

Konzulensek:

dr. Szalay Zsuzsa, egyetemi docens

Szagri Dóra, doktorandusz

# SZOLÁR HÁZAK ÉPÜLETENERGETIKAI VIZSGÁLATA OPTIMALIZÁCIÓS ELJÁRÁSSAL

TDK dolgozat

- 2021 -

Gál János

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

# Tartalomjegyzék

Ábrajegyzék .....	2
Táblázatjegyzék .....	3
1. Absztrakt .....	4
2. Summary .....	4
3. Bevezetés .....	4
4. Szakirodalmi áttekintés .....	6
4.1 Szolár építészet .....	6
4.1.1 Passzív fűtési rendszerek .....	6
4.1.2 Direkt rendszerek .....	7
4.1.3 Hőtároló tömeg .....	8
4.1.4 Üvegezés .....	8
4.1.5 Árnyékolás .....	9
4.1.6 Természetes szellőztetés .....	10
4.1.7 Tájéolás .....	11
4.2 Optimalizáció .....	11
5. A vizsgált épület .....	14
6. Számítógépes modellezés .....	15
6.1 Geometria és épületszerkezet definiálása .....	15
6.2 Zónák kialakítása .....	18
6.3 Szellőztetés .....	19
6.4 Világítás .....	20
6.5 Infiltráció .....	20
6.6 Belső hőnyereségek .....	21
6.7 Épületgépészeti rendszerek .....	22
7. Dinamikus szimuláció eredményei .....	22
7.1 Épület szinten meghatározott eredmények bemutatása .....	22
7.2 Zónákra meghatározott eredmények bemutatása .....	23
8. Optimalizáció .....	28
8.1 Változók definiálása .....	28
8.2 Futtatási paraméterek .....	30
8.3 Optimalizációs vizsgálat eredményeinek értékelése .....	30
8.3.1 Változók eredményeinek értékelése .....	30

8.3.2 Célfüggvény eredményeinek értékelése .....	35
9. Összefoglalás és konklúzió .....	37
Köszönetnyilvánítás.....	38
Irodalomjegyzék .....	38
Melléklet - tervrajzok.....	41

## Ábrajegyzék

1. ábra – Globális átlaghőmérsékletek alakulása az elmúlt évszázadban .....	5
2. ábra – Passzív szoláris fűtési rendszer sematikus ábrája .....	7
3. ábra – Üvegházhatás sematikus ábrája .....	8
4. ábra – Sugárzási energia eloszlása az üvegezésen .....	9
5. ábra – Túlnyújtással kialakított árnyékolás.....	10
6. ábra – Optimalizációs eljárás eredményeinek ábrázolása.....	12
7. ábra – Nemzetközi publikációk számának alakulása.....	12
8. ábra - Vizsgált épület látványterve .....	15
9. ábra – Design Builderben létrehozott vizsgált épület modellje .....	17
10. ábra – Metszeti rajz.....	17
11. ábra – Emeleti zónák elhelyezkedése az épületen belül .. <b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>	
12. ábra -Emeleti zónák elhelyezkedése az épületen belül .....	19
13. ábra – Téli időszakra értelmezett hőnyereségek és hőveszteségek.....	23
14. ábra – Földszinti déli zónára meghatározott hőmérsékleti eloszlások közvetlen napsugárzással.....	24
15. ábra – Emeleti déli zónára meghatározott hőmérsékleti eloszlások közvetlen napsugárzással.....	24
16. ábra – Hőmérsékleti eloszlások gyakorisága déli zónákra .....	25
17. ábra – Földszinti konyha, nappali és hálószoba léghőmérsékletének és legcsereszámának alakulása a külső hőmérséklet hatására tipikus nyári hétre .....	26
18. ábra - Emeleti hálószobák léghőmérsékletének és légcsereszámának alakulása a külső hőmérséklet hatására tipikus nyári hétre.....	26
19. ábra - Diszkomfort órák száma nyári időszakra (ASHRAE 55-2004) zónákra bontva.....	27
20. ábra - Optimalizációs eljárás eredményeinek eloszlása két célfüggvény alapján.....	31
21. ábra – Természetes szellőztetési optimumainak eloszlása.....	32
22. ábra – Belső sötétítő textíliák/rolók optimumainak eloszlása.....	32
23. ábra – Árnyékvető optimumainak eloszlása .....	33
24. ábra – Homlokzati üvegezési arányok optimumainak eloszlása.....	34
25. ábra – Üvegezési típus optimumainak eloszlása.....	35
26. ábra – Fűtési energiaigény optimumainak eloszlása.....	36
27. ábra – Diszkomfort órák számának eloszlása .....	36

## Táblázatjegyzék

1. táblázat – Alkalmazott rétegrendek vastagsága, számított hőátbocsátási tényezővel.....	16
2. táblázat – Talajon fekvő padló rétegrendje .....	16
3. táblázat – Zárófödém rétegrendje .....	16
4. táblázat – Homlokzati fal rétegrendje .....	16
5. táblázat – Az egyes zónák programban megadott elnevezéseikkel, számított alapterületükkel.....	18
6. táblázat – Déli zónák forgalmának időbeli eloszlása .....	21
7. táblázat – Északi zónák forgalmának időbeli eloszlása .....	21
8. táblázat – Természetes szellőztetés.....	28
9. táblázat – Üvegezési arány.....	28
10. táblázat – Belső sötétítő textíliák/ rolók.....	29
11. táblázat – Üvegezés típusa .....	29
12. táblázat – Árnyékvető .....	29
13. táblázat – Optimális megoldások .....	31

## **1. Absztrakt**

Szolár háznak nevezzük azokat az épületeket, amelyek nagy részben napból nyert energiára támaszkodnak, mind fűtés mind természetes világítás szempontjából. Azonban a komfortérzet, illetve hőérzet szinten tartása miatt alaposan át kell gondolnunk a rétegrendekben alkalmazott anyagokat. Ugyanis nyáron a nagy hőségben óvni kell épületünket a túlmelegedéstől, télen viszont a napközben beérkező napenergiát kell felhasználni. Ehhez fontos, hogy megfelelő mértékben szigeteljük a házunkat, ha nem akarjuk, hogy az elnyert hőmennyiség „kivándoroljon” az épületünkből. Egyik nagy hőveszteséget az üvegezés jelenti, mely ugyanakkor a hőnyereségekhez is hozzájárul, ezért is lesz majd fontos az ablakunk típusa, tájolása és aránya a térhatároló falunkon, illetve megfelelő árnyékolása. Az épület energiaigényét a hőtároló tömeg szintén befolyásolja. Dolgozatomban a különböző változók hatását fogom vizsgálni az épület energiaigényére dinamikus szimuláció és optimalizációs eljárás segítségével.

## **2. Summary**

A house which uses solar energy for heating and natural lighting is called a solar house. However, adequate thermal comfort must be provided at all times, that is why we have to consider the materials which are used in our building components. In summer, our buildings must be protected from overheating, but during winter we should use all of the energy we can get from the sun in daytime. For that, appropriate insulation must be applied to our houses if we want to avoid losing all the heat that we have gained. One of the biggest heat losses occur through windows, but at the same time they contribute to heat gains, that is why their type, orientation and window to wall ratio will matter in our calculations. A building's energy demand is also affected by its heat mass. In my essay, I will test different energy demand variations with different variables using dynamic simulation and optimization.

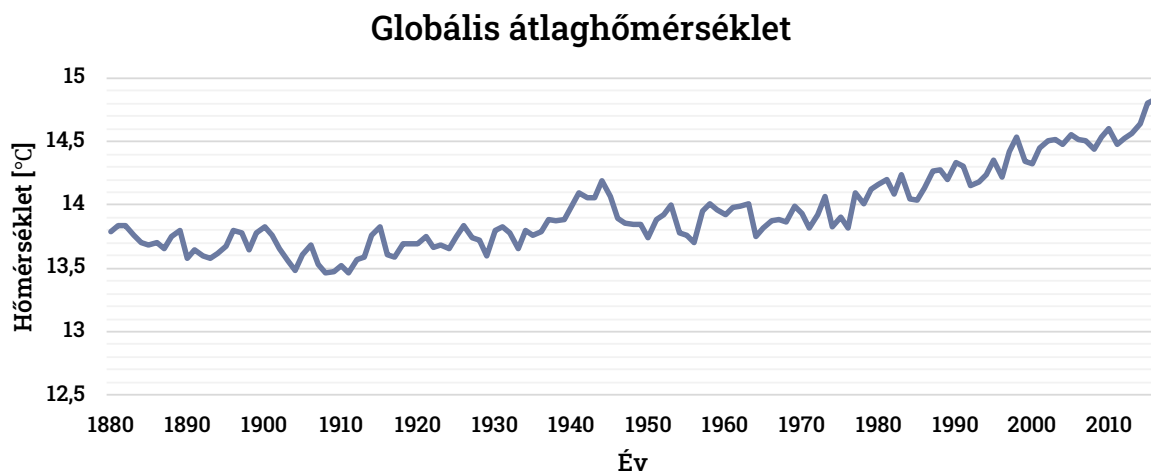
## **3. Bevezetés**

Társadalmunk egyik égető problémájává vált a globális felmelegedés. Mindennapi életünk része lett, nap mint nap olvashatunk vagy hallhatunk erről a jelenségről különböző csatornákon keresztül. Azonban ezzel nekünk embereknek kell megküzdeni, orvosolni ezt a problémát csakis mi tudjuk. Hiszen mi magunk is tapasztaljuk ennek a felmelegedésnek a következményét. Egyik legészlelhetőbb „terméke” az éves átlaghőmérsékletekben, a hőhullámokban mutatkozik meg [1]. Az utóbbi évtizedekben ugyanis jelentősen megnöttek

mind a nyári, mind pedig az éves átlaghőmérsékletek (1. ábra). Ennek következtében a környezetünkben található objektumok is jelentősen nagyobb hőmérsékletet vesznek fel. Ezt legjobban a nyári időszakban lehet érezni belvárosi bérleményekben, vagy olyan épületekben, ahol légkondicionáló berendezés nincs telepítve. Emiatt az épületünk belső terei nagymértékben túlmelegednek mely a komfortérzet csökkenésével járhat. Ezért törekednünk kell a magas belső hőmérséklet csökkentésére. Ennek több megoldása is lehet, az egyik legegyszerűbb formája a légkondicionáló berendezés használata. Azonban ez nem a legkörnyezetkímélőbb megoldások közé tartozik. Ugyanis ezzel megnövekedik épületünk energiaigénye. Környezettudatosabb tervezéshez felhasználhatunk zöld növényzetet, mint mikro klimatikus megoldás. Vagy mobilis, illetve fix árnyékolókat is építhetünk ablakokkal tarkított homlokzatainkon [2].

Zöld épületekben is gondolkodhatunk, nem csak az épületen használt szerkezetekkel lehetünk környezettudatosabbak. Már az épületszerkezetben is használhatunk környezetbarátabb anyagokat, technológiákat. Több irányzat is kialakult a fűtési energiaigény minimalizálására. A passzív ház az ilyen irányzatok közé tartozik, ahol szigorú szabályozásoknak kell megfelelni melyeket Passivhaus Institut határozott meg. A szolár házak nem számítanak minősítésnek, hanem ez egy olyan irányzat, ahol a passzív napenergia hasznosítása a fő szempont [3].

Dolgozatom célja egy szolár ház épületenergetikai szimulációja, téli és nyári viselkedésének elemzése. Illetve az optimalizációs eljárás alkalmazása az épületre, annak érdekében, hogy optimalizálni tudjam a fűtési energiaigényt, illetve a diszkomfort órák számát különböző változók figyelembevételével.



1. ábra – Globális átlaghőmérsékletek alakulása az elmúlt évszázadban

(Forrás: [https://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global/globe/land\\_ocean/1/12/1880-2016](https://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/global/globe/land_ocean/1/12/1880-2016))

## **4. Szakirodalmi áttekintés**

Ebben a fejezetben szeretném megfogalmazni majd feldolgozni a témámhoz szükséges fogalmakat, teóriákat, illetve a kapcsolódó nemzetközi publikációkkal szeretnék majd párhuzamot vonni. Elsősorban a szolár házat fogom bemutatni általánosságban. A következő pontokban pedig definiálom a passzív fűtési rendszereket befolyásoló tényezőket, illetve azok szerepét az épületen belül. A fejezet lezárásaként pedig bemutatom az optimalizációt, illetve ezen vizsgálat nemzetközi kutatómunkákban betöltött szerepét.

### **4.1 Szolár építészet**

Szolár háznak nevezzük azokat az épületeket, amelyek nagy részben napból nyert energiára támaszkodnak, mind fűtés mind természetes világítás szempontjából. Fontos tervezési stratégiákon alapul ezen házak tervezése [4]. A tervezés során két alapvető feladat a napfény átteremtése és a hő megőrzése. A passzív napenergia hasznosítás lényege, hogy az üzemeltetés során nincs szükség külső, nem újratermelhető forrásokra, hanem a napenergia közvetlen felhasználható. Minél több napenergiát hasznosít egy épület, annál kevesebb fosszilis energiát kell felhasználni fűtési célra [5]. A téli napenergia fűtési célú használata előnyös és az épület belső hőmérsékletét emeli. Ugyanakkor a helytelenül megtervezett ablakfelület, hőtároló méretek és az árnyékolás hiánya a nyári túlmelegedéshez, így a komfortérzet csökkenéséhez vezethetnek. A cél, hogy minimális fűtési igényt alakítsunk ki télen, nyáron pedig a hűtési igényt csökkentsük minimumra. A passzív napenergia hasznosítását már az ókori Görögországban is alkalmazták. Olyan építőanyagokat kezdtek el használni, amelyek begyűjtötték a nap sugárzási energiáját, illetve az épületeiket is délre kezdték el tájolni [6]

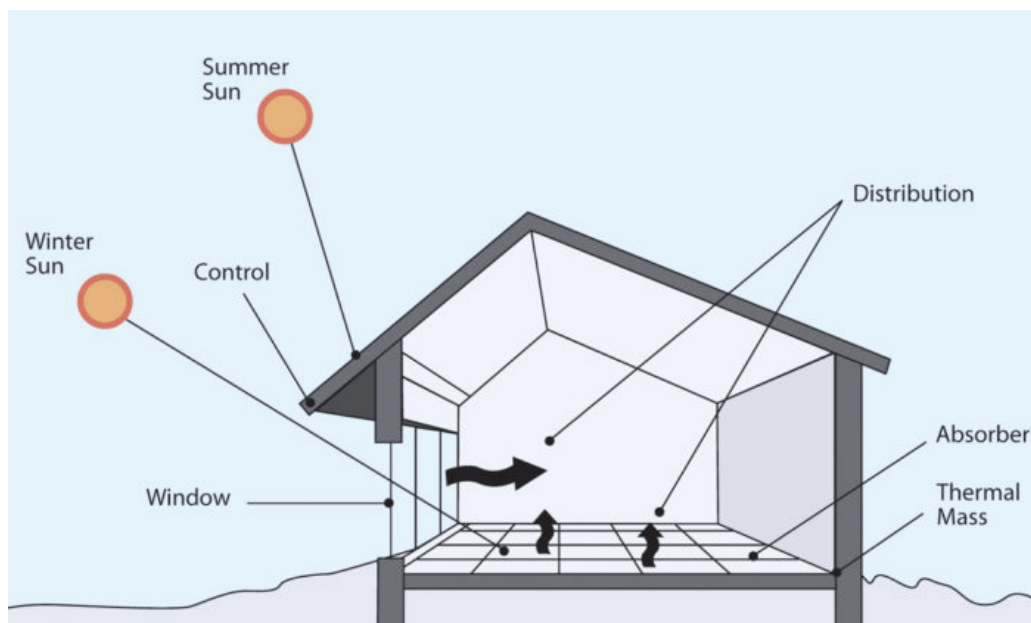
#### **4.1.1 Passzív fűtési rendszerek**

A szoláris tervezési stratégia alappillére a szoláris nyereségáramok növelése, illetve azok hasznosítása téli időszakban. A napsugarak energiahozama több tényezőtől függ például az iránytól, napi és évi periódustól, de ezek mellett számos másik tényező is befolyásolja az energiahozamot melyek véletlenszerű változása nagyban változtatja ezek mértékét [2]. Evidens, hogy fűtőhatásra általában akkor van nagy szükségünk amikor ezek a sugárzási hozamok kisebbek. Ezért fűtési célra felhasználandó sugárzási energiát el kell tárolnunk legalább 24 órás ciklusra. Ezeknek a rendszereknek alapvetően három funkciót kell ellátaniuk. A sugárzási energiát be kell gyűjteniük, ezen energiának legalább egy részét el kell tárolniuk, majd pedig az energiát célba is kell juttatniuk [7]. Ha mind a három funkciót maga az épület és annak

szerkezete látja el, akkor ezt a rendszert passzív rendszernek nevezzük. A passzív rendszereken belül pedig két változatot különböztetünk meg. Ezek a direkt, illetve indirekt rendszerek [3].

#### 4.1.2 Direkt rendszerek

A direkt rendszerek működési alapja az üvegházhatás. Épületeinket transzparens szerkezetekkel látjuk el, melyen keresztül a napsugarak energiája bejut a helyiségekbe [7]. Ezeknek egy része elnyelődik, másik része pedig visszaverődik. A felsőbb rétegek könnyebben felmelegednek míg a mélyebben található rétegek átmelegedése időt vesz igénybe. Azonban ez az idő korlátos, ugyanis a hőáram addig hatol a szerkezetbe amíg a felületet napsugárzás éri. Amint megszűnik a napsugárzás, a felület hőmérséklete lecsökken és a szerkezetben eltárolt hő visszairányul a felületen át a helyiségbe. Ezt a folyamatot lehet hasznosítani fűtési célra hőtároló tömegek segítségével [8]. A hőátadás következtében a belső levegő hőmérséklete addig nő, amíg el nem éri sugárzásnak kitett felület hőmérsékletét. Ennek a felmelegedett felületnek a kibocsátott sugárzási energiája nagyobb, mint amit a felület eredetileg kibocsátott. Ez a kibocsátott sugárzás, amely azokra a felületekre jut, amelyeket nem ér közvetlen napsugárzás. A belső felületek által kibocsátott infrasugárzás a belső hőátadással együtt a belső felületek közötti alapvető hőmérséklet különbségek kiegyenlítésére szolgál. Ennek következtében a helyiséget burkoló felületek mindegyike felmelegszik. Azonban az üvegezés a belső felületek által kibocsátott infrasugárzással szemben átlátszatlanok. Ezért a helyiségbe bejutó energia sugárzás formájában nem tud távozni mondhatni, „bent ragad”. Ennek



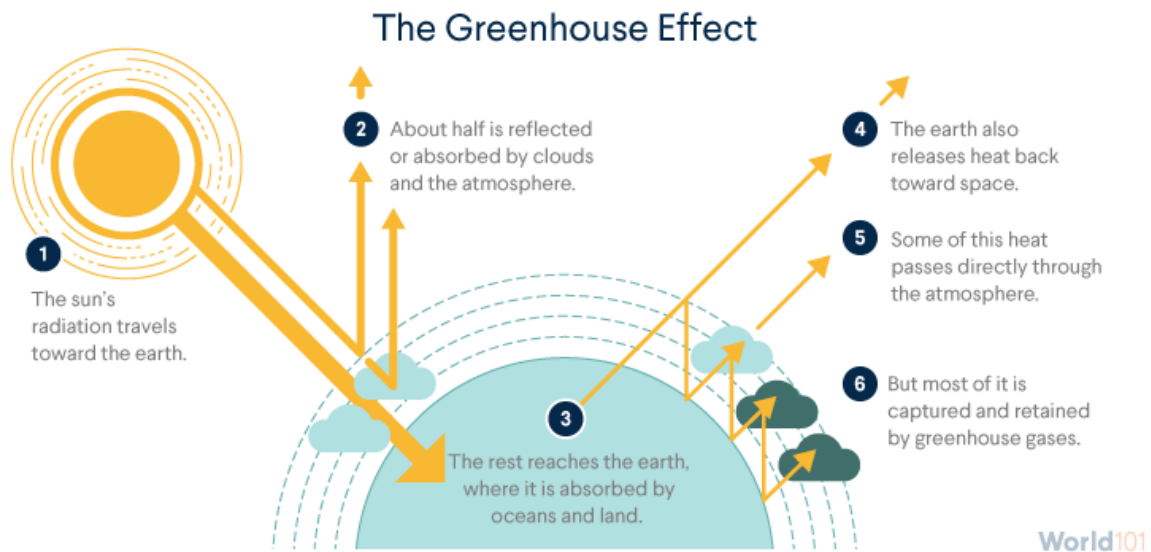
2. ábra – Passzív szoláris fűtési rendszer sematikus ábrája

(Forrás: <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/gba-prime-sneak-peek-reassessing-passive-solar-design-principles>)



kiküszöbölésére folyamatos légcserét (szellőztetést) alkalmazhatunk. Ezt a jelenséget nevezzük üvegházhatásnak. Ennek szerepe az épület energiamérlegében jelentős.

Globális léptékben az üvegházhatás (3. ábra) hasonló: a helyiség szerepét a Föld, az üveg szerepét pedig az atmoszféra játssza. Az atmoszféra a földi felszínnek által kibocsájtott hosszuhullámú infrasugárzásra annál kevésbé áteresztő, minél nagyobb a légkörben az üvegházhatású gázok, illetve aeroszolok koncentrációja [3] [9].



3. ábra – Üvegházhatás sematikus ábrája

(Forrás: <https://world101.cfr.org/global-era-issues/climate-change/greenhouse-effect>)

### 4.1.3 Hőtároló tömeg

Egy épület esetében hőtároló tömeg alatt azokat az épületszerkezeteket értjük, amelyek belső térrel kölcsönhatásba kerülnek, és a beeső napsugárzást, illetve a levegő áramlásának hatására felmelegednek, vagy lehűlnek [2]. Nyáron az épületszerkezetek hőtároló, hőcsillapító képességük révén képesek a nappali hőmérséklet csökkentésére: az éjszakai hűvösebb levegő által lehűtött szerkezetek a nappali melegben csökkentik a belső levegő hőmérsékletét. Hőtárolás képessége egy szerkezetnek alapvetően két tényezőtől függ, a tömegtől és a fajhőtől. Minél nagyobb tömeggel és fajhővel rendelkezik egy anyag, annál több hőt tud felvenni és leadni [10].

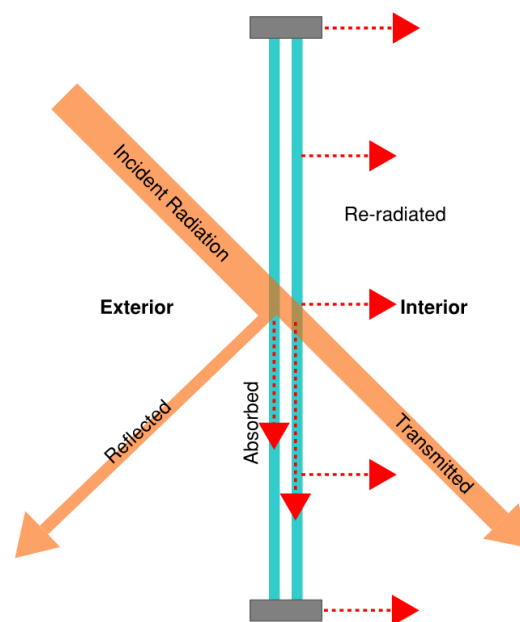
### 4.1.4 Üvegezés

Épületeinket nyílászárókkal látjuk el melyekben az üvegezés mennyisége és minősége nagy mértékben befolyásolja nem csak a környezetünket, hanem az épületünk energetikai viselkedését is. (4. ábra) Ugyanis nyáron magas hőmérséklet és intenzív sugárzás miatt, az

üvegezések felmelegednek és az adott helyiséget túlmelegítve csökkentik a komfortérzetet. Télen azonban a külső alacsony hőmérséklet miatt lehűlhetnek a belső tereink amennyiben nem megfelelő üvegezést alkalmazunk. Célunk a téli sugárzási nyereség növelése és a nyári hőterhelés csökkentése a visszavert hányad vagy pedig az elnyelt hányad csökkentésével. Erre nemcsak az árnyékolószerkezetek, hanem a különleges üvegezések is lehetőséget adnak [7] [11].

Ilyen fajta üvegezés például a „low E” bevonattal kialakított üveg. Attól lesz egy üveg „low E” típusú, hogy egy lágyfém bevonatot készítenek az üvegezés belső oldalára, visszatükrözve ezzel a hőt a helyiségbe, javítva ezzel az üvegezés hőátteresztését és az energia hatékonyságát.

A két réteg közötti teret argon gázzal kitöltve is egy nagyon hatékony üvegezést kaphatunk, hiszen jó hőszigetelő képességgel bírnak a nemesgázok (argon, kripton). Ezzel a megoldással is energiahatékonyá tehetjük az üvegezéseinket [12].



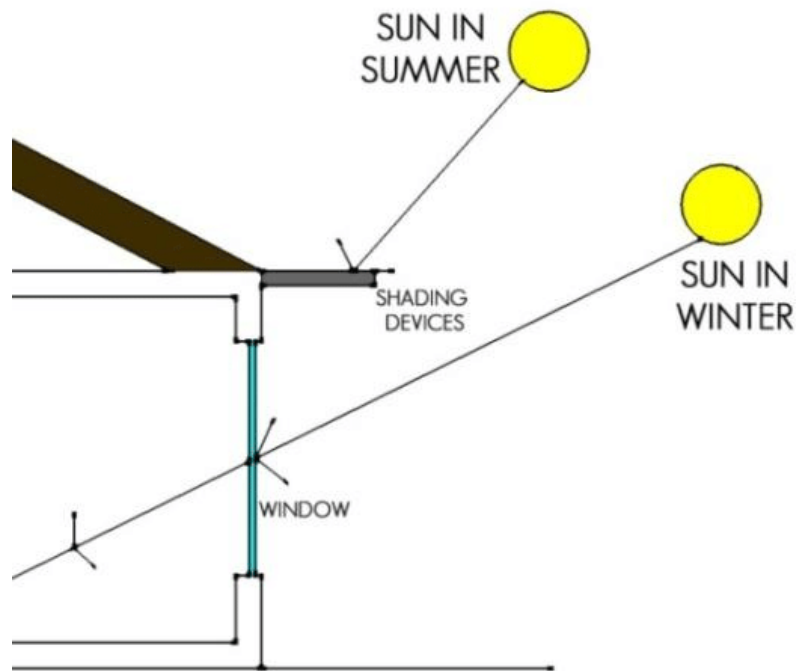
4. ábra – Sugárzási energia eloszlása az üvegezésen

(Forrás: [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_gain#/media/File:Solar\\_Heat\\_Gain\\_V2.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_gain#/media/File:Solar_Heat_Gain_V2.png))

#### 4.1.5 Árnyékolás

Passzív hűtési rendszer egyik lehetséges formája az árnyékoló rendszerek telepítése az épület homlokzatára [2]. A legegyszerűbb árnyékoló az ereszvonaltúlnyújtásával (5. ábra) jön létre, és ezzel a nyári magas napállásnak megfelelő árnyékoló alakulhat ki, ami a téli alacsony napállás mellett a napsugárzást nem zárja el a fűtést igénylő mögöttes tértől. Egyes helyzetekre

és homlokzatokra eltérő szerkezet alkalmazása lehet ideális. Például keleti és nyugati homlokzatra érdekesebb fix árnyékolót helyezni úgy, hogy közben nem gátoljuk a levegő mozgását. Szabályozható vagy mobilis árnyékolórendszereket pedig külső oldalon, a déli homlokzaton érdemes elhelyezni, hogy télen amikor nincs szükség árnyékolásra, ezeket le lehessen szerelni, ezzel is maximalizálva a beeső napsugarak arányát [13].



5. ábra – Túlnyújtással kialakított árnyékolás

(Forrás: [https://www.researchgate.net/figure/Overhang-of-a-building-or-simple-shading-devices\\_fig5\\_271301009](https://www.researchgate.net/figure/Overhang-of-a-building-or-simple-shading-devices_fig5_271301009))

#### 4.1.6 Természetes szellőztetés

Az épület és környezete közötti légcserre két szempontból is nagyon fontos. Egyrészt a szellőzőlevegővel szállítjuk el a helyiségben keletkező szennyezőanyagok, illetve nedvességet, másrészt a szellőzőlevegő felmelegítéséhez vagy lehűtéséhez szükséges energia, a távozó levegővel a környezetbe szállított energia az épület hőmérlegének fontos, egyes esetekben legfontosabb összetevője és befolyásolja az épület közvetlen környezetének mikroklímáját is. Szellőztetésről akkor beszélünk, amikor a légcserre szándékolt. Ennek két fajtája a természetes szellőztetés és a filtráció. Természetes szellőztetés esetében a levegő áramútjában nyitható ablakok, csappantyúk, szellőzőrácsok és kürtők vannak, a levegő áramlását a sűrűségkülönbség, illetve a szél hatása idézi elő. A szándékolatlan, véletlenszerű, spontán légcserre pedig a filtráció [7] [14].

### 4.1.7 Tájolás

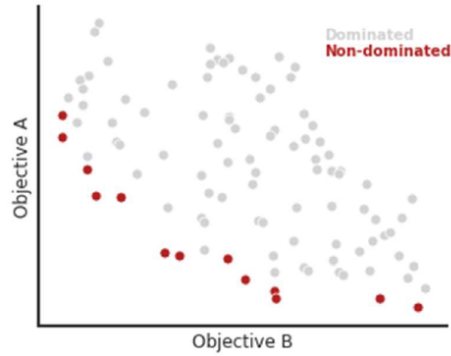
A tájolás nap szerinti alakítása alapvető passzív szolár tervezési eszköz, azonban a pontos tájolás nem minden esetben meghatározóan fontos. A napenergia mennyiségére ugyanis sok tényező befolyásolhatja. Általános építészeti eszközökkel az optimális közeli iránnyal megfelelő értékeket lehet elérni. Általános szemlélettel tekintve legoptimálisabb tájolás, az észak-dél irányú tájolás. Így a déli homlokzatot erő napsugarak energiáját a leghatásosabban lehet majd hasznosítani a téli időszakban is. Itt nagy fal-ablak arányt érdemes használni míg a többi homlokzaton ennél jelentősen alacsonyabb arány használata lehet a célravezető [15] [16].

### 4.2 Optimalizáció

A matematikai optimalizáció a legjobb elem kiválasztását jelenti a matematikában, a statisztikában, a számítástechnikában és az alkalmazott tudományokban. A legjobb elemet az alternatívák egy halmazából választják ki. Legegyszerűbb esetben az optimalizációval egy valós matematikai függvény maximumát vagy minimumát keressük lokálisan vagy globálisan. Ehhez a különböző algoritmusokat lehet használni, melynek elméletével és általánosításával már az alkalmazott matematika szakterülete foglalkozik.

Több célfüggvényes optimalizáció esetén a két értéknek egyenként más és más optimumai lesznek a vizsgálat végén. Amennyiben ez nem áll fent, akkor a vizsgálat leegyszerűsödik egy célfüggvényes feladatra. Több célfüggvényes problémák esetén az eredményeket egy halmaz szemlélteti melyek mindegyike optimális megoldásként jelenik meg. Ezt a halmazt úgy is megkaphatjuk, ha páronként összehasonlítást végzünk. Egy példával szemléltetem a fentiekben megfogalmazottakat [17].

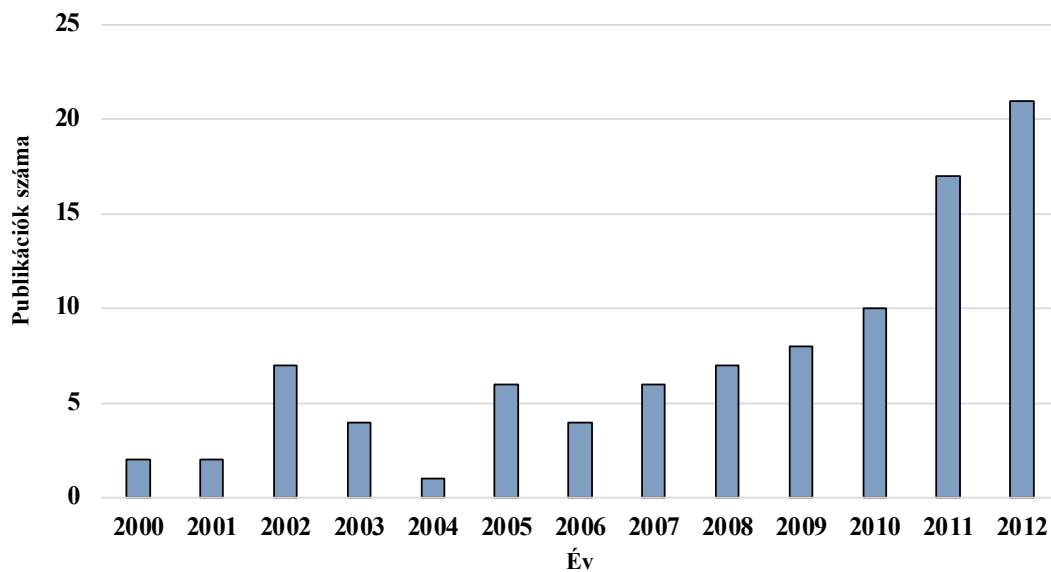
Vizsgáljunk meg két lehetséges megoldást. Ezek legyenek „A” és „B”-vel jelölve. Amennyiben „A” jobb, mint „B” a célfüggvények összes eleménél, akkor „A” domináns a halmazon belül. Miután kiértékeljük az összes párt, a fennmaradó nem domináns halmaz ábrázolja az optimalizálás eredményeit. Ezeket az eredményeket hívjuk Pareto-front megoldásoknak (6. ábra).



6. ábra – Optimalizációs eljárás eredményeinek ábrázolása

(Forrás: Kiss Benedek: Multi-Objective Environmental Optimization of Buildings, 2021, PhD- disszertáció)

Épületenergetikai optimalizációval több külföldi kutató is foglalkozott már. Ezzel a témával foglalkozó nemzetközi publikációk száma az utóbbi évtizedben megnőtt (7. ábra). Ezt a tendenciát az alábbi ábra szemlélteti [18].



7. ábra – Nemzetközi publikációk számának alakulása

(Forrás: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032113002803?via%3Dihub> )

Wang et al. [19] a nulla energiaigényű házak megvalósítását vizsgálta optimalizációval. Először felvettek egy optimális passzív épülethomlokzatot, ami minimalizálja a fűtési energiaterhelést melyet parametrikusan határoztak meg az EnergyPlus funkcióval, ahol változóként a hőátbocsátási tényezőt adták meg a külső falakra, illetve változóként adták meg a fal-ablak arányt és az épület orientációját. Továbbá TRNSYS-t használták szimulációra és méretezésre

különböző rendszerekre melyekkel elméletben megvalósítható a nulla energiaigényű épület az Egyesült Királyságban.

Gratia et al. [20] TAS program segítségével parametrikus vizsgálatot végeztek melynek célja az volt, hogy megfelelő ablak méret és ablak tájolással elérjék az elégséges természetes szellőztetési arányt keskeny irodaépületekben. Ezekhez több változót is meghatároztak melyek az árnyékolók jelenléte, épület orientációja szél függvényében lettek. Az esettanulmány azt hozta eredményül, hogy egy nyári napon, egyoldali szellőztetéssel a hűtési igény akár 30%-kal is csökkenhet.

Gasparella et al. [21] az ablakok típusától és méretétől függő befolyást vizsgálták fűtési, illetve hűtési energiaigénynél figyelembe véve csúcsterheléseket is. Ezt az esettanulmányt egy olaszországi két szintes megfelelően hőszigetelt családi házon folytatták. A parametrikus tanulmányt TRNSYS segítségével végezték, ahol változóként több paramétert adtak meg. Ezek közé tartozik az üvegezés típusa, az ablak mérete, árnyékolás jelenléte, az épület orientációja és belső hőnyeresége, ezek után több lineáris regresszió használata után meghatározták a legjobban befolyásoló paramétereket.

Persson et al. [22] meghatározták, hogy milyen mértékben befolyásolja a három rétegű üvegezés mérete és tájolása a fűtési és hűtési energiaterheléseket. Az esettanulmányba 20 passzív házat vontak be melyek Gothenburgban található Svédországban. A vizsgálatot egy DEROB-LTH dinamikus szimuláció segítségével végezték, melyben változóként adták meg az üvegezés méretét és tájolását. Az eredmények alapján azt kapták, hogy az ablak méretének nincs meghatározó szerepe a fűtési energiaterhelésben, hiszen a vizsgált épület falai rendkívül jól lettek hőszigetelve. Továbbá az épületen belül működik egy hatékony szellőztető rendszer. Az optimális megoldásra azt kapták, hogy a kisebb ablakok a déli homlokzaton, a nagyobbak pedig az északi homlokzaton helyezkednek el. Összevetették a már megépült házakkal a modellt, és azt a megállapítást tették, hogy passzív háznál nem mindig szükséges alacsony üvegezési arányt tartani.

Datta [23] a külső fix zsaluziákat vizsgálta optimalizációval a déli homlokzaton a primer fűtési energiaigény függvényében egy esettanulmányhoz. A vizsgálatot Olaszország nagyvárosaiban található földszintes épületeken végezte parametrikus tanulmánnyal melyet a TRNSYS segítségével hajtott végre. Változóként pedig a lécezés dőlésszögét, illetve ezek távolságának

és mélységének az arányát adta meg. Eredményül végül azt kapták, hogy az ilyen árnyékolórendszerek télen 40%-al is képesek csökkenteni a szoláris nyereséget. Ezzel megnövelve a fűtési energiaigény mértékét.

## 5. A vizsgált épület

A vizsgált épület (8. ábra) Bárdudvarnok községben épül, amely dél-kelet Magyarországon található. A tervezésben részt vett Medgyasszay Péter, egyetemünk oktatója, okleveles építészmérnök. Mivel az épületet kifejezetten passzív szolár házként tervezték, az ablakok nagyon nagy része kifejezetten déli tájolással rendelkezik. Az ablakok mögött az épület falaiban és földemeiben nagy hőtároló tömegek lettek betervezve, hogy azok a fűtési időszakban minél tovább el tudják tárolni az épület üvegezésén keresztül beáramló napsugárzást. A nyári túlmelegedések ellen fix, mobil és zöld árnyékolókat is terveztek. A nyári hőkomfort és klímadatastos tervezés érdekében az épület déli frontjára nagy üvegfelületek elé tornác készül. A tornác úgy van kiserkesztve, hogy a déli nap ne érje a déli üvegezés “ablak” részét a nyári időszakban. Az üvegezés “parapet” részére mobil árnyékolók lettek tervezve. További mikroklíma javító hatás elérése érdekében a tornácra lombhullató futónövény telepítése is belekerült a tervezésbe.

Az épület nagy részének fűtését biztonsági jelleggel a konyha kazántűzhelye biztosítja, azonban az épület fűtési energiaigényét elektromos radiátorok biztosítják, úgy, hogy az elektromos energia fogyasztás egészét éves szinten a napelemek fedezik. Az épület 7/2006 TNM rendelet [24] egyes lépéseiben részletes módszerével számított “Összesített energetikai jellemző” tervezett értéke, azaz a primerenergia felhasználása  $0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , ami lakóépületként értelmezve a jelenlegi rendszerben 0 %-os teljesítményt jelent [25].



8. ábra - Vizsgált épület látványterve

(Forrás: <https://belsoudvar.hu/referencia-munka/bardudvarnok-solar-haz/> )

## 6. Számítógépes modellezés

### 6.1 Geometria és épületszerkezet definiálása

Az épület dinamikus szimulációjához a DesignBuilder (Verziószám 6.1.0.006) programon belül rajzoltam meg az alaprajzot. Helyszíni szemle hiányában az épület modellezésénél tervrajzokra és a 7/2006. (V.24) TNM rendeletben [24] foglaltakra hagyatkoztam melyekből teljes mértékben fel tudtam építeni a szimulációhoz szükséges épületet.

Modellezés során az épületgépészeti rendszereket egyszerűsített módon vettem figyelembe, mivel a szükséges információk nem álltak rendelkezésemre. A modellezés után a program által számított nettó, illetve bruttó alapterületeket összehasonlítottam a tervrajzokon szereplő adatokkal, az eltérés minimálisnak bizonyult, amely az egyes zónák kialakításából adódott. Mivel az egyes rétegrendek ismertek, azok méreteit és épületfizikai tulajdonságait pontosan meg tudtam adni. Ezeket a pontos rétegrendeket a szemlélteti. Mivel nem szokványos rétegrendi felépítéssel készül az épület, fontosak tartottam a rétegrendek pontos ismertetését is. Ezen belül az belső helyiségeket „burkoló” rétegrendeket ismertetem. Ez jellemzően a térhatároló falakat, a talajon fekvő padlót, illetve a zárófödémeket foglalja magában (1-4.



táblázat). A szerkezet rétegrendjeinek vastagságát és számított hőátbocsátási tényezőit az alábbi táblázatban olvasható (1. táblázat).

Rétegrendek	Vastagság [m]	Hőátbocsátási tényező [ $W/m^2 K$ ]
Homlokzati fal	1,22	0,07
Lábazati fal	1,17	0,162
Válaszfal	0,63	0,91
Talajon fekvő padló	1	0,158
Közbenső födém	0,35	0,361
Zárófödém	0,91	0,068

1. táblázat – Az épületben alkalmazott rétegrendek vastagsága, és hőátbocsátási tényezői

Talajon fekvő padló [R1a]
1 rtg vízüveg bevonat
25 cm forrómeszes padozat
1 rtg mod. bitumenes vízszigetelés
kellősítés
30 cm lemezalap
5 cm szerelőbeton
40 cm habüveg
15 cm kavicssterítés
1 rtg geotextília

2. táblázat – Talajon fekvő padló rétegrendje

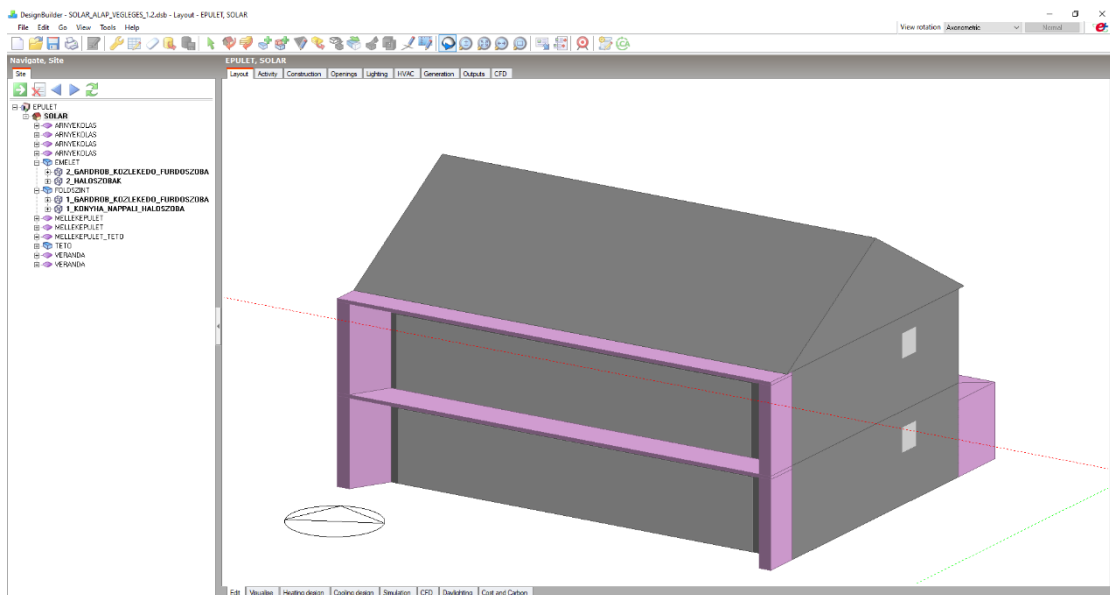
Zárófödém [R2b]
2,5 cm deszkaborítás
1 rtg páraáttersztő teőfólia
50 cm cellulóz hőszigetelés
15 cm meszes padozat
1 rtg geotextília kiporlástgátló réteg
2,5 cm hajópadló lefelé fordítva
20 cm sűrűgerendás födém

4. táblázat – Zárófödém rétegrendje

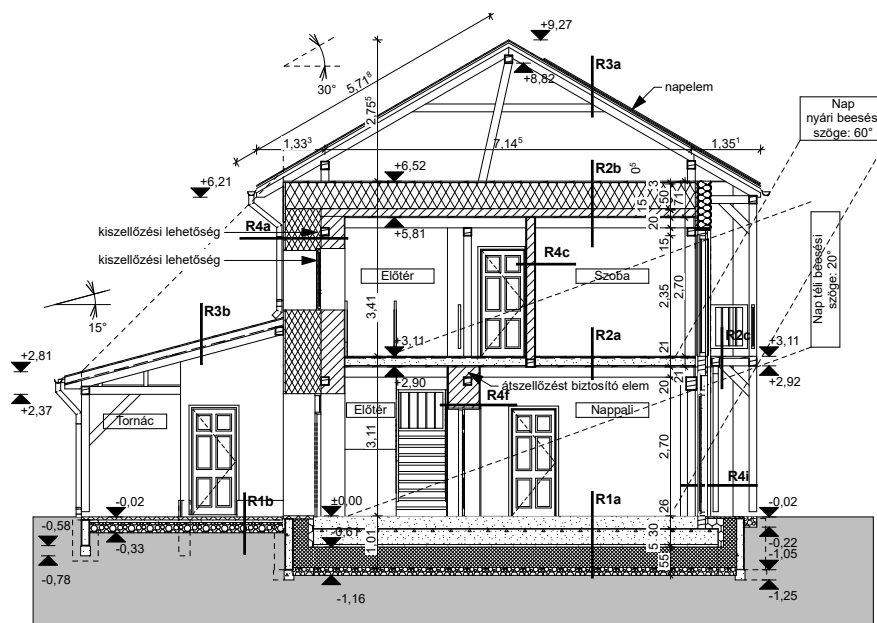
Homlokzati fal [R4a]
1,5 cm belső vályog vakolat
45 cm vályogtégla tartószerkezeti faváz között
70 cm szeglemezes tartó, közte 70 cm szalmabála hőszigetelés
2,5 cm hézagos cserépléc közte vályog alapvakolat
2 cm rabichálóra vakolt vályog alapvakolat
1 cm vályog finomvakolat

3. táblázat – Homlokzati fal rétegrendje

A rétegrendek jelentős része természetes anyagokból épül fel: szalmabála hőszigetelést alkalmaznak a homlokzati fal esetében, illetve a talajon fekvő padló esetében habüveg is került a rétegrendbe. Utóbbi azon túl, hogy jó hőszigetelő, újrahasznosított üvegből készül, így hozzájárul az épület környezetbarát jellegéhez. Azonban nem csak a „zöld” megoldások használata volt a legfőbb szempont, hanem a megfelelő hőszigetelés kialakítása is. Továbbá épületben alkalmazott vályogtégelából készült falak főként hőtároló tömegekként lettek méretezve. Ezzel is elősegítve a passzív fűtési rendszer kialakítását. Az egyes rétegrendek helyét az épületen belül az alábbi ábra mutatja meg. (10. ábra) A rétegrendek jelölései a (2-4. táblázat) tetején található.



10. ábra – Design Builderben létrehozott vizsgált épület modellje



9. ábra – Metszeti rajz

## 6.2 Zónák kialakítása

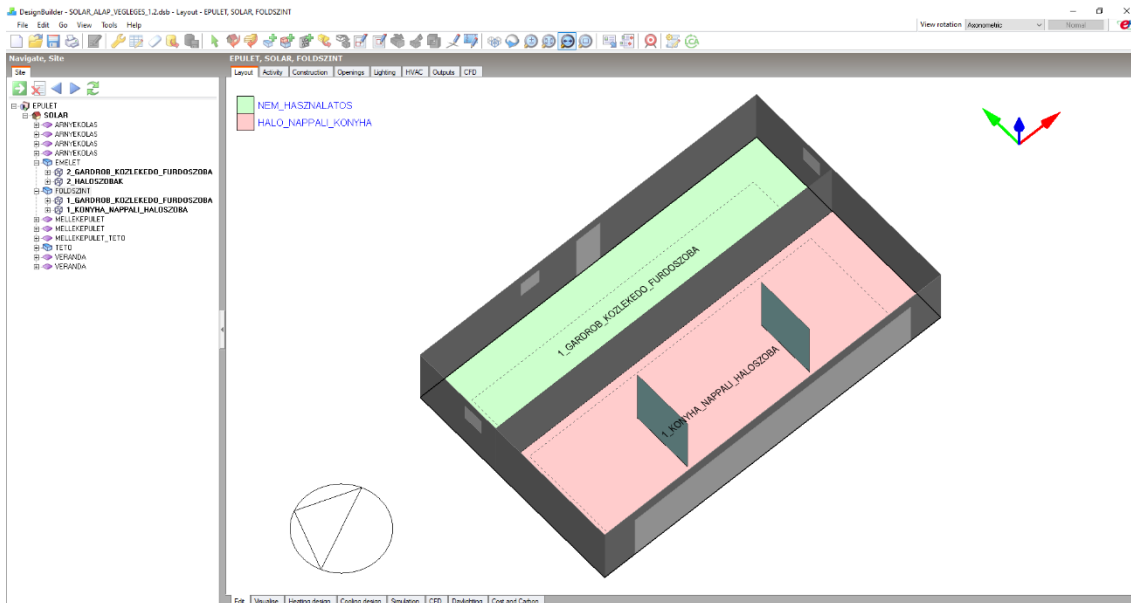
A szimuláció elvégzéséhez termikus zónákat alakítottam ki az épületen belül, de törekedtem a minimális zónaszámra. Ennek oka, hogy szükségtelenül felvett sok zóna bonyolíthatja a számításokat és ezek futási idejét is jelentősen megnövelheti, illetve kevés, de jól megválasztott zónával is pontos eredményeket kaphatunk.

A vizsgált épületben 4 zóna került kialakításra melyekből emeletenként 2-2 zóna jutott. Ezeket jellemzően a tájolás és a beérkező napfényre alapján osztottam ki. Így alakult ki a déli oldalon emeletenként egy-egy zóna mely magában foglalja a közös használatú helységeket, illetve a hálósobákat. A másik kettő zóna pedig az északi oldalon található, kevésbé benapozott, ritkábban használatos szobákat – jellemzően a gardrób, mosdó és fürdőszoba – tartalmazza.

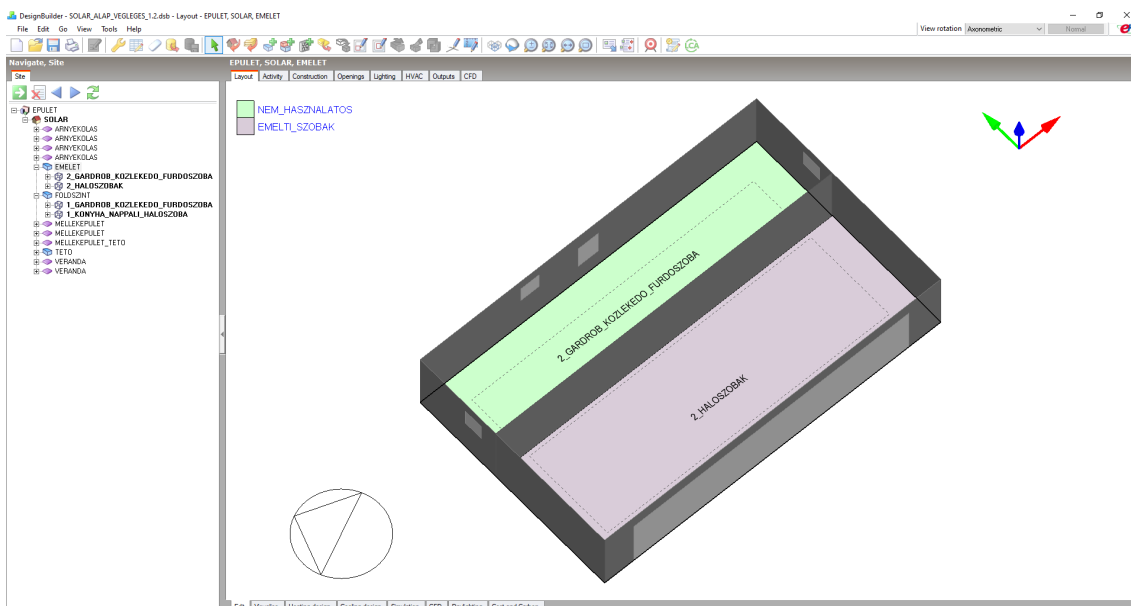
A zónák elhelyezkedését az épületen belül és azok alapterületre számolt méretét az alábbi táblázat (5. táblázat), illetve ábra (11-12. ábra) szemlélteti. 1-es számozással a földszinti zónákat jelöltem, a 2-es számozás pedig az emeleti zónákra vonatkozik. Továbbá az alsó szinten definiáltam kettő darab virtuális válaszfalat (11. ábra) amik hőtároló tömeg szempontból fontosak lesznek a későbbi számítások során.

Zóna megnevezése	Alapterület [m <sup>2</sup> ]
1_KONYHA_NAPPALI_HALOSZOBA	49,19
1_GARDROB_KOZLEKEDO_FURDOSZOBA	28,31
2_HALOSZOBAK	49,19
2_GARDROB_KOZLEKEDO_FURDOSZOBA	28,31

5. táblázat – Az egyes zónák programban megadott elnevezéseikkel, számított alapterületükkel



11. ábra – Földszinti zónák elhelyezkedése az épületen belül



12. ábra -Emeleti zónák elhelyezkedése az épületen belül

### 6.3 Szellőztetés

Természetes szellőztetés esetében a légcsereszámot a nyári időszakban 3,0 1/h értékkel vettem fel. A légcsereszám egy helyiségben lévő teljes levegőmennyiség lecserélésének száma óránként számolva. Ebben az esetben azonban az ütemezés másképp zajlik, ugyanis csak akkor lehetséges a szellőztetés, amikor a család tagjai otthon tartózkodnak. Azonban ennek is vannak megkötései. Mivel az évszakok változásával a külső hőmérséklet is változik ezért

feltételezhetjük, hogy télen, amikor kint jelentősen lecsökken a hőmérséklet, nem szellőztetünk annyit, mint egy sokkal kellemesebb külső hőmérséklet esetén. Ezért hőmérsékleti skálán megadtam egy alsó, illetve egy felső határt, amivel szabályozhatjuk a természetes szellőztetés mértékét. Belső hőmérsékleti határnak 22 °C-ot határoztam meg ami azt jelenti, hogy ez a hőmérséklet alá nem fogja szellőztetni az épület zónáit. Amennyiben a belső léghőmérséklet eléri ezt a 22 °C-ot abban az esetben nem lehetséges további szellőztetés. Külső hőmérsékleti határnak pedig 14 °C-ot állítottam be, tehát ha a külső hőfok 14 °C alá esik, a szellőztetési időszak bezárul. „Delta T” értéket is alkalmaztam 2 °C-os számértékkal, ami azt jelenti, ha a belső és külső léghőmérsékletek között a különbség kevesebb, mint 2 °C akkor a szellőztetés megszűnik. Hiszen, ha kint melegebb van, mint a belső térben, akkor nem érdemes szellőztetni, mert a külső melegebb levegő tovább növelné a belső hőmérsékletet.

## 6.4 Világítás

A világítást minden zónára egységesen definiáltam, LED fényforrásokat alkalmaztam, amelynek teljesítménye 2,5 W/m<sup>2</sup>. Azonban a világítás időbeli eloszlása zónánként változik. Hiszen vannak olyan helyiségek az épületen belül, ahol magát a helyiséget kevesebbet használják, ebből kifolyólag pedig a világításra sincs szükség olyan sűrűn. A világítás ütemezése megegyezik az bent lakók tartózkodási idejének időbeli eloszlásával. Ebben az esetben azonban nem a világítás időbeli eloszlását adtam meg, hanem egy szenzort definiáltam az épületen belül. A szenzorral mérjük a helyiségbe bejutó természetes fény mértékét. Amennyiben ez az érték alacsony, a világítás felkapcsolódik az épület megfelelő helyiségében.

## 6.5 Infiltráció

A légszivárgás (infiltráció) a szellőzésnek nem kívánt, nem ellenőrzött formája, mely az épület résein keresztül megvalósuló levegő-szivárgást jelenti és fokozott fűtési vagy hűtési terhelést okoz abban az esetben, ha a kinti levegő bejut az épületbe és fel kell melegíteni, vagy le kell hűteni. A légszivárgás mértéke függ a helyi éghajlati tényezőktől, elsősorban a szélről, valamint a ház körüli mikroklímától. Amint fokozatosan távolodunk a növényzet és a felszíni épületek jelentette védelemtől, a szél hatásai nagymértékben felerősödnek, a légszivárgás pedig jelentősen megmutatkozik a fűtési költségekben, különösen ott, ahol télen a kinti és benti hőmérséklet különbség elég nagy. Jelen vizsgálatban a szabványnak [24] megfelelő 0,5 l/h értéket állítottam be infiltrációs értéknek, amely a nap 24 órájában „működik”. Téli időszakban külön szellőztetést nem állítottam be, hanem a 0,5 l/h érték tartalmazza a minimális szellőztetést is.

## 6.6 Belső hőnyereségek

További belső hőnyereséget a bent lakók, illetve az általuk használt gépek, elektromos eszközök jelentik. Ezek zónánként eltértek, ugyanis összesítve a hálósobában és nappaliban jelentősen több időt töltünk. Ez a feltételezés alapján számítottam az 1m<sup>2</sup>-re jutó emberszámot, illetve ennek megfelelően alakítottam ki az időbeli eloszlásokat melyeket az alábbi táblázatban (6. táblázat) (7. táblázat) fogok feldolgozni. Elektromos áram fogyasztásánál minden olyan eszközt figyelembe vettem, ami egy átlagos háztartásban előfordulhat. A programban erre egy külön funkció található, ahol megadtam ennek értékét 2,0 W/m<sup>2</sup> teljesítménnyel, amelynek időbeli eloszlása a nap 24 órájára kiterjed. Azonban ezeket a feltételezéseket csak a hálósobákra, valamint a déli zónában, ahol a konyha étkező, illetve nappali található, értelmeztem.

1_KONYHA_NAPPALI_HALOSZOBA 2_HALOSZOBAK					
Hétköznap		Hétféje		Ünnepnap	
08:00 - 16:00	0	07:00 - 08:00	0,5	07:00 - 08:00	0,5
16:00 - 24:00	1	08:00 - 09:00	0,25	08:00 - 09:00	0,25
24:00 - 08:00	1	09:00 - 24:00	1	09:00 - 22:00	0
-	-	24:00 - 07:00	1	22:00 - 23:00	0,25
-	-	-	-	23:00 - 24:00	0,75
-	-	-	-	24:00 - 07:00	1

6. táblázat – Déli zónák forgalmának időbeli eloszlása

1_GARDROB_KOZLEKDO_FURDOSZOBA 2_GARDROB_KOZLEKDO_FURDOSZOBA					
Hétköznap		Hétféje		Ünnepnap	
07:00 - 10:00	1	07:00 - 10:00	1	07:00 - 10:00	1
10:00 - 19:00	0	10:00 - 19:00	0	10:00 - 19:00	0
19:00 - 23:00	0,2	19:00 - 23:00	0,2	19:00 - 23:00	0,2
23:00 - 24:00	0	23:00 - 24:00	0	23:00 - 24:00	0
24:00 - 07:00	0	24:00 - 07:00	0	24:00 - 07:00	0

7. táblázat – Északi zónák forgalmának időbeli eloszlása

## 6.7 Épületgépészeti rendszerek

A vizsgálat során az épületgépészetet egyszerűsített módon vettem figyelembe. Hőtermelőnek hőszivattyút vettem fel, aminek segítségével a megújuló részarányra vonatkozó követelmény biztosan teljesülne. Az épületen található napelemet nem modelleztem, ugyanis a vizsgálatom során nem volt befolyásoló tényező az optimalizáció tekintetében.

Fűtésnél a felhasznált fűtőanyagnak elektromosságot feltételeztem. A hőszivattyú hatásfokának (CoP) 4,0-ás értéket adtam meg. A rendszer ütemezése pedig 24 órán át a hét minden napján üzemel.

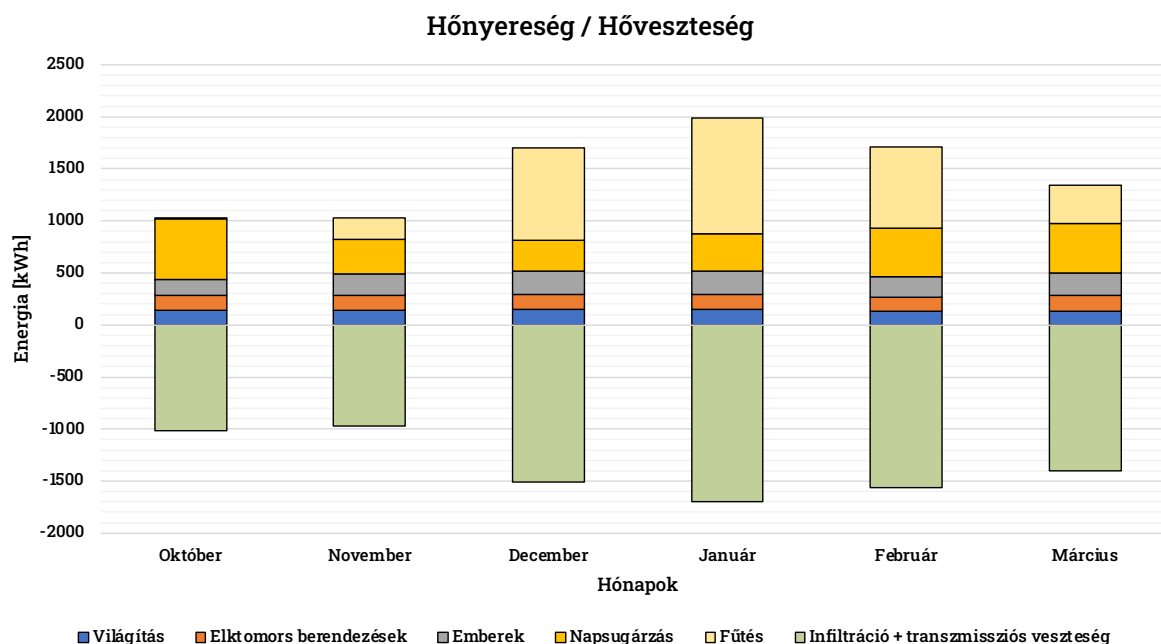
## 7. Dinamikus szimuláció eredményei

A szimuláció során az előbbi pontokban felvett értékekkel, geometriákkal számoltam. A program egy éves analízist készített melyek eredményeit a következő alpontokban fogom bemutatni.

### 7.1 Épület szinten meghatározott eredmények bemutatása

Épületszinten összesen két fontos értéket határoztam meg. Egyik az éves nettó fűtési energiaigény, amelynek az értéke 3360,85 kWh. Ezt az értéket leosztva az épület alapterületével kapom meg az éves nettó fűtési energiaigényt, ami 21,68 kWh/m<sup>2</sup>év. A végső fűtési energiaigény meghatározásához pedig az utóbbiakban számolt értéket kellett megszoroznom a fűtési rendszer hatásfokának reciprokával tehát 0,25-tel. Így végső fűtési energiaigényre 5,42 kWh/m<sup>2</sup>év. Az érték alapján megállapíthatjuk, hogy ez az épület egy alacsony energiaigénnyel rendelkező ház.

Az ábrán (13. ábra) látható hőnyereségek és hőveszteségek alapján megállapítottam, hogy a nyereségek és veszteségek kiegyenlítődnek. A december-januári hónapokban magasabbak a veszteségek és alacsonyabb a sugárzási nyereség, tehát nagyobb a fűtési rendszer által fedezett hányad. Továbbá azt is megállapítottam, hogy az alacsony transzmissziós tényező a kiemelkedően jó hőszigetelésből adódik.



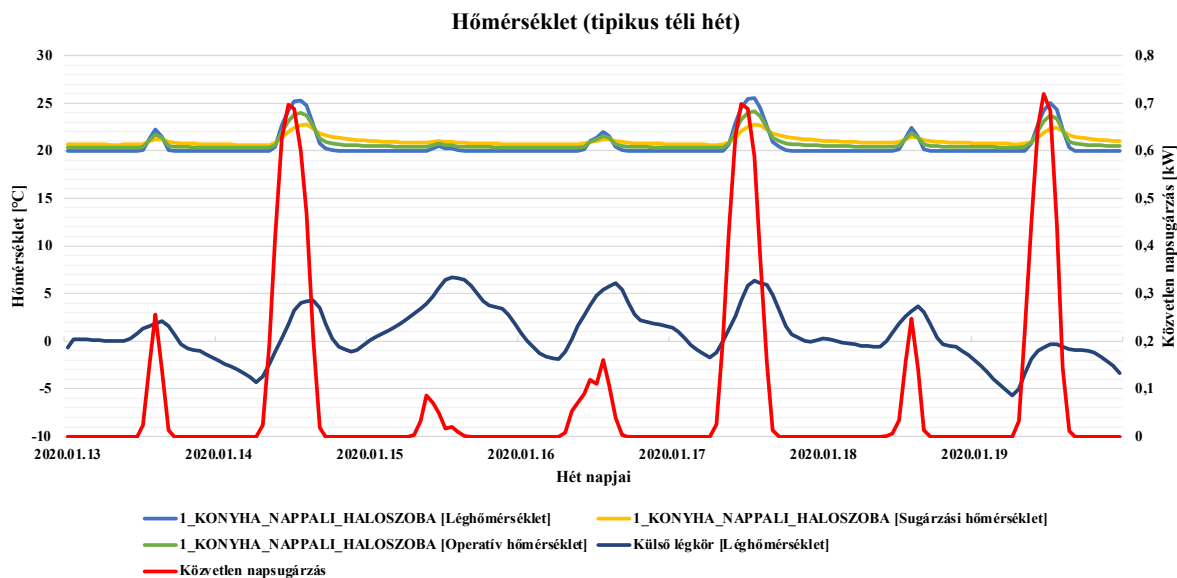
13. ábra – Téli időszakra értelmezett hőnyereségek és hővesztések

## 7.2 Zónákra meghatározott eredmények bemutatása

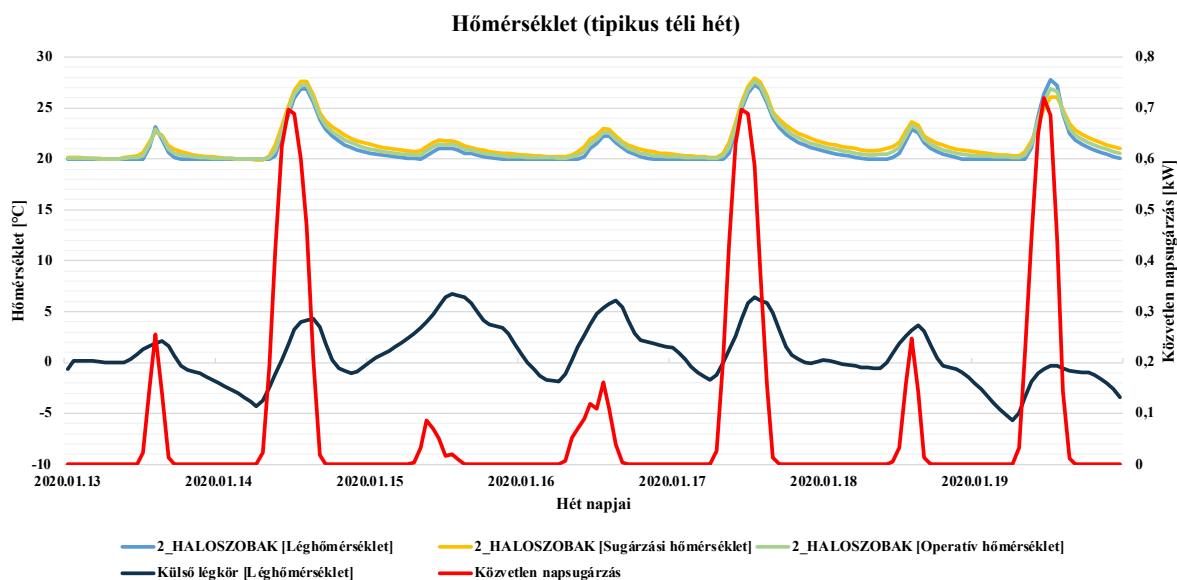
Az épületen belül két zónával foglalkoztam részletesebben. A déli oldalon fekvő emeleti hálósobákat tartalmazó zónával, illetve a földszinten található konyha, nappali és hálósobát tartalmazó zónával. Azért választottam ezt a két zónát, mert „forgalom” szempontjából ezek a legforgalmasabb zónák, továbbá a nagy üvegezési arány miatt ebben a két szoba együttesekben lesz magasabb hőmérséklet. A magasabb hőmérsékleti értékekhez pedig magasabb diszkomfort óraszám tartozik. Elsőként e két zónára vonatkozó hőmérsékleti értékeket fogom bemutatni tipikus téli időszakra, amely egy hetet ölel fel.

Az ábrán jól látható, hogy a fűtés a megadott 20 °C-on üzemel, ami megfelel az előzőleg beállított minimum belső hőmérsékleti pontnak. Továbbá azt is megállapítottam, hogy a belső levegő hőmérséklete, a felületek sugárzási hőmérséklete és az operatív hőmérséklet értékei minimálisan térnek el, ami azt jelenti, hogy a vizsgált épület megfelelő hőszigeteléssel rendelkezik. Meghatároztam a közvetlen napsugárzás értékeit is az egyes zónákra (14. ábra) (15. ábra) és megállapítottam, hogy az egyes hőmérsékleti csúcsok akkor keletkeznek az épületben amikor a nap az üvegezésre esik közvetlen. Ez azt is mutatja, hogy a téli időszakban magasabb hőmérsékleti értékek is adódnak. Ennek oka a megfelelően kialakított hőszigetelés és a magas szoláris nyereség a déli tájolással rendelkező nyílászárókon át.



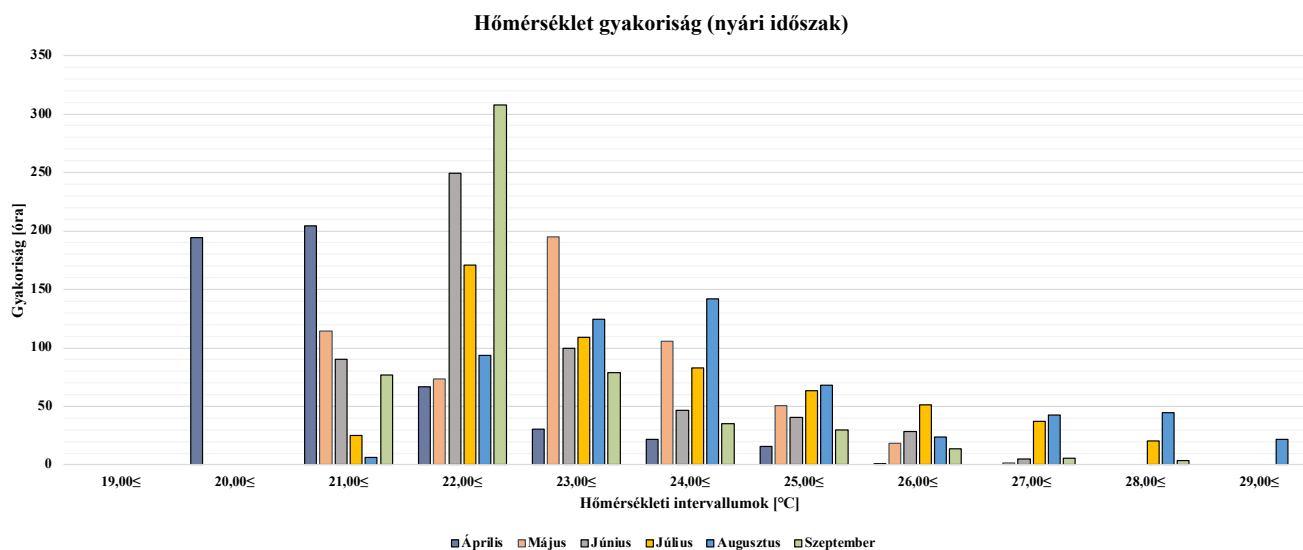


14. ábra – Földszinti déli zónára meghatározott hőmérsékleti eloszlások közvetlen napsugárzással



15. ábra – Emeleti déli zónára meghatározott hőmérsékleti eloszlások közvetlen napsugárzással

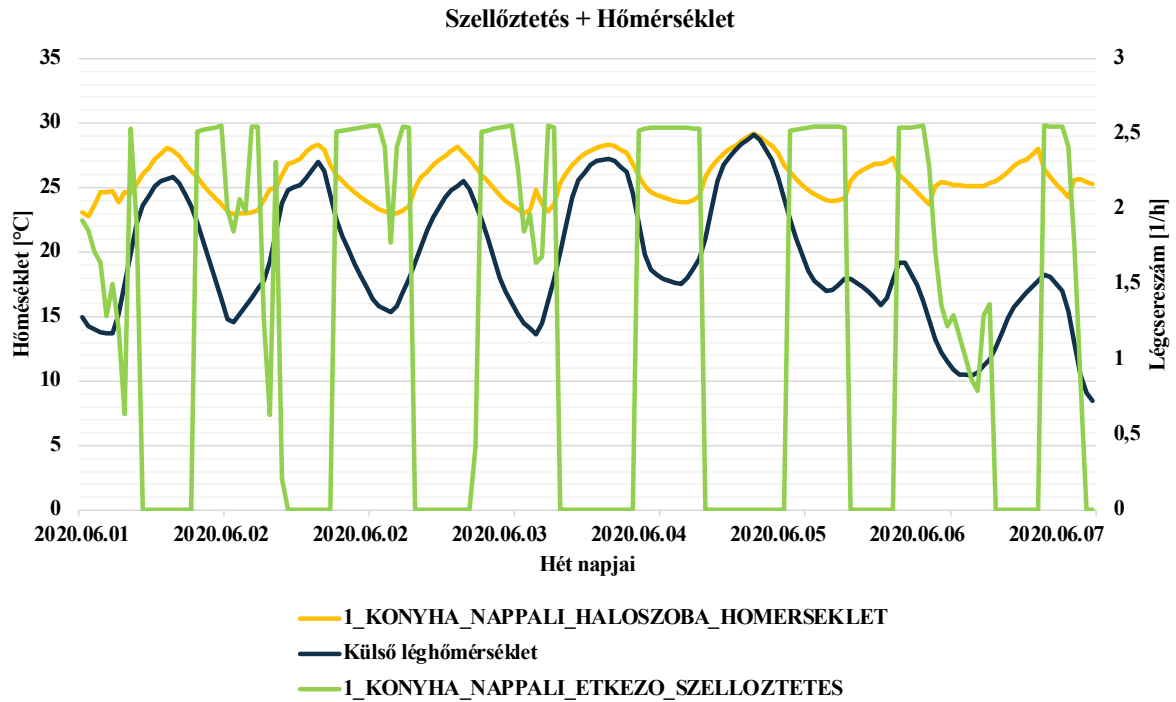
A következő ábrákon a tipikus nyári időszakokra vizsgáltam a hőmérsékleti, illetve szellőztetési értékeket a két említett zónára. Valamint a teljes nyári időszakra az egyes hőmérsékleti értékek eloszlásának gyakoriságát.



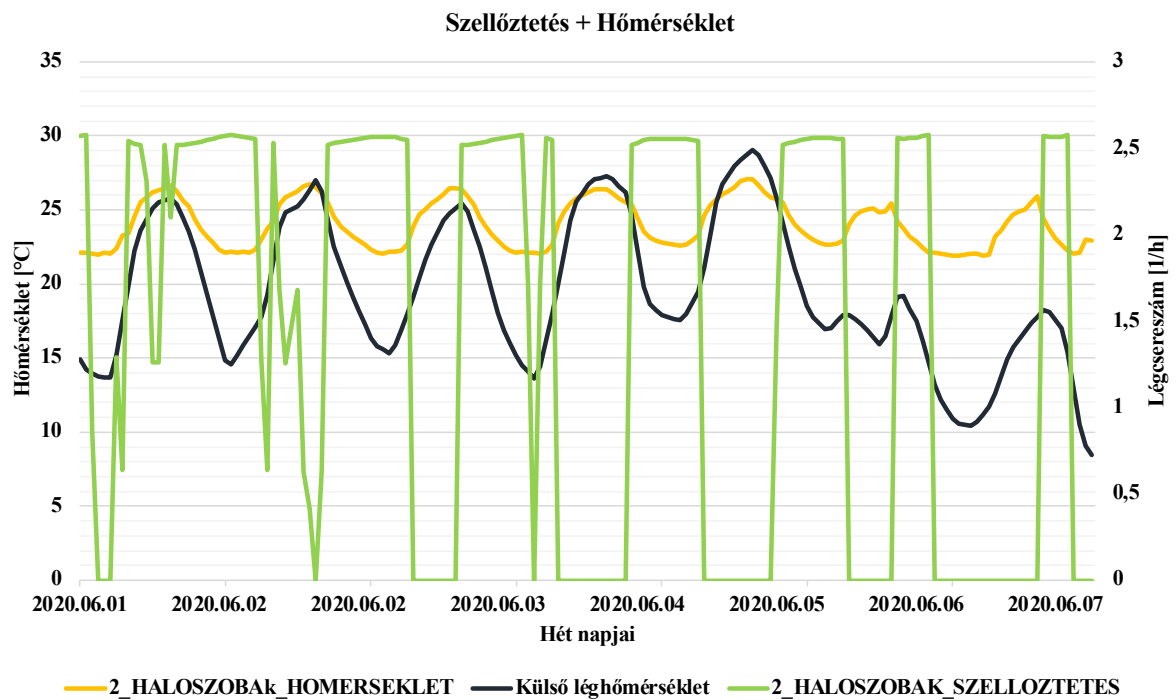
16. ábra – Hőmérsékleti eloszlások gyakorisága déli zónákra

A diagramot (16. ábra) a két zónára összesítve határoztam meg tipikus nyári időszakokra. Az intervallumokat a hőmérsékletek határozták meg és azok gyakorisága az adathalmazban. Így összesen 11 intervallum adódott. A mért hőmérsékleti értékeket órára összesítve adtam meg majd ezeket ábrázoltam. A gyakoriságok és eloszlások alapján megállapítottam, hogy a leggyakrabban előforduló hőmérsékleti értékek 22 °C és 24 °C között mozognak. Mivel nyári időszakról beszélünk ezért nem meglepő, hogy 28 °C feletti értékek is előfordulnak, azonban ez az érték nem dominál.

A következő ábrákon pedig (17. ábra) (18. ábra) ugyanerre a két zónára fogom megvizsgálni a nyári időszakban mért külső és belső hőmérsékletek hatására a légcsereszámok alakulását. A három adatsort egy diagramon ábrázoltam az egyes vizsgált zónákra bontva.



17. ábra – Földszinti konyha, nappali és hálószoba léghőmérsékletének és légcsereszámának alakulása a külső hőmérséklet hatására tipikus nyári hétre

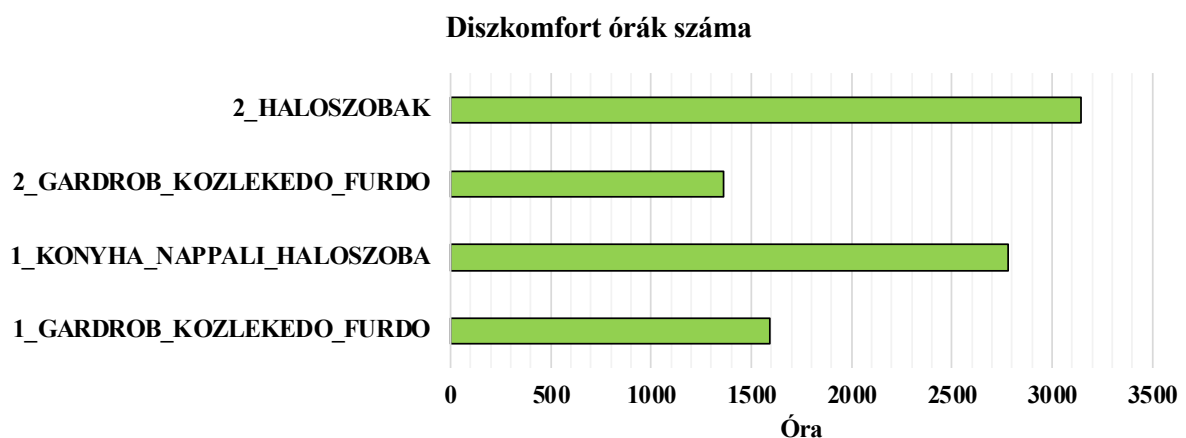


18. ábra - Emeleti hálószobák léghőmérsékletének és légcsereszámának alakulása a külső hőmérséklet hatására tipikus nyári hétre

A diagramokon jól látható, hogy az éjszakai magasabb légcserezéssel végzett szellőztetés hatékonyan csökkenti a kialakult magas belső hőmérsékleteket. Látható a beállított 2 °C-os „Delta T” opciónak a hatása is, pl. 2020.06.05-én, amikor is a külső levegő nem hidegebb legalább 2 °C-kal, mint a belső, így nem történik szellőztetés abban az időszakban. Látható továbbá a beállított belső, minimum 22 °C-os limit, azaz, ha a belső levegő már hidegebb lenne, mint 22 °C a szellőztetéssel, úgy nem történik további szellőztetés.

A diagramon egyértelműen látható a légcserére vonatkozó periodikus tendencia, ami a belső léghőmérséklet változását követi. Amikor a belső és külső hőmérséklet között elegendően nagy a különbség, a szellőztetés folyamatban van, azonban amikor a két léghőmérsékleti értékek differenciája eléri a 2 °C-ot a szellőztetés mértéke ugrásszerűen lecsökken. Ezzel tartva a hőmérsékletet.

Utolsó pontként pedig a diszkomfort órák számát elemeztem.



19. ábra - Diszkomfort órák száma nyári időszakra (ASHRAE 55-2004) zónákra bontva

A diszkomfortos órák száma egy épületen belül azon órák száma (nyári időszakra) amikor a helyiség operatív hőmérséklete és relatív páratartalmának kombinációja nem éri el a ASHRAE 55-2004 által megszabott értéket. A (19. ábra) jól mutatja, hogy jellemzően a déli oldalon található zónákban magasak a diszkomfort órák száma. A (17. ábra) (18. ábra) alapján láthatjuk, hogy ezekben a zónákban valóban magas a hőmérséklet, amellyel a szükséges operatív hőmérséklet értéke megegyezik a ház jó hőszigetelőképesége révén.

## 8. Optimalizáció

Optimalizációs vizsgálat során két célfüggvényt szeretnénk optimalizálni több fajta változó segítségével, melyek befolyásolják az épület energetikai viselkedését. A két optimalizálandó célfüggvénynek a diszkomfort órák számát, illetve a fűtési energiaigényt választottam. Ehhez elsősorban egy vizsgálandó épületre volt szükség melyen a vizsgálat miatt a szükséges módosításokat elvégeztem. Ezek a módosítások a következők voltak: eltávolítottam a verandákat, illetve az üvegezések helyére a program által automatikusan generált ablakokat helyeztem el. Utóbbira azért volt szükség, hogy az optimalizációs eljárás során szoftver tudja kezelni a változót és automatikusan változtatni annak értékét égtájtól függően.

### 8.1 Változók definiálása

A két célfüggvény optimalizálásához szükség volt különböző változók definiálására. Ezeket úgy választottam meg, hogy azok befolyásoló tényezőként szerepeljenek az épületenergetikai viselkedésben. Összesen 11 darab változót állítottam be melyek az alábbiak lettek:

- Természetes szellőztetés mértéke
- Egyes homlokzatok fal-ablak arányai (Window to wall %)
- Belső sötétítő textília/roló (belső oldal) (Window blind type)
- Árnyékvető típusa (Local shading type)
- Egyes homlokzatok üvegezés típusai (Glazing type)

Az egyes változókhoz rendelt intervallumokat, opciókat, illetve lépésközöket az alábbi táblázatokban foglaltam össze (8-12. táblázat).

Változó neve	Minimum érték	Maximum érték	Lépésköz
Természetes szellőztetés [1/h]	0	8	0,5

8. táblázat – Természetes szellőztetés

Változó neve	Minimum érték	Maximum érték	Lépésköz
Üvegezési arány [%]	20	90	5

9. táblázat – Üvegezési arány

Változó neve	Opciók
Belső sötétítő textíliák/rolók	Függöny - behúzva, sötét szín
	Függöny - elhúzva, sötét szín
	Reluxa magas fényvisszaverő képességgel
	Reluxa alacsony fényvisszaverő képességgel
	Roló magas fényvisszaverő - alacsony áteresztő képességgel
	Nincs sötétítő

10. táblázat – Belső sötétítő textíliák/ rolók

Változó neve	Opciók
Üvegezés típusa	4-16-4 bevont, argonnal gázzal töltött, alacsony "e"
	4-16-4 bevonatmentes üveg, levegővel töltött
	4-12-4-12-4 levegővel töltött, három rétegű
	4-12-4-12-4 három rétegű, argon gázzal töltött, alacsony "e"

11. táblázat – Üvegezés típusa

Változó neve	Opciók
Árnyékvető	Nincs árnyékvető
	1.0m vízszintes árnyékvető
	0.5m vízszintes árnyékvető
	Külső árnyékoló lamella, 0.5m vízszintes árnyékvető
	Külső árnyékoló lamella, 1.0m vízszintes árnyékvető
	Vízszintes árnyékvető + Függőleges árnyékvető 0.5m kinyúlással
	Külső árnyékoló lamella + 0.5m vízszintes és függőleges árnyékvető

12. táblázat – Árnyékvető

## 8.2 Futtatási paraméterek

A vizsgálat során a program genetikus algoritmust (GA)-t használ melynek számértéke alapján kontrolálja a megoldások tovább fejlődését/mutációját. Genetikus algoritmusok alatt olyan keresési technikák egy osztályát értjük, melyekkel optimumot vagy egy adott tulajdonságú elemet lehet keresni. A keresési tér elemei alkotják a populáció egyedeit, melyeket keresztezni és mutálni lehet, így új egyedek hozhatók létre. Esetemben ezt a számot 60 generációra vettem fel mellyel közel 1600 iterációt kaptam eredményül. Ehhez a programon belül JEA motorral végeztem a vizsgálatot, ami egy sokkal erősebb motor optimalizáláshoz.

## 8.3 Optimalizációs vizsgálat eredményeinek értékelése

### 8.3.1 Változók eredményeinek értékelése

Hatalmas adatmennyiségről lévén szó, ponthalmazként ábrázoltam az egyes iterációkat melyek egy tendenciát mutatnak meg. Eszerint a tendencia szerint az optimális megoldásokat a Pareto fronton kell keresni, vagyis ahol minimális a fűtési energiaigény és a diszkomfort órák száma. Azonban, mint a legtöbb matematikai vizsgálatnál, itt is számolnunk kell a bizonytalansággal, ugyanis egyes optimalizált eredményekhez nem feltétlen tartoznak reális értékek a definiált változókra nézve. Viszont a Pareto-pontokat egyértelműen meg tudjuk határozni, ezeket piros háromszögeket jelöli a (20. ábra).

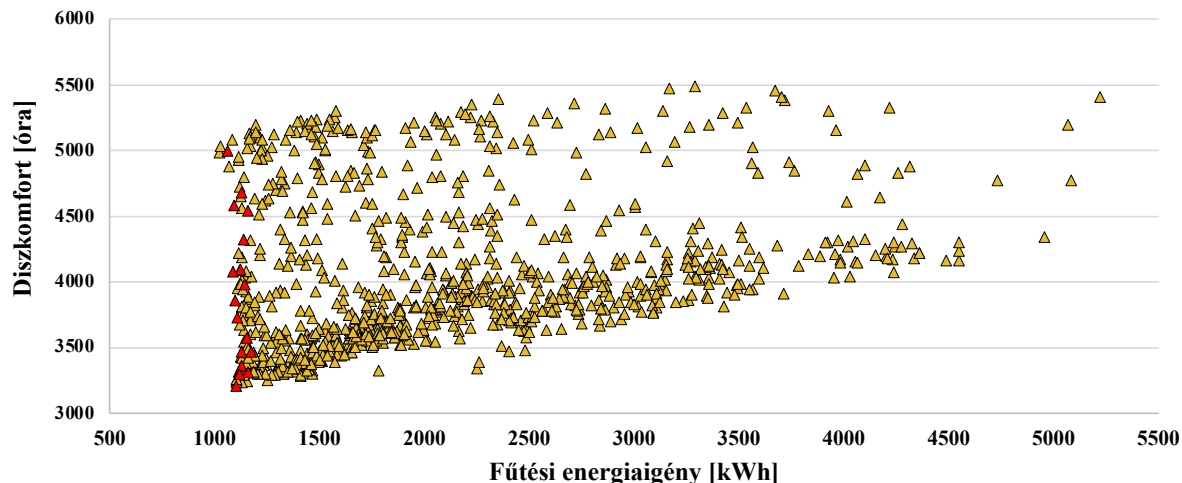
Az optimumokat tartalmazó táblázat (13. táblázat) elhelyezhetősége érdekében, a következő rövidítéseket alkalmaztam:

- D – O – D  $\Rightarrow$  Fügöny - elhúzva, sötét szín
- HR – LT – S  $\Rightarrow$  Roló magas fényvisszaverő - alacsony áteresztő képességgel
- D – C – D  $\Rightarrow$  Fügöny - behúzva, sötét szín
- B – HR – S  $\Rightarrow$  Reluxa magas fényvisszaverő képességgel
- B – LR – S  $\Rightarrow$  Reluxa alacsony fényvisszaverő képességgel
- Tr – Ar – lowE  $\Rightarrow$  4-12-4-12-4 három rétegű, argon gázzal töltött, Low-E bevonat

Iteration	Generation	Heating	Discomfort	Nat. Vent.	Window blind type	Local shading	ESZAKI_H	DELI_H	NYUGATI_H	KELETI_H	ESZAKI_UVEG	DELI_UVEG	NYUGATI_UVEG	KELETI_UVEG
703	25	1111,30	3268,23	8	D - O - D	No shading	20	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1167	42	1082,65	4107,79	2,5	D - O - D	No shading	20	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1179	42	1097,11	3852,81	2,5	HR - LT - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1322	48	1165,80	3210,80	8	HR - LT - S	No shading	25	80	30	20	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1334	48	1164,35	3225,38	7	HR - LT - S	No shading	25	80	30	20	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1356	49	1210,69	3203,74	8	D - C - D	No shading	40	75	25	20	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1371	50	1191,05	3210,79	7,5	HR - LT - S	No shading	25	75	30	20	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1388	50	1122,14	3229,93	8	HR - LT - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1453	53	1079,21	4548,63	1,5	B - HR - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1493	54	1122,08	3236,60	8	B - LR - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1497	54	1068,59	4768,66	1	B - HR - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1521	55	1081,31	4451,41	2	<None>	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1549	56	1102,64	3674,61	3	B - LR - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1550	56	1165,03	3217,51	7,5	HR - LT - S	No shading	25	80	30	20	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1551	56	1115,64	3240,84	7	HR - LT - S	No shading	25	90	30	20	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1558	57	1105,63	3341,40	4,5	HR - LT - S	No shading	20	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE
1563	57	1054,98	4902,53	0,5	B - HR - S	No shading	25	90	30	25	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE	Tr - Ar - lowE

13. táblázat – Optimális megoldások

## Optimalizáció eredmények

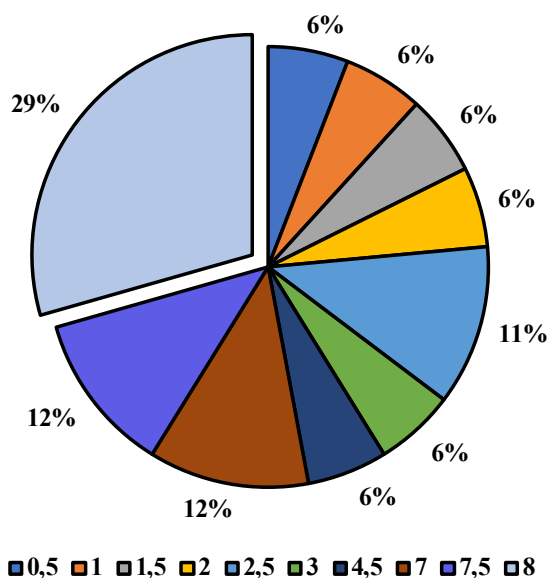


20. ábra - Optimalizációs eljárás eredményeinek eloszlása két célfüggvény alapján

Az egyes Pareto- optimális pontokhoz tartozó változók értékét gyakorisági kördiagrammal fogom ábrázolni. Ez azt mutatja, hogy melyik változó fordult elő legtöbbször az optimális megoldások között.



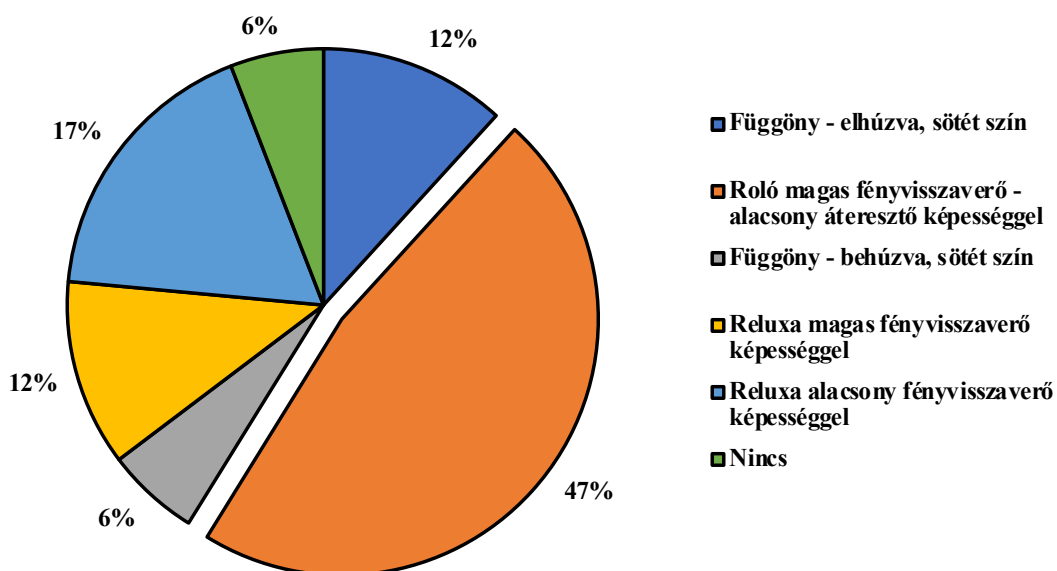
### Természetes szellőztetés [1/h]



21. ábra – Természetes szellőztetési optimumainak eloszlása

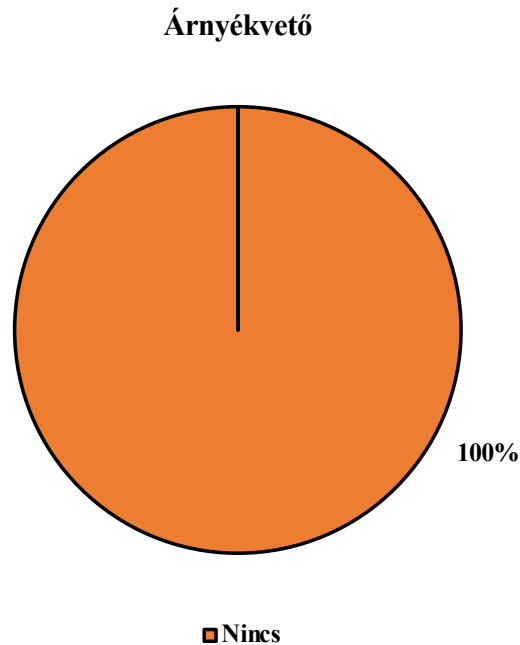
Szellőztetési optimumnak a (21. ábra) alapján a 8 1/h értéket kaptuk, ami bár szokatlanul magas, de a jelenlegi optimalizáció során az egyes változó értékek mellett ez fordult elő a legtöbb esetben az optimális megoldások között.

### Belső sötétítő textiliák/rolók



22. ábra – Belső sötétítő textiliák/rolók optimumainak eloszlása

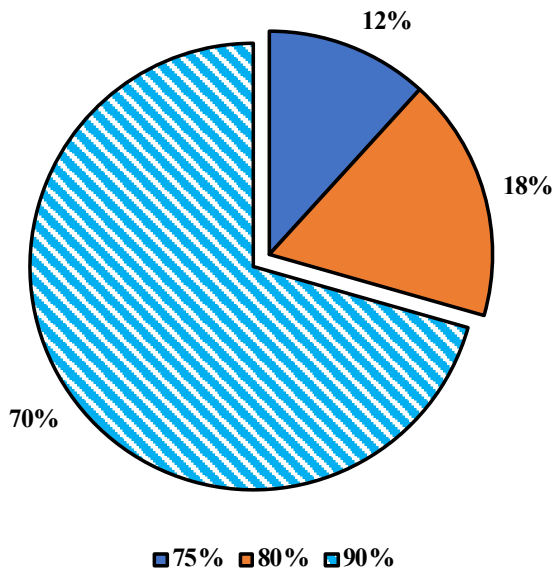
Az ablakon található belső függönyök/rolók (22. ábra) közül az optimális megoldások között a legnagyobb arányban, 47%-ban, egy magas fényvisszaverő képességű, de alacsony átteresztőképességgel rendelkező árnyékolást kaptunk megoldásként. Az optimalizáció az esetek 6%-ában azonban nem rakott belső árnyékolót a nyílászárókra.



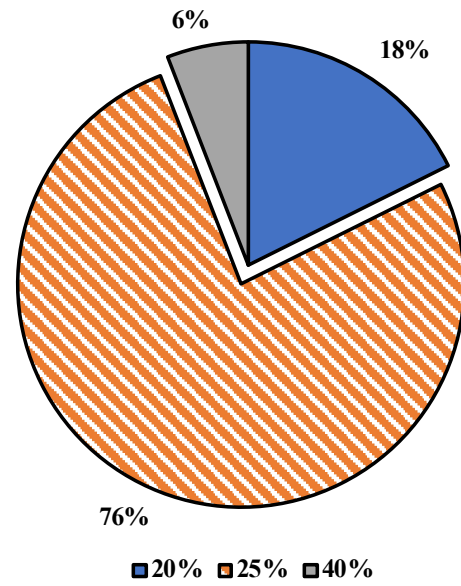
23. ábra – Árnyékvető optimumainak eloszlása

A (23. ábra) szerint külső homlokzaton elhelyezkedő árnyékvető számtalan opciói közül megoldásként azt olvashatjuk, hogy nincs szükség árnyékvetőkre a homlokzatainkon. Azokban az esetekben, amikor az algoritmus alkalmazott árnyékvetőket, a diszkomfort órák számával egyidejűleg megemelkedett a fűtési energiaigény értéke is. Feltételezésem szerint ennek az lehet az oka, hogy az árnyékvetők jelenléte miatt nem jut elég sugárzási energia a helyiségbe, ami miatt a belső hőmérséklet nem éri el a szükséges értéket, ezzel megnövelve a fűtést.

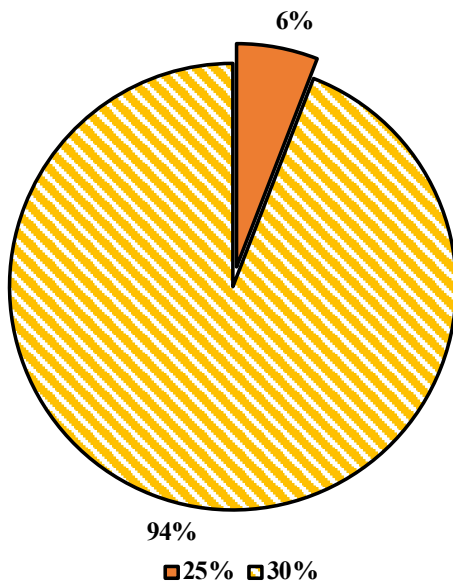
Üvegezési arány [%] (déli homlokzat)



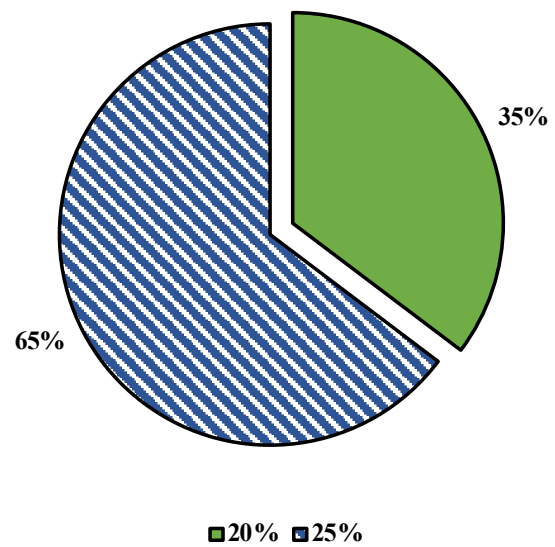
Üvegezési arány [%] (északi homlokzat)



Üvegezési arány [%] (nyugati homlokzat)



Üvegezési arány [%] (keleti homlokzat)



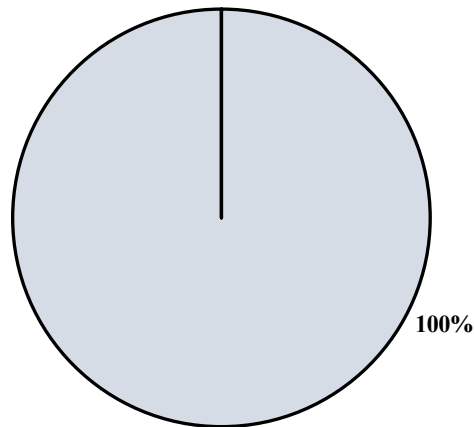
24. ábra – Homlokzati üvegezési arányok optimumainak eloszlása

A diagramok (24. ábra) alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a déli homlokzatra kaptam a legnagyobb üvegezési arányt, amely elérte a 90 %-ot. Északi homlokzaton már egy jelentősen alacsonyabb 25 %-os arány az optimális. A nyugati és keleti homlokzatokon pedig 30 % és 25 %-os értékeket kaptam optimumnak.

Mivel a nagy üvegezés nagy hőveszteséggel jár, ezért csak ott érdemes nagyobb arányt alkalmazni, ahol a legnagyobb a szoláris hőnyereség mértéke. Esetünkben ez a homlokzat a déli

homlokzat. A többi homlokzaton kisebb szoláris hőnyereség miatt láthatóan kisebb arányt kell alkalmaznunk.

#### Üvegezés típusa (összes)



□ 4-12-4-12-4 három rétegű, argon gázzal töltött, alacsony "e" érték

25. ábra – Üvegezési típus optimumainak eloszlása

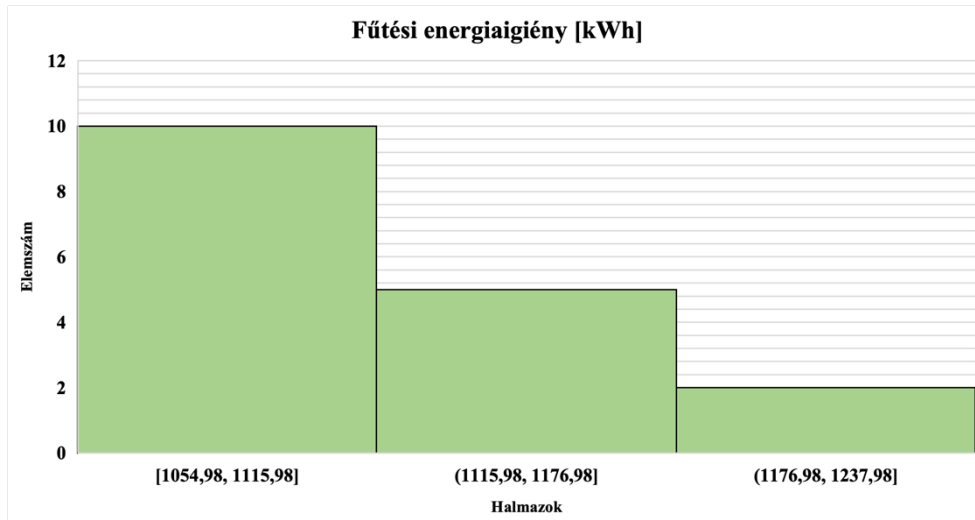
Optimális üvegezési típushoz (25. ábra) eredményül egy három rétegű, argon nemesgázzal töltött, alacsony sugárzási veszteséggel rendelkező típust kaptam eredményül. Mint az a diagramon is látható, mind a négy homlokzati üvegezésre ezt az egyetlen értéket kaptam eredményül. A többi opció választása esetén hasonlóan a külső árnyékolórendszernél, jelentősen megnő a fűtési energiaigény, a diszkomfort órák számával egyidejűleg. Viszont ezekben az esetekben külső árnyékolást alkalmaz a program csökkentett üvegezési arányokkal az egyes homlokzatokon. Ezen üvegezési típusoknak az energetikai tulajdonságai „rosszabbak”, mint az optimumnak.

### 8.3.2 Célfüggvény eredményeinek értékelése

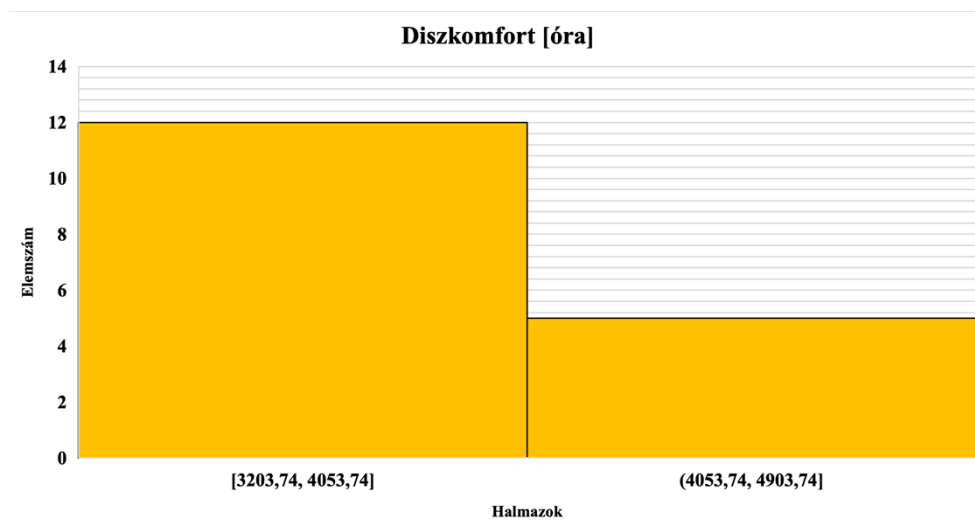
Végezetül pedig a két célfüggvény eredményeit szeretném ismertetni. Az épület fűtési energiaigényét vettem fel az egyik célfüggvénynek. Másik célfüggvényként pedig a diszkomfort órák számát vettem fel. Ezen eredmények ábrázolásához hisztogramot alkalmaztam. Vízszintes tengelyen az a halmazokat tüntettem fel a megfelelő intervallumokkal, függőleges tengelyen pedig elemszámok értékei vannak feltüntetve.

Ezen diagramok alapján megállapíthatjuk a legjobb megoldást mind a két esetben. Ahogyan azt a korábbi bekezdésben kifejtettem, egy pont akkor pareto optimális, ha egyik

célfüggvény szempontjából sincs nála jobb egyed. Ezt a definíciót felhasználva megkapjuk a két célfüggvény optimális értékét. Fűtési energiaigény esetén 1054,98 kWh-re adódott a legalacsonyabb érték (26. ábra). Diszkomfort órák számánál pedig 3023,74 órát kaptam eredményül (27. ábra).



26. ábra – Fűtési energiaigény optimumainak eloszlása



27. ábra – Diszkomfort órák számának eloszlása

## 9. Összefoglalás és konklúzió

A dinamikus szimuláció során meghatároztam az épületem fűtési energiaigényét, illetve megvizsgáltam a déli tájolással rendelkező helyiségek hőmérsékletét, és ebből adódó diszkomfort órák számát is. A dinamikus szimulációkkal meghatároztam, hogy az épület végső fűtési energiaigényre 5,42 kWh/m<sup>2</sup>év, mellyel az épület egy alacsony energiaigénnyel rendelkező háznak tekinthető. Fontos megemlíteni, hogy a szimulációk során nem használtam mérési eredményeket, felméréseket, azaz a belső nyereségek, ütemezések becslésen alapulnak, ezért a vizsgálat tartalmazhat némi bizonytalanságot.

A nyári hőmérsékleti eloszlások eredményeiből megállapítható, hogy a leggyakrabban előforduló hőmérsékleti értékek 22 °C és 24 °C között mozogtak; habár csekély számmal, de előfordultak 28 °C feletti értékek is.

Az optimalizációs vizsgálat sikerességét mutatja, hogy az egyes változók gondos megválasztása után elkészült analízis szemmel láthatóan alacsonyabb értékeket mutat. Tehát sikerrel járt a két célfüggvény optimumának keresése. Mivel az épület szerkezeti felépítése adott volt, viszonylag kevés változó definiálásával le tudtam futtatni az optimalizációt.

Az egyes változók értékeinek eloszlása alapján a következő főbb megállapításokat tettem:

- Déli homlokzaton kiemelkedően magas üvegezési arány használata a célravezető, míg a többi homlokzaton törekedni kell a minimális, de még komfort érzetet nem károsító üvegezési arányra.
- Üvegezés típusára jellemző, hogy három rétegű, nemesgázzal töltött prototípusok a legcélravezetőbbek ezzel csökkentve a hőveszteségeket.
- Belső árnyékolásként mindenképpen egy magas fényvisszaverő képességgel, alacsony átteresztőképességgel rendelkező rolót érdemes alkalmazni. Ezzel elkerülve a nyári túlmelegedést.
- Külső árnyékvetők használatára nem volt szükségem a vizsgálat során.

Az optimalizációs eljárás során a fűtési energiaigényt a harmadára, a diszkomfort órák számát pedig az eredeti érték felére sikerült csökkenteni.

További fejlesztési lehetőségként érdemes lehet optimalizációval megvizsgálni az épületszerkezeti kialakítást, pl. csökkenthető-e a tervezett hőszigetelő anyagok vastagsága (gazdaságossági szempontokat szem előtt tartva). További vizsgálatok készítéséhez, pontosításához, akár kérdőíves felméréssel lehet kiegészíteni a dinamikus szimulációkat, a lakók igényeihez szabva a várható fogyasztást.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulenseimnek Dr. Szalay Zsuzsa egyetemi docensnek, Szagri Dóra, doktorandusznak, hogy a kutatás alatt segítették a munkámat, hasznos szakmai tanácsokkal láttak el. Köszönöm a választott épület vezető tervezőjének, hogy rendelkezésemre bocsátotta az elérhető alaprajzokat, információkat.

Ez a kutatásom kapcsolódik az „Épületek és épületszerkezetek életciklus- és épületfizikai szemléletű optimalizációja komplex numerikus modellezéssel” című, FK 128663 számú kutatási projekthez, mely a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, az FK\_18 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## Irodalomjegyzék

- [1] *D. Archer, R. Pierrehumbert, "The warming papers: The scientific foundation for the climate change forecast", 2011*
- [2] *Novák Ágnes, "A szolár építészet alapjai – Építészeti ökológia", Structural Joint European Project SJEP - 09015/95, 1997*
- [3] *Szalay Zsuzsa, Zöld András, Csoknyai Tamás, "Energiatudatos építészet 2.0", TERC kiadó, 2016*
- [4] *Mazria, „E.: Passive solar energy book: A complete guide to passive solar home, greenhouse and building design”. Emmaus PA (USA): Rodale Press, 1979. 14, 84, 102, 122, 134, 226, 250, 253. o.*
- [5] *Hosszú T, "Passzív napelemes alapismeretek" (Fordítás: Levy, M. et. al. The passive solar construction handbook: Passive solar fundamentals 1983). Budapest, Közművelődési Információs Intézet, 1987. 1, 2, 5. o.*
- [6] *„Seven ancient wonders of Greek design and technology”, Ecoist, Retrieved April 19, 2015.*
- [7] *Christian Schittich, „Solar Architecture: Strategies, visions, concepts”, Birkhauser, 2003*
- [8] *Patrik Rohdin, Andreas Molin, Bahram Moshfegh, „ Experiences from nine passive houses in Sweden e Indoor thermal environment and energy use”, Building and Environment 71 (2014) 176e185*

- [9] Williams Kweku Darkwah, Bismark Odum, Maxwell Addae, Desmond Koomson „Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming”, 2018
- [10] Ioan Sarbu, Calin Sebarchievici, „A comprehensive review of thermal energy use”, 2017
- [11] Jorge Luis Aguilar-Santana, Hasila Jarimi, Mariana Velasco-Carrasco, Saffa Riffat „Review on window-glazing technologies and future prospects”, 2019
- [12] Ping Chen, „Study on Optical and Thermal Properties of Low-E Glass,, Advanced Materials Research (Volume 1035) – 2014
- [13] U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, „Window Blinds as a Potential Energy Saver – A case study”, 1978
- [14] M Nomura, K Hiyama, „ A review: Natural ventilation performance of office buildings in Japan. Renewable and Sustainable Energy Reviews”, Elsevier, 2017
- [15] Neveen Azmy, „Buildings Orientation and its Impact on the Energy Consumption”, 2014
- [16] Ze Qin Liu, Zhen Jun Zuo, Lin Li, „Simulation on Building Energy Consumption for a Residential Building”, 2014
- [17] Kiss Benedek, „ Multi-Objective Environmental Optimization of Buildings, PhD disszertáció”, 2021
- [18] Sanja Stevanović, „Optimization of passive solar design strategies: A review”, 2013
- [19] Wang W, Zmeureanu R, Rivard H. „Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization”. *Building and Environment* 2005;40:1512–25.
- [20] Gratia E, Bruyère I, Herde AD. „How to use natural ventilation to cool narrow office buildings”. *Building and Environment* 2004;39:1157–70.
- [21] Gasparella A, Pernigotto G, Cappelletti F, Romagnoni P, Baggio P. „Analysis and modelling of window and glazing systems energy performance for a well insulated residential building”. *Energy and Buildings* 2011;43:1030–7.
- [22] Persson M-L, Roos A, Wall M. „Influence of window size on the energy balance of low energy houses”. *Energy and Buildings* 2006;38:181–8.
- [23] Datta G. „Effect of fixed horizontal louver shading devices on thermal



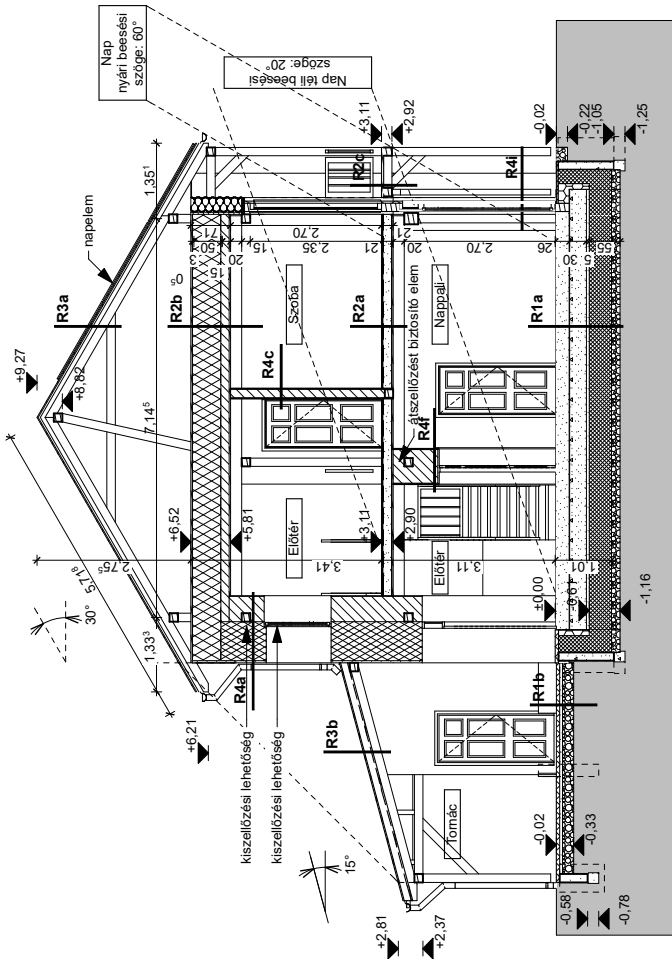
*performance of building by TRNSYS simulation*". *Renewable Energy*  
2001;23:497–507.

[24] *Nemzeti Jogszabálytár – „7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról”*

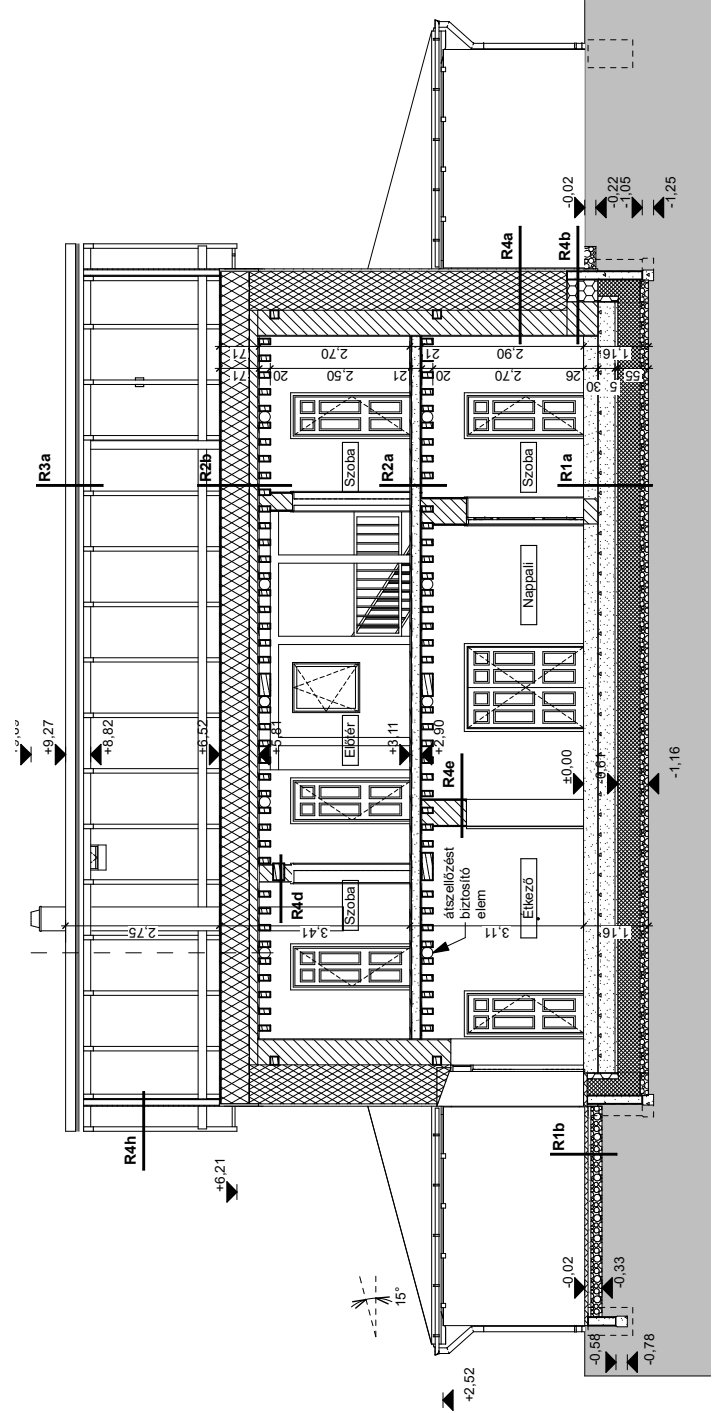
[25] *Építészeti és Építésügyi Helyettes Államtitkárság, „Tájékoztató a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó követelményekről”*. 2015

# Melléklet - tervdrajzok

- R1a
  - 1 ftg víztüveg bevonat
  - 25 cm forrmaszes padozat
  - 1 ftg mod. bitumenes vízszigetelés (VILLAS -ICOPAL E-G 4 F/K)
  - kalfilálás
  - 30 cm lemezalap (alapozási tervek szerint)
  - 5 cm szerelbeton
  - 40 cm hablúteg (Geocell)
  - 15 cm kavicssterítés (16 mm feletti (kulé) kavics)
  - 1 ftg geotextília (ArchiGreen® FL-150)
- R1b
  - 6 cm térkő (Beton Tégla Színes, Antikolt)
  - 5 cm zúzott kő aljzat (0-4 szemcseméret)
  - 20 cm kavics aljzat (16-32 szemcseméret)
  - tömörített feltöltés
- R2a
  - 2,5 cm hajópadló párnafákon, párnafák hanglágy alátétlen
  - 1 légrés
  - 15 cm meszes padozat
  - 1 ftg geotextília kiperiásgátló réteg (Archigreen FL-150)
  - 2,5 cm hajópadló lefelé fordítva
  - 20 cm sűrűgerendás fafödém
  - tartószerkezeti tervek szerint



B-B Metszet 1:100



A-A Metszet

1:100



**Mélységakci:**  
 1) 25,00 = Bt 198,50 m  
 A pontos magassági érték helyszínen ellenőrizendő!  
 2) A falak vastagsági méretei valók felülre értendő!

<b>Építész:</b> Pál János, Pál Anna Réza 7478 Bátorfajramok, Orlágyi lakótelep Hsz. 052/10	<b>Tervező:</b> Mélygyszász Péter Orlágyi lakótelep, E/1 01-2/14 Belső Utvar Építész és Szakértő Iroda www.belsőutvar.hu	Lakóparkot építészeti bejelentési dokumentációja 7478 Bátorfajramok, Orlágyi lakótelep Hsz. 052/10	<b>Helyszínrajz</b> rajzolt: Mélygyszász Péter, Csizsik Ádám, Czibák Ádám ellenőrizte: Mélygyszász Péter
<b>ÉB-01</b>			
2018. 11. 28.			M = 1:500
Ezen terv az 1999. évi LXXVI. tv. 87. §-ában sz. 201. pontban meghat.			

Helyiség neve	Helyiség szám	Számított terület
Előtér, lépcsőház	F-01	10,51
Gardrób	F-02	3,79
Nappali	F-03	21,14
Szoba	F-04	12,34
Étkező-konyha	F-05	16
Kamra	F-06	3,58
Fürdő	F-07	4,59
Tároló	F-08	0,98
Földszint fölött		72,93
Tároló	F-09	10,76
Tároló	F-10	10,76
Földszint hasznos		94,45
Fedett beálló	F-11	31,38
Fedett beálló	F-12	31,37
Tornác	F-13	34,86
Déli tornác	F-14	11,33
Előtér	I-01	13,32
Gardrób	I-02	3,87
Szoba	I-03	11,95
Szoba	I-04	9,36
Szoba	I-05	9,36
Szoba	I-06	11,95
Gardrób	I-07	5,05
WC, zuhany	I-08	4,53
Emelet fölött		69,39
Déli tornác	I-09	11,31
Összes fölött		142,32
Összes hasznos		163,84

**Megjegyzés:**  
 1) ±0,00 = Bf 196,50 m  
 A pontos magassági érték helyszínen ellenőrizendő!

2) A falak vastagsági mérése vakolt felületre értendő!

**Építteők:**  
 Páli János, Páli Anna Rózsa  
 7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep  
 Hrsz.052/10

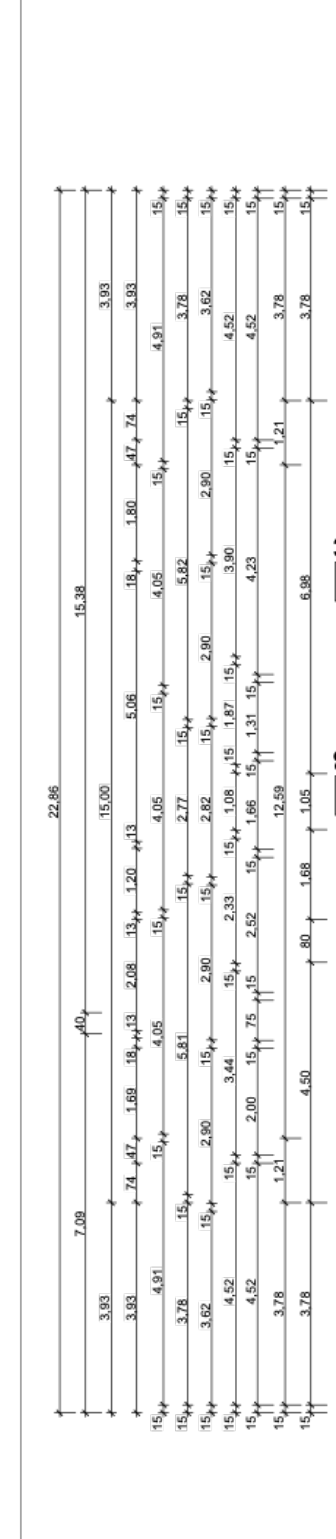
**Tervező:**  
 Medgyasszay Péter  
 okl. építészmérnök,  
 É/1 01-2714  
 Belső Utóvar Építész és Szakértő Iroda  
 www.belsőudvar.hu

Lakóépület egyszerű bejelentési dokumentációja  
 7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep  
 Hrsz.052/10

**Földszinti alaprajz**  
 ellenőrizte:  
 Páter, Sándor Vivien,  
 Czapák Adám

**ÉB-03 M02**

2020. 01. 22. M = 1:100  
 Ezen terv az 1999. évi LXXVI. tv. 67.-a értelmében szerző jogvédelem alatt áll



Helyiség neve	Helyiség szám	Számított terület
Előtér, lépcsőház	F-01	10,51
Gardrób	F-02	3,79
Nappali	F-03	21,14
Szoba	F-04	12,34
Étkező-konyha	F-05	16
Kamra	F-06	3,58
Fürdő	F-07	4,59
Tároló	F-08	0,98
Földszint fölött		72,93
Tároló	F-09	10,76
Tároló	F-10	10,76
Földszint hasznos		94,45
Fedett beálló	F-11	31,38
Fedett beálló	F-12	31,37
Tornác	F-13	34,86
Déli tornác	F-14	11,33
Előtér	I-01	13,32
Gardrób	I-02	3,87
Szoba	I-03	11,95
Szoba	I-04	9,36
Szoba	I-05	9,36
Szoba	I-06	11,95
Gardrób	I-07	5,05
WC, zuhany	I-08	4,53
Emelet fölött		69,39
Déli tornác	I-09	11,31
Összes fölött		142,32
Összes hasznos		163,84

Helyiség neve	Helyiség szám	Számított terület
Eltér, lépcsőház	F-01	10,51
Gardrób	F-02	3,79
Nappali	F-03	21,14
Szoba	F-04	12,34
Étkező-konyha	F-05	16
Kamra	F-06	3,58
Fűtő	F-07	4,59
Tároló	F-08	0,98
Fűdészint fűtött	F-08	72,93
Tároló	F-09	10,76
Tároló	F-10	10,76
Fűdészint hasznos	F-10	94,45
Fedett beálló	F-11	31,38
Fedett beálló	F-12	31,37
Tomác	F-13	34,86
Tomác	F-14	11,33

Előtér	I-01	13,32
Gardrób	I-02	3,87
Szoba	I-03	11,95
Szoba	I-04	9,36
Szoba	I-05	9,36
Szoba	I-06	11,95
Gardrób	I-07	5,05
WC, zuhany	I-08	4,53
Emelet fűtött	I-08	69,39
Déli tomác	I-09	11,31
Összes fűtött		142,32
Összes hasznos		163,84

**Megjegyzés:**  
 1) ±0,00 = Bf 196,50 m  
 A pontos magassági érték helyszínen ellenőrizendő!  
 2) A falak vastagsági mérete vakolt felületre értendő!

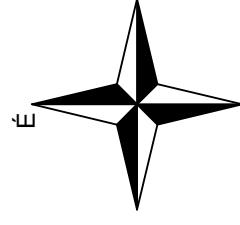
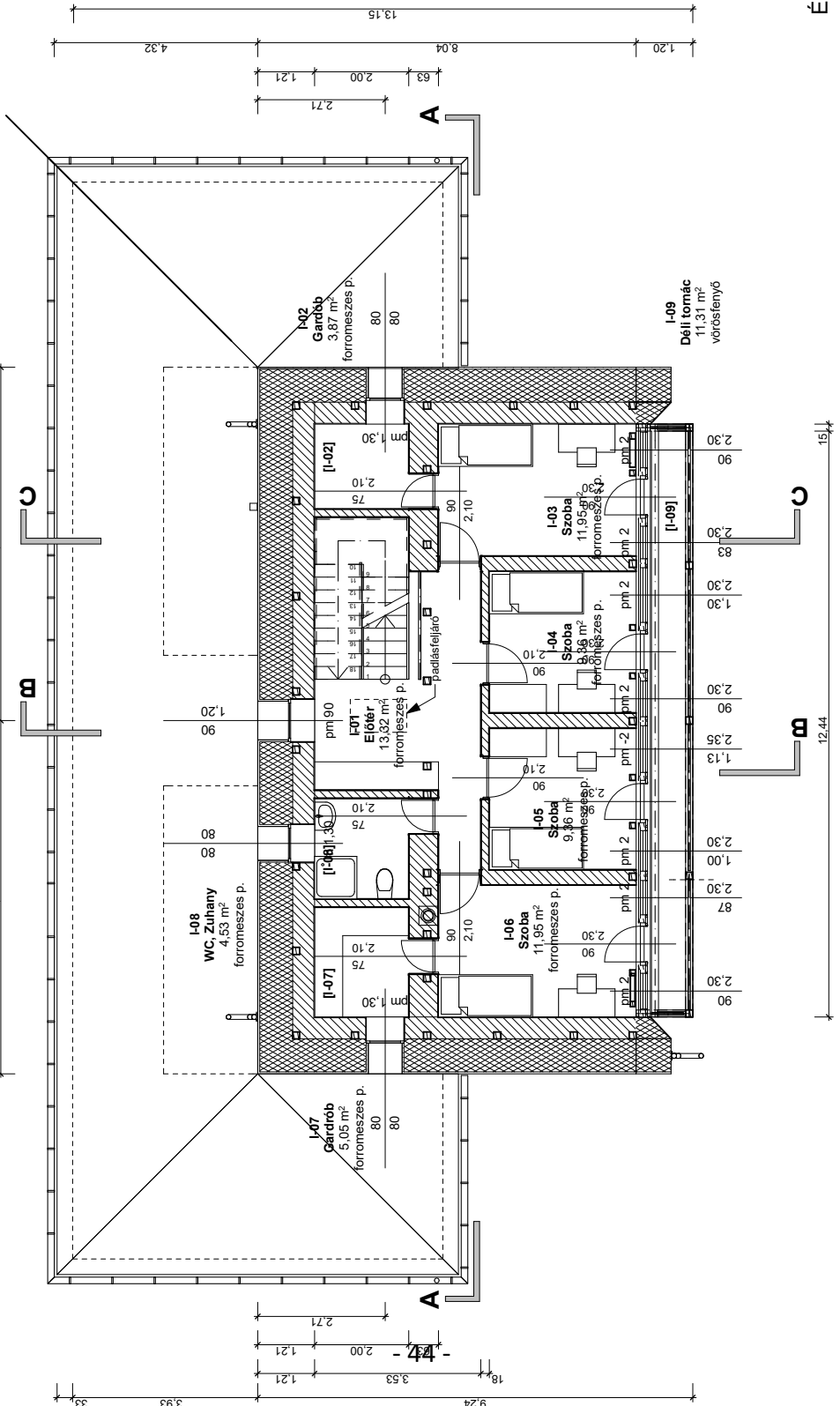
**Építők:**  
 Páli János, Páli Anna Rózsa  
 7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep  
 Hfsz.052/10

**Tervező:**  
 Medgyasszay Péter  
 okl. építészmérnök,  
 E/1 01-2714  
 Belső Útvar Építész és Szakértő Iroda  
 www.belsoudvar.hu

Lakóépület egyszerű bejelentési dokumentációja  
 7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep  
 Hfsz.052/10

**Emeleti alaprajz**  
 Rajzolta: Medgyasszay Péter, Sárkány Vivien, Czapek Adam  
 ellenőrizte: Medgyasszay Péter

**ÉB-04 M02**  
 2020. 01. 22. M = 1:100  
 Ezen terv az 1989. évi LXXVI. tv. 67.-a értelmében szerző jogvédelmen alát áll!



- R1a**
- 1 rtg vízvezet bevonat
  - 25 cm forraszeses padozat
  - 1 rtg mod. bitumenes vízszigetelés (VILLAS-ICOPAL E-G 4 F/K)
  - felőstítés
  - 30 cm lémezalap (alapozásti tervek szerint)
  - 5 cm szerezőbeton
  - 40 cm habütveg (Geocell)
  - 15 cm kavicslerítés (16 mm feletti (küls) kavics)
  - 1 rtg geotextília (ArchiGreen® FL-150)

- R1b**
- 6 cm létkő (Beton Tégla Színes, Anitkolt)
  - 5 cm zúzott kő aljazat (0-4 szemcseméret)
  - 20 cm kavics aljazat (16-32 szemcseméret)
  - tömörített fejtöltés

- R2a**
- 2,5 cm hajópádoló párnafákon, párnafák hangláglyá alátétén
  - 1 légrés
  - 15 cm meszes padozat
  - 1 rtg geotextília kiporlászgató réteg (ArchiGreen FL-150)
  - 2,5 cm hajópádoló lefelé fordítva
  - 20 cm sürűgerendás fáfödém

- R2b**
- 15 cm meszes padozat
  - 1 rtg geotextília kiporlászgató réteg (ArchiGreen FL-150)
  - 2,5 cm hajópádoló lefelé fordítva
  - 20 cm sürűgerendás fáfödém

- R2b**
- 2,5 cm deszkaborítás
  - 1 rtg párátereszű tetőfólia (Dörken Delta® Maxx)
  - 50 cm cellulóz hőszigetelés (Thermofloc)
  - 15 cm meszes padozat
  - 1 rtg geotextília kiporlászgató réteg (ArchiGreen FL-150)
  - 2,5 cm hajópádoló lefelé fordítva
  - 20 cm sürűgerendás fáfödém

- R2c**
- 4 cm vörösfenyő palló
  - 15 cm magas gerendázat statikai tervek szerint

- R3a**
- egyenes vágású hornyolt teitőcserép (Creaton Rona)
  - 3 cm Bramac cserépléc
  - 7,5 cm ellenléc
  - 1 rtg tetőfólia (Dörken Delta® Maxx)
  - 15 cm fa tartószekret (10/15)

- R3b**
- egyenes vágású hornyolt teitőcserép (Creaton Rona)
  - 3 cm Bramac cserépléc
  - 8 cm ellenléc
  - vízzáró aláféhjazat (Quattro)
  - 2,5 cm deszkaborítás alsó oldalt gyalulva
  - 15 cm magas fa tartószekret

- R4a**
- 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)
  - 45 cm vályogégla (helyben gyártott) tartószekret fávaz között
  - 70 cm szeglemezés tartó, közte 70 cm szalmabála hőszigetelés
  - 2,5 cm hézagos cserépléc közte vályog alapvakolat
  - 2 cm rabichálóra vakolt vályog alapvakolat
  - 1 cm vályog finomvakolat

- R4b**
- 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)
  - 60 cm téglá (Y tong) tartószekret fávaz között
  - 40 cm habütveg (Geocell)
  - 15 cm beton zsalkúó

- R4c**
- 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)
  - 15 cm beisó vályogégla (helyben gyártott)
  - 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)

- R4d**
- 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)
  - 60 cm vályogégla (helyben gyártott) tartószekret fávaz között
  - 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)

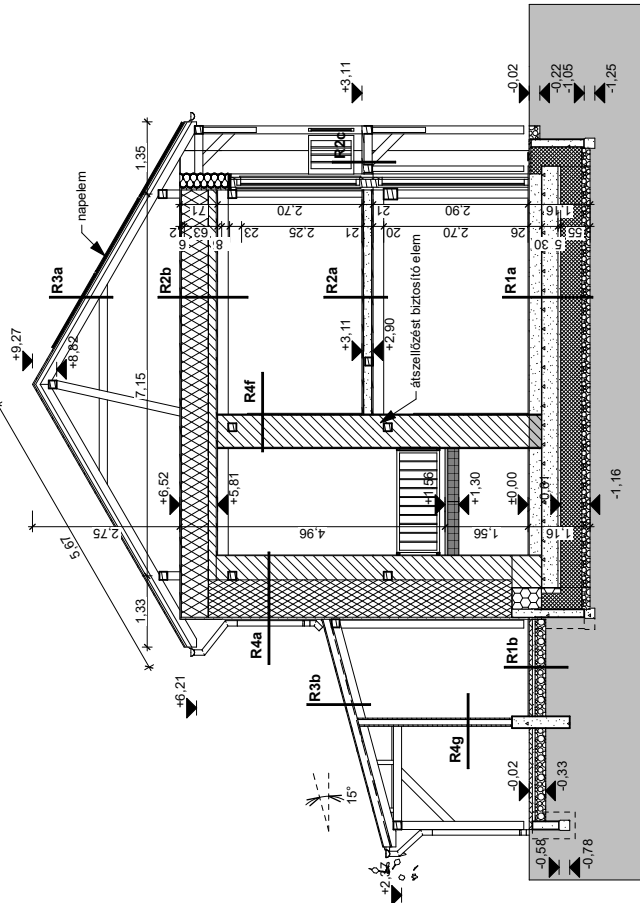
- R4e**
- 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)
  - 45 cm vályogégla (helyben gyártott) tartószekret fávaz között
  - 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)

- R4f**
- 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)
  - 60 cm vályogégla (helyben gyártott) tartószekret fávaz között
  - 1,5 cm beisó vályog vakolat (Blickay)

- R4g**
- 2,2 cm hajópádoló
  - 10 cm fa tartószekret (5/10)
  - 2,2 cm hajópádoló

- R4h**
- 2,2 cm hajópádoló
  - 10 cm fa tartószekret (5/10)
  - szarufa

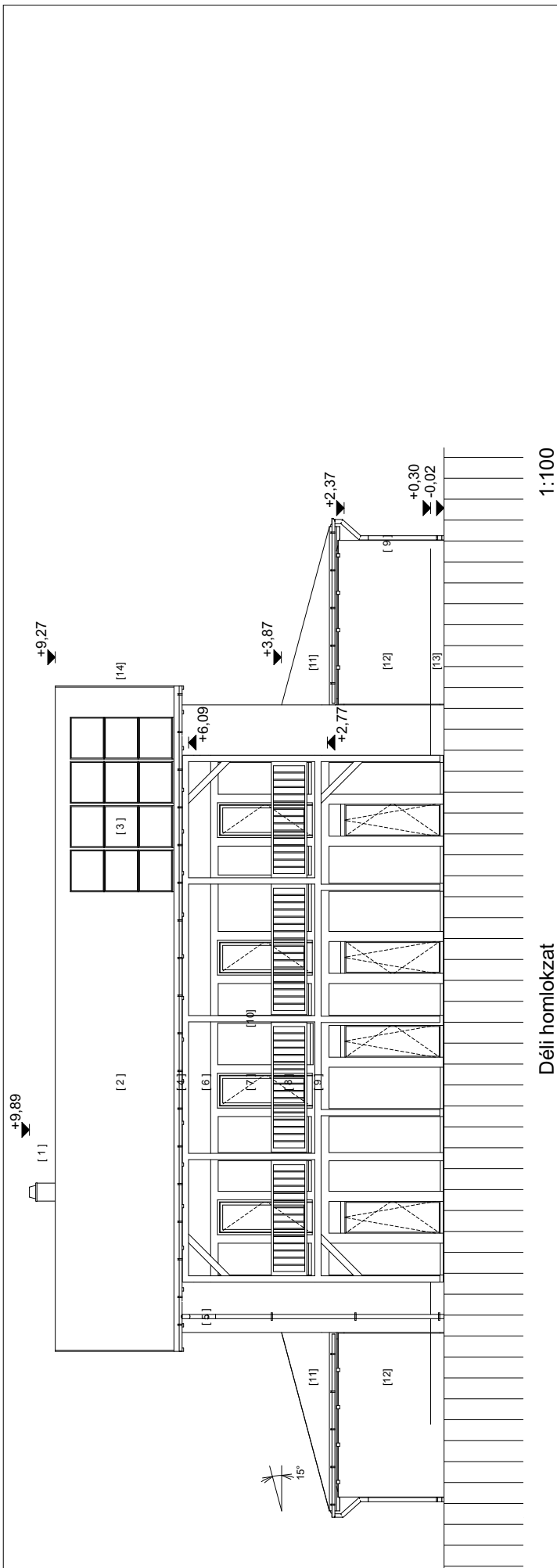
- R4i**
- 3 rig üvegezés fix és nyitható szarnyakban fa vázszerkezetben



1:100

C-C Metszet

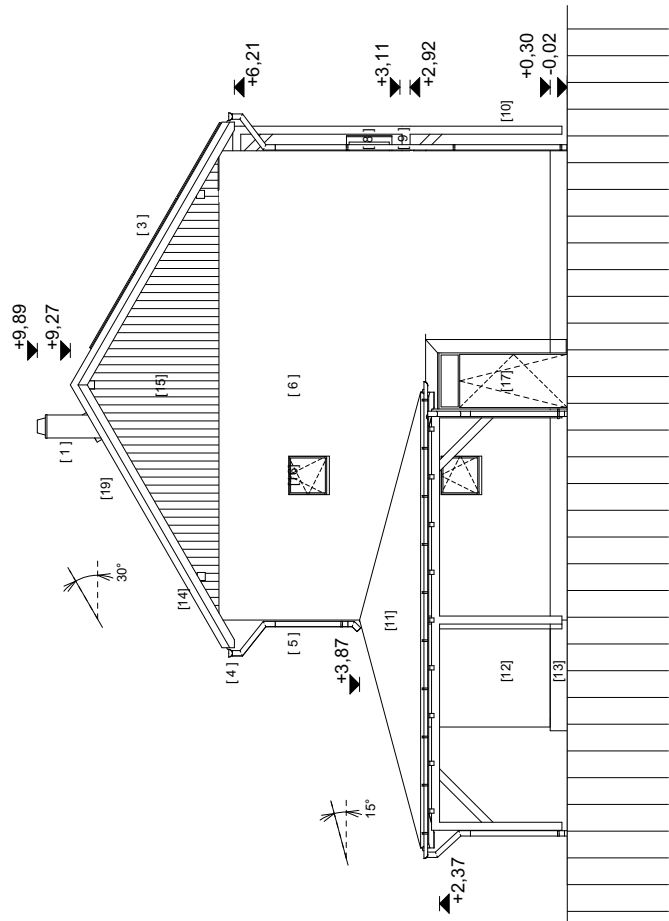
<b>Építők:</b>	
Páll János, Páll Anna Róza 7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep Hsz. 052/10	
<b>Tervező:</b>	Medgyasszay Péter okl. építészmérnök, Ér1 01-2714 Belső Útvar Építész és Szakértő Iroda www.belsoudvar.hu
Lakóépület egyszerű bejelentési dokumentáció 7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep Hsz. 052/10	
<b>C-C Metszet</b>	
rajzolta: Medgyasszay Péter, ellenőrizte: Péter, Sárkány Vivien, Czappek Ádám	
<b>ÉB-06 M02</b>	
2020. 01. 22.	M = 1:100
Ezen terv az 1989. évi LXXVI. tv. 67-8. eirelmében szerző jogvédelmen állat all	



Déli homlokzat

1:100

- [ 1 ] kémény fehér vékonyvakolattal vakolva
- [ 2 ] natur hornyot egyenesvágású cserépfedés
- [ 3 ] napelem panel
- [ 4 ] horganyzott acél ereszcsontra
- [ 5 ] horganyzott acél ereszcsontra felülő
- [ 6 ] fehér vályogvakolat
- [ 7 ] függőfal
- [ 8 ] fa korlát RAL 8000 (világosbarna)
- [ 9 ] fa gerenda RAL 8000 (világosbarna)
- [ 10 ] fa oszlop RAL 8000 (világosbarna)
- [ 11 ] horganyzott acéllemez tetőfedés
- [ 12 ] fa falburkolat RAL 8000 (világosbarna)
- [ 13 ] lábazat fehér vékonyvakolattal vakolva
- [ 14 ] szegélybadog
- [ 15 ] fa oromfédés RAL 8000 (világosbarna)
- [ 16 ] fa ablak RAL 8000 (világosbarna)
- [ 17 ] fa ajtó RAL 8000 (világosbarna)
- [ 18 ] szellőző nyílás
- [ 19 ] kémény tisztító terőkbúvó ablak



Nyugati homlokzat

1:100

**Építők:**

Páli János, Páli Anna Rózsa  
7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep  
Hrsz.052/10

**Tervező:**

Medgyasszay Péter  
okl. építészmérnök,  
Ér1 01-2714  
Belső Utvar Építész és Szakértő Iroda  
www.belsőudvar.hu

Lakóépület egyzerű bejelentési  
dokumentációja  
7478 Bárdudvarnok, Olajhegy lakótelep  
Hrsz.052/10

**Homlokzatok - 1**

rajzolta: Medgyasszay  
Péter, Sárkány Vivien,  
Czapek Adám  
ellenőrizte:  
Medgyasszay Péter

**ÉB-08 M01**

2020. 01. 20.

M = 1:100

Ezen leír. az 1999. évi LXXVI. tv. 67.-a értelmében szerzői jogvédelem alatt áll.