan és szabványok állnak a kutatók rendelkezésére (Takano et al., 2014), de ezek zöme nem ingyenesen hozzáférhető és a hazai építőipari szabályozás sem támogatja/követeli meg általánosan az alkalmazását.

Nagyobb beruházásoknál, nagyvállalatok **ESG** (Rau and Yu, 2024) követelményei kapcsán előkerülnek fenntarthatósági szempontok, de az épületállomány zömét jelentő meglévő épületállomány és a lakossági, valamint kisléptékű beruházások kapcsán ez nem jellemző. Az 1990-es évek óta vannak ugyan épületminősítési rendszerek, ezek közül is a két legismertebb a **BREEAM** (Building Research Establishment's Environmental Assessment Methodology) és a **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) (Cole and Jose Valdebenito, 2013), melyek jellemzően önkéntes alapon kerülnek alkalmazásra nagyobb projektek egy részénél, ám Magyarországon ez sem tekinthető általánosnak, különösen nem a kisebb léptékű építkezéseknél.

A hazai jogi környezet kapcsán tárgyaltam, hogy az **OTÉK** (majd **TÉKA**) tartalmazza ugyan a fenntarthatósági szempontokat, de nem szankcionál, a **TÉKA** kapcsán előre mutató viszont a természetes építőanyagok használatát ösztönző szabályozás.

A jelenlegi **EPBD** (Energy Performance of Buildings Directive) csak az üzemeltetéssel kapcsolatos energiahatékonyságra koncentrálnak, de a legújabb EU-s direktíva a következőket tartalmazza (2024/1275 EU irányelv) :

*(2) A tagállamok biztosítják, hogy az életciklusra vonatkozó globális felmelegedési potenciált a III. melléklettel összhangban számítsák ki, és azt az épület energetikai tanúsítványában közzétegyék:*

*a) 2028. január 1-jétől minden olyan új épület esetében, amelynek hasznos alapterülete meghaladja az 1 000 m<sup>2</sup>;*

*b) 2030. január 1-jétől valamennyi új épület esetében.*

Ezen változások eredményeképpen az alacsony karbon lábnyommal rendelkező anyagokra és szerkezetekre, mint amilyenek jellemzően a szalmaház építési rendszerek is, vélhetően sokkal nagyobb figyelem fog irányulni. A későbbi szabályozóktól függ, de valószínűleg kedvezmények, ösztönzők vagy legalább korlátozásmentesség fogja a zöld megoldások irányába terelni az embereket. Felső határértéket kell majd megállapítani az épületek teljes életciklusára vonatkozóan, ami feltehetőleg azt eredményezi majd, hogy olyan épületek hosszú távon nem készülhetnek majd, amelyek az energiahatékonyság mellett nem alkalmaznak alacsony környezetterhelésű anyagokat és szerkezeteket.

Bár pillanatnyilag ilyen ösztönzők még nem jellemzőek hazánkban, de akik környezettudatos megoldásokat választanak, például szalmaházak építése mellett döntenek, azok számára mindig is fontosak voltak a fenntarthatósági szempontok, az igazán zöld megoldások, a hosszú távú előnyök.

Tervezőként kifejezetten törekedni szoktam tehát az alacsony környezetterheléssel járó természetes és újrahasznosított anyagok, és ezekből készülő szerkezetek alkalmazására. A szalmabálák használatával alacsonyan tartható a beépített energia szintje és a kiváló hőszigetelő képessége miatt az üzemeltetéssel járó energiafelhasználás is. Ezt a szemléletet a többi szerkezet kapcsán is szem előtt tartom, például tartószerkezetként jellemzően fa kerül alkalmazásra, válaszfalként bontott égetett és/vagy újrahasznosított vályogtéglák. A vakolatok jellemzően agyag vagy hagyományos (cement nélküli) mészvakolatok.



**3. ábra.** Természetes anyagok (fa, szalma, vályog) használata egy szegedi szalmaháznál (Igaz, 2014c). Balra: homlokzat, íves falsarokkal, első réteg külső vakolat készítésekor. Jobbra: bővítmény készül fa tartószerkezettel és szalmabála kitöltő falazattal.

A cement minimalizálása fontos és nehéz feladat is egyben (Liu et al., 2021), leginkább az alapok készítésénél állít nagy kihívások elé. Bár vannak betonmentes alapmegoldások is, de (ahogy azt a későbbiekben bővebben tárgyalom is) kivitelezéstechnikai és engedélyezési szempontból egyelőre háttérbe szorulnak. Elfogadható kompromisszumként tehát az alap-lábazat kapcsán beton és vasbeton szerkezetek kerülnek betervezésre, törekedve a lehetséges minimális alkalmazási mennyiségre, az épület további felmenő szerkezeteinél pedig a teljes cementmentességre. A burkolatok, nyílászárók, és felületkezelések kapcsán sok

természetes és újrahasznosított alternatíva választható, míg a gépészeti berendezések kapcsán ez kevésbé lehetséges, de az ésszerű és hatékony energetikai tervezéssel jól minimalizálható a szükséges drága és nagy beépített energiatartalmú berendezések alkalmazása.

Az **ECOBIONOM 1** elveit a 12 projektnél különböző mértékben tudtam megvalósítani. A megbízás jellegéből adódóan legkevésbé a **K** jelű devecseri projektnél volt ráhatásom az anyagválasztásra, de egyébként szerencsére az eredeti tervek is törekedtek a fenntarthatóságra. A **D** és a **J** projekt esetében beépítési előírások miatt elkerülhetetlen volt egy-egy vasbeton tűzfal építése, de a további szerkezetek kapcsán többségében kedvező **LCA** tulajdonságokkal rendelkező megoldások születhettek. A **G** projekt specialitása, hogy egy meglévő ház szerkezeteinek megőrzésével és anyagainak részleges hasznosításával, illetve annak bővítésével, ezáltal kifejezetten kedvező teljes életciklus szemlélettel készült. Az **A** jelű, részben földbe süllyesztett dombház, kifejezetten megrendelői igényre készült ilyen kialakítással. A földdel érintkező szerkezetek előnyösek hőtárolási szempontból, alacsony beépített energia szempontjából viszont nem, hiszen a nedvességnek, tehernek jobban kitett szerkezetek jellemzően nagyobb ökolábnyommal rendelkeznek. A megrendelő rugalmasságának köszönhetően a ki nem tett helyeken kedvező anyagválasztásokkal tudtunk élni. A többi épületnél: a **B, C, E, F, H, I** és **L** esetén speciális körülmény nem állt fenn, az általános elvek szerint valósulhattak meg.

#### 5.1.2. ECOBIONOM 2 - Építésökológiai elvek alkalmazása szalmaháztervezés során

Az építésökológiai szempontok ugyan nem választhatók élesen külön a teljes életciklus szemlélettől, ugyanakkor mégis úgy gondolom, hogy önállóan is tárgyalásra érdemesek. Bár a teljes életciklus szemléletnek több irányzata, módszertana létezik, a köztudatban leginkább az terjedt el, ami a légköri CO<sub>2</sub> koncentrációra, annak üvegházhatást fokozó hatására fókuszál. Az építésökológia tulajdonképpen egy tágabb disciplina, mely kevésbé ismert, de nem kevésbé fontos tudományág, mely bizonyos értelmezések szerint magában foglalja többek között az **LCA** szemléletű építőanyag kiválasztást is.

Az építésökológiára, mint az épület és természet kapcsolatát vizsgáló tudományágra tekintek (Lányi Erzsébet, 2010). Egy épület tervezésekor számos olyan döntést kell meghozni, amely kihatással van a szűkebb és tágabb természeti környezetre. Ennek a szemléletmódnak a tervezés során való figyelembevétele sajnos hosszú évtizedekig teljesen háttérbe szorult, holott régen alapvetésnek számított. Szerencsére manapság egyre többen ismerik fel jelentőségét, de még mindig nem kap kellő hangsúlyt.



**4. ábra.** Balra: Érett búzánövény, a szalmaház alapanyaga, még aratás és kalásztól való elválasztás előtt. (forrás: <https://www.stockvault.net/photo/213704/wheat>) Jobbra: Építkezéshez betárolt szalmabálák (saját kép)

Az építésökológia tárgykörébe tartozik az épületek természeti környezetbe illesztése (mikro-klimatikus kérdések, szélnek, napsugárzásnak, csapadéknak való kitettség, a domborzat és a növényzet szerepe, stb.) Részét képezi az energia-, víz- és hulladékgazdálkodás, valamint a korábban már említett teljes életciklusra vetített környezetterhelése az építőanyagoknak és épületszerkezeteknek. Ahogy korábban is említettem, a különböző tervezési koncepciók között vannak jelentős átfedések, a koncepció elemeit a leginkább releváns helyeken próbálom tárgyalni, ezért egy - egy koncepció feldolgozása hiányosnak tűnhet, de szándékom szerint az **ECOBIONOM** koncepció az összes alkonceptióval együtt törekszik csak a teljességet megközelíteni.

Építésökológiai szempontból megfontolandó, hogy az épület elhelyezésekor milyen mértékben avatkozunk bele a természet kialakult állapotába, folyamataiba stb. A szerkezetek kiválasztásakor döntést hozunk például a talajszerkezet megbolygatásának módjáról és mértékéről, hatással vagyunk a felszín alatti és feletti vizekre, a talajban élő organizmusokra. Az épület elhelyezkedésével, a burkolt felületek méretével és anyagválasztásával befolyásoljuk a telken lévő növényzetet, zöld felületek méretét és ökológiai értékét is. A tervezés során például a meglévő fák és növényzet megőrzése, és újak telepítése, fontos szempont. A humuszos talaj megóvása majd hasznosítása szintén elengedhetetlen. Az előírások is megkövetelnek minimálisan megőrzendő zöld felületeket, amelyet lehetőség szerint szeretek túltelejsíteni. A burkolt felületek alkalmazásának minimalizálása és környezetbarát megoldások (például áttört felületű burkolat, csak nyomvonalak burkolása, betonmentes burkolatok, bontott téglá, szeletelt akác stb. alkalmazása) is a tervezési arzenál részét képezik.

Az **ECOBIONOM 2** építésökológiai elveinek megvalósulásakor az **LCA** szempontokra nem térek ki újra, így csak a további aspektusokból vizsgálom a projekteket. A tájba illesztés szempontjából a legkritikusabb és egyben talán legérdekesebb is, a tó közepére épülő **H** épület volt. A lábakra/cölöpökre állított, stégen megközelíthető épület csak pontszerű alapokat kapott, így viszonylag csekély mértékben avatkozott be a környezetbe. Különlegessége még, hogy extenzív zöld tetővel valósult meg. Az **A** projekt kapcsán is felmerült a zöld tető, de végül nem e

mellett döntött a tulaj. Ennél a projektnél az épületnél az északi oldalhoz helyezett „domb” érdemel még említést. Az **I** jelű ház kiszellőztetett zöld tetővel valósult meg, ami egyfelől ökológiailag kedvező, de általánosságban megemlítendő, hogy a zöld tető kialakítása miatt szükségessé váló rétegrendhez használt anyagok mennyisége és fajtája viszont sajnos nem a leg környezetbarátabb. Az mindig esetenként vizsgálendő, hogy a mérleg nyelve végül merrefelé is billen. A **H** projekt külön dicséretet érdemel azért, mert nem zöldmezős beruházként valósult meg, meglévő, felújítandó házat hasznosított, ami közvetetten mindig segíti a meglévő természeti értékek megőrzését is. A devecseri **K** jelű projekt ökológiailag érdekes körülmények között született, egy vörösiszap katasztrófa sújtotta család számára épült ugyebár. Az épülethez való hozzájárulásom csekély ugyan, de annak mindenképp örülök, hogy végül megvalósulhatott, amihez első sorban szalmaházaz szakértői és engedélyezési tapasztalataimra is szükség volt. A többi projekt építésökológiailag egytől egyig nagyon kedvező megoldásokat tartalmaz, a jellemző építési megoldások töredékével terhelve a környezetet.

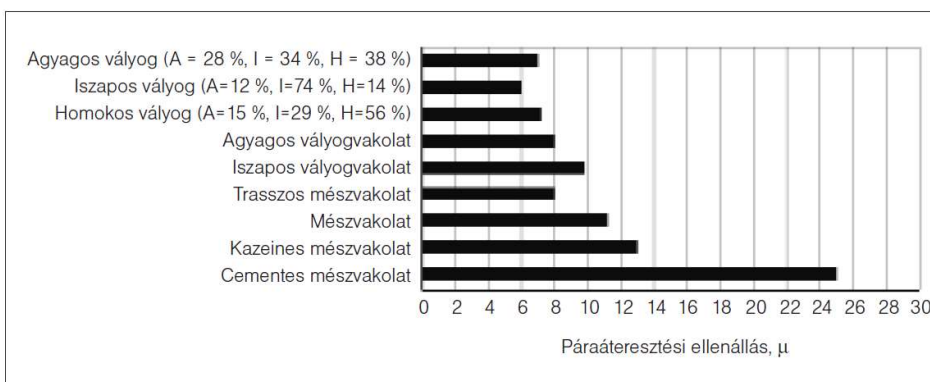
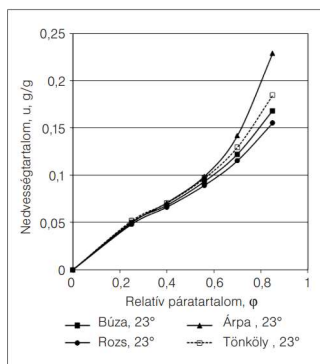
### 5.1.3. ECOBIONOM 3 - Építésbiológiai elvek alkalmazása szalmaháztervezés során

Az 1980-as években rájöttek, hogy pusztán az energetikai megközelítés nem old meg minden problémát, ekkoriban jelent meg az építésbiológia tudománya, amely az épületek és építőanyagok emberi egészségre és a környezetre káros, mérgező hatásaival foglalkozott (Lányi Erzsébet, 2010).

Az építésbiológia az épített környezet és a lakói közötti egységes viszonyok tana, az ember, az épület és annak használatával foglalkozó disciplina. Részét képezi a belső téri komfortjellemzők optimalizálása, az épületek belső levegőminősége, a belső-külső terek kialakításának hatása az emberi pszichére, az emberi szervezetre kedvező és káros belső és külső tényezők hatásának vizsgálata, számszerűsítése, befolyásolása (Lányi Erzsébet, 2010).

Az urbanizált emberek életük legnagyobb részét mesterséges környezetben (épületben, járműben, egyéb létesítményekben) töltik. Az épület előállítással – felújítással - bontással és használattal kapcsolatos betegségek (S.B.S.) témakörének nagy szakirodalma van, melyet első sorban a beltéri levegőminőség kapcsán szoktak tárgyalni . Az építésbiológia a használói, legtöbbször az emberi egészség védelmét tartja szem előtt. A jó közérzet összetevői a komfortérzet (hőmérséklet, páratartalom, légsebesség, zaj- és fényhatások) és a kényelemérzet, ami a pszichológiai és az egészséget befolyásoló tényezők összessége, vagyis a tájékozódás, biztonság, térarányok, színek, zsúfoltság, szeparáltság, a levegő minősége, ionizáció, szaghatások, stb (Lányi Erzsébet, 2010).

A szalmaházak tervezése során már azzal nagyon sokat teszünk a kedvező építésbiológiai jellemzőkért, hogy a nagyrészt fa tartószerkezettel, szalmabálák alkalmazásával és vályog- vagy mészvakolattal készülő házakban olyan általánosan használt mesterséges anyagokat váltunk ki, melyek egészségre káros kipárolgásokkal bizonyítottan káros hatásúak az emberekre (Wang et al., 2022). A minél jobb eredmény érdekében persze törekedni kell arra, hogy mérgező vegyszerektől mentes faanyagot és szalmát alkalmazzunk és természetesen igaz ez a vakolat alapanyagaira is. A természetes anyagú házaknál jellemzően alkalmazott mészfestékről is köztudott, hogy kifejezetten jó hatással van a belső légállapotokra, segít a penészesedés megelőzésében és nagyságrendekkel kisebb mértékben akadályozza a pára épületszerkezeteken keresztüli vándorlását, ezzel lehetővé téve a természetes építőanyagok kiváló szorpciós tulajdonságának (5. ábra) érvényesülését, aminek eredményeképpen optimális páratartalom biztosítható a beltérben. Ez annak köszönhető, hogy a természetes anyagok páraszabályozó (párafelvevő és páraleadási) képessége jóval nagyobb, mint az általánosan használt mesterséges anyagoké.



**5. ábra.** Fent: Különböző szalmafajták szorpciós izotermája. Ez mutatja, hogy adott relatív páratartalom mellett mekkora egységnyi nedvesséstartalom jellemző. (Minke et al., 2012)  
Lent: Különböző vakolattípusok páraáteresztési ellenállása. Látható, hogy a vályog és mész alapú vakolatok viselkednek leginkább páraáteresztő módon. (Minke et al., 2012)

Itt tennék egy kis kitérőt a lélegző falak legendája kapcsán, melyet gyakran emlegetnek például a vályogházak (és a szalmaházak) kapcsán is. Érvként szokták ezt (sajnos időnként szakmai körökben is) felsorakoztatni arra, hogy miért is nem dúsul fel a pára a természetes alapanyagú házakban. Ez az elnevezés nagyon szerencsétlen és hibás, ugyanis arra engedne következtetni, hogy a falon keresztül át tud áramlani a levegő, ezzel biztosítva friss és optimális légállapotokat. Ezzel szemben arról van igazából szó, hogy egy jól elkészített és repedésmentes vályogfal/vályogvakolat az közel teljesen légzáró, vagyis nem engedi át a levegőt. Elég baj is lenne, ha nem így lenne, hiszen akkor télen a meleget sem tudná bent tartani a házban. A kellemes és közel optimális (40-60 % -os relatív páratartalom) belső légállapotokat a fentebb említett szorpciós tulajdonságainak köszönhetik a vályog- és szalmaházak is. A tervezés során ezért is fontos, hogy páratechnikailag megfelelő rétegrendet alkalmazzunk, hiszen például, ha diszperzites festéssel vagy tapétával elvágjuk a belső tértől a természetes anyagokat, akkor azok nem tudjuk kifejtetni áldásos hatásukat.

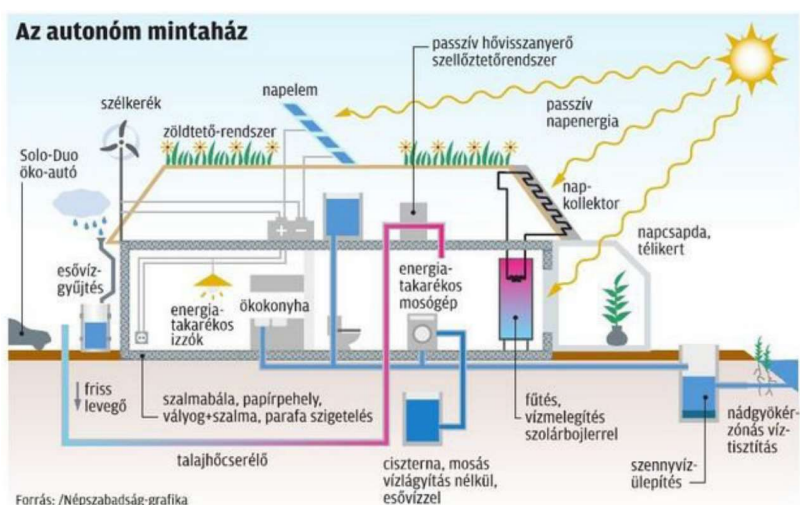
A fentebb említett alapvető szerkezeteken túl természetesen ügyelni kell a további alkalmazott szerkezetekre, anyagokra, berendezésekre is, hiszen ezek alkalmazása is nagy hatással van a végső kialakuló belső levegőminőségre.

Az **ECOBIONOM 3** koncepció építésbiológiai elvei szintén különböző mértékben teljesültek a kiválasztott 12 projekt esetében. A sok természetes anyag preferálása mindegyiknél adott volt ugyebár, de különösen következetesen alkalmazták például a **H** jelű projektnél, ahol a padlóburkolat, sőt a belső bútorok zöme is házilag készült, még hozzá természetesen organikus anyagokból, amihez nélkülözhetetlen volt egy igazán agilis és elszánt építető, aki majdnem mindent maga csinált. A **DIY** (Csináld magadnak) és kalákás szemlélet tapasztalatom szerint nagyon erős a szalmaház építetők körében, amire a releváns kivitelezéstechnikai fejezetnél is kitérek majd, de ne feledkezzünk meg ennek a társadalmi, szociológiai és persze, jelen koncepció szempontjából is érdekes, egyéni pszichés hatásairól sem. Általános belső légállapotok szempontjából nem emelnék ki egyi projektet sem, de a legtöbb pára és hőkomfortbeli adatom/tapasztalatom a **D** és **J** projekt kapcsán van. Akusztikai mérési eredmények a **J** épületről, míg radon szint adatok a **D** épület kapcsán állnak rendelkezésre. Hő és páratechnikai, illetve akusztikai mérési eredmények a szakirodalomban elég bőségesen fellelhetők, míg szalmaházakkal kapcsolatos radon mérési eredményeket nem találtam, de a vályog kapcsán fel szokott merülni a kérdés (Kozień-Woźniak et al., 2021). Mivel csak egy épületről vannak eredményeink, ezért következtetést ebből levonni nem lehet, de biztató, hogy a szenzorok által mért értékek a családi házak átlagos radonterhelésének 1/3-át sem érte el.

#### 5.1.4. ECOBIONOM 4 - Autonóm megoldások alkalmazása szalmaháztervezés során

Az autonóm házak elgondolásával Ertsey Attila főiskolai jegyzetén keresztül ismerkedtem meg. (Ertsey, n.d.) A rendkívül izgalmas koncepció hazánkban évekkkel, talán évtizedekkel előzte meg korát, sok időnek kellett eltelnie, mire nem utópisztikus elméletként, hanem logikus alternatívaként gondoltak rá, ma már egyre több elemét alkalmazzák, ami szerintem csak fokozódni fog.

Az autonóm ház koncepció lényege, hogy közművektől függetlenül vagy tágabb értelemben rezsizsámlák nélküli, ám mégis mai komfortszinten üzemeltetett házakat lehet létrehozni. Az autonóm ház egyes elemei régóta létező építészeti elvekhez, megoldásokhoz nyúlnak vissza, ugyanakkor korszerű gépészeti berendezések, vízkezelési és hulladékgazdálkodási megoldások is szerepet kapnak benne. Én az autonóm ház megoldásaira mindig is olyan fegyvertárként tekintettem, melyből tervezés során az aktuális adottságok és lehetőségek függvényében válogatni lehet. Széles környezet – és energiahatékony arzenált kínál a klímaváltozás ellen vívott harcban is.



6. ábra. Az autonóm mintaház koncepció elvi ábrája. (Ertsey, n.d.)

A szalmaházak megismerésekor azonnal felismertem, hogy a szalmabálák felhasználásával készülő épületek kiváló alapot jelentenek egy potenciális autonóm házhoz. Véleményem szerint a hagyományos/tradicionális megoldások okos ötvözése korszerű fenntartható technológiákkal gyógyírt kínálnak napjaink világméretű problémáinak építészeti eszközökkel kezelhető betegségeire. Mindig azokat a megoldásokat részesítettem előnyben, amelyek lehetőleg passzív módon (mint pl. üvegház, hőszigetelés, hőtároló tömeg, gravitációs szellőzés, keringetés stb.), lehetőleg minél kevesebb beavatkozással, gépészettel és segédenergiával működnek.

Minden közmű kiváltására léteznek működő megoldások, ugyanakkor szerintem sokkal életszerűbb a közműveknek csak egy részétől függetlenedni, illetve olyan rendszereket kialakítani, amelyek lecsökkentik a közműveknek való kitettséget és át tudnak hidalni rövidebb időszakokat pl. esetleges üzemzavarok idejére. Az például nagy működési szabadságot/biztonságot jelent, ha a fűtési/hűtési rendszer, a **HMV** előállítás, a sütés/főzés és persze a vízellátás akkor is biztosítható, legalább időlegesen, ha nincs vezetékes szolgáltatás.

Míg energetikai szempontból egy 60–as, 70–es években épület „kádárkocka” tipikus állatorvosi ló, addig egy teljesen autonóm ház pedig mesebeli paripa. Mint ahogy beteg lóból, úgy beteg épületből is sokkal több van, és amilyen ritkák a csodás paripák, olyan kevés tökéletesen autonóm ház létezik, viszont talán nem is a teljes autonómia a cél, csupán az, hogy törekedjünk jobb irányba, legalább néhány tulajdonságban, néhány megoldással közelítsünk a felé. Autonóm elvek mentén természetesen nem csak új házakat tervezhetünk, hanem, bizonyos korlátokkal persze, meglévő házak felújítását is.

Építészeti tervezői munkásságom során jellemzően nem tűztem ki célul a teljes autonómiát, viszont előszeretettel alkalmaztam a koncepció elemei közül. A mindenkori jogszabályi, közműhálózati, gazdaságossági körülményeket, és persze építetói igényeket és lehetőségeket, mérlegelve alkalmaztam a megoldásokból. Ahogy a további pontok során részletezem majd, minden szalmaház tervezésénél alapvető (mondhatni adott) volt a kiváló hőszigetelő burok. Fokozott figyelmet fordítottam a megfelelő tájolásra, szoláris elvek követésére és a hőtároló tömegek alkalmazására is.

A megújuló energiás gépészet alkalmazása is rendre helyet kapott terveimben, ugyanakkor a hálózatoktól teljesen független működés csak ott volt cél, ahol a hálózat nem, vagy csak irreálisan nagy nehézségek árán lett volna elérhető. Különösen igaz ez például az elektromos hálózatra. Bár technikailag nem lett volna lehetetlen, de a 2010-es években sziget üzemű rendszerek létjogosultsága igen korlátozott volt. A szaldós rendszerrel viszont a hálózatra táplált napelemes rendszerek mindenképpen gazdaságos megoldást kínáltak az átlagos családi házas léptékű beruházásoknak, aminek köszönhetően nagy lendületet nyert a megújuló napenergia terjedése. Az már akkor sejthető volt, hogy a hálózat egy idő után nem fogja tudni ezt kezelni, ezért a 2020-as években folyamatosan terítékre került a bruttó elszámolásra és a hibrid rendszerekre való áttérés. A hibrid rendszerek újkeletű és jövőbe mutató esete, amikor a háztartásban használt elektromos autók akkumulátora be tud segíteni nem csak a háztartás, de akár az egész hálózat csúcs és völgyidőszakainak kiegyenlítésébe, ezzel nagy terhet levéve a hálózatokról és kiváló példát mutatva az egyéni és közösségi érdekek kölcsönös kielégítésére. Egy friss tanulmány szerint Németországban 2024-ben 166 000 db. kétirányú töltésre alkalmas elektromos autó volt használatban, ami elegendő villamos energiát képes tárolni ahhoz, hogy mintegy 1,75 millió háztartást tizenkét órán keresztül ellásson (IWR, 2025). Jelenlegi tendenciákat figyelembe véve,

ez a kapacitás gyorsan fog sokszorozódni, és ha okosan kiaknázzuk a benne rejlő lehetőségeket, akkor a hálózati kiegyenlítésben nagy szerepe lesz. A probléma aktualitását jól mutatja, hogy az idei évben már 2 nagyobb visszhangot keltő eset is volt, február végén először Chilében, majd körülbelül 2 hónap múlva Spalanyország és Portugália nagy részét, valamint Dél-Franciaországot is érintő áramkimaradás okozott káoszt. Hosszú órákra bénultak meg az országok, mert a villamos hálózatot érintő kimaradások közvetlenül vagy közvetetten érintik a mindennapi élet legtöbb területét, beleértve a kommunikációs hálózatokat, az ipart és közlekedést, még a vízhálózatokat is, óriási anyagi és immateriális károkat okozva. Figyelembe véve a folyamatban lévő tendenciákat (elektrifikáció, klímaváltozás stb.), egyre gyakrabban várhatók hasonló problémák, melyekre való felkészülést ideje komolyabban vennünk.



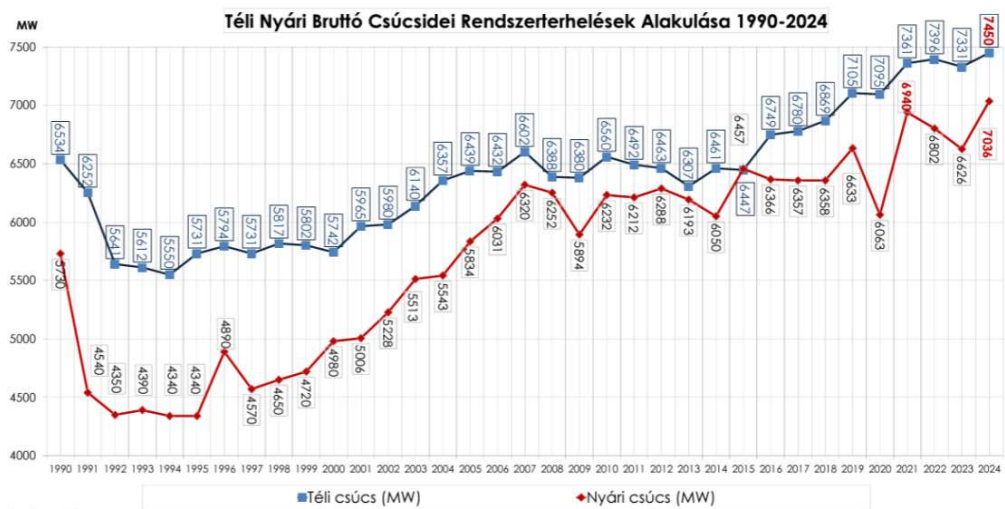
**7. ábra.** Balra: Napelemmel felszerelt szalmaház Nyíregyházán (saját terv és fotó) Jobbra: Napelem telepítése extrém vastag szalmabálás épületen Debrecenben (Igaz, 2017a)

A napenergia hasznosítása nem csak elektromos energia előállításra szolgál, hanem hőfejlesztési célzattal is lehetséges, például erre kifejlesztett napkollektorok segítségével a **HMV (Használati MelegVíz)** előállítására nyílik zöld lehetőség. A napkollektorok termelésével annyi csupán a gond, hogy felhős időben nem igazán termel hatékonyan, és tárolni sem lehet 1 – 2 napnál hosszabban hatékonyan, így télen önmagában nem látja el az igényeket, nyáron pedig nagy fölös mennyiséget termel, hacsak nem kombináljuk például medence/jakuzzi fűtésével, ami pedig nem igazán tekinthető általános, mindenki számára elérhető, használati módnak.

A napenergia legegyszerűbb és leghatékonyabb hasznosítása a szoláris építészet elveit követve valósítható meg. Annak számos elemét tárgyalom a disszertáció során, melyekből a tapasztalataim szerint leghatékonyabbakat be is mutatom a megfelelő pontok (**ECOBIONOM 5, 7 és 12**) alatt.

A kiváltható közművek kapcsán megállapítható, hogy legkönnyebben a gáz helyettesítése valósítható meg. Fűtésre és **HMV**-re egyaránt könnyű más alternatívát találni. Lássuk először a fűtést. Az intenzív hőszigetelésnek köszönhetően eleve töredékére csökkenthető a fűtési energiaigény (Yildiz and Koçak, 2025). Passzív szoláris technikáknak és hőtárolásnak köszönhetően a csekély szükséglet akár le is felezhető (Zhao et al., 2020), a maradék fűtési igény pedig már sokkal könnyebben ellátható például közvetlenül elektromos árammal, vagy sokkal hatékonyabban például hőszivattyús fűtési rendszerrel, de igen gyakori és autonóm megoldás például korszerű biomassza tüzelés alkalmazása is.

Míg télen a fűtés, addig nyáron általában a hűtés igényel egyre több energiát, ami nagyon jól testet ölt abban is, hogy manapság az áramfelhasználási csúcsok nem feltétlen télen, hanem akár nyáron is jelentkezhetnek (8. ábra), nem kis részben köszönhetően épületeink hűtési energiaigényének. Az **ECOBINOM** koncepció további pontjaiban erről még külön bővebben fogok értekezni, de röviden itt is megemlítem, hogy passzív eszközökkel is hatékonyan meg lehet védeni épületeinket a nyári túlmelegedés ellen, legalábbis jelentős mértékben csökkenthetők a hőségnapok terhelései, amelyek nem csak energetikai, hanem komfort és egészségügyi kérdéseket is érintenek.



**8. ábra.** A villamos hálózat téli és nyári csúcsterheléseinek alakulása. Régebben egyértelműen télen voltak a csúcsok, a rendszerváltás óta egyre szűkül az olló. (forrás: MAVIR)

A közművek áttekintésével tovább haladva, a villamos áram kiválthatóságát vagy a függőség csökkentését már érintettük. Megújuló energia kapcsán domináns a napelemek használata, de megemlíthető a házi szélérőművek, mini vízturbinák és a részlegesen megújuló biomassza tüzelésű aggregátorok létezése is, de további,

kevésbé ismert alternatívák is vannak. Az elektromos áram tárolási nehézségeire leginkább a korábban is említett akkumulátorok jelenthetnek megoldást, de kisközösségek szintjén már szóba jöhet például szivattyús víztározós rendszer is, melyet már én is alkalmaztam például 2008/2009-ben a diplomatervem készítésekor.

A házak vízellátásának csak kis része kell, hogy ivóvíz minőségű legyen, ezt a néhány liter/nap/fő mennyiséget, ami ivóvíz és főzési céljára kell, alternatív módokon (ballonos ásványvíz, bevizsgált vízminőségű kút pl.) is biztosítható, vagy rendelkezése álló ivóvíz szolgáltatás esetén annak használata korlátozható erre a csekély mennyiségre, egyéb vízigényünket pedig elláthatjuk olyan forrásokból is, amelyek nem ivóvíz minőségűek. Megfelelően méretezett tetővel és esővíz tárolóval felfogható olyan mennyiségű csapadékvíz, amellyel közvetlenül meg tudjuk oldani az öntözést és pl. wc öblítést, de viszonylag egyszerű tisztítási eljárás után az esővíz alkalmassá tehető mosásra és fürdésre is, sőt egyébként az ivóvíz minőség is elérhető komolyabb berendezések segítségével.

A vízhasználati folyamat végén jelentkezik a szennyvíz kezelésének a kérdésköre. Manapság a legtöbb helyen rendelkezésre áll szennyvízelvezető csatorna, ahová bekötésre és elvezetésre kerül a napi körülbelül 80-120 l/fő/nap szennyvíz mennyiség (Eördöghné Miklós, 2013). Ez a mennyiség egyfelől jelentősen csökkenthető és egy része másra is felhasználható pl. lebomló háztartási szerek alkalmazása esetén szűrkevíz hasznosítással. A vízöblítéses WC is kiváltható pl. komposztáló toalettal. A közmű akár egészében is helyettesíthető pl. nádgyökérszénás tisztító rendszerrel vagy házi biológiai szennyvízkezelő berendezéssel.

Egy háztartás autonóm működésének része a megfelelő hulladékkezelés is. A háztartásokban keletkező hulladékok nagyon nagy része vagy komposztálható, eltűzelhető vagy szelektíven gyűjthető, nem beszélve a megelőzéssel elérhető csökkentésekről, így a keletkező tényleges szemét mennyisége igazán minimális és kezelése könnyen megoldható.

Egy háztartás működéséhez hozzátartozik a sütés/főzés is, melyre szintén találhatóak alternatív megoldások. Tágabb értelemben pedig az élelmiszer (legalább részleges) előállítás is az autonómia részét alkotja, ahol erre van lehetőség.

Az autonóm működés témaköre rendkívül szerteágazó, nemcsak háztartási, hanem kisközösségi, települési, regionális vagy akár még nagyobb léptékben is értelmezhető, jelen dolgozat keretein belül első sorban a háztartási léptékre fókuszálok, legfeljebb utalásokat teszek ezen túlmutató hatásokra.

Tervezési gyakorlatom során, ahogy fentebb is említettem már, törekedtem a rendelkezésre álló alternatív lehetőségek, koncepciók, megoldások és technológiák közül azokat alkalmazni, amelyek hosszú távon gazdaságosak és megtérülnek. A megtérülésnél nemcsak a gazdaságosságra fókuszáltam, hanem környezeti és működésbiztonsági szempontokat is figyelembe vettem, akárcsak a várható

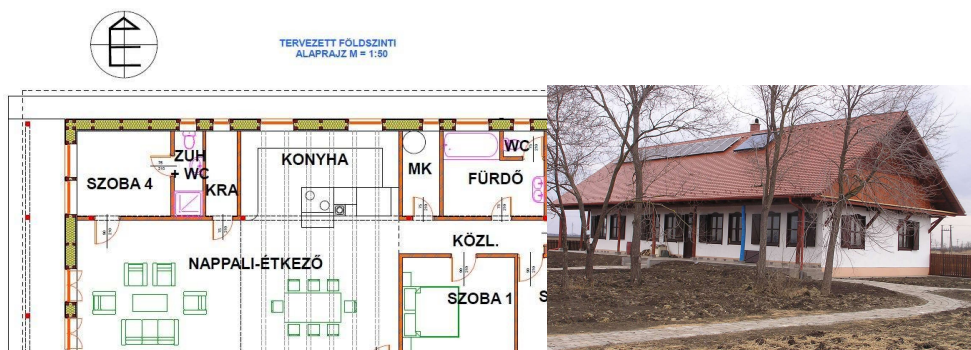
tendenciákat, 50-60 éven belül esetlegesen előforduló és jelentősen megváltozó feltételeket is. Sajnos ezek a megoldások, bár hosszú távon rendre kimutathatóan megtérülnek, rövidtávon zömében plusz költséget jelentenek. Szerencsére ez nem igaz a koncepció minden komponensére (pl. szalma esetén olcsó hőszigetelés, okos tájolás stb.), így ezeket jellemzően mindig tudtam alkalmazni, a technológiák egy részénél pedig legalább arra törekedtem, ha első ütemben nem is került beépítésre, legalább hosszú távon adottak legyenek a kialakíthatóság feltételei (pl. napelem elhelyezéséhez optimalizált tetőfelület és előkészítő villanyszerelés stb.) Ezekkel a tervezési megoldásokkal hosszú távon sokat lehet spórolni, mert vannak megoldások, amelyek utólag már nem, vagy csak sokkal nehezkesebben alakíthatók ki, ha arra nem gondolunk előre.

Összességében tehát az „Autonóm ház” koncepció elemeiből többet is alkalmazok az **ECOBIONOM** koncepció részeként, első sorban a minél rövidebb megtérülési és minél egyszerűbb/passzív megoldásokat preferálok a túlszabályozott és sok meghibásodási lehetőséget tartogató alternatívák helyett.

Az **ECOBIONOM 4** koncepció elemei rendre érintik az összes kiválasztott projektet. Ahogy korábban is említettem, véleményem szerint a szalmabálás hőszigetelés eleve jó keretet ad egy lehetséges autonóm háznak. A jó hőszigetelés mellett a hőtároló tömeg és a passzív szoláris elvek megvalósítása is minden projekten fellelhető. Bár a **K** jelű deveszeri projektben, terv szinten legalábbis, kifejezetten sok autonóm koncepcionális elem volt, ám ezeket nem én terveztem, így külön itt nem részletezem. A **D** jelű projekt esetén a fejezet során ismertetett elemek majdnem mindegyikét bevettem, beleértve a napelemet, kombinált tömegkályhát, esővízgyűjtést, passzív hűtési-fűtési lehetőségeket, tágabb értelemben vett részleges önellátást a kert és a közlekedés kapcsán is. Napelem és vagy napkollektor elhelyezésére optimalizált tető minden projektnél készült, ez alól csak az **A** és **G** projekt képez kivételt, de csak annyiban, hogy megrendelői szándék szerint nem tetőre, hanem a kertben külön elhelyezve készült napelemes rendszer. A többi esetén a tetőre tervezett napelem tudtommal építéskor vagy azt követő 1-2 évben valósult meg, ezzel az egyik legnépszerűbb koncepcióvá vált. Az autonóm működéshez szükséges kereteket és lehetőségeket igyekeztem minden általam tervezett épülethez megteremteni, a leendő lakókkal leegyeztetve természetesen, de megvalósulásukról nincs teljes képem, hiszen nagyon nagy a későbbi használói döntések és szokások szerepe e téren. Egy alapos utánkövetéses felmérésben szándékozok részletesebb eredményekhez jutni, melyek bizonyára további hasznos tanulságokkal szolgálnak majd, és segítenek tovább fejleszteni a koncepciót.

### 5.1.5. ECOBIONOM 5 - Napjáráshoz és környezethez optimalizált épülettájolás és nyílászáró elhelyezés szalmaháztervezés során

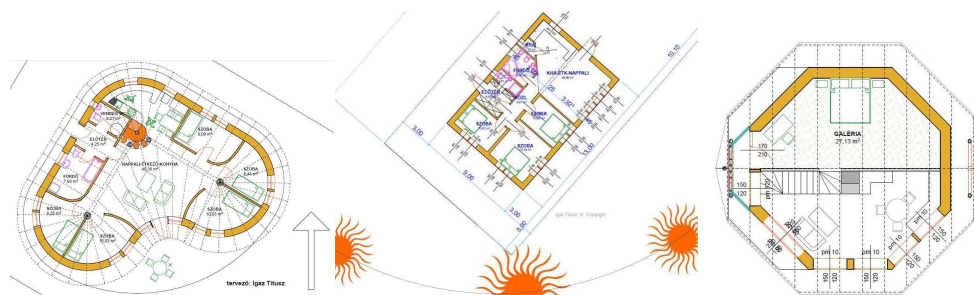
Az épületek égtájukhoz igazodó elhelyezkedése nyilvánvalóan mindig is része volt a tervezési/építési folyamatoknak. Elég az egyiptomi piramisokra gondolni, de a legtöbb vernakuláris, népi építészeti emlék esetén sem véletlenszerűen tájolták az épületeket. A tudatos tájolásnak lehettek vallási, spirituális okai is, de az egyszerű lakóépületeknél részben praktikus okai voltak. A régebbi időkben az emberek, mást nem is igazán tehettek, harmóniában éltek a természettel, a környezetükkel. Az épített környezet alakítása során sokáig csak helyben fellehető anyagokból építkeztek, az épületek tájolásával is próbáltak igazodni az éghajlati adottságokhoz, évszakokhoz stb. Kiváló hazai példa erre a hagyományos tornácos parasztház elrendezés is. A házak jellemzően K-NY-i irányban hosszúkásak voltak, így hozva létre hosszú déli homlokzatot, lehetőséget biztosítva arra, hogy lényegében minden helyiség optimálisan délre tájolható legyen. A jellemzően déli oldalon elhelyezkedő tornácnak köszönhetően az épület télen, hideg időben kitérült az éltető, ilyenkor alacsony hajlásszögben érkező, meleget adó napsugarak irányába, az arra nyitott ablakokon keresztül ingyen hőenergia jutott be, a jó napos tornáccal bővült átmeneti és hideg időben a ház élettere. Ugyanez a ház nagy hőségben, csupán a napjárás törvényszerűségeinek köszönhetően, az optimális tájolás révén kellemes hűvös tudott maradni. A nyáron „magasan járó” Nap égető sugarai ellen védett a tornác, az ablakokon nem jutottak be a fölösleges túlmelegedést okozó napsugarak, a tornác árnyéka nyáron is elviselhető életteret biztosított kint is.



**9. ábra.** Ideálisan délre tájolt tornácos szalmaház alaprajza és külső megjelenése. (saját készítésű terv)

Mára mintha sokan elfelejtették volna ezeket az egyszerű alapelveket, legalábbis sokszor háttérbe szorulnak, felülírja őket a kívánt stílus, a rövid távú olcsóság, a reprezentációs célok. Persze manapság a már jelentősen túlépített, városi, de sokszor falusi környezetben is, sokkal nehezebb ideálisan tájolni az épületeket, hisz a telkek osztása, a helyi előírások, a meglévő szomszédok mind befolyásolják, szűkítik a lehetőségeket. Itt érdemes megemlíteni a szabályozók fontosságát, az urbanisztikai

vonzatokat is, nagyon sok minden dől el már településszerkezeti szinten. A korlátozott vagy nehezített körülmények ugyanakkor nem mentik fel az építészeket és más szakmagyakorlókat és döntéshozókat az alól, hogy a lehetőségekhez képest a legjobbat hozzák ki az épületekből tájolási, energiaigazgatókodási szempontból is. Szubjektív tapasztalataim szerint sokan erre nem is igazán törekszenek, ezért találok különösen fontosnak a hangsúlyozását.



**10. ábra.** Három általam készített szalmaház terve. Bár egészen más alaprajzi kialakítással és eltérő helyekre készültek, mégis jól látszik, hogy már vázlattervi szinten törekedtem a benapozás szempontjából is ideális alaprajzi és tömegformálásra.

Sík terep esetén viszonylag egyszerű a képlet, de bizonyos helyeken a domborzat hatása is jelentős, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni. Ugyancsak fontos figyelembe venni a természeti környezet adottságait, gondolok itt például a meglévő növényzetre, esetleges felszín alatti vagy feletti vizekre, talaj adottságokra stb. Ha a tervezésnél nem számolunk vele, akkor lehet, hogy „útban” lesz néhány fa, vagy hátráltatja az alapozást az iszapos talaj. Amennyiben viszont ezt előre átgondoljuk, akkor előnyünkre fordíthatjuk a meglévő adottságokat. Egy évszázados lombhullató fa megfizethetetlen például a ház déli oldalán nyáron, amikor kellemes hűvös árnyékot biztosít, télen pedig átengedi a meleget adó nap sugarainak zömét. Sajnos ma még sokan kezdenek úgy egy építkezést, hogy első lépésként minden növényzetet „legyalulnak” a telekről, majd a ház elkészülte után próbálnak idegenhonos növényzettel díszkertet kialakítani. Ez nem csak önmagunk és a természet elleni véték, de az engedély nélküli fakivágás például bizonyos törzsméretű felett jogilag is tiltott. Az egyre gyakoribb kánikulai időszakok talán megtanítták az embereket, hogy meg kell becsülni a meglévő természetet is, ahogy mediterrán országokban is gyakran látni, hogy egy koros fát inkább kikerülnek a lépcsővel/erkéllyel, mintsem, hogy kivágnák.

A következő, tájolóshoz is nagymértékben kapcsolódó témakör, a nyílászárók optimális elhelyezéséről szól, lássuk először az általános követelményeket:

Az ide vonatkozó jogszabály, a **TÉKA** részlet:

*68. Bejáratok, nyílások, nyílászárók, üvegfalak*

85. § (1) *A nyílásnak, a nyílászárónak és az üvegfalnak meg kell felelnie az építmény és a helyiség rendeltetési céljának, a tűz-, hő-, zaj- és vagyonvédelem, valamint a biztonságos használat és meghatározott esetben akadálymentesség követelményének.*

(2) *A nyílászárót úgy kell kialakítani, hogy zárt állapotában a víz, a por és egyéb káros anyagok épületbe történő bejutását megakadályozza.*

Sajnálatos, hogy a **TÉKA** egyáltalán nem tárgyalja a benapozás fogalmát, mely korábban az **OTÉK** – ban legalább szerepelt:

### *Benapozás*

86. § (1) *A lakás legalább egy lakószobája napfény által benapozott legyen, kivéve, ha ezt a település kialakult beépítése nem teszi lehetővé. Benapozottnak tekinthető az a helyiség, ahol a benapozás lehetősége február 15-én legalább 60 percen át biztosított.*

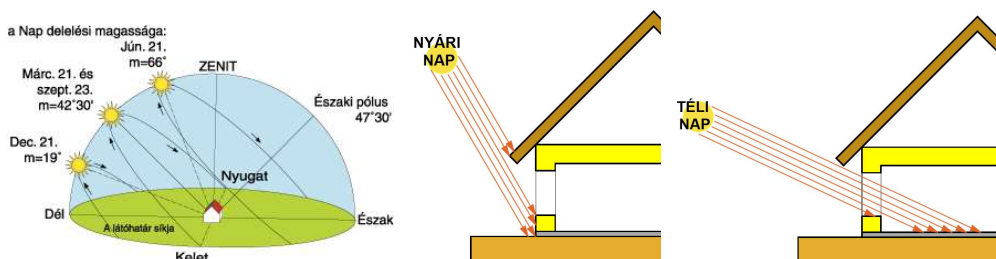
(2) *A helyhez kötött munkahelyet, továbbá a csecsemők és a gyermekek nevelő-oktató helyiségeit, amelyeket DNY–NY-i irányból látást zavaró napfénybesugárzás érhet, árnyékolóval kell ellátni.*

(3) *Új épületek tervezése és megvalósítása során építészeti eszközökkel (pl. külső árnyékoló), illetve növényzettel kell biztosítani a túlzott nyári felmelegedés elleni védelmet.*

Fenti jogszabályi példa is jól illusztrálja, hogy ez a (szerintem legalábbis) rendkívül fontos szempont manapság háttérbe szorul, pedig egy ilyen, viszonylag egyszerű technikával jelentősen csökkenthető télen a fűtési költség, nyáron pedig a túlmelegedés. Az épület megfelelő, előzőekben tárgyalt, elhelyezése és tájolása nagyban befolyásolja a nyílászárók optimális elhelyezhetőségét. Ahogy a nyílászárók követelményeiből is látszik, nagyon sok szempontnak kell megfelelni, de tudatos alaprajzi tervezéssel megoldható, hogy energetikai szempontból is megfelelő elrendezést kapjunk.

Ahhoz, hogy ezt meg tudjuk valósítani, meg kell érteni a Nap és a Föld viszonyát, az évszakok alakulását, a nap látszólagos pályáját. (11. ábra) A megfelelő szemlélet kialakításához ez is elegendő, de ezen túl kiváló szoftverek is rendelkezésre állnak, melyek segítségével mm és perc pontossággal meg lehet állapítani, hogy egy adott földrajzi helyen, adott időben, adott tájolással rendelkező falon, adott méretű és elhelyezkedésű nyílászárón, a környezeti elemeket is figyelembe véve, milyen elméleti benapozottság várható. A végeredményre természetesen az aktuális időjárási viszonyok, a felhőzet is kihatással lesz, de így is elég jól kalkulálható egy adott időszakra a várható benapozottság, illetve árnyékoltság mértéke.

A mi földrajzi elhelyezkedésünkön és klímánkon épületenergetikai szempontból a déli égtáj felé tájolt nyílászárók a legjobbak. A délre tájolt ablakokon ősztől tavaszig (fűtési időben) rengeteg passzív hőnyereség abszolválható a nap sugárzásából. A déli oldal mellett szól az is, hogy a nyári túlmelegedés ellen könnyen védhető egyszerű vízszintes árnyékoló szerkezettel (pl. tetőeresz, erkélylemez, lamellás árnyékoló stb.)



**11. ábra.** Balra: A Nap látszólagos pályája a különböző évszakokban. Ezek megértése képezi a szoláris építészet hatékony alkalmazásának alapját. (Baumann et al., 2009)

Középen és jobbra: Déli homlokzaton optimális ereszkinyúlás és ablakelhelyezés esetén nem jelent fölösleges hőterhelést nyáron a magasan járó nap, viszont sok hőnyereség realizálható télen az alacsony hajlásszögben érkező napsugarakból. (saját szerkesztésű grafika)

A keleti és nyugati oldal mind a téli, mind a nyári működés szempontjából problémásabb. Fűtési szezonban vagy csak délelőtt, vagy csak délután realizálható érdemi sugárzási nyereség onnan, a nap többi részében csak extra lehűlő felületként működik, nyáron meg éppen fordítva, túlmelegedést okozó fölösleges sugárzási nyereséggel terheli a házat, mely ellen fix árnyékolókkal nem igazán lehet védekezni, csak mozgatható árnyékolókkal (pl. redőny, spaletta, mozgatható függőleges lamellás stb.) Alkalmazásuk energetikai szempontból csak indokolt esetben és korlátozottan ajánlott.

Az északi ablakokat energetikai szempontból szintén nem tekintjük javasolhatónak, ugyanis télen elhanyagolható az északra tájolt ablakokon a sugárzási nyereség. Ugyan nyáron sem eredményez jelentős hőterhelést, de azért reggel és koraeste fokozza az épület túlmelegedését, ha nincs megfelelően árnyékolva.

A külső nyílászáró szerkezetek egyfelől nélkülözhetetlenek az épületbe való bejutás, a természetes fény és szellőzés, kilátás biztosítása érdekében. Az utóbbi évtizedekben viszont akárhogy fejlődtek is az ajtók és ablakok, nyilvánvaló vastagságbeli korlátaik miatt, jellemzően jelentősen rosszabb hőszigetelő képességgel rendelkeznek, mint a korszerű falszerkezetek, amelyekbe beépítjük őket. Ablakok esetén  $U_w = 0,7-1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékkel, míg falszerkezetek esetén  $U = 0,2 - 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékekkel számolva akár 7 – szer több energia is elszökhet adott ablakfelületen keresztül. Extrém vastag ( $U = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) szalmabálás hőszigetelések esetén ez az érték akár 15-20 - szoros is lehet, ami indokoltá teszi a probléma alaposabb körüljárását. Ennek ellenére

sem mondhatjuk az ablakokról, hogy energetikailag hátrányosak, ugyanis, ahogy fentebb is részleteztem, okos tájolóással, jelentős fűtési energiát tudnak megspórolni a rajtuk keresztül bejutó sugárzási nyereségnek köszönhetően. Amennyiben tehát tudatosan alkalmazzuk őket és hátrányaikat minimalizáljuk (például társított szerkezetekkel javítjuk az eredő hőátbocsátási tényezőjüket), a bennük rejlő potenciált (sugárzási nyereség) pedig maximálisan kiaknázzuk, akkor összességében még pozitívrá is fordítható a mérleg. Ehhez persze elég sok tulajdonság ügyes kombinálásra van szükség, melyeket részben a későbbiekben tárgyalok majd.

Szalmaspecifikus szempontként megemlíthető, hogy a nyílászárók beépítése első sorban a fa tartószerkezethez vagy fa segédvázhoz rögzítve ajánlatos. A nagy falvastagság és a könnyű formálhatóság lehetőséget biztosít íves vagy lekerekített falvégek kialakítására is. Az ablakok beépítésének részleteit későbbi (5.8.) fejezetben részletesebben tárgyalom majd.

Az **ECOBIONOM 5** koncepció elemeit szinte kivétel nélkül nagy arányban tudtam alkalmazni az általam tervezett szalmaházaknál. Végig tekintve a tájolóást és a nyílászárók elhelyezkedését, mindegyik épületnél dominánsak a délies irányba elhelyezett ablakok mind számukban, mind méretükben. Ahol jelentős mennyiségű a további égtájak irányába nyíló ablak, ott általában kifejezetten megrendelői igények, helyi adottságok kívánták ezt meg.

#### 5.1.6. ECOBIONOM 6 - Környezet – és energiatudatos alaprajzi és tömegformálás szalmaházakra optimalizálva

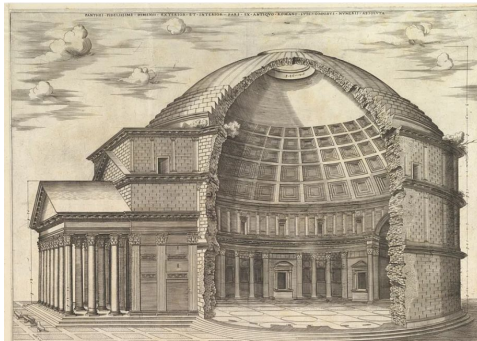
A manapság elterjedt épületek zöme derékszögű alaprajzi és tömegformálású. Ennek nyilván megvannak a gazdaságossági és kivitelezéstechnikai okai, ám ezek nem képezik disszertációm témáját, így nem térek ki rájuk.

Ugyanakkor nem volt mindig ilyen domináns ez az irányvonal, különböző építészettörténi korszakokban és a vernakuláris épületeknél is megfigyelhetők íves és sokszöges épületformák, akár csak a szoláris, bio- vagy ökoépítészeti példáknál is.

Ha a természet „építményeit” figyeljük meg, akkor a legritkább eseten sem fogunk derékszögű csigaházakkal, kagylókkal, természetvárakkal vagy méhkasokkal találkozni. Persze ez nem azt jelenti, hogy nekünk is feltétlenül ilyeneket kellene alkotnunk, de a megértésükből sokat tanulhatunk, és a tapasztalatokat hasznosíthatjuk az építési rendszereinkben is.

Egyszerű matematikai összefüggésekkel belátható például, hogy energetikai szempontból a gömb a legideálisabb test, ugyanis itt tartozik fajlagosan a legkisebb lehülő felület egységnyi térfogathoz, nem is véletlen, hogy sok természetes forma

közelít ehhez. Építmények esetén is találhatunk példákat rá, elég ha az eszkimók iglujára vagy a római Pantheonra gondolunk.



**12.ábra.** Gömbhöz közelítő térformák varnakuláris és történeti építészeti példákon keresztül. Balra: Eszkimó iglu képe (forrás: <https://www.goodfon.com/nature/wallpaper-iglu-gory-sneg-zima-svet.html>)

Jobbra: Pantheon

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reconstruction\\_of\\_the\\_Pantheon\\_in\\_Rome,\\_seen\\_from\\_the\\_side,\\_cut\\_away\\_to\\_reveal\\_the\\_interior\\_MET\\_DP847231.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reconstruction_of_the_Pantheon_in_Rome,_seen_from_the_side,_cut_away_to_reveal_the_interior_MET_DP847231.jpg))

Az energetikai előnyökön túl komoly statikai megfontolások is húzódnak a boltíves kialakítások mögött. A vasbeton és acél szerkezetek feltalálása előtt nem volt más lehetőség nagy fesztávú lefedések készítésére, hiszen a csekély húzószilárdsággal, de nagy nyomószilárdsággal rendelkező építőanyagokkal (kő, téglá, beton stb.) csak boltozatokkal és kupolákkal lehetett ezt megvalósítani.

Ökoházaknál is gyakran nyúlnak vissza ezekhez a formákhoz, de ennek mélyebb okait nem kísérem meg alaposabban kielemezni dolgozatom keretein belül. A természetes alapanyagok, így a szalma és a vályog is alkalmas íves formák, boltozatok építésére.





**13. ábra.** Szlovákiai (Hruby Sur) példa önhordó szalmabála szerkezetű kupola építésére. Jobbra fent: az önhordó szalmabálás szerkezet építés közben. Középen fent: a bálák pontos elhelyezéséhez használt egyedileg gyártott célszerszám. Balra fent: szalmakupola betapasztás után. Balra lent: elkészült a zöld tető a kupola tetején. Jobbra lent: télen a hőteher alatt is jól vizsgázott az épület. (forrás: <https://baubiologie.at/strohballenbau/architekturbro-im-strohballen-hobbit-kuppelbau-3/>)

Ilyenre mutat példát a fenti épület (13. ábra), amely Szlovákiában valósult meg, elkészült állapotában én is megtekintettem. Jó példa arra, hogy megfelelően alapos tervezés és precíz kivitelezés esetén teherhordó szerkezetet is létre lehet hozni szalmabálák felhasználásával.

A tömegformálás után az alaprajzi kialakításra áttérve azt találjuk, hogy számos szempontra kell ügyelni, úgy mint a helyiségek közötti funkcionális kapcsolat, beépíthetőségnek és tájolásnak megfelelő forma és helyiségelhelyezés, szerkezeti, kivitelezhetőségi és gazdaságossági szempontok, használhatósági, ergonómiai és pszichés megfontolások, no és persze az éppen tárgyalt koncepció szempontjából releváns energetikai optimalizálás. Utóbbiba tartozik például a tömegformálással is összefüggő tagoltság-kompaktság kérdése, illetve a helyiségek napjáráshoz optimalizált elhelyezése.

Úgy gondolom, hogy utóbbi szempontok semmivel sem kevésbé fontosak, mint a többiek, viszont tapasztalataim szerint méltatlanul elhanyagoltak, ezért tartom fontosnak kiemelésüket.

Szalmaháztervezési gyakorlatom során mindig nagy figyelmet fordítok arra, hogy a lehetőségekhez képest minél több helyiség rendelkezessen délre tájolt ablakkal, és mindig figyelembe veszem a benapozás egész évre optimalizált kialakítását is.

Az **ECOBIONOM 6** koncepció elemei is igen jól megfigyelhetők az általam publikált 12 házban is. A teljesen általam tervezett 11 házból 5-nél (**A, E, G, H, I**) nem a derékszögű rendszer a domináns, ami 45,5 %-os arányt jelent, ami igen erősen eltér az általánosan megszokottól. A **H** jelű épület alaprajzi és tömegformája nagyrészt határozott megrendelői igény volt, én csak némi racionalitást tudtam belecsempészni. Az **E** projekt esetén a beépítési vonalak és a napjárás által meghatározott forma jól leolvasható a tervekről. Szinte tökéletesen követi le a napjárást az **A** épület egésze és a **G** épület bővítmenye is. Az **E** épület szívhez hasonló formája se öncélú formajáték,

az ideális tájolás itt is párosult a megrendelői igények kielégítésével. A szokványosabb derékszögű rendszerben tervezett épületek (**B, C, D, F, J, L**) esetében sem szorult viszont háttérbe a kompaktság és a szoláris elrendezés elve, mely az ablakok elhelyezkedésén követhető leginkább nyomon.

5.1.7. ECOBIONOM 7 - Transzparens nyílászáró szerkezetek egész évre optimalizált üvegezési rendszerének kiválasztása, árnyékolásának megoldása, társítható szerkezetek megvizsgálása szalmaháztervezés során

A nyílászáró szerkezetekről, azok optimális tájolásáról és benapozáshoz optimalizált elhelyezéséről az előzőekben már írtam, de további szempontokat is meg kell vizsgálni ahhoz, hogy energetikailag kiaknázhassuk a nyílászárókban rejlő potenciált.

5.1.7.1. Transzparens nyílászáró szerkezetek egész évre optimalizált árnyékolásának megoldása

Az előző pontoktól nem függetleníthető ez a szempont, de egész évre optimalizált koncepciónál a megfelelő tájolás, alaprajzi és tömegkialakítás, valamint tudatos nyílászáró elhelyezés csak akkor működik igazán jól, ha a nyári túlmelegedés elleni árnyékolása is megoldott.

Hiába áldásos energetikailag télen napsütéses időben egy délre tájolt óriási üvegfelület, ha nincs megoldva a nyári árnyékolása, akkor ebben az időszakban átokká válik.

A korábban tárgyaltakra visszautalva és kicsit bővebben kifejtve: az egész évre optimalizált árnyékolás lényege, hogy olyan megoldást kell találni, amely nyáron hatékonyan óvja meg az épületet a túlmelegedés ellen azáltal, hogy kizárja az ablakokon beérkező direkt napsugárzás javát, miközben a fűtési időszakban lehetőleg nem akadályozza a napsugárzás épületbe való bejutását. Más szavakkal megfogalmazva télen a szoláris nyereségek maximalizálása a cél úgy, hogy nyáron ne keletkezzen túlmelegedést okozó fölösleges hőterhelés.

A szoba jöhető megoldások vizsgálatakor égtájanként eltérő megoldási lehetőségekkel számolhatunk.

A mi földrajzi elhelyezkedésünkkel egyértelműen a **déli** oldal tekinthető a legelőnyösebbnek, ugyanis a nap járása miatt innen lehet a legtöbb téli nyereséggel számolni, ráadásul viszonylag egyszerűen megoldható az árnyékolás is úgy, hogy a legmelegebb hónapokban ne keletkezzen fölösleges hőterhelés. (lásd 14. ábra.)



**14. ábra.** Egész évre optimalizált ereszkinyúlás általam tervezett szalmaházakon. Középen: nyíregyházi szalmaház délies homlokzatának látványterve téli benapozási körülmények közt. Balra: Ugyanezen épület majdnem elkészült állapota nyári időszakban beárnyékolt ablakkal. Jobbra: túrkevei szalmaház keleti homlokzata. Látható, hogy külső spalettával árnyékolható csak. Déli oldalon jól megfigyelhető az optimálisan méretezett tornác.

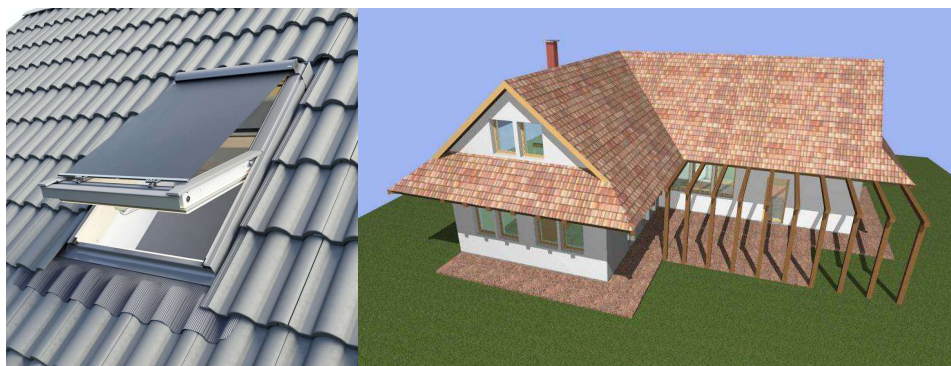
Fix árnyékolók alkalmazása esetén ki lehet szerkeszteni minden egyes ablakra, hogy az év mely szakaszában, a nap melyik órájában az ablak mely részeit árnyékolja le az árnyékoló szerkezet. A szerkesztés segítségével finomhangolható az ablak mérete, függőleges elhelyezkedése, akár csak az árnyékoló szerkezet pontos mérete és elhelyezkedése. Tervezési kérdés, hogy a téli nyereségek maximalizálása vagy a nyári hőterhelés teljes elkerülése a cél. Elvileg mindkettő elérhető egyszerre, mivel viszont más tervezési szempontok (elérhető vagy gazdaságos ablak méretek, esztétikus megjelenés, egyszerű kivitelezhetőség stb.) is szoktak lenni, ezért én olyan kompromisszumra töreksem, mely legalább a legkritikusabb időszakokban ideálisan teljesít, ami télen a leghidegebb időszakban lehetőleg maximális benapozottságot, míg a leginkább forró időszakokban teljes leárnyékoltságot jelent. Természetesen ez a köztes időszakokban, napról napra változó mértékű benapozottsággal jár, de ideális esetben az olyan időszakokra esik, amikor sem jelentős fűtési igény, sem túlmelegedési kockázat nem jellemző.

Fix árnyékolószerkezetre legegyszerűbb megoldás földszintes házak esetén az optimálisan méretezett eresztűlnyúlás. Az optimum 100-150 cm körül szokott adódni, függően az ablakok és az eresz magassági és egyéb méreteitől. Szerkezetileg ez megoldható kinyúló szarufákkal, túlnyúló kötőgerendákra ültetett szarufákkal, esetleg a kettő kombinációjával. Bizonyos konzol méret felett szükség lehet könyökök vagy oszlopok alkalmazására is, mely megoldás szintén további tervezési szempontok mérlegelésétől is függ. Szerencsés egybeesés szalmaházak esetén, hogy a nagy eresztűlnyúlás nem csak az optimális árnyékolás, hanem a fal és lábazat csapóeső elleni védelme miatt is célszerű. Több szintes házak esetén a fentiek szerint kialakított tető logikus módon csak az épület legfelső szintjén eredményez hatékony árnyékolást és védelmet, így ilyen esetekben meg kell oldani a lentebbi szintek fix árnyékolását/védelmét is, melyet szoknyaszerű előtetők, erkélylemezek vagy fix árnyékoló szerkezetek bevetésével is orvosolhatunk. Optimálisan elhelyezett lombhullató fákkal, vagy megfelelően elhelyezett futtatórendszerrel ellátott lombhullató növényzettel is el lehet ugyanezt a célt érni.

A **keleti** (lásd 14. ábra, jobbra) és **nyugati** oldalon elhelyezett nyílászárók nyári napvédelmét nem olyan egyszerű hatékonyan megoldani, leginkább mozgatható árnyékolószerkezetekkel vagy lombhullató növényzettel biztosítható csak kielégítő védelem nyáron.

Az **északias** ablakokon ugyan viszonylag csekély mértékű hőterhelés jelentkezik, de az pont a túlmelegedés szempontjából legkritikusabb nyári meleg hónapokban. Amennyiben hozzávesszük azt, hogy fűtési időnyben szinte semmilyen hőnyereség sem várható ezeken az ablakokon, akkor kijelenthetjük, hogy energetikai szempontból legjobb, ha hanyagoljuk az északi és minimalizáljuk a keleti és nyugati ablakok alkalmazását.

A tetőtéri ablakok árnyékolásának megoldását is érdemes röviden tárgyalni. Oromzatos tetőtér esetén vagy úgynevezett „kutyaól” szerű kialakításnál a függőleges helyzetű általános ablakok égtájanként tárgyalt megoldásai az irányadók. (Megjegyzendő, hogy új épületnél a kutyaól kialakítása energetikailag nem túl szerencsés, hiszen nagyon nehéz ezt a tagolt formát megfelelő hőszigeteléssel ellátni.) Tetősík ablakok esetén más a helyzet, ott a képletbe bekerül a tető dőlésszögének kérdése is. Általánosságban viszont elmondható, hogy északias tetősík ablak esetén csekély a nyári hőterhelési kockázat, ugyanakkor télen sem várhatunk hőnyereséget onnan. Keleti, nyugati és déli tetősík ablakok esetén viszont mindenképp javasolt a megfelelő árnyékolás, amely nélkül nagy mértékben fokozódik a tetőtéri túlmelegedés amúgy is fokozott kockázata. Szerencsére kaphatóak olyan ablakra erősíthető mozgatható külső árnyékoló rolók, melyek segítségével a hőterhelés kb. 90%-a kint tartható, persze ezzel párhuzamosan az alkalmazás idejére a bejutó természetes fény mennyisége is jelentősen csökken. A fentieket megfontolva én tetősík ablak esetén is általában a déli tetőfelület szoktam favorizálni, mert fűtési időnyben rengeteg hő befogására alkalmas, a nyári időszakban pedig viszonylag egyszerűen megoldható a hatékony hővédelme.



**15. ábra.** Balra: Tetősík ablak külső oldali árnyékolása. (forrás: <https://www.velux.hu/termekvalasztek/arnyekolok-es-kulso-redonyok> )

Jobbra: általam tervezett szalmaház déli oldala. Nyári időszakban optimálisan árnyékolt földszinti tetőtűlnyúlással és tornáccal, tetőtérben még meg nem oldott árnyékolással.

Itt ragadnám meg az alkalmat, hogy hangsúlyozzam, hogy a hatékony túlmelegedés elleni védekezés leginkább külső oldali megoldásokkal valósítható meg (16. ábra). Sokan belső oldali árnyékoló szerkezetekkel (függöny, zsaluzia stb.) próbálnak védekezni, ám azok inkább a fényterhelés csökkentésére alkalmasak, ha a napsugarak már átjutottak az üvegszerkezeten, akkor nem lehet igazán hatékonyan védekezni a hőterhelés ellen.

Megnevezés	Színezés (reflexiós tényező)			
	Világos (>0,5)	Középszín (0,3 – 0,5)	Sötét (0,1 – 0,3)	Fekete (<0,1)
Belső árnyékoló szerkezetek				
Reluxa	0,50	0,65	0,75	0,85
Gördülő vászonredőny (roló)	0,40	0,55	0,65	0,75
Függöny	0,45	0,60	0,70	0,80
Középső árnyékoló szerkezetek				
Reluxa	0,35	0,40	0,45	0,50
Gördülő vászonredőny (roló)	0,30	0,35	0,40	0,45
Külső árnyékoló szerkezetek				
Esslingeni redőny	0,09	0,09	0,10	0,10
Reluxa	0,10	0,10	0,12	0,12
Rolplast redőny	0,10	0,10	0,10	0,11
Zsalutábla nyitott levelekkel				
Fa	0,17	0,15	0,14	0,13
Fém	0,16	0,14	0,14	0,14
Zsalutábla félig zárt levelekkel				
Fa	0,12	0,13	0,14	0,15
Fém	0,13	0,14	0,15	0,16

**16. ábra.** Naptényező értékei az MSZ-04-140-4:1978 számú szabványból. Az értékek 0-1 között alakulnak. Hatékony árnyékolás 0-hoz minél közelebbi értékkel érhető el. (Baumann et al., 2009)

#### 5.1.7.2. Transzparens nyílászáró szerkezetek egész évre optimalizált üvegezési rendszerének kiválasztása

Tapasztalataim szerint az eddig felsorolt pontok közül ez az egyik legkevésbé köztudott és használt koncepció, ezért is szántam neki külön fejezetet. Sokan azt gondolják és kommunikálják, hogy minél több üvegréteg van, annál energiahatékonyabb a szerkezet. A kérdéskör viszont ennél sokkal összetettebb. Egy transzparens üvegezéssel ellátott nyílászáró szerkezetnek több fontos paramétere van, melyek különböző körülmények közötti viselkedésének jól kiválasztott kombinációja adja a legjobb eredményt. Először is lássuk, hogy milyen fontos tulajdonságait kell egy ablaknak számba venni:

Az üvegezés hőátbocsátási értékét adja meg az  $U_g$  érték. (Mértékegysége:  $W/m^2K$ ) Minél kisebb az érték, annál kevesebb hő szökik ki az üvegezésen keresztül.

Az ablakkerettel együtt számított teljes hőátbocsátási tényező az  $U_w$ , aminek értéke függ a keret típusától, az üvegezés befogási módjától és az ablak méretétől is, hiszen

kisebb ablakokon jellemzően nagyobb a keretezés (és annak hőszigetelésre kifejett) aránya, mint nagyobb ablakokon. (Mértékegysége:  $W/m^2K$ ) Minél kisebb az érték, annál kevesebb hő szökik ki a teljes nyílászáró szerkezeten keresztül.

Nagyon fontos, ugyanakkor kevesek által ismert paraméter az üvegezés  $g$  értéke, ami azt mutatja meg, hogy az üvegezés külső felületére érkező napsugárzás energiájának mekkora hányada (0 és 1 közti érték lehetséges) jut át a belső oldalra (Zhang et al., 2025). Szomorú tapasztalataim szerint sok szakmabeli (akik nem foglalkoznak energiatudatos tervezéssel, épületenergetikai számításokkal pl.) nincs ezzel tisztában, de nagyon gyakran találkoztam olyan nyílászáró forgalmazókkal is, akiknek szintén nem volt fogalma sem, a  $g$  érték létezéséről.

Üvegtáblák száma	Töltet	Résméret mm	$U_g$ $W/m^2K$	$g$ -érték	Fényáteresztés (%)
3 LEC	Xenon	8 mm	0,4	0,42	64%
3 LEC	Kripton	10 mm	0,5	0,42	64%
2 LEC	Xenon	8 mm	0,8	0,57	76%
2 LEC	Argon, kripton	16 mm	1,1	0,65	78%
2 LEC	Levegő	20 mm	1,5	0,65	78%
2	Levegő		3,0	0,75	80%
1	-	-	5,8	0,9	90%

**17. ábra.** Különböző üvegezések (keretszerkezet nélküli) néhány fontos jellemzője. Jól látható, hogy az  $U_g$  és a  $g$ -érték is erősen függ az üvegtáblák számától, a rétegszámok növelésével a hőátbocsátási tényező csökken, viszont a sugárzási nyereség potenciálja is, éppen ezért csak alaposabb vizsgálattal állapítható meg az energetikailag ideális üvegeztípus. (Baumann et al., 2009)

Az ablakra jellemző  $U_w$  érték, ahogy fentebb ismertettem is, nagyon fontos ugyan, de nem kizárólagos az ablak épületenergetikai megítélése szempontjából. Egy jó tájolású ablak esetén legalább ilyen fontos a sugárzás áteresztő képesség, hiszen az képes részben vagy egészben kompenzálni a hőveszteségeket, sőt, számításokkal kimutatható, hogy egy jól elhelyezett ablakon a fűtési időnyben több hőnyereség abszolválható, mint a szerkezeten keresztül jelentkező hőveszteségek. Ami a kérdéskört még érdekesebbé teszi, az az alkalmazott üvegezési rendszerben rejülő lehetőségek. Ahogy a fenti táblázatból is látható, az üvegezés rétegszámának növelésével jellemzően csökken az  $U_w$  érték, így a hőátbocsátásból származó veszteségek, ugyanakkor a  $g$  érték is csökken, ami viszont a sugárzási nyereségek csökkenését eredményezi. (Az értékeket befolyásolja még az üvegezés vastagsága, a rétegek közti távolság és az azt kitöltő gáz fajtája is.) Fentiekből következik tehát, hogy nem feltétlenül igaz az, hogy egy 3 rétegű üvegezéssel ellátott ablakszerkezet energetikailag jobb lenne, mint egy 2 rétegű, sőt. Az az érdekes helyzet, hogy jellemzően egy jól tájolt déli ablak esetén a teljes fűtési szezonra nézve energetikailag

előnyösebb egy 2 rétegű ablak, mint a 3 rétegű, ugyanis hiába szigetel jobban a 3 rétegű, de annival kevesebb sugárzási nyereséget lehet rajta keresztül befogni, hogy összességében a 2 rétegű felé billen a mérleg. Különösen igaz ez akkor, ha társított szerkezetekkel (melyet a következő alpontban részletezek) a 2 rétegű ablak veszteségeit csökkentjük miközben a nyereségek mértékét megőrizzük. A teljesség kedvéért megjegyzendő ugyanakkor, hogy természetesen vannak olyan szituációk, amikor a 3 rétegű ablak energetikailag előnyösebb. Ilyen például egy északi tájolású ablak, amelyen fűtési hőnyereség nem várható, így a veszteségek minimalizálása az elsődlegesen döntő. Az is igaz, hogy egy 3 rétegű ablakon keresztül a pillanatnyi hőveszteségek kisebbek, akusztikailag is jobban „muzsikálnak”, de jellemzően jelentősen drágábbak és erőforrás igényesebbek is, amelyek megtérülési és LCA szempontból is tovább árnyalják a kérdéskört.

Az általam tervezett szalmaházak esetén a fenti gondolatmenet ismeretében tehát mindig megvizsgálom, hogy a tájolás, a benapozás és a további paraméterek függvényében melyik megoldás a legoptimálisabb. Az alkalmazandó nyílászárók elhelyezkedésének, méreteinek és legfontosabb műszaki adatainak ismerteknek kell ahhoz lennie, hogy számszerűsíteni lehessen az ideális választást, ugyanakkor a fenti szemlélet alapján nagyrészt előre becsülhető és általánosan kijelenthető, hogy a déli oldalon jó tájolással és elhelyezkedéssel megvalósuló nyílászárók energetikailag előnyösebb megoldást jelentenek jó minőségű 2 rétegű üvegezéssel, mint 3 rétegűvel.

#### 5.1.7.3. Nyílászárókhöz társítható szerkezetek alkalmazhatóságának vizsgálata az energetikailag előnytelen időszakok javítására

Ezen koncepció részeként nem az árnyékolás, hanem kifejezetten a nyílászárók hőátbocsátásának csökkentése céljából társított szerkezetekre fókuszálok.

A nyílászárókhöz társítható szerkezetek tudatos használatával jelentősen csökkenthető az ablakok-ajtók hőveszteségei, ami fokozottan jól szigetelt házak esetén különösen fontos, hiszen a nyílászárók hőszigetelő képessége (ahogy korábban tárgyaltam) akár 15-20 - szor gyengébb, mint egy extrém jól szigetelt szalmafal.

Különösen jól kiaknázzhatók az előző pontban ismertetett koncepció előnyei (vagyis a 2 rétegű üvegezés nagyobb sugárzási nyereség potenciálja), ha a társított szerkezetekkel javítjuk a teljes nyílászárórendszer eredő hőátbocsátási tényezőjét a kedvezőtlenebb időszakokban, pl. télen napnyugtától napkelteig, vagy télen felhős időben, amikor nem tartózkodunk otthon. Ugyanúgy nyáron is csökkenthető a fölösleges hőterhelés mértéke ezekkel a szerkezetekkel.

Társított szerkezetek egy részével (első sorban külső oldali alkalmazás esetén) a fényvédelem és/vagy árnyékolás problémaköre is kezelhető.

Tekintsük tehát először a külső oldali alkalmazás lehetőségeit. Praktikus lehet tehát első körben olyan megoldásokat alkalmazni eme koncepció céljára, melyek amúgy is beépítésre kerülnek. Gyakran alkalmaznak például ablakok fény – és hővédelmére redőnyt vagy spalettát. Amikor tervezőként olyan termékeket kerestem, melyek egyúttal jó hőszigetelő képességgel is rendelkeznek, akkor azt tapasztaltam, hogy gyakorlatilag nem kaphatóak erre a célra is optimalizált termékek. Úgy gondolom, hogy idővel ezt az űrt be fogják tölteni a gyártók, ha erre nagyobb kereslet fog mutatkozni, de addig csak egyedileg gyártott szerkezetekkel vagy házilagos megoldásokkal lehet hatékonyan megvalósítani a koncepciót. Ilyen lehet például 6 cm hőszigetelő béléssel vagy maggal ellátott spaletta, mely számításaim szerint akár harmadára ( $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  –ról  $U_{\text{mod}}= 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re) is képes csökkenteni az alkalmazás ideje (jellemzően télen éjszaka) alatt jelentkező hőveszteségeket. A külső oldali alkalmazás mellett szól ugyebár a multifunkcionalitás, ellene viszont az időjárási viszontagságoknak való megfelelés miatt a bonyolultság.

A belső oldali alkalmazás hátránya, hogy azzal hatékony sugárzási hőterhelés elleni védelem nem valósítható meg egyúttal, viszont fény elleni védekezés igen. Esztétikai, takaró és sötétítő funkciókkal elterjedt a függönyök alkalmazása, melyek csekély mértékben csökkentik is az ablakokon át kiszökő hőt. Felmerült olyan függönyök alkalmazási lehetősége, akár több rétegben is, melyek a szokásos funkción túl hőszigetelésre is optimalizálva vannak. Számításokkal és tapasztalati úton is meggyőződtem róla, hogy nagyon sokat lehet javítani ily módon az ablakok hőszigetelésén. A megfelelő hatás eléréséhez fontos, hogy olyan anyagot alkalmazzunk, melyek elég vastagok és van számottevő hőszigetelő képességük. Az is fontos, hogy az ablaknyílást megfelelően kitöltsék/lefedjék, ezzel légréteget zárva be maguk mögött. Ezzel a módszerrel közel felére ( $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  –ról  $U_{\text{mod}}= 0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$  –re módosult) csökkenthető az ablakokon át jelentkező hőveszteség.

Tetőtéri ablakoknál függöny jellegű alkalmazás nem célszerű, de belső oldali roló például igen. Saját fejlesztésként belső oldali hőszigetelt spalettát is alkalmaztam már ilyen célra, mely igen eredményesen ( $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  –ról  $U_{\text{mod}}= 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ -re) csökkentette a hőveszteségeket.



**18. ábra.** Tetőtéri ablakok hőszigetelésének javításához kifejlesztett belső oldali hőszigetelt spaletta. Balra: felszerelés előtt a belső tér felé néző oldalai a spalettának. Középen: Felszerelt, de nyitott állapotban lévő spaletta. Jobbra: Felszerelés előtt a kültér felé néző oldalai a spalettának. (Saját fejlesztés és képek)

Ezen társított szerkezetek mozgatása történhet kézi erővel, de természetesen megoldható automatizált mozgatás is, mely kényelmi szempontból előnyös, ugyanakkor nyilván bonyolultabb és költségesebb.

Az **ECOBIONOM 7** koncepció elemeit is igen nagy arányban vetem be a tervezések során. A délre tájolt, jól benapozott 2 rétegű (3 réteg ellenében) üvegszerkezetek előnyeit és hátrányait általában ismertetem az építetőkkel, majd a döntési jogot a kezükbe adom. A **D** és **J** épület esetén biztosan tudom, de több másiknál is felmerült a preferálásuk. Ami a dél felé tájolt ablakok optimális árnyékolását illeti, az gyakorlatilag megfigyelhető mind a 12 épület esetében. Ahol releváns volt a keleti és nyugati ablak, ott rendre betervezésre került külső oldali spaletta is, amely nem csak az árnyékolást, de az ablak hőszigetelésének feljavítását is tudja egyben szolgálni. **D** esetén a tetőablak külső oldali árnyékolása és belső oldali hőszigetelő spaletta is elkészült, valamint társított szerkezettel került megvalósításra az összes nagy méretű dél felé néző ablak is az előnytelen időszakok feljavítására.

#### 5.1.8. ECOBIONOM 8 - Fokozott hőszigetelésű fal, födém vagy tetőszerkezetek alkalmazása szalmaháztervezés során

A szalmabálák felhasználásával készülő szerkezetek egyik fő előnye a kiváló hőszigetelő képesség. Szádiránytól és tömörségtől függően jellemzően  $\lambda = 0,04 - 0,05$  W/(m·K) közti irodalmi értékekkel találkozunk (Csanády et al., 2021) , ami egyértelműen a korszerű gyártott hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőivel képez egy nagyságrendet (Bozsaky, 2019). Ugyanakkor, ha más természetes építőanyagokkal vetjük össze, akkor látható, hogy pl. a fához képest kb. 5 –ször, a vályoghoz képest 20 – szor jobb hőszigetelő. Amennyiben más tömör vagy üreges falazatokkal vetjük össze, akkor is egyértelmű a szalma kiemelkedő tulajdonsága.

A szalmabálák alkalmazási lehetőségeit további tulajdonságaik ismeretében érdemes vizsgálni. A szakirodalmon túl hazánkban *Vályog falazóelemek és szalmabála építőelemek követelményeiről* előszabvány is készült, melynek 2. része a *Szalmabála építőelemekről* (MSZE – 3576-2) szól. A szabvány megalkotásában közreműködő bizottságban volt szerencsém aktívan közreműködni, így első kézből ismerem a tartalmát és megszületésének körülményeit.

Az előszabvány szerint:

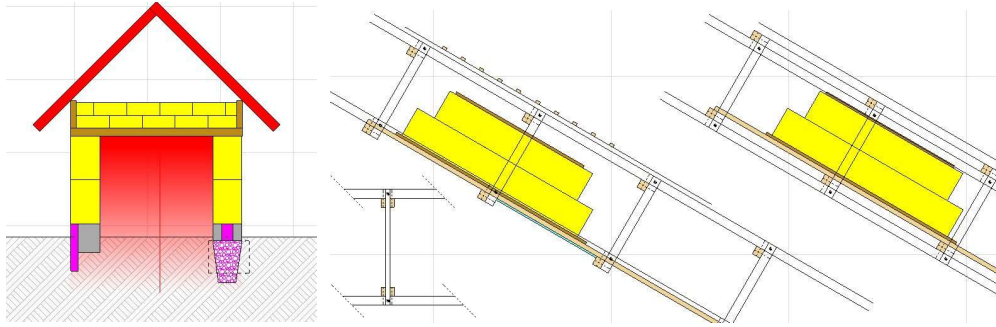
*„A szalmabála építőelemek meghatározott, más építési termékekkel együtt, előírt módon összeépítve alkalmazhatók építési célra. A szalmabála építőelemeket nem szabad alkalmazni alap-, pince- és lábazati falazatokhoz, teherhordófalaként való felhasználásuk nem javasolható. A szalmabála építőelem a behatoló víztől és nedvességtől védett szerkezetbe (csapadéktól, talajvíztől, talajnedvességtől, használati víztől) építhető be.”*



**19. ábra.** Balra: Nagyméretű kockabálák szállítása a beépítés helyszínére. Jobbra: Nagyméretű kockabálák felhasználásával készülő kísérleti épület Csehországban. (saját fotók)

Fentiek szerint tehát csak nedvességtől védett helyekre építhető be, ami érthető is, hiszen a szalma olyan szerves anyag, amely nedves körülmények között idővel biológiailag lebomlik. Ugyanakkor, ha ettől meg tudjuk óvni, akkor tapasztalatból tudjuk, hogy évtizedek múlva is aranysárga újszerű állapotban lelhető fel a szalma, ha egy régi szalmaházból kibontásra kerül, sőt, érdekességként megemlíthető, hogy egyiptomi sírokból évezredek eltelte után is kerültek elő épségben megőrzött szalmaszálak (Garas et al., 2009).

Könnyen belátható, hogy egy energiatudatos épületnél az elsődleges és legfontosabb paraméter a kiváló hőszigetelés, nem véletlen, hogy a passzívházak esetén is így van ez, ott  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  a falakra vonatkozó követelményérték, mely könnyedén teljesíthető szalmabálák felhasználásával készülő szerkezetekkel is. Sőt, itt érdemes megemlíteni, hogy gyári hőszigetelések esetén, ha tovább növeljük a hőszigetelés vastagságát, akkor idővel elérjük a gazdasági optimumot, amikor is anyagi szempontból nem éri meg tovább növelni a vastagságot. Szalmabálás szigetelés alkalmazása esetén más a helyzet, hiszen a vastagság további növelésével az energetikai és környezeti előnyök tovább javulnak, míg a bekerülési költségek és terhelések csak csekély mértékben fokozódnak. Ebből következően ésszerű keretek közt tovább növelve a hőszigetelést, eljutunk a nagybálás és a több sorban alkalmazott kisbálás szalmaházakhoz, melyek  $U = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékű falat is eredményezhetnek.



**20. ábra.** Balra: Extrém vastag szalmabálás szerkezetek elvi ábrája. Nagyméretű bálákból készülő falazat, dupla sorban alkalmazott kisbálás földem hőszigeteléssel. 2 fajta alap-lábazati megoldással, balra fagyhatár alá levezetett lábazati hőszigeteléssel, jobbra fagyhatár alá levezetett habüveg granulátumon maghőszigetelt vasbeton lábazati kialakítással. Jobbra: Elvi ábra ferde tetősíkra speciálisan kialakított magasított fa tetőszerkezetről dupla soros kisbálás hőszigeteléssel. (saját szerkesztésű rajzok)

Extrém vastag szerkezetek alkalmazása esetén azért természetesen mérlegelni kell a járulékosan növekvő anyagmennyiségeket is például a tetőfelület és vakolatok kapcsán, vagy a megnövekvő falvastagság hatását a nyílászárókra.

A szalmabálák földemen való alkalmazása nem bonyolult és általában egyszerűen fokozható a szigetelés vastagsága. Kritikus helynek leginkább a fal-tető kapcsolat számít, ahol jellemzően beszűkül a tér, de megfelelő szerkezeti megoldásokkal ez értelmes határokon belül kezelhető.

A szalma ferde síkú tetőben való alkalmazása már nehezebben oldható meg, legalábbis bálaméretben. A szokványos hőszigeteléseknél alkalmazott szarufák közti tetőtéri hőszigetelés módszere nem működik szalmabálák esetén, hiszen sem a bálák mérete, sem a szükséges tűzálló és légzáró kéreg kialakításának szükségessége nem teszi lehetővé azt. Ez nem jelenti azt, hogy nem lehet tetőtérben alkalmazni a bálákat, viszont speciálisan ehhez kialakított magasított vagy rácsos tartókra van szükség hozzá. Praktikusan egyszerűbb, nem túl tagolt tetőforma esetén gazdaságos ilyen kialakítani. Alacsony hajlású „lapostető” esetén is megoldható a szalmabálákkal történő hőszigetelés, de ekkor meglehetősen komplikált, átszellőztetett tetőréteggel lehet csak megfelelő páratechnikai és környezeti nedvesség elleni feltételeket biztosító szerkezetet létrehozni

Az **ECOBIONOM 8** az a pont, amelyik tényleg mindegyik épületnél sikeresen megvalósult. A falak hőszigetelése mindenhol szalmabálákkal történt. Az **E** projekt esetén nagybálákkal, **B** és **D** esetén dupla sorban alkalmazott, míg a többi esetén egy sorban alkalmazott kisbálákkal. A felső hőburok is majdnem minden esetben szalmabálás tudott lenni, csak az **A** és **G** épület esetén a ferde tetősíkoknál, illetve egyes köztes földem szakaszokon került sor újrahasznosított cellulóz hőszigetelés alkalmazására. Ugyanakkor **G** épületben a vízszintes zárófödémek és a vízszintes

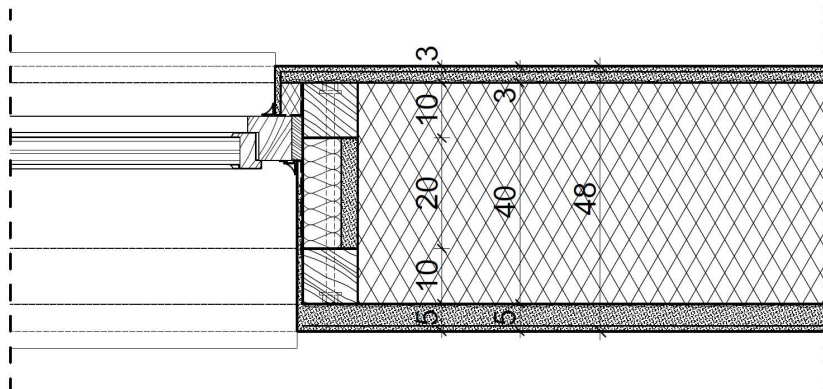
tetőszakaszok (torokgerenda/fogópár teteje) szalmabálás hőszigeteléssel valósulhattak meg, akárcsak a C és L jelű épületeknél, illetve terv szerint az F-nél is, bár tudtommal itt megvalósítás közben végül beépített tetőteres verzió mellett döntöttek, amire szintén lehetőséget adott a terv. Kisbálákkal valósult meg a zöldtető alatti ferde tetősík a H és I projekt esetén, míg dupla sorban alkalmazott bálákkal készült a zárófödém szigetelése a B, a D és az E jelű házaknál.

5.1.9. ECOBIONOM 9 - Hőhidas megoldások alkalmazásának minimalizálása, elkerülhetetlenségük esetén a hőhidak hatásának csökkentése szalmaháztervezés során

A hőhidas megoldások elkerülése általános épületszerkezeti elv, mely energiahatékony épületek esetében hatványozottan fontos. Teljes elkerülésük általában nem megoldható, de minimalizálásukat igyekszem mindig szem előtt tartani.

5.1.9.1. Nyílászáró szerkezetek beépítésének hőhídmentes kialakítása

A korábbi pontokból látszik, hogy a nyílászárók szerepe a környezet- és energiatudatos épületek esetében nagyon nagy. Rosszul tájolt, rosszul kiválasztott, rossz paraméterekkel rendelkező nyílászárók teljesen el tudják rontani egy alapvetően jól szigetelt épület hőkomfortját is, míg egy optimálisan tervezett épületben az okosan alkalmazott koncepciókkal kifejezetten pozitív a nyílászárók hatása a teljes évre vetített energiagazdálkodásra és hőkomfortra.



**21. ábra.** Nyílászáró beépítésének csomóponti ábrázolása (vízszintes metszet). Fa létravázas tartószerkezet. Szalmabála kitöltő falazat 2 oldali vakolattal, falvég nyílászáró felől is vakolva, oszlopköz ásványgyapot hőszigeteléssel kitöltve. Ablaktok előtt kiegészítő hőszigetelés kerülő hőhíd csökkentése érdekében. Légtömör beépítés páratechnikailag is megfelelő EPDM szalagokkal.

A nyílászárók beépítése kapcsán fontos arról is beszélni, hogy a veszteségek nem csak az  $U_w$  értéktől és a felület méretétől függenek, hanem a beépítés kapcsán vonalmenti hőhidproblémák is felmerülhetnek. Az ablaktok falszerkezetbe való beépítése mentén kerülő hőhid alakul ki, amennyiben nem gondoskodunk annak kiküszöböléséről. Szalmaházak esetén is ügyelni kell erre, közben persze szem előtt tartva a további szalmaspecifikus szempontokat is. Különösen fontos, hogy a légzáró és tűzálló kéreg fojltonossága az ablakbeépítés irányából is megvaósuljon, ami nyilvánvalóan a nyílászáró beépítése előtt alakítható csak ki. Szintén hangsúlyozandó a megfelelő páratechnikai kialakítás fontossága is. Légtömör RAL kialakítás esetén fontos, hogy a beépítési hézag lezárásakor a belső oldalom párazáró, míg a külső oldalon páraáttersztő EPDM szalag kerüljön beépítésre, hiszen csak így biztosítható a páratechnikailag kifelé nyitott rétegrend megmaradása.

#### 5.1.9.2. Hőhidas szerkezeti részletek elkerülése szalmaházak esetén

A manapság általánosan használt építési módoknál a hőhidak zöme vasbeton és acél szerkezeti részekhez kötődnek. Szalmaházak esetén általában fa tartószerkezeteket alkalmazunk, melyek hővezetési tényezője ugyan nem számít magasnak, de a szalma kontextusában azért hőhidnak tekinthető, így törekszem rá, hogy falszerkezeten átmenő szerkezetként csak korlátozottan alkalmazzam.

Beton és vasbeton szerkezetet szalmaházaknál jellemzően csak az alap-lábazat és az aljzat kapcsán használunk, ebből hőhidprobléma leginkább a lábazat mentén jelentkezhet, ezek megoldását külön pontban tárgyalom majd.

A fa szerkezetek által okozott hőhidak jellemzően ott jelentkeznek, ahol átmenő szerkezetek törnek át a hőszigetelő szalmaburkot, ilyenek lehetnek például a földemgerendák, vagy esetlegesen a tetőszerkezetet alátámasztó oszlopok. Ezekben a helyeken arra is ügyelni kell, hogy megfelelő légmentes és repedésmentes lezárással valósuljon meg az áttörés, hogy a légzárás és tűzvédelmi kritériumok se sérüljenek.

Létravázis fa szerkezetek fokai esetén áttörések ugyan nem jelentkeznek, de a hőszigetelés teljes vastagságában fellépő enyhe hőhidak igen, hiszen a szalmánál rosszabb szigetelő képességű fa szerkezetek töltik ki „pontoszerű” foltokként a rétegrendet. Amennyiben átmenő fém menetes száakkal rögzítjük a létrafokokat az oszlopok közé, akkor kis felületen ugyan, de markáns pontoszerű hőhidak keletkeznek, melyeket hőszigetelt fejsüllyesztéssel lehet tompítani.

Az **ECOBIONOM 9** is olyan elv, melynek alkalmazása alapvetően minden projekt esetében elkerülhetetlen, de azért némileg gyengébb pontok a lábazatnál és a fal-eresztető kapcsolatnál szoktak előfordulni. Minőség tekintetében sem alulról sem felülről kilógó projektet nem tudok megnevezni, kiemelni talán csak annyiban lehet, hogy a vastagabb szerkezeti megoldások (nagybála és dupla sorban alkalmazott kisbála)

alkalmazása a **B**, **D** és **E** jelű házaknál tovább tompítja a hőhidak szerepét. Ennek magyarázata, hogy a tipikus fal-födém-tető csomóponti szerkezeti „sűrűsödés” az extra vastagság miatt „felhígul” és ekkora vastagságnál már az átmenő fa szerkezetek hossza is olyan méretet és hőszigetelő értéket ér el, amit nehéz hőhidnak tekinteni.

5.1.10. ECOBIONOM 10 - Hőburkon belül alkalmazott szerkezetek hőtárolási lehetőségeinek maximalizálása és egész évre optimalizált padló-alap-lábazat kialakítási koncepció alkalmazása szalmaházak esetén

Laikusok gyakran nem értik a hőszigetelés és a hőtárolás közti különbséget, de tapasztalataim szerint a szakmagyakorlók körében is sokan vannak, akik nem használják elég tudatosan ezt az eszköztárat.

Néhány kivételtől (pl. időszakosan használt épületek) eltekintve a hőszigetelést az épületburok küldő oldalán, míg a hőtároló tömeget a belsőn érdemes elhelyezni.

Az épület földszinti padlója alatti földtömeg hőtárolási célú kihasználását külön alponthoz (5.1.10.2) tárgyalom, az 5.1.10.1. fejezetben a többi hőtárolási lehetőséget tekintem át röviden. Bár vannak példák kifejezetten hőtárolási-hőgazdálkodási céllal készülő szerkezetekre, mint például a Trombe fal vagy más „energiagyűjtő falak”, melyekkel sok szakirodalom foglalkozik, így ezeket most nem elemzem ki, ugyanakkor azt gondolom, hogy érdemes az épületekbe (tartó és egyéb funkciók miatt) amúgy is mindenképp beépülő szerkezetek hőtárolási célra is alkalmas anyagválasztásának, szerkezetválasztásának a megfontolása.

5.1.10.1. Hőburkon belül alkalmazott szerkezetek hőtárolási lehetőségeinek maximalizálása szalmaházak esetén

Jellemzően minden házban találhatóak függőleges teherhordó és/vagy kitöltő falak, válaszfalak, födécek stb.

Tervezési gyakorlatomban bevált, hogy a teherhordó és hőszigetelő külső szalmafal esetén csak a szükséges szerkezeti elemekre hagyatkozok, úgymint a fa tartószerkezet, a kitöltő hőszigetelő szalmabála építőelemek és a szükséges 2 oldali tűz és légzáró kéreg. Érdekes megjegyezni, hogy a belső oldalon jellemző kb. 5-6 cm vastagságú vályog vagy mészvakolat elsőre nem tűnik ugyan soknak, de ha kiszámoljuk, akkor falnégyzetméterenként körülbelül 100 kg hőtároló kapacitásról beszélhetünk. Amennyiben ezt összevetjük egy korszerű üreges téglafalazattal, akkor meglepő eredményt kapunk. Sokan csak a téglaházakban „bízhatnak”, azokat gondolják masszív, nehéz, „farkas által el nem fújható” szerkezeteknek, de ezek a téglaházak egész

mások, mint a régi kisméretű tömör téglából készültek. A szerkezeti felépítésüknek köszönhetően könnyebbek és olcsóbbak, de hőtároló tömeggel alig rendelkeznek. Egy cm körüli belső vakolattal együtt a hőtárolásban aktív belső része a falzatnak 1/3-át sem éri el a szalmaháznál kalkulálnak.

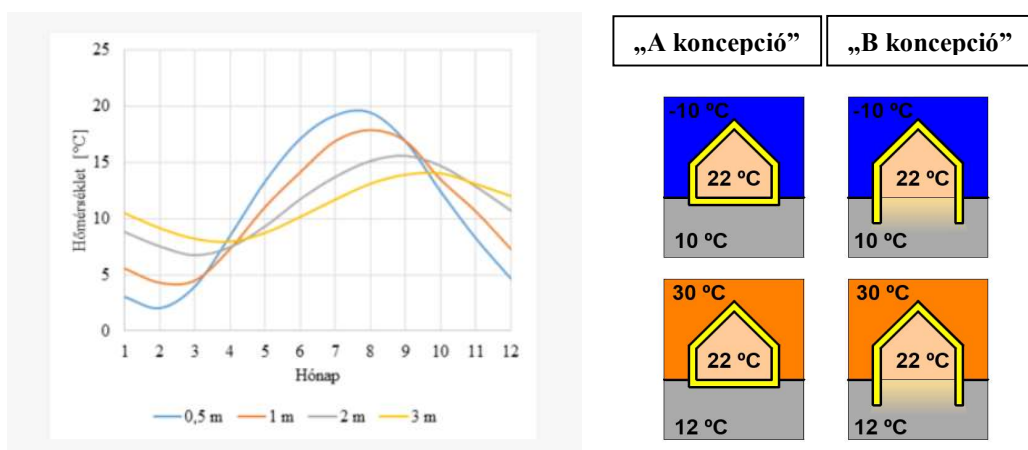
A természetes anyagok nagyobb fajhője és a korábban említett magasabb szorpciós képessége a látens hőtárolásnak köszönhetően további előnyt jelent a jellemzően szilikát falzatokkal szemben. (Medgyasszay, 2007)

Az általam tervezett szalmaházak esetén a hőtárolási lehetőségek kiaknázására ki szoktam használni a válaszfalakban rejlő óriási potenciált is, legtöbbször bontott tömör kisméretű téglá és/vagy vályogtéglá kerül betervezésre, melyek tökéletesen megfelelnek erre a célra is, miközben ellátják további szükséges funkcióikat is. Jelentős hőtárolási potenciál rejlik még az épület padozata alatti szerkezeti rétegekben és talajban, mely tárgyalását külön alapon teszem meg.

#### 5.1.10.2. egész évre optimalizált padló-alap-lábazat kialakítási koncepció alkalmazása szalmaházak esetén

Van egy nagyon fontos energetikai, hőszigetelési-hőgazdálkodási koncepció, amelyet tapasztalatom szerint szakmai körökben nagyon kevesen ismernek és alkalmaznak.

Az alábbi ábrák segítségével röviden ismertetem a lényegét.



**22. ábra.** Balra: Talajhőmérséklet alakulása a hónapok és a mélység függvényében. Minél mélyebben vizsgáljuk, annál kiegyenlítettebb a hőmérséklet. (forrás: [https://mersz.hu/dokumentum/m514aea\\_12/](https://mersz.hu/dokumentum/m514aea_12/)) Jobbra: Hőszigetelési koncepciók közti különbség. „A koncepció” esetén talaj felé is zárt hőburok, míg „B koncepció” esetén a talajtól nem vágjuk el az épületet.

Az „A koncepciót” elneveztem szokásos, téltre optimalizált koncepciónak, míg a „B koncepció” esetén az egész évre optimalizált energiagazdálkodási és hőkomfort koncepció terminológiát vezettem be.

Az „A koncepció” szakmai körökben a legtöbbször által ismert és használt hőszigetelési-hőtárolási koncepció, amelynél nem csak a levegővel érintkező falak és födémek/tetőszerkezetek irányában alkalmaz jelentős hőszigetelést, hanem a talaj irányába, jellemzően a padló rétegrendszerben (vagy az alatt) is.

Ezzel szemben a „B koncepció” a padlóban a talaj irányába nem, vagy csak nagyon csekély mértékű hőszigetelést alkalmaz, míg a levegővel érintkező fal és födémek/tetőszerkezetek irányába természetesen ez a koncepció is jelentős hőszigeteléssel dolgozik, amely vonala mélyen lefut a terepszint alá is.

Medgyasszay P. számításai szerint a téli fűtési energiaigényben nincs jelentős különbség a 2 koncepció közt, az „A koncepció” javára mutatható ki csekély előny (Medgyasszay, 2007). Ugyanakkor nyáron más a helyzet, a „B koncepció” szerint épült házakban sokkal könnyebben tartható a komfortos belső hőmérséklet, míg az „A koncepció” szerinti házak sokkal hajlamosabbak a nyári túlmelegedésre, így a lakókomfortban mutatkozik jelentős különbség a B javára. (Medgyasszay, 2007)

Amennyiben mesterséges hűtés (klíma) segítségével tartjuk a komfortos hőmérsékletet nyáron, akkor hűtési energiaigényben is kifejezhető a 2 koncepció közti jelentős különbség. Fentieket megfontolva, tervezési gyakorlatomban egyértelműen a „B koncepciót” részesítettem előnyben, aminek az előnyeit a számításokon túl a használati tapasztalatok is maximálisan igazolták.

A „B koncepció” jelentős nyári előnye felülmúlja a csekély téli hátrányát, így egész évre egyértelműen a B koncepció szerint érdemes tervezni. Ha a klímaváltozás jelenlegi tendenciáit vesszük alapul, akkor a nyárra való optimalizálás szerepe tovább fokozódik, míg a téli működés szerepe egyre csökken.

Tapasztalataim szerint a „B koncepció” szerint tervezett házak, okos tájolóssal és árnyékolással kombinálva az utóbbi évek forró nyarai során is komfortosak tudtak maradni mesterséges hűtés nélkül is.

A két koncepció működési különbségének lényege, hogy míg A koncepció esetén az épület minden irányban elszigetelésre kerül a környezetétől, addig a B koncepció nem szakad el a talajtól, az így tervezett épület belső tere egy energetikai-hőtárolási egységet képez az épület alatti talajjal. „A koncepció” esetén a hőszigetelő burkon belüli hőtároló tömegek az épület szerkezeteire korlátozódnak és hosszú ideig tartó hőhullám esetén a hőszigetelés csak lassítani képes a felmelegedést, de komfortos szinten tartani nem. Ezzel szemben „B koncepció” esetén az épület alatti talaj jelentős mértékű hőtároló tömegként segít komfortosan tartani a ház belső terét. Egy nettó 100 m<sup>2</sup> – es ház esetén a hőtárolásban résztvevő tömeg akár a 300 tonnát is elérheti,

melynek felső része a napi és heti hőingadozás kiegyensúlyozásában játszik szerepet, figyelembe véve viszont a lábazat és alap melletti hőszigetelés által becsapdázott földtömegek többi részét is, annak már a szezonális hőkiegyenlítésre is van szerepe. Megfigyeléseim szerint az épület padlőhőmérséklete éves szinten nagyon kiegyensúlyozott, az épület alatti talaj (egyelőre meg nem határozott mértékű) szezonális hőtárolásban is részt vesz. A nyáron még komfortos 24 °C körüli belső hőmérséklet által átmelegített talaj őszbe, majd télbe fordulva jelentős hőtartalékokat képez a téli 20-22 °C belső hőmérsékletek biztosításához, de legalábbis jelentősen csökkenti a hőmérséklet különbséget a belső levegő és a lehülő felületnek minősülő padló közt.

A „B koncepció” téli működési előnye továbbá a jelentős hőtároló tömeg által kifejtett hőtehetetlenség formájában szintén jelentkezik. Magára hagyott ház esetén sokkal lassabban hűl le, mint „A koncepció” béli párja, ráadásul minél jobban esik a belső hőmérséklet, annál jobban megnő az épület alatt eltárolt hő fűtő szerepe. A fenti példában említett padló alatti 300 tonna minden egyes fokkal történő lehűtésekor  $c \times m \times \Delta T = 900 \text{ J/kg/}^\circ\text{C} \times 300\,000 \text{ kg} \times 1^\circ\text{C} = 270\,000\,000 \text{ J} = 75 \text{ Kwh}$  hőenergia kerül aktivizálásra. Az érzéketlenség kedvéért, ez olyan, mintha több, mint 3 napig (72 óra) 1 kW-os teljesítménnyel fűtené a talaj az épületet. A valóságban ez a hőmennyiség hétköznapi használat mellett valószínűleg hosszabb idő alatt áramlik át, ezt érdemes lenne további kutatásokkal számszerűsíteni. Konkrét mérési adatok nélkül szemléleti és tapasztalati alapon viszont eddig is megerősítést nyert a koncepció működése.

Az egész évre optimalizált padló-alap-lábazat kialakítási koncepció alapvetően optimális vonalvezetésű intenzív hőburok alkalmazását jelenti, hatékony hőtárolással társítva, egész évre optimalizálva. Szalmaházak esetén a hőszigetelés általában a fal és a födém/tető esetén szalmabála építőelemekkel valósul meg, de a nedvességnek kitett helyeken természetesen nem lehet szalmát használni, így a folyamatos vonalvezetés más hőszigetelésekkel tehető csak teljessé.

Az **ECOBIONOM 10** hőtárolási koncepció is erősen jelen van minden egyes általam készített tervben. Az építetők visszajelzései szerint a működésük is hozza az elvárások szerinti komfortot, ami a kellemes nyári belső légállapotokban is rendre megnyilvánul. Az **B** projekt annyiban különleges, hogy itt megrendelői igényre még a „domb” is hozzájárul a hőtároláshoz. Az alap-lábazat-padló kialakítási koncepció a **H** projekt esetén kissé speciálisan valósulhatott meg, de ott a tavi környezet miatt a nyári túlmelegedés problémája a szokásosnál is kevésbé jelentkezik. A többi épület esetén lényegében a koncepció terv szerint tudott megvalósulni.

5.1.11. ECOBIONOM 11 - Frisslevegő bevezetés optimalizálása szalmaházak esetén

Az építési követelmények is tartalmazzák az alapvető szellőzési követelmények megfogalmazását, például a **TÉKA** szerint:

280/2024. (IX. 30.) Korm. rendelet:

### 60. Higiénia, egészség- és környezetvédelem

(2) Az építmények megvalósítása és rendeltetésszerű használata során biztosítani kell

a) a helyiségek rendeltetésének megfelelő **szellőzési**, fűtési, természetes és mesterséges megvilágítási lehetőséget,

A szellőzés megfelelő biztosítása friss levegő bevezetéssel, egyúttal az elhasznált levegő kivezetésével, vagy egyszerűbben megfogalmazva légcserével jár.

Az épületek kialakításuk (különböző anyagok, szerkezetek összeépítése, áttörések, nyitható szerkezetek stb.) és használatuk (ajtón ki/bemegyünk, ablakot kinyitjuk stb.) miatt rendelkeznek változó mértékű tömítetlenséggel és szabályozatlan légcserével vagy filtrációval. Ezt a légtömorség fogalomköre írja le, és légtömorségi vizsgálattal lehet számszerűsíteni.

Úgynevezett Blower door teszttel lehet pontosan mérni az értékét. Minősített passzívházak esetén 0,6 l/h értéket nem haladhatja meg ez a szám, vagyis 50 Pa nyomáskülönbség mellett nem cserélődhet ki a teljes belső légtér 60 %-át meghaladó légtömeg. Ilyen légtömorség mellett az épület frisslevegő ellátottsága nem éri el a megfelelő egészségügyi értéket, ezért mesterséges szellőztetéssel kell kiegészíteni. A passzívház koncepciónak fontos része, hogy az alacsonyan tartott ellenőrizetlen légcseré mellett a további szükséges friss levegő bejuttatása hővisszanyerős szellőztető berendezés segítségével történik, melynek a magas hatékonysága (akár 90%-ot is elérheti) segít alacsonyan tartani a szellőzési veszteségeket (Zender–Świercz, 2021). Ennek használata mellett nyilván az ablakok nyitása is lehetséges, de nem ajánlott.

Az egyértelmű, hogy érdemes törekedni a jó légtömorség elérésére, de az már további vizsgálatot igényel, hogy el lehessen dönteni, hogy a hagyományos ablaknyitások szellőzés veszteségével szembeállítva megér e komolyabb gépészeti beruházásokat eszközölni. Az biztos, hogy némi tudatossággal ezek a veszteségek is kordában tarthatók. Ha például téli időszakban a napi fő szellőztetést van lehetőségünk délutánra igazítani kora reggel helyett, akkor jellemzően 5-10 °C, de időnként akár 15-20 °C különbség is lehet a 2 időpontban mérhető külső levegők hőmérséklete közt. Ez azt jelenti, hogy 22 °C – os átlagos belső hőmérséklettel kalkulálva első esetben  $22 - (0 - -5) = 22 - 27$  (átlag 24,5°C) hőmérsékletkülönbség van, második esetben pedig  $22 - (5 - 10) = 12 - 17$  (átlag 14,5 °C) , ami azt jelenti, hogy majdnem kétszer akkora szellőzési veszteséggel jár a rosszul időzített szellőztetés.

A hagyományos ablaknyitások szellőztetésén és a hővisszanyerős szellőztetésén kívül vannak további lehetőségek is. Viszonylag egyszerű és olcsó megoldás mesterséges szellőztetés esetén a friss levegő bevezetést úgy megoldani, hogy pl. talajhő felhasználásával télen előmelegített, nyáron pedig előhűtött levegő kerül bevezetésre.

Szalmaházak esetén gyakori, hogy a fő fűtést korszerű fatüzeléses berendezés, általában cserépkályha vagy tömegkályha látja el.



**23. ábra.** Balra: Szegedi szalmaházba épített multifunkciós tömegkályha. (Igaz, 2014c)  
Jobbra: Debreceni dupla soros szalmaházba készített multifunkciós tömegkályha: főfűtés, fűtött padkával, sütés-főzési opcióval, HMV és vizes oldali fűtési képességgel. (Igaz, 2017a)

A téli fűtési időszakhoz és fatüzeléses megoldáshoz kötődik a következő megfontolás, melyet Szalai Péter tömegkályha építő mestertől volt szerencsém először hallani. Ezt a koncepciót ismertetem röviden.

Normál esetben a kályha abból a helyiségből veszi a friss levegőt, ahova telepítésre került. 1 kg fa eltüzeléséhez hozzávetőlegesen 8-10 m<sup>3</sup> levegőre van szükség, melyet nyilván friss levegővel kell pótolni. 15-20 kg fa elégetéshez kb. 120 – 200 m<sup>3</sup> friss levegő utánpótlás tartozik, ami egy alapos szellőztetésnek felel meg. Alacsony vagy közepes légtömörségű (jellemzően régi építésű) ház esetén ez a friss levegő utánpótlás magától lezajlik a tömítetlen réseken, ablaknyílások stb. mentén. Jó légtömörségű ház esetén ez nem tud megtörténni, az égés nehézkes, könnyen visszafüstöl stb., ezért (no meg persze életvédelmi okokból) gondoskodni kell a tüzelés idejére frisslevegő bevezetéséről, ami lehet egy résre nyitott ablak vagy kifejezetten erre a célra kialakított (üzemidőn kívül lezárható) levegő bevezető nyílás. Amennyiben tehát a ház friss levegő utánpótlása biztosított, akkor a tüzelés során elégetett levegő mennyiségével egyenlő mennyiségű friss levegő is bejut a házba, tehát a szükséges szellőztetés (legalább egy része) is megtörténik egyúttal. Arra viszont ügyelni kell, hogy ezzel

párhuzamosan ne kerüljön kialakításra olyan berendezés (pl. külső kivezetésű szagelszívó), amely vákuumhatással vissza tudná szívni a kályhából az égéstermék/füstöt.

Fatüzeléses berendezések friss levegő ellátása kapcsán van egy újabban terjedő irányelv is, miszerint érdemes közvetlen külső bevezetéssel biztosítani a friss levegőt az égéshez. Ennek bár vannak nyilvánvaló előnyei, felvet tervezési és kivitelezéstechnikai kérdéseket is, de én most csak energetikai vonzataira hívnám fel a figyelmet. Amennyiben nem hővisszanyerős szellőztetéssel működik a ház, akkor ennél a verziónál is szükség van „ablaknyitogató” szellőztetésre, tehát energetikailag nem nyerünk semmit azzal, hogy nem a házba vezettük be a friss levegőt. Veszteséget viszont elkönnyelhetünk azáltal, hogy nem szobahőmérsékletű levegővel tápláljuk a tűzteret, hanem közvetlenül a hideg kinti levegővel, amit így több fa elégetésével vagyunk kénytelenek kompenzálni, ráadásul az alacsony égéslevegő hőmérséklet rossz hatással van a tűztér hőmérsékletére, így az égés hatásfokára is. Ezeket a megfontolásokat tehát fatüzelésű berendezés alkalmazása esetén szintén nem árt számításba venni.

A frisslevegő bevezetési koncepció kapcsán nyári időszakban persze más szisztéma célravezető a tervezés és üzemeltetés során. A legnagyobb melegben nem érdemes szellőztetni nappal, amikor viszont a kinti hőmérséklet a benti alá megy, akkor (akár egész éjszakára is) érdemes élni ezzel a lehetőséggel. Hatékony éjszakai szellőztetéssel a legtöbb esetben komfortos hőmérséklet tartható, különösen megfelelő hőszigeteltségű és hőtároló kapacitással rendelkező házban. A megfelelő átszellőztetéshez lehetőleg különböző homlokzati tájolással rendelkező, kellő mennyiségű és nyitható felületű nyílászáróra van szükség.

Csak röviden jegyzem meg, hogy gyakran használják a „lélegző falak” kifejezést a szalma és vályogházakra, ám ez teljesen hibás megfogalmazás, melyet az 5.1.3. fejezetben már tisztába tettem.

A szabályozatlan légcseré tárgykörébe tartozik, de egy külön bekezdést megérdemel az ablakok beépítéséhez kapcsolódó filtrációs veszteség.

Korábbi (5.1.5. és 5.1.7.) fejezetekben nagy vonalakban tárgyaltam a nyílászárókhoz kötődő hőátbocsátási és hőhídveszteségek kérdéseit. Van ugyanakkor további, energia-gazdálkodáshoz kapcsolódó veszteség is, ami az ablakhoz és ajtókhöz köthető. A szellőzési veszteségek témakörét már érintettük, de az ablakok tömítetlenségi kérdése megér egy külön bekezdést. A mai korszerű nyílászárók, legyen az fa vagy műanyag kerettel rendelkező, záródása jellemzően nem hagy kivetni valót maga után. Az ablakok beépítése kapcsán viszont már sokkal inkább tapasztalhatók légtömörégi problémák. A kizárólag PUR habbal kifűjt beépítési hézagok nem eredményeznek tökéletes légzárást, ezért a kifejezetten légtömör ablakbeépítésre kifejlesztett német **RAL** szabvány szerinti beépítés javasolható, mely tömítő szalagok alkalmazásával teszi légmentessé a beépítéseket.

Az **ECOBINOM 11** koncepció kisebb-nagyobb mértékben megvalósult a projektekben, bár itt szintén több olyan dolog található, amely első sorban a használati szokásokkal és döntésekkel befolyásolható. Az **A** projekt esetén a friss levegő előhűtés/előfűtés koncepciója is megvalósult. A **D** és **J** épületekre való nagyobb rálátásom révén tudom, hogy a koncepció elemeinek zöme ezeknél megvalósult.

#### 5.1.12. ECOBIONOM 12 - Passzív és megújuló energia alapú fűtési - hűtési lehetőségek megvizsgálása szalmaháztervezés során

Az **ECOBIONOM** tervezési koncepció eddig tárgyalt, energiahatékonyságot érintő elemeiben közös az, hogy igyekeznek az épület fűtési és hűtési igényét minimalizálni. Az alaposan lefaragott energiaigénynek köszönhetően eleve jóval csekélyebb és gazdaságosabb fűtési (és hűtési) rendszer kiépítésére van csupán szükség.

Bár klasszikus értelemben nem tekintjük fűtési rendszernek, mégsem lehet említés nélkül hagyni a passzív szoláris elvek mentén nyert fűtési energiát. Ennek köszönhető, hogy egy okosan megtervezett, jól tájolt, megfelelően hőszigetelt és hőtároló tömeggel is rendelkező szalmaház aktív fűtési igénye töredéke egy hasonló méretű átlagos házáé.

A kiváló hőszigetelő buroknak köszönhetően egész más szemlélettel és sokkal egyszerűbb fűtési rendszerrel is meg lehet termelni a maradék, viszonylag csekély fűtési energiaigényt. Szalmaház tervezői praxisomban jellemzően a megrendelőim eleve elzárkóztak a gáz bekötésétől is, így általában korszerű fatüzelésű alapfűtés és/vagy megújuló energiára alapozó elektromos fűtési rendszereket terveztem.

A szokványos házakban általánosan elterjedt, helyiségenkénti hőleadókkal működő, rendkívül bonyolult és költséges fűtési rendszerekkel ellentétben egy **ECOBIONOM** elvek mentén tervezett szalmaházban sokkal egyszerűbb fűtési rendszer is elégséges. Leggyakrabban multifunkcionális tömegkályha alkalmazására került sor. Ez, a főleg skandináv régiókból származó, rendkívül hatékony és praktikus fatüzeléses berendezés központi elhelyezkedésének is köszönhetően képes napi egy begyűjtással kifűteni az egész házat. A kiváló hőszigetelő buroknak és alaprajzi formálásnak köszönhetően, elég hő jut a kályhával közvetlenül nem érintkező helyiségekbe is. Persze a használata másfajta szokást, tudatosságot igényel, a visszajelzések szerint többségében önálló fűtési rendszerként is kielégítően működik sokak számára. Nagyobb és/vagy némileg tagoltabb alaprajz esetén előfordul, hogy csak alapfűtésként kerül alkalmazásra és pár helyen minimális (pár 100 wattos) kiegészítő fűtéssel együtt válik teljessé a rendszer. Gyakori megoldás az is, hogy ügyes szerkezeti kialakítással a kályha fűtési teljesítményének egy része (jellemzően nem több, mint az ¼-e) vizes vagy légfűtéses oldalon is kivehető, ami azt jelenti, hogy

némi plusz energia vezethető a kályhától távolabbi helyiségekbe is szükség esetén, ezzel segítve a felhasználói igények szerinti hőelosztást.

Több olyan kályhát is terveztünk (lásd. 23. ábra), amely a **HMV** igényt is képesek fűtési idényben részben kielégíteni vagy legalább a bojler számára előmelegíteni.

A tömegkályhák további, autonómiát növelő opciója, hogy sparheltes kialakítással a főzésre is közműmentes megoldást kínálnak, sőt, égésterük több kialakítási lehetőséget is kínál sütési opció ellátására is.

A tömegkályhák kialakításánál nagy előny, hogy villamos és gáz közmú nélkül, vagy azok esetleges ideiglenes ellátási problémáinak idején is tökéletesen tudnak működni, ezáltal a benne lakók számára nem csak meleget, de **HMV**-t és sütési – főzési lehetőséget is biztosíthatnak. Nem egy olyan történetet meséltek már korábbi ügyfeleim és szalmaházaz ismerőseim, amikor hosszú ideig tartó áramszünet idejére náluk húzódott meg a rokonság-szomszédság, mert a korszerű (-nek mondott) szokványos házak esetében áramszünet esetében jellemzően sem hűtés-fűtés, sem **HMV**, sem sütés-főzés nem lehetséges, gyakorlatilag alapfunkcióiban lehetetlenül el ilyenkor egy otthon. Ahogy az autonóm koncepcionális fejezetnél is tárgyaltam, sajnos a klímaváltozással egyre gyakrabban előforduló szélesőséges időjárással együtt egyre gyakrabban fordulhatnak elő hasonló üzemzavarok, így az ezekre való felkészültséggel nagyobb biztonságban tudhatja magát az ember.

A következő leggyakrabban használt fűtési rendszer rendre hőszivattyús elven működő, legtöbbször viszonylag egyszerű, fűtésre optimalizált klímaberendezés. Fő vagy kiegészítő fűtésekként is sikeresen alkalmazható. Az alaposan lecsökkentett fűtési igénynek köszönhetően, akár egy központi helyen elhelyezett klímával is hatékonyan kifűthető az egész ház, vagy alapfűtésekként is remekül alkalmazható, minimális kiegészítő fűtéssel együtt. Napelemes rendszerrel kombinálva, különösen a még pillanatnyilag sokak által használt szaldós elszámolási rendszerben, kifejezetten gazdaságos és környezetkímélő megoldásnak számít. Természetesen bármilyen más fűtési rendszerrel is megoldható a szalmaházak fűtése, kis teljesítményű berendezések is könnyedén el fogják tudni látni hőenergiával a házat.

A fűtési megoldások után áttérek a hűtési lehetőségekre. Általánosságban igaz, hogy a nyári túlmelegedés egyre jelentősebb problémaként jelentkezik, így egyre fontosabb védekezni ellene. A korábban tárgyalt megoldásokkal: megfelelő hőszigeteléssel és hőtárolással, tájolással, árnyékolással és szellőztetéssel nagyon sokat tehetünk a megfelelő nyári hőkomfortért. A korábban tárgyalt padló-alap-lábazati koncepció is rendkívül hatékony a nyári túlmelegedés elleni küzdelemben. Tapasztalataim szerint, ha csak helyi adottságok vagy megrendelői igények miatt jelentősen el nem kell térni az ideálistól, az **ECOBIONOM** koncepció szerint tervezett és használt házak esetén még az utóbbi években tapasztalt hőhullámok idején is komfortos hőmérséklet tartható a szalmaházakban aktív hűtési megoldások nélkül is. Ez a korábban ismertetett megoldásoknak köszönhető, mely várhatóan tovább fokozódó nyári

hőhullámok esetén is hatékonyan fog működni, és ha lesz is szükség minimális hűtésre, annak mértéke és mennyisége lealább egy nagyságrenddel kisebb lesz a szokványos házaknál felmerülőhöz képest.

Lássuk, hogy milyen lehetőségeink vannak. A korábbi fejezetekben említettük már a tudatos éjszakai szellőztetés hűtő szerepét és a friss levegő előhűtésének lehetőségét is. Amennyiben gépi hűtés nélkül szeretnénk kellemes hőmérsékletet, akkor fal vagy mennyezethűtés alkalmazása is jó megoldás lehet, melynél például kútvíz vagy ciszternában tárolt esővíz is lehet a hűtőközeget temperáló forrás. Klímaberendezés hűtési célú alkalmazását csak végső esetben javasolnám, nem is annyira energetikai megfontolásból, hiszen a minimális felmerülő igény nem jelent nagy terhet, sem anyagi sem környezeti szempontból, viszont a klímahasználatnak fontos egészségügyi kockázatai vannak (Kumar et al., 2023), melyek persze okos használattal szintén minimalizálhatók.

Az **ECOBIONOM 12** koncepció elemei is nagyrészt megvalósultak a bemutatott projektekben. A passzív hűtési-fűtési megoldások a korábban tárgyalt benapozás-árnyékolás, ablakelhelyezés, hőszigetelés-hőtárolás elvek kombinációjaként jönnek létre. A megújuló energiák alkalmazása kapcsán a passzív mellett az aktív napenergia hasznosítás is több projektnél megvalósult, legalább az **A**, **D**, **G**, és **H** esetén biztos. A részben megújulónak számító korszerű fatüzelés pedig mindegyik projektnél jelen van.

#### 5.1.13. ECOBIONOM 13 - Megvalósíthatóság elemzése, különös tekintettel a szalmaspecifikus engedélyeztetési és kivitelezéstechnikai szempontokra

Kutatásaim és szakmai munkáim során mindig törekedtem az elmélet és a gyakorlat megfelelő arányára, összhangjára. Fontosnak tartom a megfelelő elméleti ismereteket, de ugyanolyan fontos a gyakorlatban is tesztelni őket. A mérnöki tudományok területén és különösen az építőiparban, ahogy azt volt szerencsém számtalanszor megtapasztalni, ez különösen igaz.

Sokszor látni, elvben akár működőképes, terveket, amelyek köszönőviszonyban sincsenek a kivitelezői szokásokkal, képességekkel vagy lehetőségekkel. A tervek megvalósíthatósága nagyon fontos szempont. Akkor lehet csak reálisan megvalósítható terveket készíteni, ha tisztában vagyunk az elérhető anyagokkal, eszközökkel, a szakemberek képességeivel és szokásaival. Ez nem azt jelenti, hogy csak olyat lehet tervezni, amelyet építeni „szoktak”, de nagyon fontos megtalálni azt a lehetőleg konszenzusos, vagy némileg kompromisszumos megoldást, amely a legfontosabb elvekből nem enged, de a megvalósíthatóság próbáját is kiállja. Ennek a konszenzusos/kompromisszumos megoldásnak kulcsa a megfelelő kommunikáció a tervező(k) és kivitelező(k) között. Ugyanilyen fontos tervezőként a megvalósulás

során szerzett tapasztalatok folyamatos gyűjtése, kielemezése és a konklúziók levonása után a megoldások javítása, tökéletesítése is.

Nem kevésbé fontos szempont a jogszabályi - engedélyezési szempontoknak való megfelelés is. Még ha ismerünk is olyan műszakilag helyes megoldást, például jól működő külföldi példákból, amelyek beváltak és hatékonyak, mégse tervezhetjük be, ha tudjuk, hogy nincsenek harmóniában a hazai jogszabályi vagy engedélyezési gyakorlattal. Jó példa erre, a teherhordó (kis és nagy bálás) házak esete, melyekre számos jó példát ismerünk, mégse alkalmazzuk itthon őket, csak elvétve. Az alapozás kérdésköre is részben ebbe a kategóriába tartozik. Manapság a házak alapszerkezetei szinte kizárólag beton és vasbeton felhasználásával készülnek. Bár tudjuk, hogy lehet az elvárt tartóssági követelményeknek megfelelő alapot készíteni fa, téglá és pl. kő felhasználásával is, mégis nagyon nehéz olyan tartószerkezeti tervezőt találni, aki ezért szívesen vállalná a jogi és szakmai felelősséget is.

A fentiekből látszik tehát, hogy nem mindig tudjuk az ökológiailag és energetikailag legjobb megoldást választani, gyakran vagyunk kénytelenek kompromisszumot kötni, de ez a kompromisszumos megoldás még általában mindig sokkal jobb, mintha elvetnénk az egész koncepciót és nem törekednénk az elérhető legjobb megoldás alkalmazására.

Az **ECOBINOM 13** kapcsán lássuk először az engedélyezés kapcsán a tapasztalatokat. Időrendben haladva az **L** épület az egyik korai szalmaházam volt, mégis viszonylag sima folyamat volt az engedélyeztetés. **K** projekt kapcsán ugyebár szakértőként vontak be a megakadt építési-engedélyezési folyamat miatt, amit szerencsére sikeresen lekoordináltam, így némi szalmaspecifikus korrekció után elkészülhetett. A **J**, **I** és **G** épületek esetén szintén viszonylag sima volt a folyamat, a **H** projekt a „tó közepén” kicsit keményebb dió volt, de végül ott is sikerrel jártunk. Az **F** épület engedélyezési szempontból speciális volt, hisz nem hazánkban, hanem Moszkvában valósult meg. Nekem „csak” a műszaki terveket kellett intézmem, az (egyébként magyar) megrendelő bonyolította az engedélyezést, amihez nekem csak pár beépítési paramétert (magasság és alapterület) kellett betartanom, ami egyébként nem jelentett különösebben korlátozást az elképzelésekben számunkra. Hasonlóan egyedi volt a **B** projekt is bár az előzőnél kissé összetettebb engedélyeztetéssel, amit a megrendelő és egy helyi építész bonyolított Romániában. Nekem nagyjából az itthon megszokott részletességgel kellett elkészíteni magyarul a műszaki terveket, amit ők honosítottak. Utóbbi 2 projekt is viszonylag gyorsan lebonyolított eljárással valósulhatott meg. Az **E** épület annyiban volt speciális, hogy teherhordó nagybálásként vágtunk a tervezésbe, de a várható nehézségeket elkerülve végül hibrid favázis rendszerrel engedélyeztük és építettük meg. A **D** projekt esetén, holott építési rendszere alapján ez is fa tartószerkezetű volt, a szokásosnál kicsit nehezebben ment a folyamat, ekkoriban született is egy Építész Kamarai állásfoglalás, mely segítette a sikeres engedélyeztetést. A **C** és az **A** projekt kapcsán már nem voltak fennakadások. Kivitelezéstechnikai szempontból, ahogy korábban is említettem már, majdnem

minden épületnél jelen volt az önerős és kalákás építés a szakmai kivitelezők mellett. Ezek aránya nagy eltéréseket mutat. Gyakori forгатókönyv, hogy kőműves és ács húzza fel a szerkezetet, víz – és villanszerelő is alkalmazásra kerül, de a szalmabálák elhelyezése, vakolása és festése az önerős módon készül. Így volt ez nagyjából az **L**, **G**, **E**, **C** és **A** projekteknél is. Az **I**, **H** és **F** esetén ennél is több dolgot készítettek az építetők maguknak. Szalmaházak kapcsán az a tapasztalatom, hogy az átlagosnál tudatosabb megrendelők, sokszor önként vállaltan, esetenként kényszerből, a szokásosnál nagyobb mértékben bevonódnak az építkezés megvalósításába. Vannak ugyan olyanok, akik erre nem vágnak, hanem azt szeretnék, ha készen kaphatnák meg álmaik ökoházát, de tapasztalatom szerint nem ők vannak többségben.

## 5.2. Kisméretű szalmabála építőelemek felhasználásával készülő fal-, földem- és tetőrendszer kifejlesztése

A legelső kisméretű szalmabálák felhasználásával készülő házak Nebraskában annak idején teherhordó falazattal készültek, a manapság világszerte épülő szalmaházak zöme viszont fa tartószerkezettel, és a bálák szerepe elsősorban kitöltő és hőszigetelő szerepre korlátozódik. Nebraskai típusú házat engedélyeztetni hazánkban 2010 környékén és most is nagy kihívás, ehhez több vizsgálatra és kutatásra van még szükség.

A (jellemzően fa) tartószerkezettel rendelkező szalmaházak mellett szóló érvek miatt az én kutatói és tervezői tevékenységem is első sorban ebbe az irányba fókuszált, ez alól néhány kísérleti megoldás (pl. íves önhordó kupola) és a hibrid nagybálás rendszer képez csak kivételt.

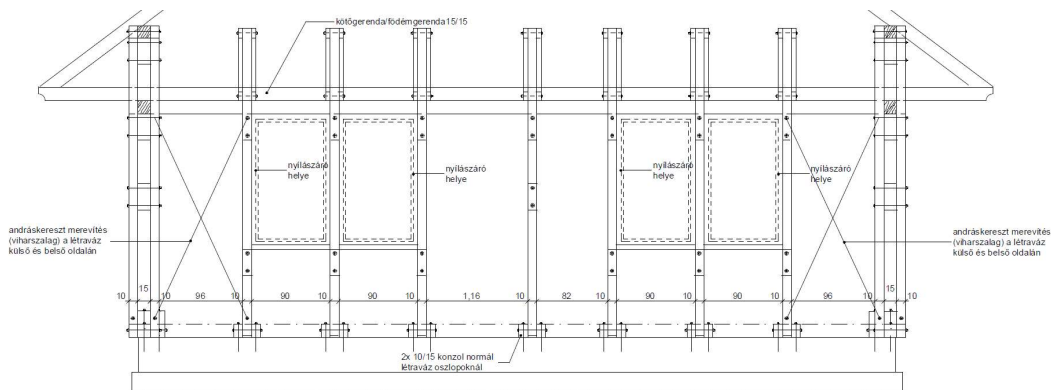
Olyan fa tartószerkezetű rendszer kidolgozását és tökéletesítését céloztam meg, amely minél nagyobb arányban természetes alapanyagokból készül, építésökológiai és építésbiológiai szempontokból kiváló, kifejezetten energiatudatos, gazdaságos és lehetőleg könnyen kivitelezhető. Az 5.1. fejezetben ismertetett **ECOBIONOM** koncepció elveit végig szem előtt tartva, az egyre gyűlő tapasztalatok birtokában fokozatosan felülvizsgáltam és szükség esetén változtattam a megoldásokon.

A külföldi és (a 2010 környékén még ritkaságszámba menő) hazai előképek jó kiindulási alapot adtak arra, hogy a követendő és elvetendő gyakorlatok tovább gondolásával kifejleszthessem az általam legjobbnak ítélt rendszert.

A 2000-es években, ahogy a 3.2 fejezetben ismertetésre került, úgy alakult hazánkban a jogi környezet (3/2003.(I.25.) *BM-GKM-KvVM*), hogy megnehezedett a nem gyárban készülő, vagyis az egyedi, természetes alapanyagból készülő, mint pl. a vályog vagy a szalma, házak engedélyeztetése.

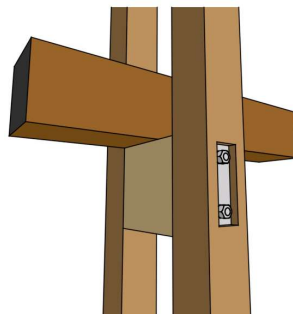
Az engedélyezési nehézségek egyik sarkalatos kérdése a szalmabála felhasználásával készülő szerkezetek esetében annak tűzállósága volt. Bár ekkoriban külföldön, köztük Európában is, készültek már tűztesztek szalmabálás falszerkezetekre, de nálunk is elkerülhetetlenné vált a hazai verzió elkészítése. Erre 2008-ban kerülhetett sor egy összefogásnak köszönhetően. A tűzteszthez készített demófal építésében (mint segítő) és a teszten magán is jelen voltam.

A sikeres tűztesztnél alkalmazott szerkezet vitathatatlannal kihatással volt az általam is preferált falszerkezetre, ugyanis engedélyezési szempontból nem volt célszerű ettől jelentősen eltérő rétegrendet és megoldást alkalmazni, főleg eleinte.



24. ábra. Létravázás fa szerkezet nézetrajza (Igaz, 2014b)

Az úgynevezett létravázás szerkezet lényege, hogy a fal belső és külső síkján is van tartószerkezet, ami a falsíkok és a vakolatvezetés szempontjából is előnyös. Külföldön vannak átmenő (teljes falvastagságú) faszervezetek is, melyek hőhidproblémákat vetnek fel és/vagy speciális faanyagot igényelnek. A létravázás szerkezeteknél a hőhidas rész aránya jóval csekélyebb.



**25. ábra.** Balra: Létraváz falszerkezet felső kialakítása, fal-födém-tető részlet. Középen: létraváz és szelemen kapcsolat látványterve továbbfejlesztett süllyesztett csavaros kapcsolatokkal. Jobbra: Létraváz kialakítás közbelső létrafokkal és alsó lábazati indítórészlet

A létraváz kialakításánál a létrafokok oszlopok közé rögzítésére többféle példát is láttam, az oszlopok oldalára való rögzítése megnehezíti később a bálákkal való kitöltést, ezért olyan megoldásra törekedtem, amely az oszlopok síkja közé simul. A tartószerkezeti szempontok kialakításánál Dr. Kovács Imrével egyeztetve formáltuk a megoldásokat. A Vierendel – tartó jellegű létraváz kialakítás rendkívül masszív és gazdaságos, könnyen kivitelezhető, akár előre is legyártható. A masszívan rögzített létrafokok kiválóan alkalmasak a födémgerendákat tartó koszorúgerenda és a szarufákat tartó szelemen hordására is. A bálákkal való kompatibilitás szempontjából sem rosszak, mert az oszlopközök jól kitölthetők, de azért az oszloppárok közti rések tömődése így is munkaigényes. Ami még hátránya a rendszernek, hogy az oszlopokon és létrefokokon átmenő menetes szárak pontonkénti hőhidakat eredményeznek, és a csavarfejek is belógnak a vakolat zónájába. Ezeket a problémákat sikerült némileg orvosolni a csavarfejek besüllyesztésével.

A létraváz oszlopokat úgy szoktam kiosztani, hogy jellemzően 1 m-es tengelytávval kerülnek elhelyezésre, így igazodik a tipikus bálamérethez, de minden sarokra, nyílászáró mellé és válaszfal – külső fal csatlakozáshoz is célszerű oszlopot rakni, így csak ritkán lehet ideálisan megoldani az elhelyezést.

Ahogy korábban említettem, a külső-belső síkot kijelölő létraváz mellett szól az is, hogy a vakolattartásba is bevonható a faváz. A szakirodalmi és gyakorlati tapasztalatok révén tudom, hogy a kellően tömör és jól beszorított bálák alkalmasak önmagukban is a vakolat megtartására, ugyanakkor mégis gyakran alkalmaznak segédszerkezetet hozzá. Az egyik ilyen megoldás a vízszintes vagy átlós elhelyezkedésű lécezés, melybe jól bele tud ugyan kapaszkodni a vakolat, de nem tartom szerencsésnek azt, hogy a lécek felett és között más vastagságú vakolat réteg keletkezik így. Amennyiben a szükséges vakolattakarás a lécek között valósul csak meg, akkor a lécek felett nem lesz meg a tűzteszt által megkövetelt vastagság, ha pedig utóbbira méretezzük, akkor a lécek között kell fölöslegesen sok vakolat. A lécezéssel készülő vakolatok ellen szól még, hogy több elkészült házban is tapasztaltam olyan problémát, hogy a lécek mentén hajlamos volt repedésre. A fenti problémák elkerülése végett inkább fémből készült vakolathordó háló (például csibeháló) alkalmazását szoktam előírni. A háló nemcsak a vakolattartásba segít be, hanem a repedezésmentességben is hatékonyan tud közreműködni. A korábbi fejezetekben tárgyalt építésökölógiai és építésbiológiai okok miatt jellemzően vályog és vagy mészvakolat alkalmazását szoktuk javasolni. A viszonylag vastagnak számító, körülbelül 5 cm-es, tapasztást vagy vakolatot technológiai okokból több rétegben szokás felhordani. Környezeti szempontból a hagyományos (agyagot, homokot és töreket/pelyvát tartalmazó) vályogvakolat a legjobb megoldás, melyet natúron hagyva vagy lemeszelve is szoktak alkalmazni. Természetesen a meszelés időjárás állóbb

felületet fog eredményezni, de azért pár évente azt is fel kell frissíteni helyenként. A tapasztalatok szerint, ha megfelelő csapóeső elleni védelemmel készül a ház, akkor minimális karbantartásra van csak szükség, melyet ráadásul nagyon egyszerű házilagosan is elvégezni. Ellentétben a modern nemesvakolatokkal, itt nem csak teljes felületek javíthatók egyben, hanem kisebb foltok is. A vályogvakolatnál erősebb és tartósabb, de környezeti szempontból még mindig elég kedvező, megoldás a hagyományos oltott mész és homok keverékéből készülő mészvakolat. Míg a vályogvakolat könnyen és biztonságosan készíthető házilagos vagy kalákás keretek közt, addig a mészvakolat inkább kőműves kompatibilis opció.

A falazatok után a földemknél kifejlesztett megoldásokat tárgyalom. Földszintes házak esetén jellemzően fa gerendás földemmel, deszka és palló borítással (pór földem jellegű) készülő rendszer vált be, melyet nagyon egyszerűen lehet felülről, a padlástér irányából szigetelni. A bálákat itt lapjára érdemes fektetni, hiszen így lesz a hőszigetelő képessége jobb az ideálshoz közeli szálirány miatt. Természetesen a földemen való alkalmazás esetén sem lehet eltekinteni a kétoldali légzáró és tűzálló kéregtől, mely nélkül sem a hőszigetelő képessége, sem a tűzállósága nem lenne megfelelő. Ez praktikusán úgy szokott megvalósulni, hogy az alsó oldalon elkészül egy megfelelő vastagságú vályog kéreg, melybe fektetjük a bálákat. A pallózat tetején érdemes egy, a későbbi kiporlást gátló, de páraáteresztő réteget alkalmazni. Erre a célra alkalmas például egy vékonyabb fajta geotextília is. A bálák elhelyezése után a külső oldali vályogkéreg készítése sem maradhat ki. Fontos megjegyezni, hogy az ily módon elkészített felület csak akkor megfelelő, ha a padlástér nincs használatban. Amennyiben felmerül az időszakos vagy rendszeres tárolás igénye, akkor annak megfelelő, terhelhető, a szalma és vályogréteg védelmét is garantáló, páratechnikailag is tervezett járható felületéről is gondoskodni kell.

A tetőtér beépítéssel, vagy legalábbis hőszigetelt ferde tetősíkkal megvalósuló szalmaházakban a ferde sík hőszigetelését nem mindig lehet gazdaságosan megoldani szalmabála építőelemekkel. A szokványos szigetelési megoldásokhoz hasonló, szarufák közti szigetelésre a bálák nem alkalmasak, jellemzően kifejezetten a bálák adottságaihoz tervezett magasított vagy rácsos tartók alkalmazása esetén lehet ezt gazdaságosan kivitelezni. Tagoltabb tetőszerkezetek esetén ez se feltétlen megoldható, ilyenkor általában más alternatíva, például cellulóz szigetelés alkalmazása jöhet szóba.

Az alap-lábazati csomópont kifejlesztése, illetve a fal-földem-tető kapcsolat és a nyílászárók beépítésének kérdésével nagyobb terjedelemben kellett foglalkoznom, sok újszerű megoldás alkalmazására volt szükség, úgy gondolom, hogy ezek tárgyalása külön fejezetet érdemel, így ezekre itt most nem térek ki, hanem rendre az 5.6., 5.7. és 5.8. fejezetekben tárgyalom majd.

Jelen (5.2.) fejezetben tárgyalt, kisméretű szalmabála építőelemekből készített építési rendszerrel készültek a publikált épületeim közül az **A, C, F, G, H, I** és **L** jelű épületek.

### 5.3. Előregyártott fal- és tetőelemekből álló szalmaház rendszer kifejlesztése

A szalmaházakkal való ismerkedésem, kutatásaim során hamar találkoztam előregyártott szalmaházazs építési rendszerekkel, de hazánkban nem használtak ilyet. Az előre gyártott elemekből fejlesztett szalmaház rendszerek fő előnye a gyors kivitelezhetősége és az üzemi körülmények közt elérhető magas minősége.

2011-ben az **ESBG**-n volt szerencsém első kézből informálódni az **ECOCOCON** ígéretes fejlesztéséről, amit már akkor nagyon lenyűgözőnek tartottam és azóta különösen sikeres vállalattá nőtte ki magát. Egy 2012-ben kiírt **ÉAOP** pályázat kapcsán lehetőségem nyílt kifejleszteni egy saját rendszert. Az „ÉAOP-1.1.3-12-2012-0009” sorszámú „*Természetes építőanyagokból gyártott innovatív környezetbarát építőelemek kifejlesztése, és belőlük készített kísérleti demóépület összeszerelése és vizsgálata.*” című innovációs projekt sikeresen valósult meg.



**26. ábra.** Magyarország első szalmapanel háza építés közben (Igaz, 2014a) Jobbra fent: A falak előre gyártáshoz konszignációs tervek készültek a panelekről. Balra lent és fent: az előre gyártott, de vakolatlan falak kézi erővel kerültek beépítésre. Középen lent: a falelemeket egymáshoz csavarral rögzítettük. Jobbra lent: A vakolattal is ellátott tetőelemeket már csak daruval lehetett mozgatni. (saját fejlesztés és képek)

Magyarországon hasonló rendszer akkor még nem épült és azóta is csak elszigetelt próbálkozásokról tudni. A külföldi előképek alapján, de nem azokat lemásolva, olyan rendszer kidolgozásába kezdtem, mely a hazai viszonyok, és az addigi szalmaházaz tapasztalataim alapján a legtöbb szempontnak megfelelt. A projekt keretéből nem volt lehetőség üzemet bérelni vagy létesíteni, ezért némileg öszvér megoldás kitalálására kényszerültem. A helyszínen kellett előre gyártanom és tárolnom a paneleket, majd összeépítenem a demóépületet. Ez persze jelentett némi kompromisszumot, de igyekeztem olyan rendszert fejleszteni, mely üzemi körülmények közt és helyszíni előre gyártással is sikeresen készíthető. A legnagyobb dilemmát az jelentette, hogy vakolt vagy vakolatlan paneleket érdemes e készíteni. Mivel a projekt egyik lényege az volt, hogy valós körülmények közt lehessen tesztelni/kipróbálni a megszületett terméket, ezért az a döntés született, hogy mindkét megközelítés helyet kap a demóépületben.

Így születtek meg a fa tartószerkezetű, szalmabála kitöltésű falpanelek, melyeket beépítés után kellett vakolni. A vakolatlan falpanelek előnye, hogy kisebb a tömegük, amely előnyt jelent a szállításnál és az összeépítési munkánál is. Akkora méretű paneleket terveztem, melyek még kézi erővel mozgathatók voltak, ezzel megspórolva a daruzás szükségességét. Hátránya, hogy beépítés után még vakolni kell, így ennek az idejével nem rövidíthető a helyszíni kivitelezés ideje.

A tetőpaneleket viszont úgy terveztem, a fenti megfontoláson túl technológiai okokból is, hogy az előregyártás során elkészült a szükséges 2 oldali tűzálló és légzáró kéreg is rajta. Ennek eredményeképp viszont a panelek súlya jelentősen megnőtt, így már eleve darus beemelésre lett tervezve, amihez hozzá tartozott az is, hogy a mozgatáshoz megfelelő felfüggesztési pontokat kellett kialakítani. A darus építésnek van hátránya, de természetesen előnye is. A daru ugyan költséges, de meggyorsítja a munkálatokat, így pár óra alatt a helyükre kerülhettek a tetőpanelek, melyeket már vakolni sem kellett, csak a toldásokat folytonosítani, majd pár napon belül el is készülhetett a megfelelő cseréplécezés és cserepezés is.



**27. ábra.** Magyarország első szalmapanel háza. Képek az elkészült projektről. (Igaz, 2014a)

A panelek kifejlesztése, a demóépület megtervezése majd megépítése nagyon sok és hasznos tapasztalattal gazdagított. Az előregyártással kapcsolatban több konklúziót is sikerült levonni. Bár a helyszíni előregyártás módszerét a demóépület esetében

kényszer szülte, mégse teljesen elvetendő metódus. Persze a kísérleti épületnél mi csak ideiglenes föliatakarásokkal tudtuk védeni a készülő félben lévő paneleket, a gyártáshoz is viszonylag egyszerű kéziszerszámokat használtunk a prototípusok elkészítéséhez, sorozatgyártás esetén nyilvánvalóan további fejlesztésekre lenne szükség. Az időjárás viszontagságai ellen könnyen és gyorsan felhúzható védőtetőre, a hatékonyság érdekében pedig nagyobb teljesítményű célszerszámok kifejlesztésére van szükség. Még ha ezek rendelkezésre állnak is, akkor sem biztos, hogy minden építési helyszínen rendelkezésre áll megfelelő szabad terület és közmű a helyszíni gyártás lebonyolítására.

A „panelgyár” konvencionálisabb megközelítése szerint állandó üzemre van szükség egy adott helyen. Ennek nyilván vannak gazdaságossági előnyei, de komolyabb üzemet létrehozni csak megfelelő gyártási kapacitás megléte esetén érdemes. Egy igazán környezettudatos vállalat nem hunyhat szemet olyan tények felett sem, hogy ha nagy távolságra kellene szállítani szalmapaneleket, az teljesen szembe menne a fenntarthatósági elvekkel, ennek értelmében tehát egy bizonyos körön kívül nem lenne célszerű igényeket kiszolgálni. Megfelelően nagy regionális igényt feltételezve ezzel nincs is gond, de a kezdeti időszakban ez okozhatna problémákat.

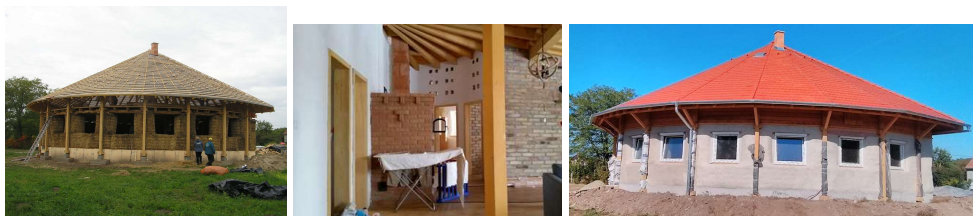
A fent részletezett rendszer kifejlesztésének eredménye a megvalósult **J** jelű demóépület lett. A kifejlesztés, a tervezés, a kivitelezés, és az azóta is folyamatosan gyűlő használói tapasztalatok nagyon sok érdekes tanulsággal szolgáltak, melyek birtokában a rendszer továbbfejlesztése sikerrel kecsegtet.

#### 5.4. Nagyméretű kockabálák felhasználásával készülő szalmaház építési rendszer kidolgozása

A nagyméretű kockabálák előállítására alkalmas gépek megjelenése kb. egy évszázaddal követte a kisbálás gépek feltalálását. Ez az időszak nagyjából a szalmaházak reneszánszának idejére, az olajválságok utáni időkre volt tehető. A korábbi nebraskai típusú (teherhordó) kisbálás házak tapasztalatai alapján nyilvánvaló volt, hogy a nagyméretű bálák (melyek nemcsak nagyobbak, de tömörebbek is) alkalmasak teherhordó szalmaházak építésére. Az egyik első ismert példát a Werner Schmidt tervezte 2 szintes svájci ház jelenti. (Minke et al., 2012)

Nekem először 2011-ben volt szerencsém közvetlen tapasztalatot szerezni nagybálás építkezés kapcsán, amikor is Csehországban vettem részt egy workshopen, ahol ezt a technológiát teszteltük élesben. A kisbálás teherhordó házakkal ellentétben itt az volt a tapasztalatunk, hogy a sokkal tömörebb és nagyobb báláknak köszönhetően alkalmasabb teherhordó szerkezetek létrehozására. A nagy szerkezeti vastagság, illetve a mozgató gépigénye, a bálák modulmérete persze jelent kötöttséget, cserébe

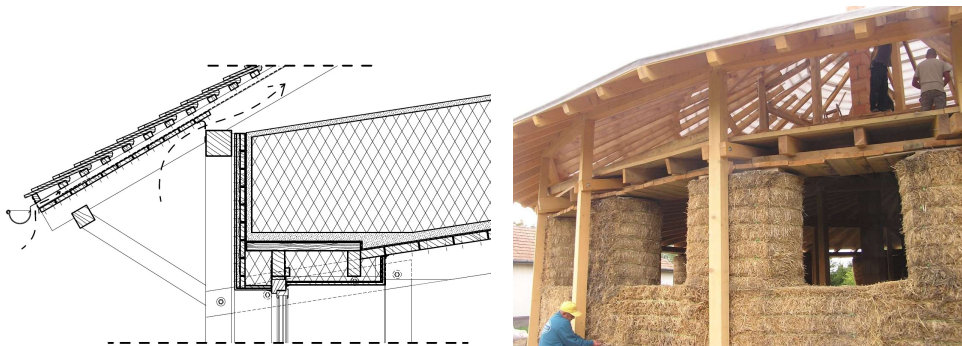
viszont gyorsan építhető, más teherhordó szerkezetekkel összevetve töredék áron és kiemelkedő hőszigetelő képességgel.



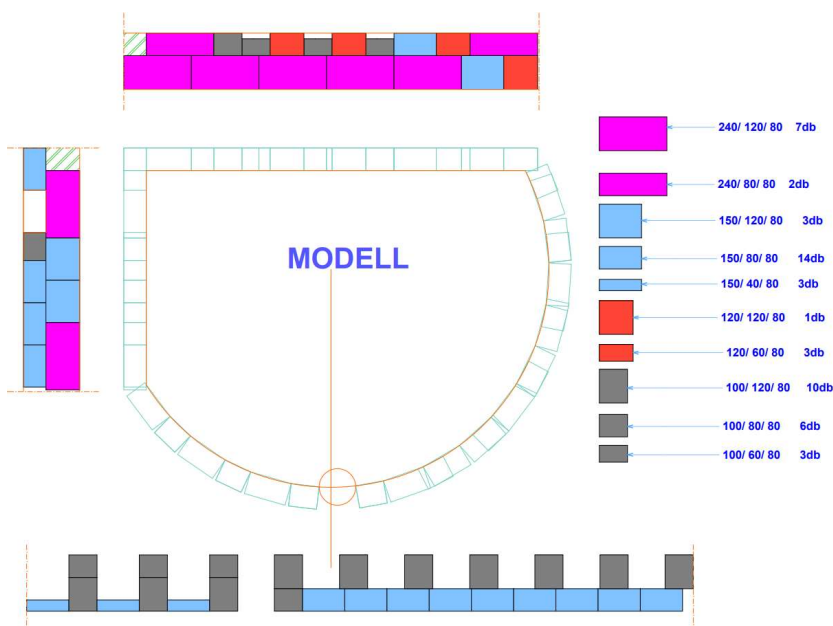
**28. ábra.** Albertirsai szalmaház építés közbeni képei. (Igaz, 2016b) Balra: a nagyméretű bálás fal felett már a tető készül. Jobbra: vakolás utáni állapot. Középen: az elkészült beltér

Kutatásaim szerint hazánkban nem készült korábban nagybálás szalmaház, így elérkezettnek láttam az időt, hogy megfelelő telekadottságok, építetői igények és hozzáállás esetén sor kerülhessen erre is. 2015-re a fa tartószerkezetű kisméretű szalmabála építőelemek alkalmazásával készülő házak „engedélyeztetése” már jellemzően problémamentesen zajlott, ugyanakkor teherhordó szerkezetként való alkalmazásra még csak elvétve voltak példák. Hazai szakmai és civil szervezetekkel összefogva sikerült teherbírási tesztet készítenünk nagyméretű szalmabálák felhasználásával, hogy megalapozhassuk a nagybálák felhasználásával készülő épületek „engedélyeztetetőségét”. Bár az eredmények biztatók voltak, de önálló tartószerkezetként való alkalmazhatósághoz ennél többre lett volna szükség, aminek a finanszírozása nem volt biztosított, így egyelőre függőben maradt.

Egy induló félben lévő albertirsai projekt ideálisnak ígérkezett arra, hogy itt valósulhasson meg Magyarország első nagybálás szalmaháza. A helyszín és az építetői elképzelések és hozzáállás is alkalmassá tette a projektet erre. (A mellékletek közt az E jelű épületként található meg.) A nagybálás épületeknél különösen fontos, hogy a beszerezhető bála méretéből induljunk ki a tervezés során. Jelen esetben 80/120/240 cm-es bálák beszerzésére volt lehetőség. A falvastagság tekintetében praktikusán 80 vagy 120 cm (+ 2 x 4 cm vakolat) közül választhattunk. A fal helyigényének csökkentése a 80 cm mellett szólt, különös tekintettel arra, hogy a jellemző szálirány figyelembevételével az élére állított (tehát a hőáramra jellemzően merőleges szálirányú) 80 cm vastag bála hőszigetelő képessége ( $U = 0,05-0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) nagyjából megegyezik a 120 cm-es fektetett (vagyis a hőárammal jellemzően párhuzamos szálirányú) verzióval.



**29. ábra.** Az albertirsai nagybálás ház fal – földem – tető csomóponti részlete rajzon és építés közben. (Igaz, 2016b)



**30. ábra.** Az albertirsai nagybálás ház falelemeinek kisoztási terve. (Igaz, 2016b)

A bálák méretéhez igyekeztünk igazítani a falmagasságot, az ablakok magassági méretét, a parapet magasságát és az ablakközök méretét is. Az élére állított nagyméretű bála magassági értelemben láncfűrészrel méretre vágható. A vágások minimalizálása érdekében felébe és harmadába vágott bálák kombinációjából sakkoztuk ki a falazatot. Bár a külföldi példák és a hazai teszt alapján tudtuk, hogy a nagyméretű bálák önállóan is alkalmasak teherhordó szerkezetként való alkalmazásra, de az engedélyezési nehézségek elkerülése érdekében végül egy hibrid rendszer tervezése mellett döntöttünk, ami egy ritkított, de robusztusabb fa tartószerkezet és az alá befeszített bálák kombinációjából állt. A fa tartószerkezet önmagában is képes megtartani a fal, földem – és tetőszerkezetet, ami engedélyezési szempontból is egy könnyen elfogadható rendszer. Bár a bálák teherhordó képességét nem vettük a

számításnál figyelembe, de a valóságban terhet vesznek le a fa tartószerkezetről, elvileg önmagukban is képesek lennének hordani az épület terheit. Bár tartószerkezeti szempontból tehát nem (csak) a bálák viselik a terheket, de az épület kiváló hőszigetelő képességét, ezáltal rendkívül alacsony fűtési energia igényét a báláknak köszönheti.

Az épület földemének hőszigetelése kapcsán a nagybálák nem lettek volna praktikusak, sem az íves alaprajzi forma, sem a ferde mennyezeti kialakítás miatt. A bálák nagyobb magasságba emelése is komolyabb gépesítést igényelt volna, ezért más megoldást kellett találni. A falak hőszigeteltségi szintjét elérő vagy legalább megközelítő megoldásként kisméretű bálák 2 sorban történő alkalmazása merült fel, mely a kivitelezés során is remekül működött.

Magyarország (tudtommal) első nagybálás falazatú házát sikerült tehát a fentiek szerint megvalósítani az **E** jelű projekt keretein belül.

#### 5.5. Plusz energiás ház kifejlesztése dupla sorban alkalmazott kisméretű szalmabála építőelemek felhasználásával készülő fal- és tetőrendszerrel

A bálázógépek feltalálása óta jellemzően egy rétegben alkalmazott szalmabálás szerkezetek készültek. A kisméretű bálákkal készített (35-50 cm vastag) szerkezetek hőszigetelő képességben korábban többszörösen felülmúlták az általánosan elterjedt iparosított szerkezeteket, de még a mai szigorúbb energetikai követelményeket is kielégítik, sőt még a passzívházak (fokozott hőszigetelési) követelményeinek ( $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) is megfelelnek.

Általánosan alkalmazott iparosított hőszigetelési rendszerek és épületszerkezetek esetén a hőszigetelés ( $U$  érték) számítása esetén megtérülésre optimalizált vastagságra törekszenek. A gyári hőszigetelések esetén egy bizonyos vastagság fölé gazdaságilag nem érdemes törekedni, ugyanis a fokozott hőszigetelés általi további megtakarítás egy szint után már a rendszer élettartama alatt (gazdaságilag legalábbis) nem megtérülő.

Kivételt képeznek ez alól a szalmabálás szigetelő rendszerek, ahol az alapanyag alacsony bekerülési költsége miatt még további vastagság növekedést alkalmazva is gazdaságosak maradnak.

Hasonló megfontolások, no meg persze teherbírasi és kivitelezéstechnikai szempontok nyomán születhettek meg az első nagy kockabálák felhasználásával épülő szerkezetek, melyekről a 4.2 pontban írtam részletesebben.

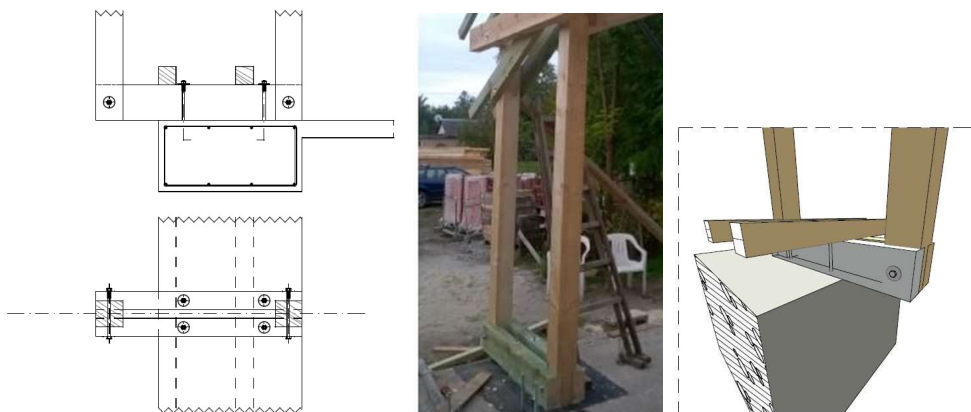
A szalmabálás szerkezetek áttekintése során a szerkezeti vastagság növelésére jellemzően a nagybálák alkalmazása kapcsán lehet csak példákat találni. Logikai úton

viszont el lehet jutni a kisméretű bálák több sorban való alkalmazásához is, de erre nem találtam sem itthon, sem külföldön megvalósult példát. Bár előképem nem igazán volt rá, a fentiekben ismertetett gondolatmenet nyomán jutottam el a 2 sorban alkalmazott szalmabálás szerkezetekhez.

Először egy nagyméretű kockabálákból tervezett ház (az **E** jelű projekt) födém szerkezeténél alkalmaztam 2 sorban kisméretű bálákat. A 4.2. pontban ismertetett módon készült ház falainál ugyebár nagyméretű kockabálák és ritkított, de robosztusabb fa tartószerkezet kombinációjából állt a tartószerkezet. A nagyméretű bálák mozgatása és emelése kézi erővel nem igazán lehetséges, ezért a falazáshoz emelőgépre (pl. villás targonca) volt szükség.

A ház tervezésekor kézenfekvő volt, hogy a födémrétegre hőszigetelő képesége is el kell, hogy érje (vagy legalább meg kell, hogy közelítse) a falazat hőszigetelő értékét. A nagyméretű bálák födémbe való alkalmazását elvettem, mert abba a magasságba emelni már csak daruval lehetett volna, ráadásul a pontos mozgatásuk és a hézagmentes elhelyezésük is nagyon körülményes lett volna, különös tekintettel az íves alaprajzi formára.

A megfelelő szerkezeti vastagság (ezáltal hőszigetelő képesség) elérése érdekében kézenfekvő megoldásként merült fel a kisbálák alkalmazása 2 sorban. A kisméretű kockabálák felemelése és helyreigazítása könnyedén megvalósítható kézi erővel is, a kisebb méretének köszönhetően az íves formák is könnyebben lekövethetőek voltak sokszögesítéssel. A 2 sor, egymáshoz képest eltolt fektetésével a hézagoknál jelentkező hőhíd mértéke is csökkent.

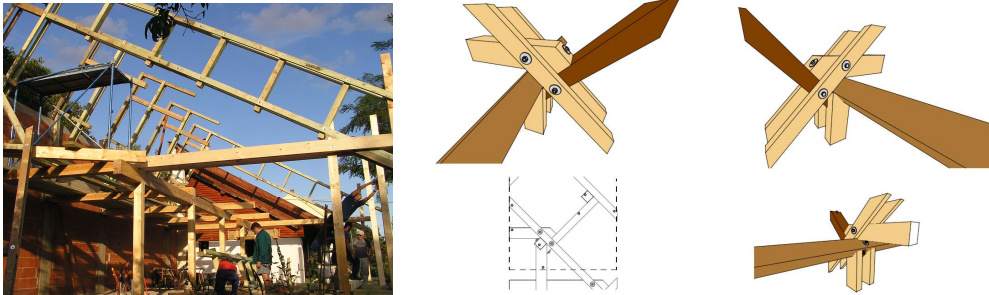


**31. ábra.** Dupla sorban alkalmazott kisbálás szerkezet lábazati kialakításának tervei és megvalósulási képei. (Igaz, 2017a) (Igaz, 2018)

A födémbe való alkalmazás mellett szerettem volna a 2 sorban alkalmazott bálák előnyeit a fal- és tetőszerkezeteknél is kiaknázni. Először egy debreceni (melyet a mellékletek közt **D** jelű épületként lehet megtalálni), majd egy nagykarolyi (melyet pedig **B** jelűként) ház tervezésénél nyílt rá lehetőségem. 2017-ben, amikor terveztem,

már tudni lehetett, hogy az épületenergetikai követelmények szigorodnak. A korábbi, falazatokkal szemben támasztott  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  -es értékről  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  -re változó követelményértéknek ugyan egy sor kisbála is biztonsággal megfelelt, de már nem számított kiemelkedően jó megoldásnak. A korábban említett hőszigetelési optimumra vonatkozó tanulmányok alapján mindenképpen vastagabb szerkezetekben gondolkodtam. Felmerült a nagyméretű bálák alkalmazási lehetősége is, de a telekadottságok (szűk, nehezen hozzáférhető gépekkel) miatt hamar elvettem, így került a fókusz a 2 rétegben alkalmazott kisméretű bálás megoldásra.

Ebben a rendszerben a megnövekedett vastagság miatt újra kellett gondolni a fa tartószerkezeti rendszert, az alap-lábazati megoldást, az ereszkialakítást és pl. a nyílászárók beépítésének kialakult megoldásait is. Az elvek persze ugyanazok, de a megnövekedett rétegvastagság miatt sok dolgot át kellett tervezni, innovatív megoldások alkalmazására volt szükség.



**32. ábra.** Dupla sorban alkalmazott kisbálás szerkezet fal-födém-tető csomóponti kialakításának tervei és megvalósulási képei. (Igaz, 2017a) (Igaz, 2018)

Bár a fal és tetőszerkezetek vastagsága jelentősen nőtt, az alapra jutó terhelések nem változtak jelentősen, ezért az alapozás mérete a kisméretű bálás szerkezetekéhez hasonló, de a lábazat és a fal jelentősen különböző geometriai méretei miatt új megoldást igényeltek.

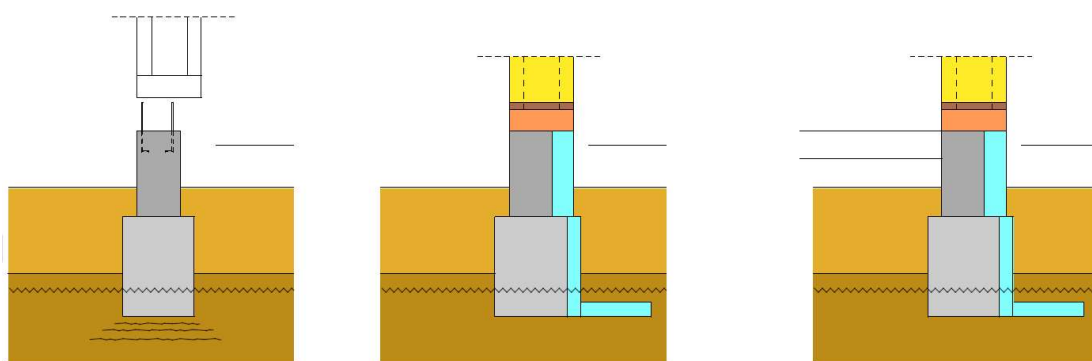
A fal tartószerkezeti rendszere kapcsán nem a kisbálás házaknál alkalmazott létravázis szerkezet, hanem inkább a nagybálás házhoz kifejlesztett módosított rendszer ígérkezett praktikusnak.

A korábban ismertetett albertirsai nagybálás háznál 2 héjú födém és tetőszerkezet készült a födém 2 rétegben elhelyezett kisméretű szalmabála építőelemekkel és attól függetlenített cserépfedésű magastetővel.

A debreceni és nagyváradai ház esetén viszont földszint + beépített tetőteres ház készült, a hőszigetelő burok így a falról a ferde tetősíkra fordul át. Ahhoz, hogy a ferde tetősíkokban is el lehessen helyezni 2 sor szalmabálát, ahhoz speciális, magasított tartószerkezetet kellett kidolgozni a tetőszerkezethez.

## 5.6. Alap-lábazat megoldások kifejlesztése szalmabála építőelemek felhasználásával készülő házakhoz

Építési módtól függetlenül az egyik legkritikusabb része az épületeknek az alap-lábazati kialakításuk. Az épület (hasznos és önsúlyból származó) terhei végül az alapon keresztül adódnak át a teherhordó altalajnak. Megfelelő kialakítás esetén a talaj felől érkező nedvességhatásoknak nincsenek kitéve a felmenő szerkezetek. Szalmaházak esetén, mint minden természetes (biológiailag lebomló) építőanyagú szerkezet esetén különösen fontos az arra érzékeny anyagok nedvességtől való megóvása. Energiatudatossági és szerkezeti szempontból fontos a lábazatok hőhidmentes kialakítása is.



**32. ábra.** Kisbálás szalmaházak létravázis falszerkezetének fogadására optimalizált alap-lábazati megoldás elvi ábrái. Balra: Fagyhatárig és teherhordó talajig levezetett beton alap, rajta vasbeton lábazat, benne előre elhelyezett töcsavarok a fa szerkezet fogadására. Jobbra és középen: Mélyre levezetett vízálló hőszigetelés a lábazaton folytatódik. Csapóesőtől védett helyen indulnak csak a nedvességre érzékeny szerkezetek. (saját szerkesztésű rajzok)

Egy szalmaházra ugyanazok a jogi és szakmai követelmények vonatkoznak, mint bármilyen más épületre. Az alap kialakítása, anyaga, hőszigetelés vonalvezetését nézzük először is tartószerkezeti szempontból. Az **OTÉK** alapján:

### *Tartószerkezetek*

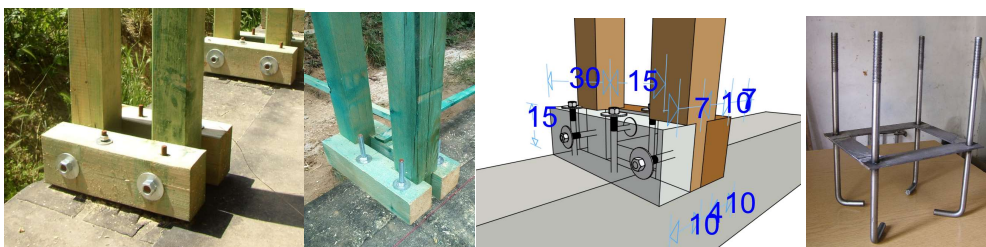
*59. § (1) Az építmények tartószerkezeteit a vonatkozó előírások alapján úgy kell méretezni és megvalósítani, hogy feleljenek meg a rendeltetési céljuk szerinti terheléseknek és az állékonyság követelményeinek.*

*(2) Az építmény rendeltetésszerű használatából eredő különleges hatások (fokozott nedvesség, jelentős hőmérséklet-változások, különösen magas vagy alacsony hőmérséklet, a tervezési célnak megfelelő vegyi környezet stb.) nem okozhatnak élettartam, teherhordó képesség, hang- vagy hőszigetelő képesség csökkenést a tartószerkezetekben.*

(3) Faanyagú tartószerkezeten, annak légzését gátló bevonat, burkolat nem alkalmazható.

Fentieket figyelembe véve, megfelelő körültekintéssel nem csak beton és vasbeton alapok jöhetnek szóba, de **ECOBIONOM 13** miatt a gyakorlat mégis abba az irányba terelt minket, hogy ezt a kompromisszumot bevállaljuk a szalmaházak építésénél, ezért, törekedve bár anyagtakarékos kialakításra, de statikus, engedélyezés és kivitelezőbarát megoldás alkalmazására, vagyis beton/vasbeton alappal terveztük a házakat.

Az alapozás kapcsán az általánosan érvényes szakmai szabályokat legfeljebb megemlítem, az egyedi szerkezeti rendszer szempontjából érdekesebbekre koncentrálok első sorban. Alapozáshoz a nedvességnek kitett helyeken tehát nyilvánvalóan nedvességre és fagyra nem érzékeny anyagokat használhatunk csak. Mivel a felmenő szerkezeteknél zömében természetes anyagok (fa, szalma, vályog stb.) kerültek alkalmazásra, ezért különösen fontos a talaj felőli nedvesség megállítása, megfelelő vízszigetelés alkalmazása. Hőszigetelő anyagként igen korlátozottak a választási lehetőségek, leginkább **XPS** hab, esetleg **PIR** hab jöhet szóba, vagy bizonyos helyeken habüveg. A mi éghajlatunkon a csapóeső és hó elleni lábazati védelemről is gondoskodni kell, ezért szigorúan csak a legalább 30 cm-es fagyálló lábazati szint felett lehet nedvességre érzékeny anyagokat alkalmazni. A szükséges lábazati magasságot persze befolyásolják a terepadottságok és az alkalmazott eresz- és/vagy egyéb védőtetők kinyúlása is.



**33. ábra.** Létravázis fa szerkezet indításának 3D-s terve és megvalósult építési fotók (saját szerkesztés és képek)

Meglepőnek tűnhet, de itt érdemes szót ejteni a belső (használati vízből, esetleges csőtörésből stb. származó) használati vízterhelésről is. Az ebből fakadó kockázatok miatt én mindig úgy igyekeztem kialakítani a padlószintet, hogy alacsonyabban helyezkedjen el, mint a lábazati fal tetején induló szalmasor és (jellemzően) vályog- vagy mészvakolat, ezáltal megelőzve egy esetleges havária során a fal súlyos beázását, nedvesedését. Ezen elővigyázatosságom jogossága több alkalommal is beigazolódott, amivel rendkívül kellemetlen, körülményesen és költségesen javítható károkat lehetett megelőzni.

Épületenergetikai szempontból speciális kialakításra volt szükség, különös tekintettel az **ECOBIONOM 10** 5.5.10.2. fejezete során tárgyalt padló-alap-lábazati koncepcióra. A hőhídmentes lábazati kialakítás ma már alapelvárás, mégis az a tapasztalat, hogy a gyakorlatban még egyáltalán nem alkalmazzák rutinszerűen. Esetünkben viszont különösen fontos a lábazat és az alap melletti intenzív hőszigetelés folytonos vonalvezetése.

A korábban tárgyalt „B koncepció” elveit követve terveztem tehát a szalmaházak lábazatait. A koncepció szempontjából fontos, hogy a hőszigetelés vonalvezetése a fal alatt folytatódjon a lábazaton, majd a talajfelszín alatt az alaptest mellett is minél mélyebbre. Természetesen, ahogy az egyéb szempontoknál tárgyaltam, a lábazati és talaj alatti részek nem készülhetnek szalmából, de arról gondoskodni kell, hogy nagyságrendileg hasonló intenzitású hőszigetelés kerüljön ezekre a részekre is. A talajtakarás növekedésével lefelé némileg csökkenthető az alkalmazott hőszigetelés vastagsága, de ezt kivitelezéstechnikai és egyéb szempontok is befolyásolhatják.

Szalmaspecifikus szempontok alatt azokat tárgyalom, melyekre különösen ügyelni kell, vagy melyek eltérnek a manapság általánosan elterjedt anyagok és szerkezeti megoldásokhoz képest. A szalma nedvességtől való megóvása egy olyan kérdés, melyet részben már tárgyaltunk korábban. Az anyag jellegéből (biológiailag lebomló) adódóan fontos, hogy a beépített szalmabála építőelemeket kellően szárazon (70% alatti relatív páratartalom) tartsuk (Minke et al., 2012), ebben kulcsszerepe van a megfelelő lábazatkialakításnak. A vízszigetelésen túl a kellően magas víz- és fagyálló lábazati kialakítás, a csapóeső és a hó elleni védelmen túl ügyelni kell ugyebár a belső használati vízre, sőt még a padlószint kialakítására és a vízvezetékekre is. Itt érdemes megemlíteni a páratechnikailag megfelelő kialakítást is, melyekről a korábbiakban már írtam.

Tűzvédelmi szempontból fontos, hogy a bálákat minden irányból tűzálló és légzáró kéreg (vakolat, burkolat stb.) vegye körül. Ez a lábazatnál alulról is megvalósítandó. Az alsó kéreg kapcsán fontos tehát, hogy a külső és belső felületi kialakítással kompatibilis és folytonosítható (jellemzően ugyanúgy vályog vagy mészvakolat) kéreg kerüljön alkalmazásra.

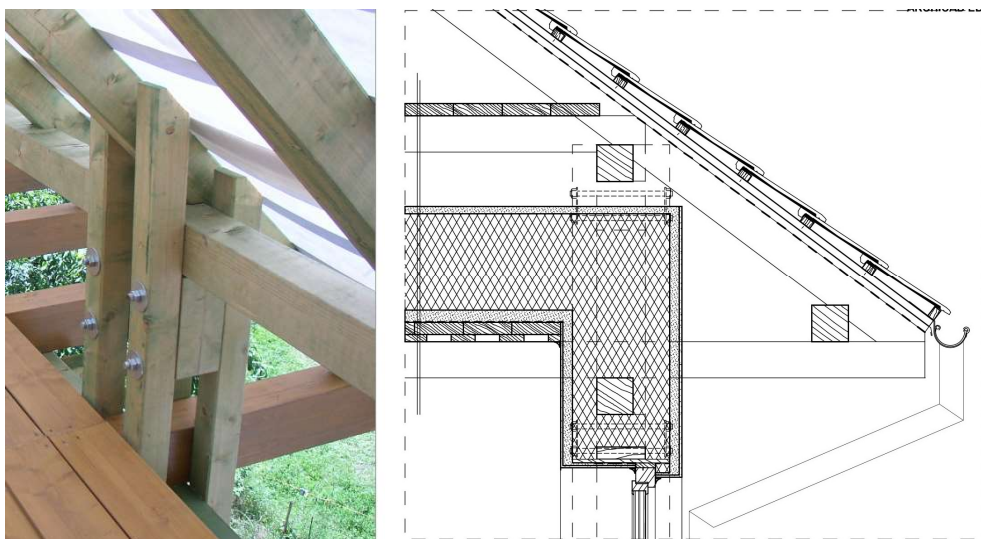
Rágcsálóvédelmi szempontból is fontos a megfelelő kialakítás. A folytonos, repedés- és sérülésmentes vakolatréteg készítése és fenntartása alapvető követelmény szalmaházaknál, de a rágcsálóveszélynek jobban kitett helyeken ennél többre van szükség. Az épületek lábazati része tipikusan olyan hely, ahol nem megfelelő karbantartás esetén, pl. épület mellett tárolt tűzifa stb., előfordulhat, hogy ellenőrizetlen helyeken bejuthatnak a falba nem kívánatos vendégek. Bár a szalma nem jelent eleséget a rágcsálók számára, ugyanakkor mint minden más hőszigetelés, ez is kiváló fészkelőhelyként szolgálhat. Ennek a megelőzésére ajánlott fizikailag áthatolhatatlan védőréteget (sűrű fémháló, perforált lemez stb.) elhelyezni a kritikus helyeken.

A lábazati csomópont kialakítási elvei jól megfigyelhetők az összes általam publikált projektben.

#### 5.7. Fal-födém-tető kapcsolatok szerkezeti megoldásainak kifejtése szalmabála építőelemek felhasználásával készülő házakhoz

Az **ECOBIONOM 9.** pontjának megfelelően a fal-födém-tető kapcsolat kialakításánál is hőhidmentes megoldás megtalálására törekedtem.

Először is nagyon fontos, hogy a hőszigetelés vonalvezetése folytonos és közel állandó vastagságban megvalósítható legyen, a falról födémre/tetőre való átfordulásnál is ennek kell teljesülnie. Az **ECOBIONOM 5. és 7.** pontjára egyik hatékony megoldás az ereszkinyúlás méretezése a napjárás figyelembevételével. Átlagos belmagasság és ablak-pozíciók mellett déli oldalon 100-120 cm körüli eresztúlnyúlás optimális lehet. Az általában szokásosnál némileg nagyobb tetőtúlnyúlás jó szolgálatot tesz a fal és lábazat csapóeső elleni védelmében is.



**34. ábra.** Létravázis fa szerkezet fal – födém –tető csomópontjánál csomóponti szerkezeti rajza és megvalósult fotója (saját készítésű rajz és kép)

A manapság készülő falazott magastetős épületeknél a falon és födémén alkalmazott hőszigetelés átfordítása gyakran problémás, hőhidas megoldással valósul meg, amin a talpszelemen általános pozíciója sem segít.

Nekem a szalmaházaknál jól bevált megoldás, hogy a fentebb említett eresztúlnyúlást a födémgerendák kinyújtásával érem el oly módon, hogy azok egyúttal kötőgerenda

szerűen egybeszerkesztve készülnek a tetőszerkezettel. Ilyen módon a szarufákat, kintebb lehet ültetni, ezzel helyet adva az átforduló hőszigetelésnek is.

#### 5.7.2.1. Hőszigetelt fal – földem kapcsolat

Nézzük először azt a verziót, amikor földszintes épület készül beépítetlen padlástérrel.

Ennél a verziónál a falban lévő hőszigetelésnek kell a földemen/födében lévő hőszigeteléssel folytonos hőburkot képeznie. Az 5.4. pontban már tárgyaltuk a fal és a födém szerkezet elemeit, így itt most csak a kettő találkozásának csomóponti megoldását elemzem ki.

Megoldásként olyan kötőgerendás födém szerkezetet fejlesztettem ki, ahol a kötőgerenda egyben a földem tartószerkezete, a tető vízszintes erőinek egyensúlyozója, a falszerkezet kidőlés elleni és persze a szarufák fogadásának biztosítója is. A szarufák ezzel a megoldással kiemelésre kerülnek, így van hely teljes vastagságban átfordítani a függőleges hőszigetelést vízszintesre, csupán csekély hőhidat képeznek az átmenő faszervezetek.

#### 5.7.2.2. Hőszigetelt fal – tető kapcsolat

Földszint + tetőtér beépítéses verzió esetén a hőburok a függőleges falszerkezet folytatásaként a tetőszerkezetben folytatódik.

Hagyományos szarufás tetőszerkezetek esetén a szalmabálák szarufák közti elhelyezésére a normál szarufa méretek (7,5 vagy 10 cm x 15 cm) esetén nincs lehetőség. Elvileg lehetne szarufák közti és alatti térbe belógnatni a bálákat, de ez nagyon körülményes lenne és a tűzálló és légzáró kéreg folytonossága sem, vagy csak nehezen lenne biztosítható.

A tervezési gyakorlatom egyik kompromisszumos megoldása, hogy a normál szarufás tetőszerkezet ferde szakaszain nem szalmabálák, hanem pl. újrahasznosított papírból készített befújással bejuttatható cellulóz hőszigeteléssel kerül hőszigetelésre. Ebben az esetben, hogy a hőszigeteltségi szint megközelítse a szalmás részekét, a szarufák közti 15 cm-es kitölthető részt befelé további, legalább 10 cm-es hőszigeteléssel egészítettük ki, így elérve a már elfogadható, összesen 25 cm-es cellulóz hőszigetelési vastagságot.

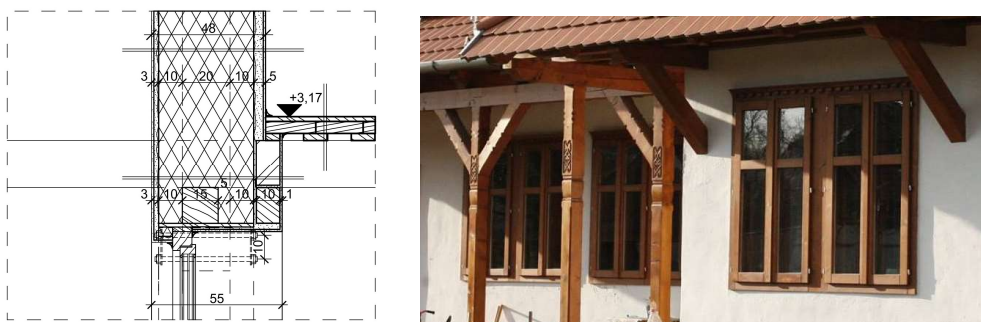
Torokgerendás, vagy fogópáros tetőszerkezetek alkalmazása esetén a tetőtér felső záró szakaszán vízszintes kialakítására nyílik lehetőség a torokgerenda vagy fogópár

tetején. Ezen részek szalmabálás hőszigetelése viszonylag egyszerűen, a födémek vízszintes hőszigetelési megoldásainál tárgyalt módon, megoldhatóak.

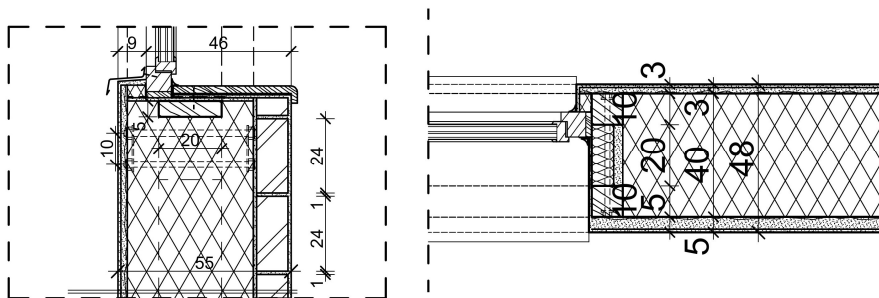


**35. ábra.** Balra fent: A hőszigetelés vonalvezetésének sémaábrája beépítetlen és beépített tetőtér esetén. Jobbra fent és lentiek: Beépített tetőteres épület szalmabálával szigetelt ferde tetősíkjához kifejlesztett tetőszerkezet 3D-s modellje és megvalósult képei. (Igaz, 2017a) (Igaz, 2018)

#### 5.8. Nyílászáró szerkezetek beépítési megoldásainak kifejlesztése szalmabála építőelemek felhasználásával készülő házakhoz



**36. ábra.** Balra: Kisbálás szalmaház nyílászáró beépítésének felső csomóponti (függőleges metszősíkkal generált) részletrajza. Ablak jellemzően a külső falsíkhöz, a létraváz oszlophoz rendezve, kerülő hőhid elleni hőszigeteléssel, légtömör beépítési mód alkalmazásával. Jobbra: Kisbálás szalmaház elkészült nyílászárójának megjelenése (saját szerkesztésű rajz és fotó)



**37. ábra.** Nyílászáró beépítésének csomóponti ábrázolásai (függőleges és vízszintes metszet). Fa létravázás tartószerkezet. Szalmabála kitöltő falazat 2 oldali vakolattal, falvég nyílászáró felől is vakolva, oszlopköz ásványgyapot hőszigeteléssel kitöltve. Ablaktok előtt kiegészítő hőszigetelés kerülő hőhíd csökkentése érdekében. Légtömör beépítés páratechnikailag is megfelelő EPDM szalagokkal.

Ahogy korábban is kitértünk rá, egy átlagos hőszigeteltségű házban is energetikailag (legalábbis csak a hőátbocsátási tényezőjüket figyelembe véve) gyenge pontnak számítanak a nyílászárók, különösen igaz ez egy fokozottan jól szigetelő épületben, mint amilyenek a szalmaházak. Fűtési szezonban vizsgálva, akármennyire jó hőszigetelő képességgel rendelkezik a falazat és a födém/tető, ha közben jelentős mennyiségű energia szökik ki az ablakok/ajtók felületein és beépítése kapcsán.

Tudatos tervezéssel viszont a nyílászárók összességében energetikailag sem rontják a ház paramétereit, jól ismerve a tulajdonságaikat (hőátbocsátási tényezők, különböző üvegezésekkel járó hőszigetelési nyereség potenciál, társított szerkezetek lehetősége, tájolás szerepe, beépítés módjai stb.), előnyünkre is fordíthatjuk a transzparens szerkezeteket. Megfelelő tervezéssel és beépítéssel tompíthatók a nyílászárók hátrányai (kisebb szerkezeti vastagság, hőhídkockázat stb.), előnyeik kiaknázásával pedig nem csak elsődleges funkciójukat tudják betölteni, hanem összességében energetikai előnyökhöz is tudják juttatni az épületet.

## 6. Diskusszió

Megkísérlem összefoglalni és kielemezni a célkitűzésekben megfogalmazottak teljesülését.

A 2.2.1. fejezetben szalmaház tervezési koncepció kidolgozását céloztam meg. Szerencsére nagyon nagy szakirodalma van a különböző környezet- és energiatudatos módszereknek, fenntartható, ökológikus, bio, zöld (és még hosszasan lehetne sorolni a kategóriáit az építési megoldásoknak. Eredeti elképzelésem egy végleges, kész tervezési módszertan kidolgozását célozta meg, ám rá kellett jöjjenek, hogy „tökéletes tervezési koncepció” nem létezik. Egyfelől olyan sok szempont mérlegelése merülhet

fel, amelyek áttekinthetetlenül hosszú szempontrendszert eredményeznének, másfelől olyan gyorsan változik a világ és a tudományos eredmények, hogy felelőtlenség lenne abszolút igazságról beszélni. Sikerült végül 13 pontban megfogalmazni a koncepcióm lényegét. Egyes pontok ismert és elterjedt tervezési elveken, míg mások kevésbé ismert vagy háttérbe szoruló koncepciókon alapulnak. Újdonságnak az tekinthető az **ECOBIONOM** koncepcióban, hogy kifejezetten szalmaházakra és fenntarthatóságra lett hangolva. Jelen állapota a legjobb tudásom szerint készült, de tisztában vagyok vele, hogy a szakma és saját fejlődésemmel párhuzamosan a továbbiakban is csiszolni, bővíteni vagy éppen szűkíteni kell majd, hogy betölthesse célját. Mi is volt a célja? Egy igazán környezettudatos tervezési módszertan kidolgozása, amely úgy gondolom, hogy nem csak szalmaházat tervezők vagy építők, hanem más szakmabeliek vagy döntéshozók számára is releváns lehet. Bár első sorban környezettudatos épületekre lett fejlesztve, de a mögötte rejlő koncepciók jelentős része más ipari és gazdasági folyamatokra is alkalmazható.

A 2.2.2. fejezetben szalmaház építési rendszerek kifejlesztését tűztem ki célul. Igazán hatékonyan ezt csak valós projekteken keresztül végezhettem el, így közel húsz éves (többé-kevésbé folyamatos) kutatói és 15 éves tervezői tevékenységre volt hozzá szükség, és bizonyos hosszú távú tapasztalatok kiértékelésére csak további évtizedek után lesz lehetőség. Szerencsére az utóbbi húsz évben sokat javuló jogi környezet is úgy alakult, hogy gyakorló tervezőként volt lehetőségem valós családi házas tervezési projekteken keresztül alkalmazni és csiszolni több fajta szalmaház építési rendszert is. A kisméretű bálákból épülő házak kapcsán szereztem a legkorábbi, és összességében a legtöbb, tapasztalatot. A publikált épületeim közül az **A, C, F, G, H, I és L jelű** épületek mind így készültek.

Kifejezetten nagy potenciált láttam a paneles technológiában. Viszonylag korán (2012-2013-ban) volt is lehetőségem előregyártott szalmaházak építési rendszert fejleszteni. Bár bizonyos nyugat-európai országokban (pl. Németország, Ausztria, Nagy-Britannia) akkor már népszerűek voltak, nálunk úgy érzem, hogy még nem volt rá megérve a szakma és a piac. Az anyagköltség-munkadíj arány utóbbi irányába történő fokozódó eltolódásával egyre nagyobb hangsúly tevődik az előre gyártást előtérbe helyező, egyúttal a helyszíni munkaigényt csökkentő megoldásokra. Hazánkban ezek a folyamatok némileg lemaradva, de szintén megfigyelhetők, így a közeli vagy középtávú jövőben véleményem szerint nagyobb figyelem fog fordulni a hasonló megoldások felé.

Véleményem szerint nagy lehetőség van az extrém vastag (nagybálás és dupla soros) szalmabálás szerkezetek alkalmazásában is, hiszen alacsony környezeti és anyagi teherrel lehetséges kiemelkedő (a követelményeket akár ötszörösen is meghaladó) energiahatékonyságú épületeket létrehozni. Szerencsére több épület (**B, D és E jelű**) kapcsán is volt lehetőségem tesztelni ezeket az építési módokat, és nagyon pozitív tapasztalatokat nyertem belőle. Bár a nagy szerkezeti vastagságok jelentenek ugyan némi kompromisszumot, de biztató, hogy a jelenlegi építésügyi szabályozási

környezet kifejezetten támogatja a természetes alapanyagú épületeket, így beépítési % tekintetében sem szenved el semmilyen hátrányt, aki ilyen technológiát választ.

Bár a célkitűzések során nem alkottam külön kategóriát a meglévő épületek szalmabálával való utólagos hőszigetelésének, tervezési és kutatási gyakorlatom megmutatta, hogy bizonyos körülmények (megfelelő tartószerkezeti állapotú épület, telekhatártól elhúzott elhelyezkedés, tető korszerűsítése stb.) fennállása esetén kifejezetten életképes alternatíva lehet az utólagos bálás szigetelés. Publikált épületeim közül a **G jelű** épületnél, és egyébként további (nem publikált) projekteknél is sikeresen alkalmaztam ezt a módszert. Érdeemes megemlíteni viszont, hogy sok esetben nem megfelelőek a meglévő épületek adottságai (pl. túl kicsi eresztűlnyúlás, rossz minőségű falazat, közvetlen telekhatáron álló beépítés stb.) szalmabálával való utólagos hőszigetelésre, ám vannak már olyan természetes alapanyagú táblásított vagy befűjtéses technológiák is, amelyek használhatók ilyen esetekben is.

Itt említeném meg azt is, hogy a történelem első (nebraskai típusú) szalmaházai teherhordó építési móddal készültek, én mégsem alkalmaztam ezt egyik komolyabb projektjénél sem. Bár kisebb kísérleti projekteknél és kerti építményeknél volt szerencsém tesztelni, de véleményem szerint a kisbálás önhordó rendszerek hátrányai (engedélyezési nehézségek, szerkezeti és alaprajzi kompromisszumok, kivitelezési nehézségek és kockázatok stb.) elnyomják az előnyeit (vélt egyszerűség és olcsóság, kevesebb tartószerkezeti fa stb.) Más a helyzet viszont a nagybálás önhordó rendszerek kapcsán, melyeknél véleményem szerint az előnyök felülmúlják a hátrányokat, így további kutatásokat és fejlesztéseket lenne érdemes e téren folytatni.

A 2.2.3. fejezetben csomóponti részletmegoldások tervezését, kifejlesztését céloztam meg. A 2.2.4. fejezetben pedig építési, tesztelési és fejlesztési célokat. Projektjeim kapcsán volt is lehetőségem ezek gyakorlására. Bár kezdettől fogva tisztában voltam ezek fontosságával, de szakmagyakorló tapasztalataim ezt csak megerősítették, sőt tovább hangsúlyozták. Mivel a kivitelezők (akár önerős építésről, akár generálban végzettről volt szó) számára újszerű megoldásokról volt szó, ezért részletes tervek és útmutató hiányában sok improvizáció és hibás megoldás született volna. Első komolyabb tervezési munkám során meg is tanultam azt, hogy kellően részletesen kidolgozott tervek nélkül nem szabad belevágni a kivitelezésbe. Hibámért napi többszöri tanácstalan vagy számonkérő kivitelezői telefonhívás elviselésével vezekeltem a kivitelezés kritikus hetei/hónapjai alatt. Innentől fogva csakis részletes tervek elkészítésével vállaltam tervezési feladatokat, amelyek azért így is rendre tartogattak kihívásokat. Hangsúlyozandó a tervező és a kivitelezők közti szoros és hatékony kommunikáció. A tapasztalatok gyűjtése és kiértékelése is minden projekt része, ezáltal fokozatosan fejleszthetők a módszerek, rendszerek, megoldások.

## 7. Új tudományos eredmények

Környezeti - fenntarthatósági elvek mentén szalmaház tervezési koncepciót dolgoztam ki hazai viszonyokra:

- Összeállítottam és alkalmaztam a 12+1 pontból álló **ECOBINOM** tervezési koncepciót. 12 épület példáján keresztül ismertettem és bemutattam.

Az **ECOBINOM** koncepciót is felhasználva szalmaház építési rendszereket fejlesztettem:

- Kisméretű szalmabálákkal kitöltött fa létravázás szerkezeti rendszert fejlesztettem ki és mutattam be 8 saját tervezésű épület dokumentációján keresztül.
- Előregyártott fal- és tetőelemekből álló szalmaház építési rendszert fejlesztettem ki és mutattam be az általam tervezett első magyarországi szalmapanel ház példáján keresztül.
- Nagyméretű bálák felhasználásával készülő szalmaház építési rendszert fejlesztettem ki és ismertettem hazánk első nagybálás házának bemutatásával.
- Dupla sorban alkalmazott kisméretű bálák felhasználásával készülő szalmaház építési rendszert fejlesztettem ki és elemeztem egy hazai és egy romániai épület példáján.

Az **ECOBINOM** koncepciót is felhasználva csomóponti részletmegoldásokat fejlesztettem szalmaház építési rendszerekhez:

- Alap-lábazati csomóponti részletmegoldásokat fejlesztettem ki és mutattam be 12 általam tervezett szalmaház példáján keresztül.
- Fal-födém-tető csomóponti részletmegoldásokat fejlesztettem ki és elemeztem 12 szalmaháztervemen keresztül.
- Nyílászáró szerkezetek beépítésének csomóponti részletmegoldásait fejlesztettem ki és mutattam be 12 általam tervezett és publikált épület kapcsán.

## 8. Összefoglalás

Doktori kutatási témám építészmérnöki tanulmányaimon és környezettudományok iránti elkötelezettségemen alapulva született meg. Felismerve azt, hogy épített környezetünk létrehozásához és üzemeltetéséhez kötődik a klímaváltozást és globális környezetterhelést okozó hatások legjava, rájöttem, hogy építésként óriási felelősségem, egyúttal lehetőségem is van ezek befolyásolására. A megoldási lehetőségek tanulmányozása közben felismertem, hogy a természetes, lehetőleg helyi alapanyagok okos használata a leginkább környezetkímélő alternatíva. Az így felmerülő lehetőségek közül is kiemelkedtek a szalmaházak, melyek nemcsak alacsony beépített energiatartalommal és kivételes építésökológiai tulajdonságokkal, de kiváló hőszigetelő képességüknek köszönhetően, nagyon kedvező üzemeltetési potenciállal is rendelkeztek, mindeközben természetességüknek és könnyű hozzáférhetőségüknek köszönhetően építésbiológiai és gazdaságossági szempontból is ígéretesek.

2 évtizeddel ezelőtt, amikor elkezdtem foglalkozni a szalmaházakkal, akkor még nagyon kevés szakmai anyag és tapasztalat állt rendelkezésre, azok is zömében küldföldiek voltak. 1-2 úttörő hazai projektet sikerült csak engedélyeztetni, sem a hatóságok, sem a szakmabeliek nem is igen hallottak még a szalmaházakról. Mostanra sikerült elérni, hogy Előszabvány és Műszaki Irányelv készült kifejezetten szalmabála építőelemek alkalmazási lehetőségeiről, hatóságok és szakmabeliek ismerhették meg a szalmaházak működési elveit, a jogszabályok külön paragrafusokkal foglalkoznak a természetes és fenntartható építési elvekkel, sőt arra is van már példa, hogy kedvezményekkel ösztönzik előbbieik alkalmazását. Mára kinevelődött 1-2 tucat építész és tervező iroda, akik szalmaházak tervezésével (is) foglalkoznak, találhatunk olyan kivitelező cégeket, akik kifejezetten ilyen házak építésére specializálódtak. Manapság, ha egy megrendelő favázás szalmaházat szeretne építtetni, akkor, ha megtalálja a hozzá értő tervezőket, akkor jó eséllyel problémamentes engedélyeztetésre számíthat, több bank és biztosító közül választhat, ha arra van szüksége. Természetesen azért még ma is „csodabogárnak” számít, aki ilyen házat épít, de egy nagyságrenddel kisebb kihívás ma, mint 20 éve. Bár sok minden fejlődött és rengeteg tapasztalat született az utóbbi időben, azért a mai napig kevés ember ismeri ezt a nagyszerű építési módot, általánosságban még ma is nagy bizalmatlanság övezi az emberek részéről, akadnak még kihívások és tennivalók is bőven.

Áttekintem a kezdeti kutatási célokat, módszerkeket és eredményeimet, majd azok hasznosítási lehetőségeit, majd a további kutatási irányokra is megpróbálok javaslatokat tenni.

Először tehát bemutatom, hogy az utóbbi 15 évben, amióta elkezdtem doktori tanulmányaimat a témában, milyen kutatásokkal és eredményekkel próbáltam

hozzájárulni a szalmaházak szélesebb szakmai és érdeklődői körökben való elterjesztésében, jogi és szakmai elfogadottságának növelésében, valamint konkrétan megvalósuló épületek formájában. Okl. építészmérnökként megtanultam, hogy az elmélet és a gyakorlat csak együtt eredményezhet jó megoldást, ezzel a szemlélettel láttam neki kutatásaimnak is. Nem tudtam, és nem is akartam mérnöki voltomat levetkőzni, kezdettől fogva az volt a célom, hogy az elméleti háttérre és tapasztalatokra alapozva gyakorlati formában megvalósuló, hasznosítható, fizikai formát öltő eredményeken dolgozzak. Kezdetől fogva az lebegett a szemem előtt, hogy a kutatások során szerzett ismereteket arra használjam fel, hogy környezet- és energiatudatos szalmaházakat tudjak tervezni és építeni.

Kutatásaim a fenntartható, zöld építészet irányába fókuszáltak, olyan szalmaház építési rendszerek kidolgozását tűztem ki célul, melyek teljes életciklusuk alatt a lehető legkisebb terhet róják környezetükre. A kutatások és a tervezés során nyert tapasztalatok eredményeképp született meg az újszerű **ECOBIONOM** tervezési koncepció:

A szalmaházakra optimalizált teljes életciklusra építés**ÖKOL**ógiai és építés**BIO**ológiai elvek mentén tervezett auto**NÓM** megoldásokat alkalmazó és egész évre **OP**timalizált **EN**ergiagazdálkodási és hő**KOM**fort koncepció (**ÖKOBIONÓM** + **OPENKO** = **ECOBIONOM**), melynek következők az elemei:

1. Teljes életciklus szemléletű építőanyag és épületszerkezet választás
2. Építésökológiai elvek alkalmazása
3. Építésbiológiai elvek alkalmazása
4. Autonóm megoldások alkalmazása
5. Napjáráshoz és környezethez optimalizált épülettájolás és nyílászáró elhelyezés
6. Környezet – és energiatudatos alaprajzi és tömegformálás
7. Transzparens nyílászáró szerkezetek egész évre optimalizált üvegezési rendszerének kiválasztása, árnyékolásának megoldása, társítható szerkezetek megvizsgálása
8. Fokozott hőszigetelésű fal, födém vagy tetőszerkezetek alkalmazása
9. Hőhidas megoldások alkalmazásának minimalizálása, elkerülhetetlenségük esetén a hőhidak hatásának csökkentése
10. Hőburkon belül alkalmazott szerkezetek hőtárolási lehetőségeinek maximalizálása és egész évre optimalizált padló-alap-lábazat kialakítási koncepció alkalmazása
11. Frisslevegő bevezetés optimalizálása
12. Passzív és megújuló energia alapú fűtési - hűtési lehetőségek megvizsgálása
13. Megvalósíthatóság elemzése, különös tekintettel a szalmaspecifikus engedélyeztetési és kivitelezéstechnikai szempontokra

Fenti tervezési koncepció elemei létező elméleti alapokon, azok általam történő szalmaházakra való adaptálásán és (főleg saját) gyakorlati tapasztalatokon nyugszanak. Doktori tanulmányaimmal egyidőben, azzal karöltve végzett szalmaház tervezői praxisom kiváló terepet biztosított a kísérletezésre, a tapasztalatok kiértékelésére, és persze az eredmények alapján a megoldások folyamatos újragondolására és fejlesztésére. Az **ECOBIONOM** tehát nem egy végleges megoldásrendszer, hanem egy folyamatosan fejlődésben lévő koncepció, amelyet jelenlegi legjobb tudásom szerint alkottam és mutatok be.

Kutatásaim során az **ECOBIONOM** teervezési koncepció mellett, vagy úgy is fogalmazhatnék, hogy annak részeként különböző szalmaház építési rendszereket fejlesztettem és alkalmaztam.

Disszertációm során az 5.2. pontban ismertettem a kisméretű szalmabála építőelemek felhasználásával készülő fal-, födém- és tetőrendszer kifejlesztését. Ennek az építési rendszernek előképeként a létraváz rendszerű külföldi és néhány hazai megvalósult példa szolgált. Kezdetben a már meglévő házakról rendelkezésre álló tapasztalatok és a formálódó **ECOBIONOM** koncepció alapján kerestem a lehető legjobb építési rendszert, amit később a saját fejlesztésekkel, tervezési, kivitelezési és használati tapasztalatok alapján tökéletesítettem. 2018 előtt a falazatokra előírt  $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  követelményértéket egy élére állított kisméretű bálából készülő falazat négyszeresen túlteljesítette. Ma már szerencsére fejlődtek annyit a hőtechnikai követelmények, hogy már „csak” körülbelül kétszer jobb egy szalmaház falazat, mint az elvárt minimum.

Az 5.3. pontban ismertetett előregyártott fal- és tetőelemekből álló szalmaház rendszert egyértelműen külföldi inspirációk hatására kezdtem kifejleszteni. Bár 2012-ben hazánkban még határozottan az önerős és kalákás építés lehetősége volt gyakoribb motiváció a szalmaházat választók körében, de azért időnként megjelent a gyors és kulcsrakész ökoházak iránti igény is. Egyes nyugati országokban az utóbbi motiváció már akkor is sokkal elterjedtebb volt, mára pedig ez tovább fokozódott. Egy innovációs kísérleti projekt keretében sikerült is hazai viszonyokra kifejlesztenem és tesztelnem egy olyan előre gyártható szalmaház rendszer, melynek falelemei fa tartószerkezettel és vakolatlan kisméretű bála kitöltéssel rendelkeznek, míg tetőelemei fa tartószerkezetű, vakolt szalmabála kitöltéssel készültek. A falelemek így könnyebbek és kézzel is mozgathatók maradtak, ám vakolásuk a beépítés utánra maradt, a tetőelemek viszont nehezebbek és csak daruval mozgathatók voltak, de gyorsabban kivitelezhetőek voltak és jóval kevesebb utómunkát igényeltek a beépítés után. Az építési rendszer kifejlesztése és a demóépület létrehozása egyértelműen sikeres volt, miáltal megvalósult Magyarország első szalmapanel háza, amely azóta is áll és kiválóan működik.

Az 5.4. és 5.5. pontban extrém vastag szalmabálás szerkezetek (Nagyméretű kockabálák és dupla sorban alkalmazott kisbálák) felhasználásával készülő szalmaház

építési rendszerek kidolgozását mutatom be. Az előképet a nagybálás építési rendszer esetén külföldi tapasztalatok biztosították, de hazai kutatási eredmények és igények is hozzájárultak a rendszer kifejlesztéséhez. Bár egy kisméretű bálából épülő falazat is bőségesen teljesíti az aktuális hőtechnikai követelményeket, sőt, akár passzívház építésére is alkalmas, mégis van racionalitás a hőszigetelés további fokozásában. Bár a nagy energiaigénnyel gyártható ipari hőszigetelések esetén 15-20 cm-nél vastagabb hőszigetelés alkalmazása már nem megtérülő, addig a szalmabálák alacsony (sőt, beépítésre nézve negatív CO<sub>2</sub>) környezeti terhelése és elérhetősége lehetővé teszi, hogy a hőszigetelés fokozásával a megtakarítások és a kedvező környezeti hatások is, természetesen persze csökkenő mértékben, de tovább növelhetők. Fenti gondolatmenet vezetett azon elképzeléshez, hogy a hőszigetelés fokozása nemcsak nagyobb bálákkal, hanem több sorban alkalmazott kisbálákkal is elérhető. A két fajta rendszer előnyeit és hátrányait, valamint a helyszíni adottságokat mérlegelve lehet eldönteni, hogy mikor melyik alkalmazása célszerű. A nagybálák, nagyobb tömörségüknek is köszönhetően, akár önálló teherhordó falként is bevethetők, bár nálunk ennek még jogi akadályai lehetnek. A dupla soros bálák előnye, hogy könnyen mozgathatók kézi erővel is, így például földem vagy tetőszerkezetben való alkalmazásuk technikailag sokkal könnyebb, mint a nagybáláké. Favázás tartószerkezettel készítve mindkét módszer hasonló szerkezeti rendszerben működik, akár vegyesen is alkalmazhatók.

A disszertációm készítése során a szalmaházak tervezését érintő, átfogó koncepcionális tervezési elvektől indultam, így született meg az **ECOBIONOM** tervezési koncepció, melyek elemeit röviden ismertettem. Ezután egyenként mutattam be a koncepció segítségével kifejlesztett és alkalmazott szalmaház építési rendszereket. Tovább közelítve a részletekre, végül mindegyik tervezési és kivitelezési projektben különös figyelmet kellett fordítani pár igazán kritikus csomóponti megoldás kidolgozására. Ezek közül végül a 3 legfontosabbat mutattam be a dolgozatomban: az 5.6. pontban az alap-lábazat megoldásokat jártam körül, az 5.7. pontban a fal-földem-tető kapcsolatokat, míg az 5.8. pontban a nyílászáró beépítéseket vettem górcső alá. Az alap-lábazat kialakítása mindegyik építési rendszerben kritikus, hiszen kulcsfontosságú mind az **ECOBIONOM** koncepció, mind tartószerkezeti, mind nedvességvédelmi és szalmaspecifikus szempontokból is. A szalma szigetelésnek a falszerkezetből földem- vagy tetőszerkezetbe való átfordítása is fontos problémákat vet fel, amelyek tárgyalása külön fejezetet érdemelt meg, akár csak a nyílászárók megfelelő beépítésének kérdésköre.

A disszertáció készítése során volt alkalmam összeszedni és alaposan átgondolni a rendelkezésemre álló ismereteket, saját fejlesztéseket és azok tapasztalatait. Bízok benne, hogy az elért eredményeket szélesebb körben tudják majd mások is hasznosítani. Egyik fő célom volt a szakmabeliek, döntéshozók és átlagemberek számára információt adni a szalmaházakról, a környezetbarát építési megoldásokról. Az **ECOBIONOM** tervezési koncepciót is szalmaházakra optimalizáltam ugyan, de

az elvek zöme más szerkezetekre, építési rendszerekre is alkalmazható. Az utóbbi 15-20 évben sokat fejlődött ugyan a jogszabályi környezet és a szalmaházak hazai helyzete, de úgy érzem, hogy még mindig meg se közelítettük azt a kritikus tömeget, ami a dinamikus terjedéshez szükséges. Bár, ha a következő 20 évben is akkora fejlődés megy végbe, mint az elmúlt 20 évben, az bizakodásra és reményre ad okot a jövőt illetően. Ennek eléréséhez további ismeretterjesztő tevékenységre és kutatásokra van szükség. Bár a favázás rendszerek már lényegében problémamentesen használhatók, a teherhordó kis és nagybálás építési rendszerek hazai elfogadtatásához komoly tesztekre, minősítésekre van még szükség. Úgy gondolom, hogy az előre gyártott építési rendszerek fejlesztésében is nagy lehetőségek vannak, az egyre emelkedő munkadíjak, az általánosan terjedő automatizálási lehetőségek egyre nagyobb szerepet fognak az építőiparban is követelni. Újszerű gyártási eljárások, robotizálás, 3D nyomtatás, mesterséges intelligenciával támogatott tervező és gyártó rendszerek fejlesztése jó eséllyel a jövő építészeti és kivitelezési eszköztárának részét képezik majd. Egy biztos, a jelenleg túlnyomó többségében használt építőipari megoldások, az óriási energiaigényű cement és fémszerkezetek, a nagy szállítási és alapanyag igényű megoldások már most sem fenntarthatók. Minél gyorsabban minél nagyobb arányban ki kéne váltani ezeket természetes és fenntartható alternatívákkal. Véleményem szerint napjaink környezeti problémáinak egy részére megoldást kínálnak a természetes és hagyományos megoldások korszerű és innovatív ötvözte a legújabb technológiákkal.

## 9. Summary

My doctoral research topic was born out of my architectural studies and my commitment to environmental sciences. Recognising that the creation and operation of our built environment is linked to most of the effects causing climate change and global environmental pollution, I realised that as an architect I have a huge responsibility, but also an opportunity to influence these factors. While studying possible solutions, I realised that the smart use of natural, preferably local materials is the most environmentally friendly alternative. Among the options that emerged, straw houses stood out, as they not only have low embodied energy and exceptional building ecology properties, but also excellent thermal insulation, while also promising from a building biology and economic point of view thanks to their naturalness and easy accessibility.

Two decades ago, when I started working with straw houses, there was very little professional material and experience available, and most of it was from abroad. Only one or two pioneering local projects were approved, and neither the authorities nor the professionals had heard much about straw houses. Now, a preliminary standard and technical guideline has been developed specifically for the use of straw bale

building elements, authorities and professionals have become familiar with the operating principles of straw houses, legislation deals with natural and sustainable building principles in separate sections, and there are even examples of to encourage their use through incentives. Today, there are a dozen or so architects and design firms that (also) design straw houses, and there are construction companies that specialise in building such houses. Nowadays, if a client wants to build a timber-framed straw house, and they find the right designers, they can expect to obtain building permission without any problems and can choose from several banks and insurance companies if they need to. Of course, anyone who builds such a house is still considered a ‘weirdo’, but it is a much smaller challenge today than it was 20 years ago. Although much has improved and a great deal of experience has been gained in recent years, few people are familiar with this excellent construction method, and in general, there is still a great deal of mistrust on the part of the public, and there are still plenty of challenges and tasks to be addressed.

First, I will briefly review my research results and their potential applications, and then I will try to make suggestions for further research directions.

First, I will present the research and results with which I have attempted to contribute to the wider dissemination of straw houses among professionals and interested parties, to increase their legal and professional acceptance, and to promote their construction in the form of actual buildings over the past 15 years since I began my doctoral studies on the subject. As a qualified architect, I learned that theory and practice can only produce good solutions when combined, and I approached my research with this in mind. I did not know how to shed my engineering background, nor did I want to. From the outset, my goal was to work on practical, usable results based on theoretical background and experience. From the outset, my vision was to use the knowledge gained during my research to design and build environmentally and energy-conscious straw houses.

My research focused on sustainable, green architecture, and I set myself the goal of developing straw house construction systems that would have the least possible impact on the environment throughout their entire life cycle. The experiences gained during my research and design work resulted in the creation of the innovative ECOBIONOM design concept:

A concept for energy management and thermal comfort optimised for the entire life cycle of straw houses, designed according to ecological and biological principles, using autonomous solutions and optimised for the whole year (ÖKOBIONÓM + OPENKO = ECOBIONOM), with the following elements:

1. Selection of building materials and building structures with a full life cycle approach
2. Application of ecological construction principles

3. Application of building biological principles
4. Application of autonomous solutions
5. Building orientation and window placement optimised for sunlight and the environment
6. Environmentally and energy-conscious floor plan and spatial design
7. Selection of transparent window structures with glazing systems optimised for the whole year, shading solutions, examination of combinable structures
8. Use of walls, slabs or roof structures with increased thermal insulation
9. Minimising the use of thermal bridges, reducing the effect of thermal bridges where they are unavoidable
10. Maximising the heat storage potential of structures used within the thermal envelope and applying a floor-base-plinth design concept optimised for the whole year
11. Optimising fresh air intake
12. Examining passive and renewable energy-based heating and cooling options
13. Feasibility analysis, with particular regard to straw-specific licensing and construction aspects

The elements of the above design concept are based on existing theoretical foundations, my adaptation of them to straw houses, and (mainly my own) practical experience. My doctoral studies, combined with my practical experience in designing strawbale houses, provided an excellent opportunity for experimentation, evaluation of experiences and, of course, continuous rethinking and development of solutions based on the results. ECOBIONOM is therefore not a definitive solution system, but a constantly evolving concept, which I have created and present to the best of my current knowledge.

During my research, in addition to the ECOBIONOM design concept, or rather as part of it, I developed and applied various straw bale construction systems.

In section 5.2 of my dissertation, I described the development of a wall, floor and roof system using small straw bale building elements. This construction system was modelled on foreign and some national examples of ladder frame systems. Initially, I sought the best possible construction system based on the experience available from existing houses and the emerging ECOBIONOM concept, which I later perfected based on my own developments, design, construction and usage experience. Before 2018, the  $U = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$  requirement for masonry was exceeded fourfold by structures from small bales placed on their edges. Fortunately, thermal requirements

have now advanced to such an extent that a straw house wall is 'only' about twice as good as the minimum requirement.

I began developing the straw house system consisting of prefabricated wall and roof elements described in section 5.3 clearly under the influence of foreign inspirations. Although in 2012, self-reliance and community development were still the most common motivations among those choosing straw houses in Hungary, there was also a demand for quick and turnkey eco-houses. In some Western countries, the latter motivation was already much more widespread at that time, and it has only increased since then. As part of an innovative pilot project, I was able to develop and test a prefabricated straw house system for local conditions, in which the wall elements have a wooden loadbearing structure and are filled with small unplastered bales, while the roof elements are made of a wooden loadbearing structure filled with plastered straw bales. The wall elements thus remained lighter and could be moved by hand, but their plastering had to be done after installation, while the roof elements were heavier and could only be moved by crane, but they were quicker to install and required much less follow-up work after installation. The development of the construction system and the creation of the demo building were clearly successful, resulting in Hungary's first straw panel house, which is still standing and functioning excellently.

In sections 5.4 and 5.5, I present the development of straw house construction systems using extremely thick straw bale structures (large square bales and small bales used in double rows). The prototype for the large bale construction system was based on foreign experience, but local research results and requirements also contributed to the development of the system. Although walls built from small bales amply meets current thermal requirements and is even suitable for passive house construction, there is still a rationale for further improving thermal insulation. Although the use of thermal insulation thicker than 15-20 cm is not cost-effective in the case of industrial thermal insulations, which requires high energy consumption to manufacture, the low environmental impact (and even negative CO<sub>2</sub> impact in terms of installation) environmental impact and availability of straw bales, it is possible to further increase savings and positive environmental effects by increasing thermal insulation, albeit to a lesser extent, of course. The above line of thinking led to the idea that thermal insulation can be increased not only with larger bales, but also with small bales used in multiple rows. The advantages and disadvantages of the two types of systems, as well as the local conditions, can be weighed up to decide when it is appropriate to use which one. Thanks to their greater compactness, large bales can even be used as load-bearing walls, although there may still be legal obstacles to this in our country. The advantage of double-row bales is that they can be easily moved by hand, making their use in floor or roof structures, for example, much easier than large bales. When constructed with a timber frame structure, both methods work in a similar structural system and can even be used in combination.

When writing my dissertation, I started with comprehensive conceptual design principles related to the design of straw houses, which led to the creation of the ECOBIONOM design concept, the elements of which I briefly described. I then presented the straw house construction systems developed and applied using this concept one by one. Going into more detail, in each design and construction project, special attention had to be paid to the development of a few truly critical structural details. I presented the three most important of these in my thesis: in section 5.6, I discussed foundation and plinth solutions; in section 5.7, I examined wall-ceiling-roof connections; and in section 5.8, I focused on door and window installations. The design of the foundation plinth is critical in all construction systems, as it is key from the perspective of the ECOBIONOM concept, the supporting structure, moisture protection and straw-specific considerations. The continuous thermal envelope in the wall structure to the floor or roof structure also raises important issues, which deserve a separate chapter, as does the question of the proper installation of doors and windows.

While writing my dissertation, I had the opportunity to gather and thoroughly reflect on the knowledge at my disposal, my own developments and my experiences. I am confident that others will also be able to make use of the results I have achieved on a wider scale. One of my main goals was to provide information about straw houses and environmentally friendly construction solutions to professionals, decision-makers and the general public. Although I optimised the ECOBIONOM design concept for straw houses, most of the principles can also be applied to other structures and construction systems. Although the legal environment and the hometown situation of straw houses have improved significantly over the last 15-20 years, I feel that we are still far from reaching the critical mass necessary for dynamic growth. However, if the next 20 years see as much progress as the last 20 years, there is reason for optimism and hope for the future. To achieve this, further educational activities and research are needed. Although timber frame systems can already be used without any significant problems, serious testing and certification is still needed for load-bearing small and large-scale construction systems to be accepted in Hungary. I believe that there is great potential in the development of prefabricated construction systems, as rising labour costs and the widespread use of automation will play an increasingly important role in the construction industry. Innovative manufacturing processes, robotisation, 3D printing, and the development of artificial intelligence-supported design and manufacturing systems are likely to form part of the architectural and construction toolkit of the future. One thing is certain: the construction solutions currently used by the vast majority, such as cement and metal structures with enormous energy requirements and solutions with high transport and raw material requirements, are already unsustainable. These should be replaced as quickly and as extensively as possible with natural and sustainable alternatives. In my opinion, a modern and innovative combination of natural and traditional solutions with the latest technologies offers a solution to some of today's environmental problems.

## 10. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőmnek Dr. Lakatos Gyulának és a Doktori Iskola vezetőjének Prof. Dr. Tóthmérész Bélának, hogy bizalmat szavaztak nekem és a témámnak a doktori tanulmányaim megkezdésekor. Hálás vagyok nekik a számomra nyújtott támogatásukért és értékes iránymutatásukért, amivel a disszertációm megszületését segítették. Hálával tartozok az Alkalmazott Ökológiai Tanszék többi munkatársának és PhD hallgatójának is.

Szeretném köszönetemet kifejezni szüleimnek a tanulmányaimhoz nyújtott segítségükért, Édesapámnak a szakmai iránymutatásokért és a szalmaházak témájának korai megismertetésért.

Köszönettel tartozok családomnak és feleségemnek a disszertáció írása alatt nyújtott támogatásukért, a stabil és kiegyensúlyozott háttér biztosításáért.

Témaválasztásom szempontjából nem lehetek elég hálás Karcagi Eszternek, volt egyetemi évfolyamtársamnak, aki nélkül nem kezdtem volna ilyen mélységben foglalkozni a témával és nem írtunk volna sikeres TDK és OTDK dolgozatot. Ugyancsak sokat köszönhetek akkori témavezetőmnek, Dr. Lányi Erzsébetnek is, aki sokszor állt mellettem nehéz helyzetekben is.

Hálás vagyok Dr. Kovács Imrének az Építőmérnöki Tanszék vezetőjének támogatásáért és a szalmaházak tartószerkezeti rendszereinek kifejlesztése kapcsán megvalósuló sikeres együttműködésünkért. Köszönettel tartozok Kozmáné Szirtesi Krisztinának is, akivel sikeresen dolgoztunk együtt több kutatási és tervezési projekt kapcsán is.

Hálás vagyok az összes építetetőmnek, akik bizalmat szavaztak nekem életük egyik fő beruházásának, a családi házuk megtervezése kapcsán. Nélkülük nem végezhettem volna teljes értékű kutatást, disszertációm sem születhetett volna meg jelen formájában.

Szeretnék köszönetet mondani az előbírálókat végző opponenseimnek, Dr. Novák Ágnesnek és Prof. Dr. Grigorszky Istvánnak, hogy bírálatukban számos hasznos tanáccsal és javaslattal segítettek dolgozatom továbbfejlesztését. Szeretném hálámat kifejezni Dr. Bessenyei Évának és Dr. Tózsér Dávidnak a fokozatszerzési eljárás során nyújtott segítségükért, továbbá szeretném megköszönni mindenkinek, aki munkájával, bírálatával vagy bármilyen módon hozzájárult a múltban, jelenben vagy jövőben tudományos fejlődésemhez.

## 11. Irodalomjegyzék

- Apte, V., Griffin, G.J., Paroz, B.W., Bicknell, A.D., 2008. The fire behaviour of rendered straw bales. *Fire Mater.* 32, 259–279.  
<https://doi.org/10.1002/fam.963>
- Barzellay Ferreira Da Costa, B., Diminic, A.L., Guedes Sias Thompson, S.J., Naked Haddad, A., 2022. Análisis de la perspectiva del usuario con respecto a los edificios con fardos de paja: Un estudio de encuesta. *Inf. Constr.* 74, e469.  
<https://doi.org/10.3989/ic.89959>
- Baumann, M., Dr. Csoknyai, T., Dr. Kalmár, F., Dr. Magyar, Z., Dr. Majoros, A., Dr. Osztróluczky, M., Szalay, Z., Prof. Zöld, A., 2009. *Épületenergetika, PTE Pollack Mihály Műszaki Kar.* ed. Pécs.
- Bo, R., Zhang, H., Ma, Z., Yin, R., Li, A., Yin, X., 2023. Straw bale construction towards nearly-zero energy building design with low carbon emission in northern China. *Energy Build.* 298, 113555.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113555>
- Bozsaky, D., 2019. Nature-Based Thermal Insulation Materials From Renewable Resources – A State-Of-The-Art Review. *Slovak J. Civ. Eng.* 27, 52–59.  
<https://doi.org/10.2478/sjce-2019-0008>
- Broer, R., Simjanovic, J., Toth, Z., 2022. Implementing The Paris Agreement and Reducing Greenhouse Gas Emissions Throughout the Life Cycle of Buildings: European Public Policies, Tools and Market Initiatives.
- Cao, X., Dai, X., Liu, J., 2016. Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy Build.* 128, 198–213.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>
- Chen, W., Yang, S., Zhang, X., Jordan, N.D., Huang, J., 2022. Embodied energy and carbon emissions of building materials in China. *Build. Environ.* 207, 108434. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108434>
- Cole, R.J., Jose Valdebenito, M., 2013. The importation of building environmental certification systems: international usages of BREEAM and LEED. *Build. Res. Inf.* 41, 662–676. <https://doi.org/10.1080/09613218.2013.802115>
- Cornaro, C., Zanella, V., Robazza, P., Belloni, E., Buratti, C., 2020. An innovative straw bale wall package for sustainable buildings: experimental characterization, energy and environmental performance assessment. *Energy Build.* 208, 109636. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109636>
- Csanády, D., Fenyvesi, O., Nagy, B., 2021. Heat Transfer in Straw-Based Thermal Insulating Materials. *Materials* 14, 4408.  
<https://doi.org/10.3390/ma14164408>
- Csige, I., Csegezi, S., 2001. The Radamon radon detector and an example of application. *Radiat. Meas.* 34, 437–440. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(01\)00202-5](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(01)00202-5)
- Eördöghné Miklós, M., 2013. A lakossági vezetékveszteség csökkentésének földrajzi sajátosságai Magyarországon. PhD-értekezés. PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM, Pécs.

- Ertsey, A., n.d. Az autonóm ház. Budapest.
- Fenner, A.E., Kibert, C.J., Woo, J., Morque, S., Razkenari, M., Hakim, H., Lu, X., 2018. The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 94, 1142–1152. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.012>
- Garas, G., Allam, M., El Dessuky, R., 2009. Straw bale construction as an economic environmental building alternative - a case study. *ARN J. Eng. Appl. Sci.* 4, 54–59.
- Igaz, T., 2019. Részben földbe süllyesztett íves szalmaház, lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2018. Dupla soros szalmabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2017a. Dupla soros szalmabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2017b. Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2016a. Magyarország első szalmapanel házának tervezési, kivitelezési és használati tapasztalatai., in: *Környezet És Energia a Mindennapokban*. Debrecen.
- Igaz, T., 2016b. Nagyméretű kockabálák felhasználásával készülő épület engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2014a. Magyarország első szalmapanel háza, lakóház, demóház: építészeti engedélyezési és pallértervek, gyártmánytervek.
- Igaz, T., 2014b. Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti pallértervek.
- Igaz, T., 2014c. Égetett téglapillér tartószerkezetű, vályogtégla kitöltésű meglévő falszerkezettel rendelkező épület utólagos szalmabálás hőszigetelése és fa tartószerkezetű, szalmabála kitöltésű bővítménnyel megvalósuló lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2014d. Tó közepére, lábakra állított szalmabálás halórház, szolgálati lakás: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2013. Íves alaprajzi kialakítású szalmaház, lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., 2012. Vörösiszap katasztrófa károsultja számára tervezett szalmaházhoz szakértés készítése, majd elsősorban szalmaspecifikus szempontok alapján módosított tervek készítése sikeres megvalósíthatósághoz: szakértés és módosított építészeti kiviteli tervek.
- Igaz, T., 2011. Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek.
- Igaz, T., Kozmáné Szirtesi, K., Lakatos, G., 2011. The strawbale houses environment and energy conscious buildings. *Stud. Univ. "Vasile Goldiş 21*, 127–132.
- Igwe, A.E., Ezeobi, A.A., Okeke, F.O., Ibem, E.O., Ezema, E.C., 2023. Causes and remedies of sick building syndrome: A systematic review. *E3S Web Conf.* 434, 02007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343402007>

- IWR, 2025. Eon-Speicheranalyse: Bidirektionales Laden von E-Autos kann mehrere Gaskraftwerke ersetzen. URL <https://www.iwr.de/news/eon-speicheranalyse-bidirektionales-laden-von-e-autos-kann-mehrere-gaskraftwerke-ersetzen-news38866>
- Koh, C.H. (Alex), Kraniotis, D., 2021. Hygrothermal performance, energy use and embodied emissions in straw bale buildings. *Energy Build.* 245, 111091. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111091>
- Kozieln-Woźniak, M., Fafara, M., Łukaszewski, Ł., Owczarek, E., Gierbienis, M., 2021. Life cycle assessment of composite straw bale technology in residential buildings in the context of environmental, economical and energy perspectives – case study. *Arch. Civ. Eng.* 49–65. <https://doi.org/10.24425/ace.2021.137154>
- Kumar, P., Singh, A.B., Arora, T., Singh, S., Singh, R., 2023. Critical review on emerging health effects associated with the indoor air quality and its sustainable management. *Sci. Total Environ.* 872, 162163. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162163>
- Lányi Erzsébet, 2010. KÖRNYEZETTUDATOS ÉPÍTETT KÖRNYEZET - A MODELLVÁLTÁS ELVEI ÉS ÉPÍTÉSZETI ESZKÖZEI, 2010th ed. Budapest.
- Li, Y., Zhu, N., Chen, J., 2023. Straw characteristics and mechanical straw building materials: a review. *J. Mater. Sci.* 58, 2361–2380. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-08153-8>
- Liu, B., Qin, J., Shi, J., Jiang, J., Wu, X., He, Z., 2021. New perspectives on utilization of CO<sub>2</sub> sequestration technologies in cement-based materials. *Constr. Build. Mater.* 272, 121660. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121660>
- Marincioni, V., Bradshaw, F., 2023. A long-term monitoring study on the thermal comfort and durability of a straw bale Passivhaus cottage. *E3S Web Conf.* 396, 01065. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339601065>
- Medgyasszay, P., 2019. Comparative analysis of an existing public building made from natural building materials and reference buildings designed from common building materials. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 323, 012140. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012140>
- Medgyasszay, P., 2007. A FÖLDÉPÍTÉS OPTIMALIZÁLT ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI MAGYARORSZÁGON - különös tekintettel az építésökológia és az energiatudatos épülettervezés szempontjaira PHD ÉRTEKEZÉS. BME, Budapest.
- Medgyasszay Péter, Novák Ágnes, Volhard, F., Röhlen, U., 2006. Föld- és szalmaépítészet. Terc, Budapest.
- Minke, G., Krick, B., Pomogáts József, 2012. Szalmabála-építés: elméleti alapok, szerkezetek, példák. Cser K., Budapest.
- Moreno-Rangel, A., 2020. Passivhaus. *Encyclopedia* 1, 20–29. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1010005>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., Pout, C., 2008. A review on buildings energy consumption information. *Energy Build.* 40, 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>

- Rau, P.R., Yu, T., 2024. A survey on ESG: investors, institutions and firms. *China Finance Rev. Int.* 14, 3–33. <https://doi.org/10.1108/CFRI-12-2022-0260>
- Samudro, H., Samudro, G., Mangkoedihardjo, S., 2022. Prevention of indoor air pollution through design and construction certification—A review of the sick building syndrome conditions. *J. Air Pollut. Health.* <https://doi.org/10.18502/japh.v7i1.8922>
- Sun, C., Gu, J., Dong, Q., Qu, D., Chang, W., Yin, X., 2023. Are straw bales better insulation materials for constructions? A review. *Dev. Built Environ.* 15, 100209. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100209>
- Szalay, Z., Szagri, D., Bihari, A., Nagy, B., Kiss, B., Horváth, M., Medgyasszay, P., 2022. Development of a life cycle net zero carbon compact house concept. *Energy Rep.* 8, 12987–13013. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.197>
- Tlajji, G., Biwole, P., Ouldboukhitine, S., Pennec, F., 2022a. A Mini-Review on Straw Bale Construction. *Energies* 15, 7859. <https://doi.org/10.3390/en15217859>
- Tlajji, G., Ouldboukhitine, S., Pennec, F., Biwole, P., 2022b. Thermal and mechanical behavior of straw-based construction: A review. *Constr. Build. Mater.* 316, 125915. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125915>
- Torres-Agullo, A., Karanasiou, A., Moreno, T., Lacorte, S., 2022. Airborne microplastic particle concentrations and characterization in indoor urban microenvironments. *Environ. Pollut.* 308, 119707. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119707>
- Wang, M., Li, L., Hou, C., Guo, X., Fu, H., 2022. Building and Health: Mapping the Knowledge Development of Sick Building Syndrome. *Buildings* 12, 287. <https://doi.org/10.3390/buildings12030287>
- Yildiz, A., Koçak, A.B., 2025. The use of plant based materials in architecture: A review. *Environ. Prog. Sustain. Energy* 44, e14546. <https://doi.org/10.1002/ep.14546>
- Yin, Q., Yu, M., Ma, X., Liu, Y., Yin, X., 2023. The Role of Straw Materials in Energy-Efficient Buildings: Current Perspectives and Future Trends. *Energies* 16, 3480. <https://doi.org/10.3390/en16083480>
- Zender-Świercz, E., 2021. A Review of Heat Recovery in Ventilation. *Energies* 14, 1759. <https://doi.org/10.3390/en14061759>
- Zhang, X., Saelens, D., Roels, S., 2025. Quantifying dynamic solar gains in buildings: Measurement, simulation and data-driven modelling. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 212, 115221. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115221>
- Zhao, E., Zhao, L., Zhou, Z., 2020. The significance for solar heat gain on the indoor thermal environment of passive houses in cold areas in China. *Energy Effic.* 13, 1047–1062. <https://doi.org/10.1007/s12053-020-09858-4>
- Zingoni, A., 2013. Research and applications in structural engineering, mechanics and computation: proceedings of the Fifth International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Cape Town, South Africa, 2-4 September 2013. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton.

## 12. Függelékek

### 1. melléklet (A jelű épület):

Részben földbe süllyesztett íves szalmaház, lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 4002 Debrecen, Méhéscsöld utca 25. Hrsz: 33678. Megjelenés ideje: 2019 - 2021

### 2. melléklet (B jelű épület):

Dupla soros szalmabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - Nagykároly, Petőfi Sándor u. 57-59. Megjelenés ideje: 2018

### 3. melléklet (C jelű épület):

Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 8294, Kapolcs, HRSZ: 210 (belterület). Megjelenés ideje: 2017 – 2019

### 4. melléklet (D jelű épület):

Dupla soros szalmabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 4033 Debrecen, Tör u. 62. HRSZ: 4530/156. Megjelenés ideje: 2017

### 5. melléklet (E jelű épület):

Nagyméretű kockabálák felhasználásával készülő lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 2730 Albertirsa, Margaréta utca, HRSZ: 5064/3. Megjelenés ideje: 2016

### 6. melléklet (F jelű épület):

Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti pallértervek - Moszkva. Megjelenés ideje: 2014

### 7. melléklet (G jelű épület):

Égetett téglapillér tartószerkezetű, vályogtéglapillér kitöltésű meglévő falszerkezettel rendelkező épület utólagos szalmabálás hőszigetelése és fa tartószerkezetű, szalmabála kitöltésű bővítménnyel megvalósuló lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 6728 Szeged, Pihenő u. 35, HRSZ 38156/a. Megjelenés ideje: 2014

### 8. melléklet (H jelű épület):

Tó közepére, lábakra állított szalmabálás halórház, szolgálati lakás: építészeti engedélyezési és pallértervek - Bakonyszonbathely, külterület HRSZ 364/2. Megjelenés ideje: 2014

9. melléklet (I jelű épület):

Íves alaprajzi kialakítású szalmaház, lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 6726 Szeged, Orsolya u. 30. HRSZ. 35074. Megjelenés ideje: 2013

10. melléklet (J jelű épület):

Magyarország első szalmapanel háza, lakóház, demóház: építészeti engedélyezési és pallértervek, gyártmánytervek - 4033 Debrecen, Tör u. HRSZ: 4530/156. Megjelenés ideje: 2013 - 2014

11. melléklet (K jelű épület):

Vörösiszap katasztrófa károsultja számára tervezett szalmaházhoz szakértés készítése, majd elsősorban szalmaspecifikus szempontok alapján módosított tervek készítése sikeres megvalósíthatósághoz: szakértés és módosított építészeti kiviteli tervek - 8461 Devecser, Ifjúság utcában (HRSZ: 1015/30). Megjelenés ideje: 2012 – 2013

12. melléklet (L jelű épület):

Fa létravázás szerkezetű szalmabála kitöltésű lakóépület: építészeti engedélyezési és pallértervek - 8052 Fehérvárcsurgó, Páskom utca, HRSZ 332/2. Megjelenés ideje: 2011 – 2013

13. melléklet (Belügyminisztériumi állásfoglalás):

Az építési termékek megfelelőség igazolásának gyakran feltett kérdései - természetes anyagok és egyedi termékek