

## Alacsony energiafogyasztású épületek ajánlott tervezési munkafolyamata

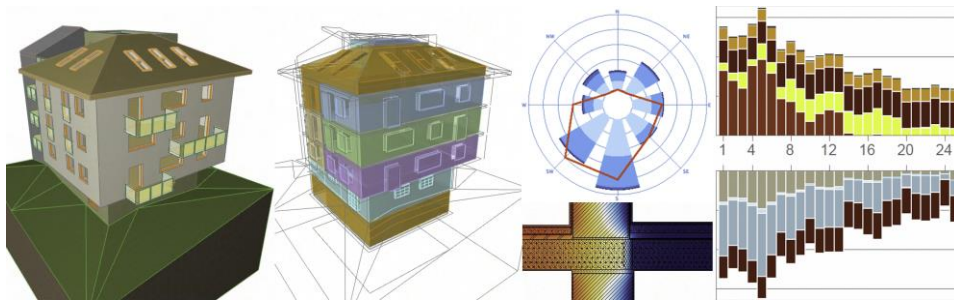
**Dr. Filetóth Levente**

okl. építészmérnök, egyetemi docens  
filetoth@egt.bme.hu

*Kulcsszavak: épületenergetikai tervezési stratégia, passzív szolár építészet, modell-alapú, dinamikus épületenergetikai számítás*

### 1. Bevezetés

Épületek tervezése, átépítése és felújítása során az építésztervezők irányítják és fogják össze a tervezési folyamatot. Tervezési döntéseiket számos – sokszor egymásnak ellentmondó – szempont és tényező figyelembevételével kell meghozniuk. A tervezők és megrendelőik számos esetben nincsenek tisztában azzal, hogy az egyes tervezési döntéseknek milyen épületenergetikai következményei lesznek. Ugyanakkor a tervezett vagy a felújítandó épület energetikai jellemzőinek tisztázásához rendelkezésre állnak olyan eszközök, melyek elősegítik a tervezői döntéshozatalt továbbá nagy pontossággal előrejelzik az épület fűtési, ill. hűtési költségeit.



1. ábra: A bemutatásra kerülő energiatudatos tervezési stratégia lépései

Az itt bemutatásra kerülő építészeti, energetikai tervezési stratégia előnye az, hogy:

- építésztervezők számára készült, társtervező mérnökök bevonása nélkül is használható,

- a tervezés korai fázisában is képes előre jelezni tervezési döntések energetikai következményeit,
- tanúsított számítási eljárást használ, amely garantálja az eredmények pontosságát és hitelességét,
- a dinamikus számítási eljárásnak köszönhetően az egész évre, órás bontásban megjeleníthetőek az eredmények,
- a számítás percek alatt elvégezhető, amely lehetővé teszi akár a legkisebb tervezői döntés pontos energetikai hatásának tanulmányozását is,
- az eredmények az épület funkciója, ill. üzemeltetése szerinti egységekre bontva, grafikonnal is szemléltethetőek, ami elősegíti a megrendelő, beruházó számára készített tervdokumentáció elkészítését,
- lehetőség nyílik a gépészeti és a megújuló energiát hasznosító rendszerek hatásának pontos vizsgálatára, megtérülésük meghatározására.

Az ismertetésre kerülő munkafolyamat során az alábbi lépéseket fogjuk elvégezni:

- az épület energetikai adottságainak azonosítása a földrajzi fekvés és a mért időjárási adatok felhasználásával,
- az épület energetikai kalibrálása a későbbiekben számított energetikai eredmények pontosságának ellenőrzése,
- az alkalmazható építészeti, gépészeti és megújuló energiát hasznosító rendszerek kiválasztása az adott klíma függvényében,
- teljes épületenergetikai elemzés elvégzése, az eredmények összehasonlítása a kiindulási épület energetikai mérlegével.

Az első három lépésben ismertetett elemzést elegendő épületenként egyszer, a tervezés korai szakaszában elvégezni. Az utolsó két lépést a tervezés eltérő szakaszaiban szükség szerinti számban le lehet futtatni. Az itt kapott eredmények segítenek az építésztervezők döntéshozatalai, a társtervezőkkel végzett tervegyeztetés és a megrendelő számára készített tervbemutatók elkészítése során is.

## 2. Az éghajlat elemzése

Épületek tervezése, felújítása során fontos az épület földrajzi fekvéséből adódó meteorológiai adottságok meghatározása. A klimatikus jellemzők alapvetően befolyásolják az épület alaki (befoglaló forma) kialakítását, a használati terek szervezését, az egyes helyiségek tájolását, a nyílások méretét és elhelyezését, a társított szerkezetek (pl. árnyékolók) kialakítását, a külső határoló szerkezetek és használt építési anyagok választását, a hűtési- és fűtési rendszerek kiválasztását és méretezését egyaránt.

Jelen példa során az időjárás adatok közül az alábbi éves és havi szélső- és átlagértékeket vizsgáljuk:

- levegő hőmérséklet,
- relatív páratartalom,
- napsugárzási hőnyereség,
- szélirány és szélsébség.

A földrajzi adottságok és az időjárás adatok alapján azonosíthatóak az év azon napjai (fűtési-, hűtési napok, hőfokhíd, hőfokgyakoriság), melyeken a termikus komfort biztosítása érdekében – aktív vagy passzív rendszerek használatával – módosítanunk kell az épület belső klímáját. A helyi klíma adottságai meghatározó szerepet töltenek be a tervezési alternatívák kidolgozásában valamint az építészek, társtervező mérnökök és megrendelők döntéshozatalainak a folyamataiban is.

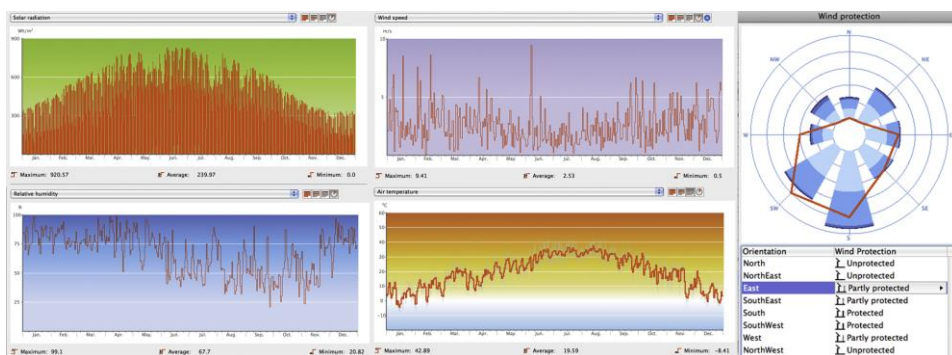
A felsorolt klimatikus tényezők építés tervezői gyakorlatban történő alkalmazása a következő lépések szerint történhet:

- klímaelemzésre alkalmas referencia épületmodell megalkotása,
- földrajzi fekvés, éghajlati-, időjárás tulajdonságok meghatározása,
- komfortkövetelmények meghatározása az épület funkciójának függvényében,
- energetikai elemzés elkészítése és elemzése.

A tervezett épület földrajzi fekvését a szélességi és hosszúsági koordináták numerikus megadásával lehet a legpontosabban meghatározni. Koordináták hiányában használhatjuk a Google Térkép segítségével történő helymeghatározást is. Látható az, hogy az épület Debrecenben épül. A szoláris nyereségek pontos elemzése érdekében a helyi időzónát is meg kell adnunk; a légnyomás hatásainak pontos követéséhez pedig méterben kell meghatároznunk az épület tengerszinttől számított magasságát.

A földrajzi koordináták megadása után a kapcsolódó éghajlati jellemzők begyűjtését is el kell végeznünk. Erre több lehetőség is rendelkezésre áll. Az egyik ilyen lehetőség az Internetről ingyenesen letölthető ASHRAE időjárás adatbázis használata. Ez az adatbázis pontos, folyamatosan frissített, megbízható időjárás adatokat tartalmaz, és számos nemzetközileg elismert épületenergetikai számítógépes alkalmazás is használja.

Az Egyesült Államok Energia Hivatala ([U.S. Department of Energy](#))<sup>1</sup> által közzétett időjárás adatbázis Internetes felületén a földrajzi koordináták megadásával választható ki a számunkra szükséges időjárás információ. Ez egyetlen letölthető fájl formájában tartalmazza a levegő hőmérsékletét, a relatív páratartalmat, a napsugárzási- és széljárással kapcsolatos jellemzőket is. Az egész évre vonatkozó éghajlati adatok óránkénti bontással állnak rendelkezésre, ez szükséges ahhoz, hogy pontos, dinamikus energetikai számításokat végezhessünk.



2. ábra: A vizsgált éghajlati jellemzőket bemutató grafikonok

A helyi időjárás elemzése után megfigyelhetjük azt, hogy télen, tavasszal és ősszel a belső tér hőmérséklete az elvárt minimális érték alá esik. Nyáron a belső tér hőmérséklete az elvárások által megfogalmazott hőmérsékleti értékeknek megfelelően alakul. Mindez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ősztől tavaszig fűtenünk és a nyár egy részében hűtenünk kell épületünket ezen az éghajlaton.

### 3. Az épület energetikai kalibrálása

Az épület energetikai kalibrálása során áttekinthetjük az általunk készített épületenergetikai modell helyességét és az elvégzett dinamikus épületenergetikai számítások pontosságát. A kalibrálás tehát alátámasztja a későbbiekben végezett számítások hitelességét és visszajelzést ad a várható elemzések pontosságáról is.

Az épületmodell energetikai kalibrálása kapcsán két eltérő esetet kell megkülönböztetnünk:

- az épületenergetikai számítások során használatos számítási eljárások, algoritmusok összességének helyességét célzó kalibrálást, és
- az általunk készített épületenergetikai modell pontosságát célzó kalibrálást.

A számítógépes algoritmus kalibrálását a szoftvert fejlesztő cégnek kell elvégeznie és ezt hitelesített módon elérhetővé tennie a felhasználók számára. Számos olyan nemzetközileg elismert szoftver tanúsítási eljárás létezik, mely pontos visszajelzést ad az adott eljárás pontosságának részleteiről és alkalmazási lehetőségeiről. A számítógépes alkalmazás tanúsítása során a fejlesztőnek számos - több százas nagyságrendű - épületenergetikai számítást kell elvégeznie szabványok és előírások által rögzített módon. A számított energetikai eredmények egy meghatározott eredmény-intervallumba kell eszenek ahhoz, hogy az eljárás az adott tanúsításnak megfelelhessen.

Az épületmodell energetikai kalibrálását az építésztervezőnek kell elvégeznie. Ez a kalibrálás az adott éghajlaton már megépült, mért épületenergetikai jellemzőkkel bíró épület segítségével is történhet, de megvalósítható szabványok felhasználásával is. A megépített épületmodell energetikai kalibrálása azért fontos, mert ez által a tervező megbizonyosodhat arról, hogy megfelelő módon adta-e meg az energetikai számításokhoz szükséges összes bemenő adatot. Különösen fontos ez a kalibrálás abban az esetben, ha az építésztervező nem rendelkezik mélyreható épületenergetikai ismeretekkel.



3. ábra: Az ASHARE 140. sz. szabvány használható épületünk energetikai kalibrálására

Mintaépület hiányában használhatunk egy energetikai szabványt is kalibrálásra. Az ASHARE 140 szabvány ([ASHARE 140 Energy Standard](#))<sup>2</sup> számítógépes eljárások, továbbá épületek energetikai tanúsítása során is használják (pl. LEED, Green Star, BREEAM, CASBEE, DGNB nemzetközi tanúsítási eljárások során is hivatkozás történik az ASHARE 140-es szabványra). Az ASHARE 140 szabvány használatával tehát az épületmodell energetikai kalibrálásán túl a használt számítási algoritmus pontosságáról is visszajelzést kaphatunk. Az ASHARE 140 szabvány száznál több épületenergetikai modellt és ehhez kapcsolódó számítási eredmény-intervallumot határoz meg. Ahhoz, hogy egy számítógépes számítási eljárás tanúsítást nyerjen, meghatározott számítási eredményeket kell produkálnia.

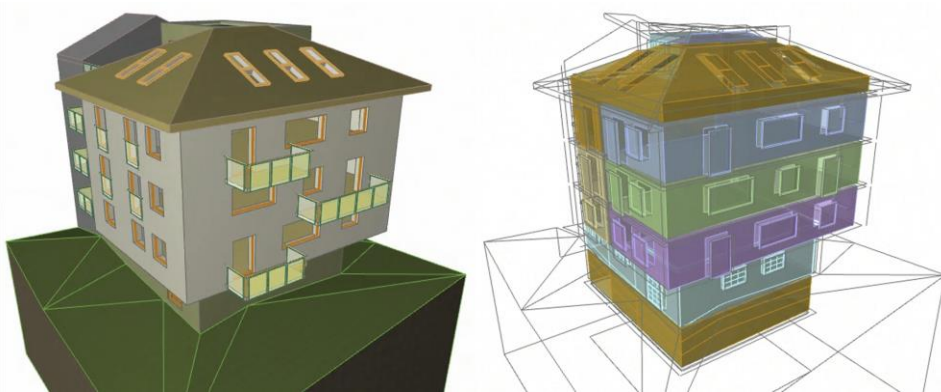
Miután egy ismert energetikai jellemzőkkel rendelkező épületmodell, vagy egy szabványban közzétett minta felhasználásával a kalibrálását sikeresen elvégeztük, biztosak lehetünk abban hogy a tervezett épületünk energetikai elemzése során is pontos eredményeket kapunk.

#### **4. Az építész, gépész és megújuló energiát hasznosító megoldások alkalmazása**

A következő lépésben azonosítani fogjuk azokat az építészeti, gépészeti és megújuló energiát hasznosító rendszereket mely adott klíma esetében figyelembe vehetőek a

tervezés során. Olyan épületinformáció modellezést és dokumentálást támogató számítógépes megoldást mutatunk be, melyhez dinamikus épületenergetikai elemzéseket támogató kiegészítő modul is társul. Mindez lehetővé teszi az építészek számára azt, hogy ugyanabban a számítógépes környezetben végezzenek dinamikus energetikai elemzéseket, amelyben az építészeti tervdokumentáció kidolgozását is végzik.

Egy Debrecenben épülő, többlakásos társasházon mutatjuk be a munkafolyamat szükséges lépéseit. Az épületinformáció modellt a tervezés kezdeti szakaszában az építésztervezők már elkészítették. A következő lépés az épület energetikai tulajdonságainak feltérképezése.



4. ábra: Épületinformáció modell és épületenergetikai modell a termikus-zónák ábrázolásával

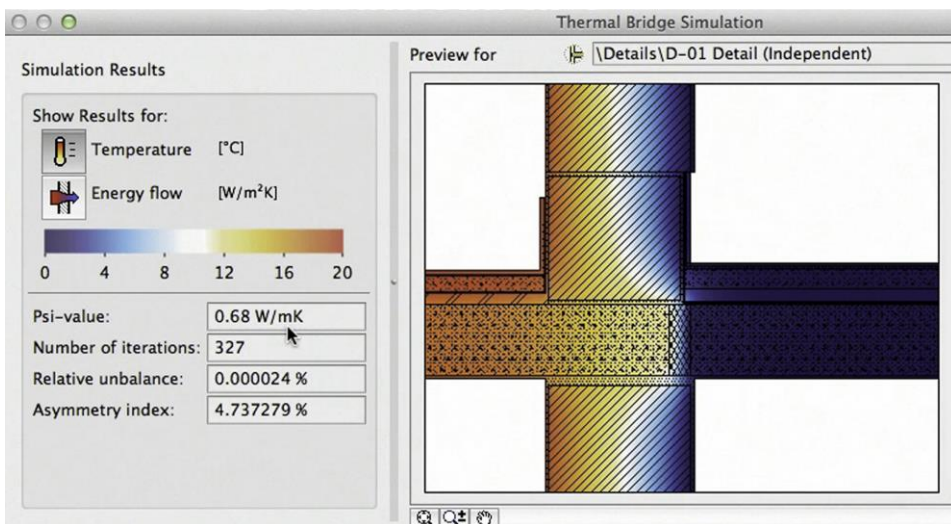
Az épület helyiségeit a funkció figyelembe vételével termikus egységekbe – zónákba, ill. blokkokba - soroljuk. A hőtechnikai blokkokhoz hozzárendelhetünk olyan hőmérséklet csúcstértékeket, melyet az év során tartanunk kell.

Meg kell adnunk az épület külső és belső térhatároló szerkezeteinek és a transzparens szerkezeteknek az energetikai jellemzőit is. Amennyiben az építésztervező az épületmodellt valós anyagok és anyagjellemzők felhasználásával készítette el, rendelkezésre állnak a szerkezetek energetikai jellemzői. A réteges szerkezetek, nyílászárók és társított szerkezeteik energetikai jellemzői áttekinthetőek és szükség szerint változtathatóak.

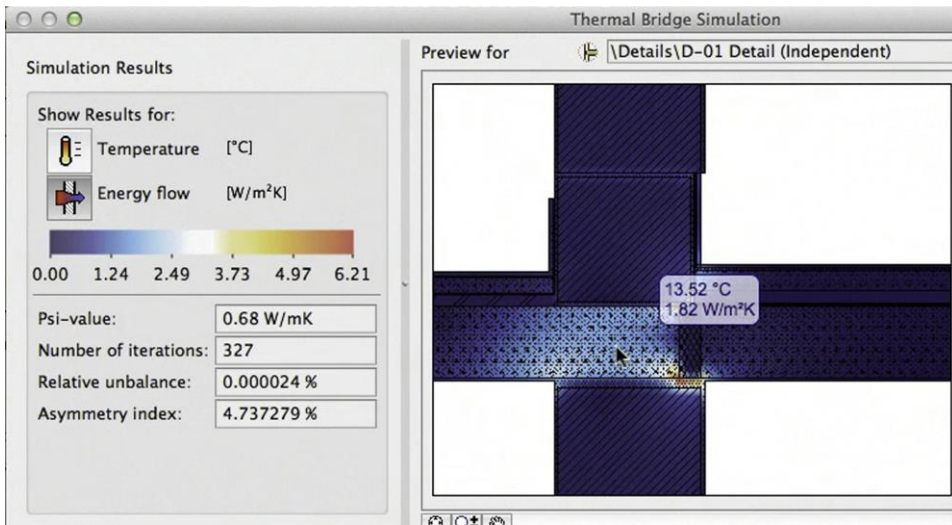
Fontos megjegyeznünk azt, hogy épületünk energetikai jellemzését először épületgépészeti rendszerek használata nélkül kell elvégeznünk, majd ennek a kiinduló energetikai számításnak az eredményeihez hasonlítva fogjuk értékelni az egyes energetikai rendszerek hatását.

Az épület tervezésének jelen fázisában lehetőségünk van arra, hogy változtassuk a külső térhataroló szerkezetek hőtechnikai tulajdonságait (pl. hőszigetelés vastagsága), módosítható a transzparens szerkezetek ill. társított szerkezetek tulajdonsága is (pl. árnyékoló alkalmazása). Munkánk elején átlagos hőtechnikai tulajdonságokkal rendelkező anyagokat és réteges szerkezetek használtunk épületünkben. Az energetikai elemzés eredményeit figyelembe véve fogjuk az épület szerkezeteinek termikus jellemzőit optimalizálni.

Az épület teljes energetikai elemzésén túl a jellemző, energetikai szempontból meghatározó csomópontok hőhíd vizsgálatát is elvégezhetjük, az eredményeket pedig grafikonok segítségével ábrázolhatjuk.



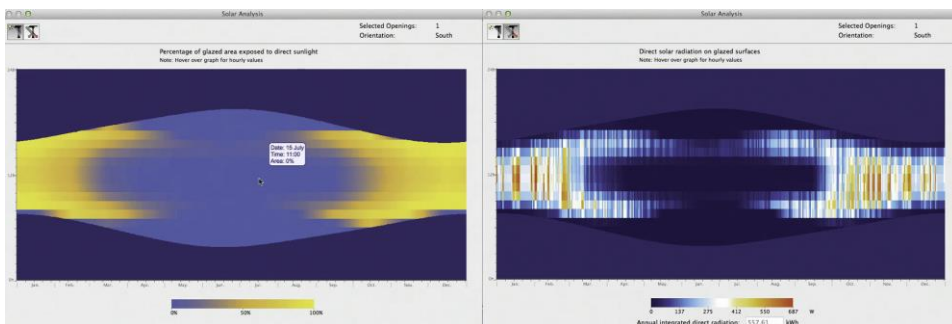
5. ábra: Hőhídvizsgálat eredménye: hőmérséklet eloszlás diagram



6. ábra: Hőhidvizsgálat eredménye: hőátadás, hőáramsűrűség diagram

A számítások során a transzparens szerkezetek épületenergetikára gyakorolt pontos hatásait is azonosíthatjuk. Ezeknél a szerkezeteknél megfigyelhető a tájolás, az üvegezett szerkezet és a társított szerkezet jellemzőinek hatása is.

Az egyes ablakok szoláris nyereségét az év bármely napján számszerűsíthetjük, ami nagy segítséget nyújt a tervezőknek és megrendelőiknek egyaránt.



7. ábra: Benapozást és szoláris nyereséget ábrázoló diagrammok

A dinamikus energetikai számítás lefuttatása után áttekinthetjük a helyiségeknek a termikus komfort szempontjából fontos jellemzőit az év tetszőlegesen kiválasztott napjain. Az épület teljes energiaigénye is meghatározható. Amennyiben megadjuk az energiaköltségeket, a konkrét fűtési, ill. hűtési költségek is számíthatóak. Fontos



megjegyeznünk azt, hogy jelen számításokat konkrét épületgépészeti rendszerek (fűtés, hűtés, szellőzés) hatásainak figyelembe vétele nélkül végeztük el. Az itt kapott számítási értékek nyújtanak majd segítséget a passzív- és aktív szolár rendszerek tervezéséhez továbbá megtérülésük számításához is.

A következő lépésben meg kell vizsgálnunk azokat az építészeti és gépészeti lehetőségeket mellyel optimalizálható épületünk energetikai mérlege. Az építészeti lehetőségek elemzésével kezdjük.

Számos olyan építészeti eszköz létezik, mellyel befolyásolható egy épület energetikai mérlege. Ilyen például az épület tömegformálása, transzparens szerkezetek tájolása, mérete, árnyékolók használata, hőszigetelés vastagságának módosítása, épületszerkezeti csomópontokon történő energiaáramok optimalizálása is. A fentiekben túl passzív- és aktív szolár rendszerek (energiagyűjtő falak, transzparens szigetelés, naptér, napelemek, napkollektorok, stb.) is használhatóak az épület energetikai mérlegének optimalizálása céljából.

Az építészteervezők számára talán a legnehezebb kérdést azt jelenti, hogy a rendelkezésre álló eszközök közül melyet érdemes használni az energetikai mérleg és a beépített rendszerek megtérülésének optimalizálása végett.

Ebben nagy segítséget nyújt az itt ismertetett munkafolyamat, mert ez lehetővé teszi azt, hogy az építészek a tervezés bármely fázisában, energetikai konzulensek bevonása nélkül, gyorsan – percek alatt – juthassanak hozzá olyan épületenergetikai kimutatáshoz, mely valós idejű visszajelzést nyújt az épület aktuális energetikai jellemzőiről. A következő lépésben kiválasztásra kerülnek azok az építészek által alkalmazható megoldások, amelyek segítenek az épület energetikai mérlegének javításában.

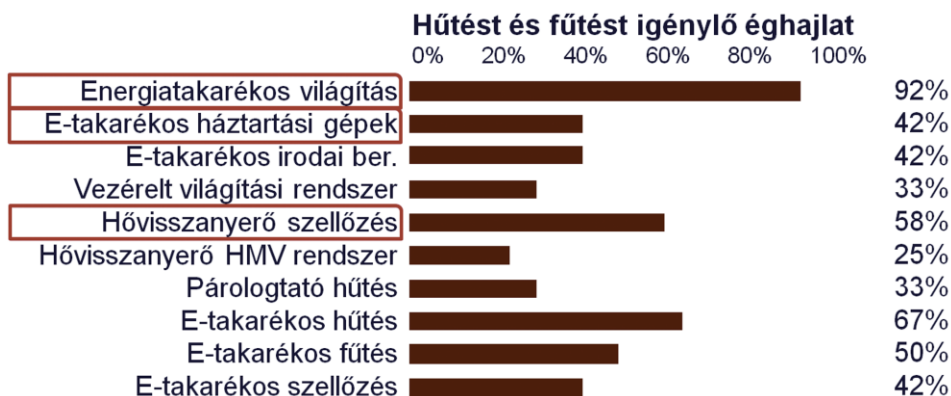
Az alkalmazásra kerülő megoldások legmegfelelőbb kiválasztásához számos befolyásoló tényezőt kell figyelembe vennünk. Tisztában kell lennünk azzal, hogy az egyes rendszerek mennyire hatásosak egy adott éghajlat esetében. Meg kell vizsgálnunk azt, hogy az adott funkcióval rendelkező épület esetében milyen módon lehet megépíteni egy rendszert úgy, hogy az kifizetődő is legyen. Döntést kell hoznunk arról, hogy az alkalmazható eszközök és rendszerek közül pontosan melyeket használjuk majd a tervezés során. Pontosán kell látnunk azt is, hogy a választott megoldások hogyan befolyásolják egymás hatását.

Az itt bemutatott munkafolyamat a Nemzetközi Energia Ügynökség 40. munkacsoportja (International Energy Agency, [Task 40 Research Group](#))<sup>3</sup> által végzett kutatások eredményeit alkalmazza (International Energy Agency, Solar Heating and Cooling Program, Task 40. Research Group).



8. ábra: Az építész tervezéshez kapcsolódó (passzív szolár) megoldások kiválasztása

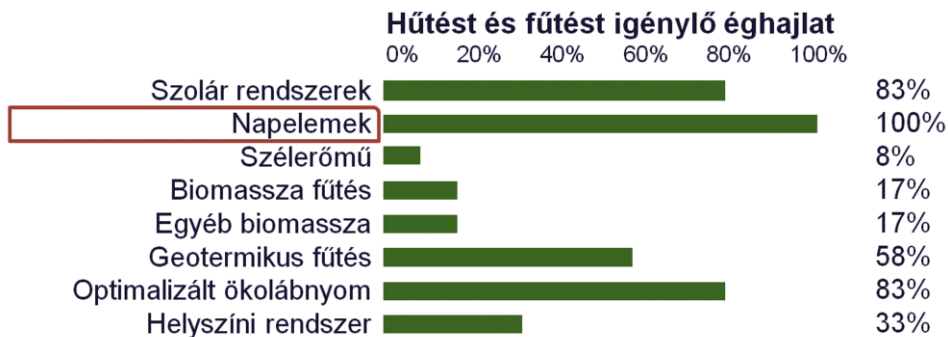
Ez a kutatás három csoportra osztva tárgyalja az alkalmazható energetikai eszközöket: építészeti megoldások, épületgépészeti megoldások, megújuló energiát hasznosító megoldások. A munkacsoport számos, eltérő éghajlaton megépült, alacsony hűtési- és fűtési energiájú épület elemzését vette alapul munkája során. Három éghajlati csoportot alakítottak ki: hűtést igénylő éghajlat, fűtést igénylő éghajlat illetve hűtést és fűtést is igénylő éghajlat. A sötét sávok hosszúsága azt jelöli, hogy mennyire gyakori egy-egy megoldás használata az adott éghajlaton a megépült épületek esetében. Pl. a tömegfal, ill. hőtároló tömeg passzív szolár megoldást elsősorban a fűtést igénylő éghajlatok esetében alkalmazták a vizsgált épületekben.



\* IEA/SHC 40-es munkacsoportjának kutatási eredményei alapján

9. ábra: Épületgépészeti megoldások kiválasztása

A táblázatban látható az, hogy a fűtést és hűtést is igénylő éghajlat esetében a kompakt, jól hőszigetelt épületforma, a szolár nyereség hasznosítását célzó – hőtároló tömeggel bíró – szerkezetek, a külső árnyékolóval felszerelt transzparens szerkezetek, a hővisszanyerő szellőzés alkalmazása, az energiatakarékos mesterséges világítás, a napkollektorok és a napelemek használata jelenti a leggyakrabban alkalmazott megoldásokat.



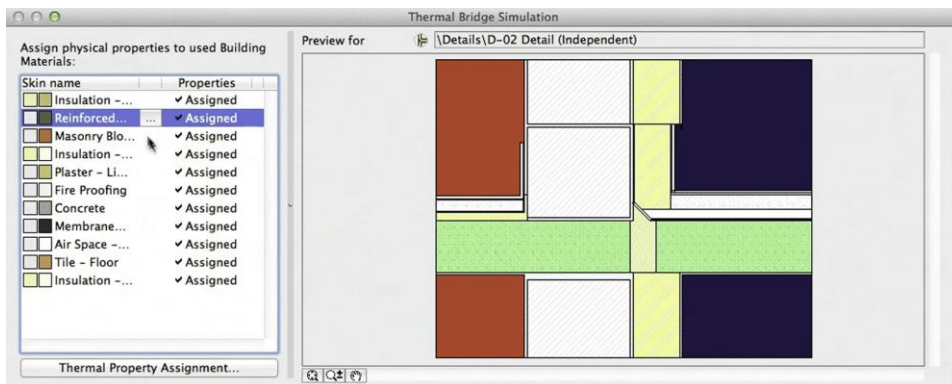
\* IEA/SHC 40-es munkacsoportjának kutatási eredményei alapján

10. ábra: Megújuló energiát hasznosító rendszerek kiválasztása

## Az épület energetikai optimalizálása az építész tervezéshez kapcsolódó eszközökkel

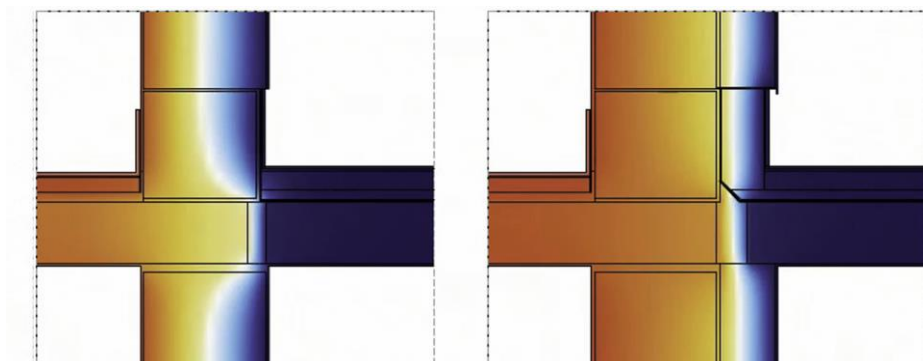
A fenti lehetséges megoldások közül először az építészeti lehetőségeket kell vizsgálnunk. Ahhoz, hogy az egyes építészeti eszközök pontos hatását vizsgálni lehessen, nem használunk egyéb gépészeti rendszert az épületben. Az építészeti eszközök kiválasztása során – azok energetikai szerepén túl – figyelembe kell vennünk azt is, hogy az egyes eszközök milyen módon illeszthetők épületünk szerkezetéhez. Figyelembe kell venni az építőanyagokat, épületszerkezeti megoldásokat valamint a bekerülési és megtérülési költséget is.

Mintaépületünk esetében javítjuk az épület külső térfelület szerkezetének hőszigetelését, jobb minőségű – külső árnyékolóval is ellátott – nyílászárókat használunk, továbbá jobb energetikai jellemzővel bíró csomópontokat alakítunk ki.



11. ábra: Csomópont hőhídvizsgálatának előkészítése javított hőszigeteléssel

A fent részletezett módosítások során többször is lefuttathatunk energetikai számításokat, melyek során azonosítható az egyes szerkezeti változások pontos energetikai hatása. Külső árnyékoló rendszerek alkalmazása esetén látható az, hogy az épület fűtési energiaigénye nem változott, ugyanakkor a hűtési energiaigény számottevően csökkent, stb.



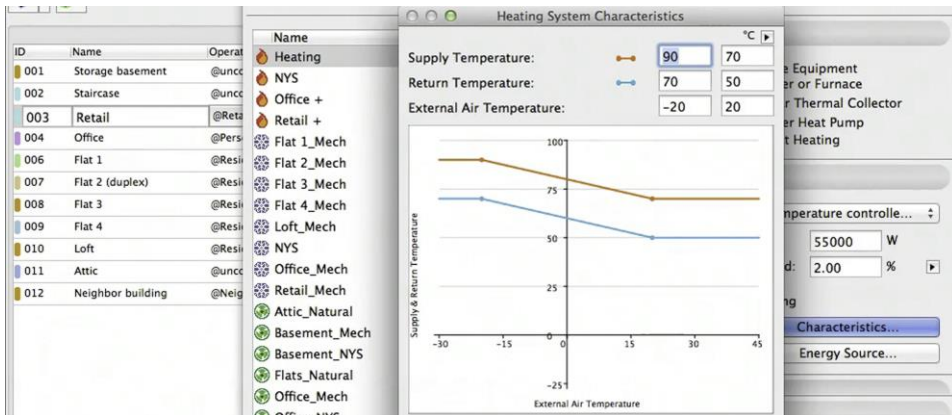
12. ábra: Hőhídvizsgálati diagrammok összehasonlítása

A fenti változtatások eredményeképpen az épület külső térfelületén átáramló hőmennyiség kb. 60%-kal kevesebb a kiinduló állapothoz képest. Az épület fűtési energiaigénye kb. 50%-kal csökkent. Az épületet nyári túlmelegedését külső, mesterséges árnyékoló rendszerek alkalmazásával továbbá természetes árnyékolással (lombhullató fák) is csökkenthetjük. Mindkét esetben konkrét szám adatokkal támasztható alá az alkalmazott árnyékolás hatásossága.

### **Épületgépészeti rendszerek és megújuló energiát hasznosító rendszerek alkalmazása**

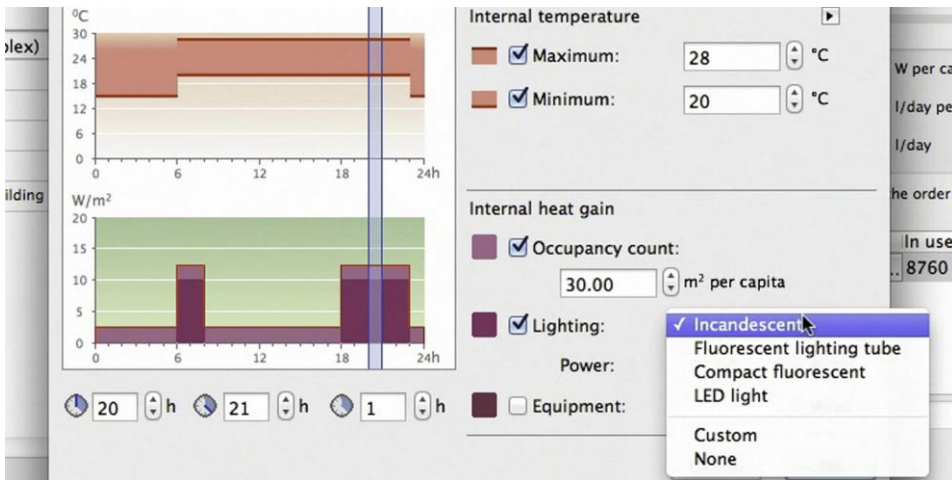
Az építész tervezés során használható - passzív szolár eszközök és rendszerek - épületenergetikára gyakorolt hatásainak azonosítása után épületgépészeti és megújuló energiát hasznosító rendszerekkel is kiegészítjük épületünket, mielőtt elvégezzük az épület teljes energetikai elemzését.

A korábbi eredményeket alapul véve könnyen azonosíthatóak azok a terek és tércsoportok – termikus egységek –, ahol a termikus komfort biztosítása érdekében épületgépészeti eszközök segítségét is igénybe kell vennünk.



13. ábra: Fűtési rendszer hozzárendelése termikus egységekhez

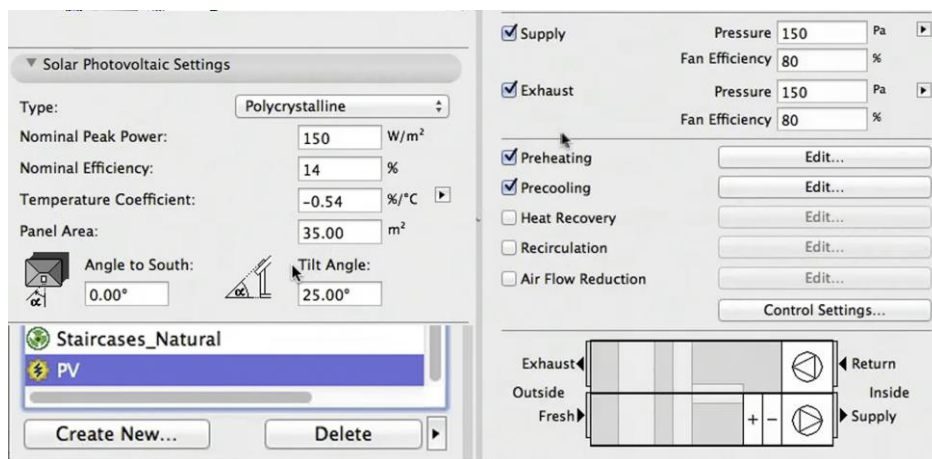
Az egymástól független termikus egységekhez hozzárendelhetünk egyedi, ill. központi fűtő- és hűtő rendszereket. Az egész évre számított dinamikus energetikai elemzés eredményeképpen pontosan meghatározható mindazon bemenő adat, amely a későbbiekben szükséges lesz az épületenergetikus és épületgépész társtervezők munkájához.



14. ábra: Energiatakarékos fényforrások kiválasztása a hőterhelés meghatározásához

Az eredeti – átlagos hőszigeteléssel és nyílászárókkal bíró – épület esetében is megadunk épületgépészeti rendszereket, így a gépészeti rendszerek hatásosságát is össze tudjuk hasonlítani. Jelen esetben hagyományos – nem kifejezetten energetiatudatos –

épületgépészeti rendszereket választunk az eredeti épülethez (pl. a lakások használati melegvíz fogyasztását napi 100 liter/fő értékkel adjuk meg, hagyományos gépészeti rendszerrel oldjuk meg a hűtést és a szellőzést is, stb.)



15. ábra: Napelemek és hővisszanyerő szellőzési rendszer megadása

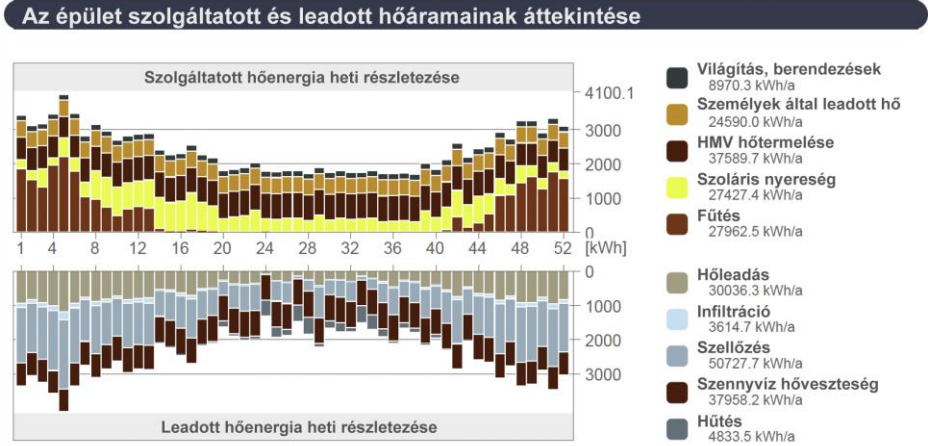
A tervezett – hőszigeteléssel, nyílászárókkal és árnyékoló rendszerrel ellátott – épület esetében az épületgépészeti rendszerek hatékonyságát is javítjuk. A gépészeti rendszerek kialakítása során a korábbi energetikai számítások eredményeit használjuk fel. Hővisszanyerő szellőzést, energiatakarékos mesterséges világítást, napelemeket és napkollektorokat is használunk.

Az árnyékoló szerkezeteknek köszönhetően jóval kisebb teljesítményű hűtési rendszerre lesz szükségünk. A jobb hőszigetelésnek és a minőségi nyílászáróknak köszönhetően a fűtési rendszer teljesítménye is csökkenthető.

## 5. Teljes épületenergetikai elemzés, eredmények összehasonlítása

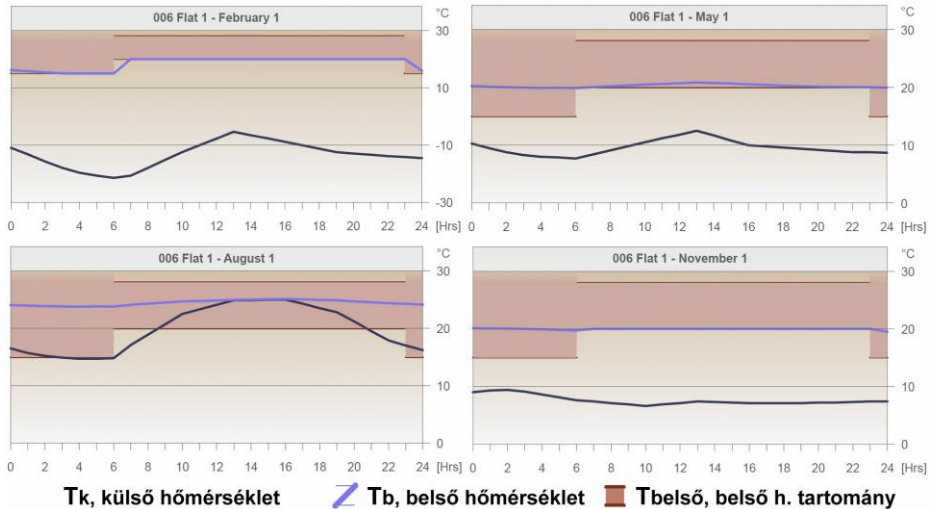
Megújuló energiát hasznosító gépészeti rendszerek használatának köszönhetően, továbbá az épületgépészeti rendszerek optimalizálásának eredményeképpen az épület energiamérlege számottevően javult. Eredeti épületünk teljes energiaigénye több mint 7900 kWh volt, a tervezett - energetikai szempontból optimalizált - épület teljes energiaigénye pedig kevesebb, mint 4100 kWh.

A fűtési és hűtési energiaigény alakulását a konkrét számadatakon túl grafikonok segítségével is összehasonlíthatjuk.



16. ábra: A tervezett épület szolgáltatott és leadott hőmennyiségét összegző grafikon

A villamos energiaszükséglet 40%-a napelemek használatával előállítható. A hővisszanyerő szellőzés, árnyékoló rendszerek és a természetes szellőzés kihasználásnak egyesített eredményeképpen az üzemeltetési – fűtési és hűtési – költségek nagy mértékben csökkentek.



17. ábra: Egy lakás belső- és külső hőmérséklet alakulása az év választott napjain



## Épületenergetikai összehasonlító táblázat

Energiafelhasználás	Mértékegység	E-optimalizált épület	Kiindulási épület	Megtakarítás %
Fűtés	Energiaigény (kWh)	27962.54	66422.01	57.90
	Csúcstelj.-igény (kW)	31.34	70.23	55.37
Hűtés	Energiaigény (kWh)	4833.46	17504.09	72.39
	Csúcstelj.-igény (kW)	12.52	33.67	62.82
Használati melegvíz	Energiaigény (kWh)	37589.68	51340.66	26.78
	Csúcstelj.-igény (kW)	5.77	7.33	21.20
Szellőzés	Energiaigény (kWh)	655.14	669.65	2.17
	Csúcstelj.-igény (kW)	0.18	0.18	2.24
Mesterséges világítás	Energiaigény (kWh)	3987.08	19197.92	79.23
	Csúcstelj.-igény (kW)	1.05	6.89	84.82
Használati eszközök	Energiaigény (kWh)	4983.20	5158.34	3.40
	Csúcstelj.-igény (kW)	1.17	1.22	3.87
Teljes energiaigény (kWh/év)		80011.11	160292.67	50.08

18. ábra: Az eredeti és a tervezett épület energiaigényeit összehasonlító táblázat

## Környezeti hatások elemzése

Előállítás módja	Energiaforrás megnevezése	Primér energia kWh/év	CO <sub>2</sub> kibocsátás kg/év
Megújuló energiaforrás	Szolaris energia (PV és kollektor)	3374	0
	Kültéri levegő (természetes szellőzés)	6704	0
Foszilis forrás	Földgáz	71544	14048
Másodlagos forrás	Villamos energia	25899	2110
Összesen:		107523	16159

## Energiafogyasztás és megtakarítás

Energiaforrás	Tervezett épület		Eredeti épület		Megtakarítás	
	Energia mennyiség	Költség EUR/év	Energia mennyiség	Költség EUR/év	Energia mennyiség	Költség %
Földgáz (kWh)	65040	2601				
Villamos áram (kWh)	8633	949	32732	3600	74	74
Távfűtés (kWh)	0	0	116862	5843	100	100
Napelemek (kWh/év)	3374	0				
<b>Összesen:</b>	<b>77048</b>	<b>3551</b>	<b>149595</b>	<b>9443</b>	<b>48</b>	<b>62</b>

19. ábra: Az épület környezetre gyakorolt hatásait, ill. az energiafogyasztás megtakarításának mértékét bemutató táblázat

## 6. Összegzés

Az itt ismertetett munkafolyamat épületek tervezését továbbá az egyes tervezési döntések épületenergetikai hatását szemlélteti. A munkafolyamat nagy előnye az, hogy ezeket az energetikai elemzéseket építésztervezők is képesek elvégezni a tervezés bármely szakaszában. A számítások percek alatt pontos energetikai eredményeket produkálnak, mindezért nagyszerűen használhatóak az aktív- és passzív szolár rendszerek optimalizálására. A dinamikus számításnak köszönhetően pontosan követhető akár egyetlen centiméter változás hőszigetelés tekintetében. Pontosán azonosítható az alkalmazott napelemek, napkollektorok hatása, kiszámítható ezek megtérülése az éves energiamérleg változását tekintve. Pontosán meghatározható az épület éves fűtési, hűtési, szellőzési üzemeltetési költsége is.

Az itt ismertetett munkafolyamat elvégezhető olyan modell-alapú építész tervezést és dokumentálást támogató számítógépes programcsomaggal, mely rendelkezik tanúsított dinamikus épületenergetikai számításokra alkalmas kiegészítő modullal. A bemutatott példákban a hazai székhelyű Graphisoft<sup>4</sup> szoftverfejlesztő cég ArchiCAD modell alapú építészeti alkalmazását használtuk. A dinamikus energetikai számításokat az EcoDesigner STAR energetikai modullal végeztük, mely a StruSoft<sup>5</sup> által fejlesztett VIP-Energy algoritmust használja. Az EcoDesigner STAR modul megfelel az ASHRAE 140-2007 és az ASHRAE 90.1-2007 (LEED Energy) szabványok által előírt követelményeknek.

---

## Hivatkozások

<sup>1</sup> [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata\\_about.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm)

<sup>2</sup> <https://www.ashrae.org/standards-research--technology/standards--guidelines/titles-purposes-and-scopes#140>

<sup>3</sup> <http://task40.iea-shc.org>

<sup>4</sup> <http://www.graphisoft.hu>

<sup>5</sup> <http://www.strusoft.com/energy-calculation>