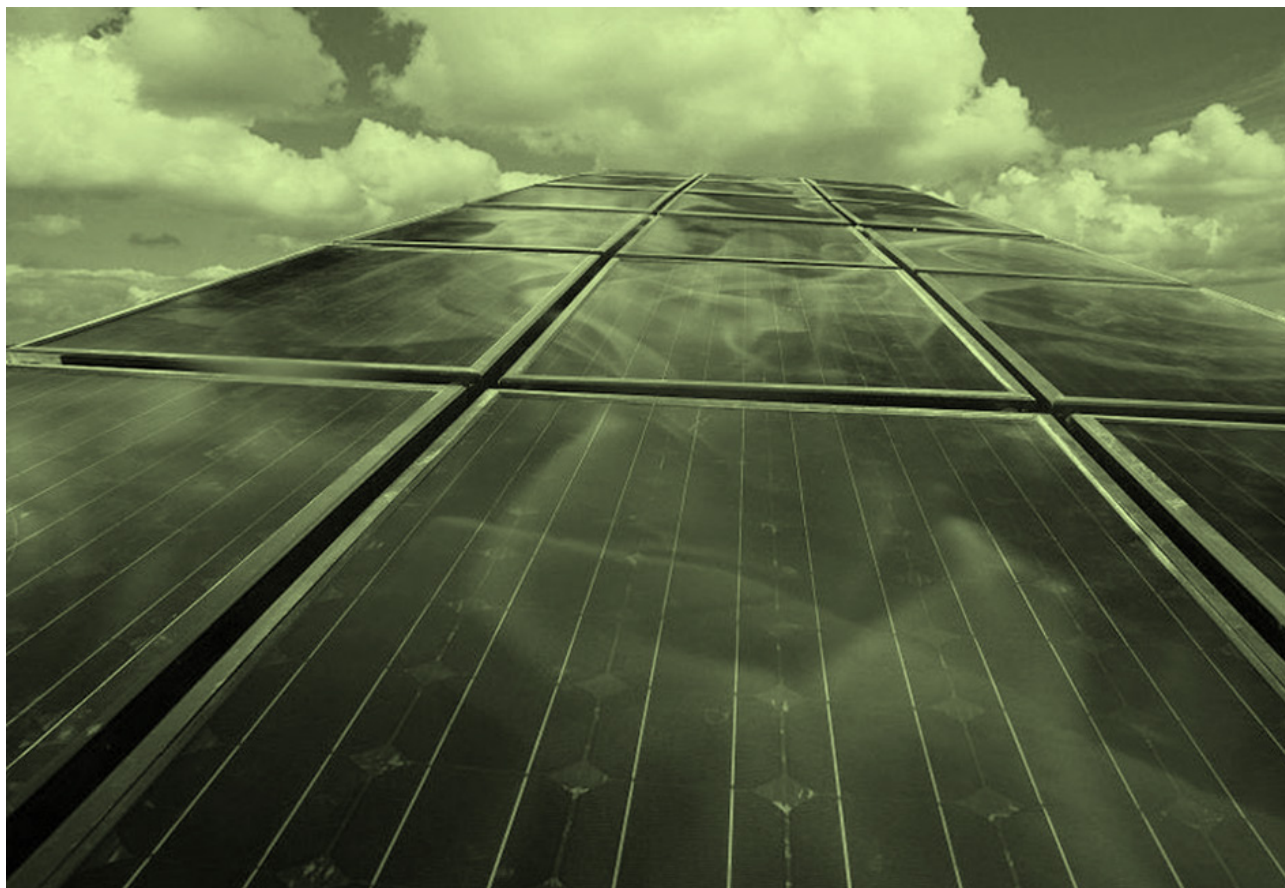


Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával (DEnzero)
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041

DEnzero

2014/3.

Debrecen 2013. január 1. – 2014. december 31.



Épületenergetika Kutatócsoport

A DEnzero projekt egyik célja a közel nulla energiafelhasználású épületek fogalmkörének elemzése, kiterjesztése, az EU 20-20-20-as célkitűzések teljesítését segítő tudásanyag elmélyítése, fejlesztési lehetőségek megalapozása. Az Épületenergetikai Munkacsoportban zajló kutatás célrendszere szerteágazó: a közel nulla fogalomrendszerének életciklus szempontú kiterjesztésétől indul, érinti a fenntarthatósági

indikátorokat, foglalkozik a globális klímaváltozás okozta tervezési alapadatok változásával, nem szokványos megújuló alapú rendszerekkel, városenergetikai, városdiagnosztikai vizsgálatokkal. Az eredmények a szakpolitika számára is hasznos információkat szolgáltatnak és az hozzájárulhatnak az energiahatékony építés elterjedéséhez. Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül bemutatjuk a kutatócsoport néhány eredményét.

Közel nulla épületek definíciója

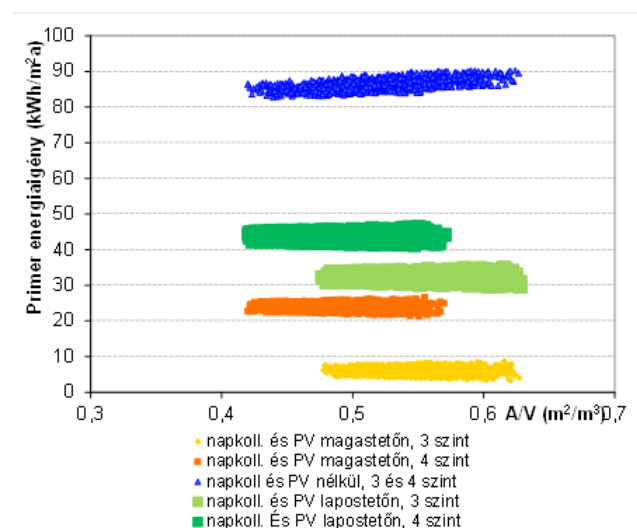
A kutatás a közel nulla energiaigényű épületek pontos meghatározásával foglalkozott. Áttekintettük az Európai Unió más tagállamaiban alkalmazott módszereket és alapelveket, majd elemeztük az EPBD recast irányelvben megadott általános definíció megkérdőjelezhető és tisztázandó pontjait.

Lefektettük a hazai közel nulla épületekre vonatkozó követelményrendszer alapjait és módszertant dolgoztunk ki a követelmény meghatározására. Míg a szakirodalomban a valamilyen szempontok alapján előállított követelményeket jellemzően 1-2 tipikusnak tekintett referenciaépületen validálják, az általunk kidolgozott módszerben a követelményeket egy több ezres nagyságrendű épületminta statisztikai elemzésével állapítjuk meg. Ilyen módon biztosítható, hogy az elemi követelményeknek megfelelő, korszerű épületgépészeti rendszerrel és elvárt megújuló energia hányaddal tervezett épületek döntő hányada megfeleljen a primer energiára vonatkozó követelményeknek is, azaz a követelmény ambíciózus, de reálisan teljesíthető legyen.

Áttekintettük a megújuló energiaforrások alkalmazásának lehetőségeit. Városi környezetben a helyben, illetve közelben elérhető megújuló energia potenciál elsősorban az épületek árnyékoló hatása és a helyhiány miatt korlátozott. Ez vagy enyhébb követelmények

előírásával vagy külső (off-site) megújuló energiaforrások figyelembe vételével oldható fel.

A kutatások során igazoltuk, hogy az energiahatékonyág növelésével a jelenlegi szabályozásokban alkalmazott felület-térfogat arány elveszti jelentőségét, ugyanakkor megnő az adott alapterülethez tartozó benapozott, a napenergia aktív hasznosítására alkalmas tetőfelület szerepe.



Alacsony társasházak teljes primer energiaigénye a felület-térfogat függvényében

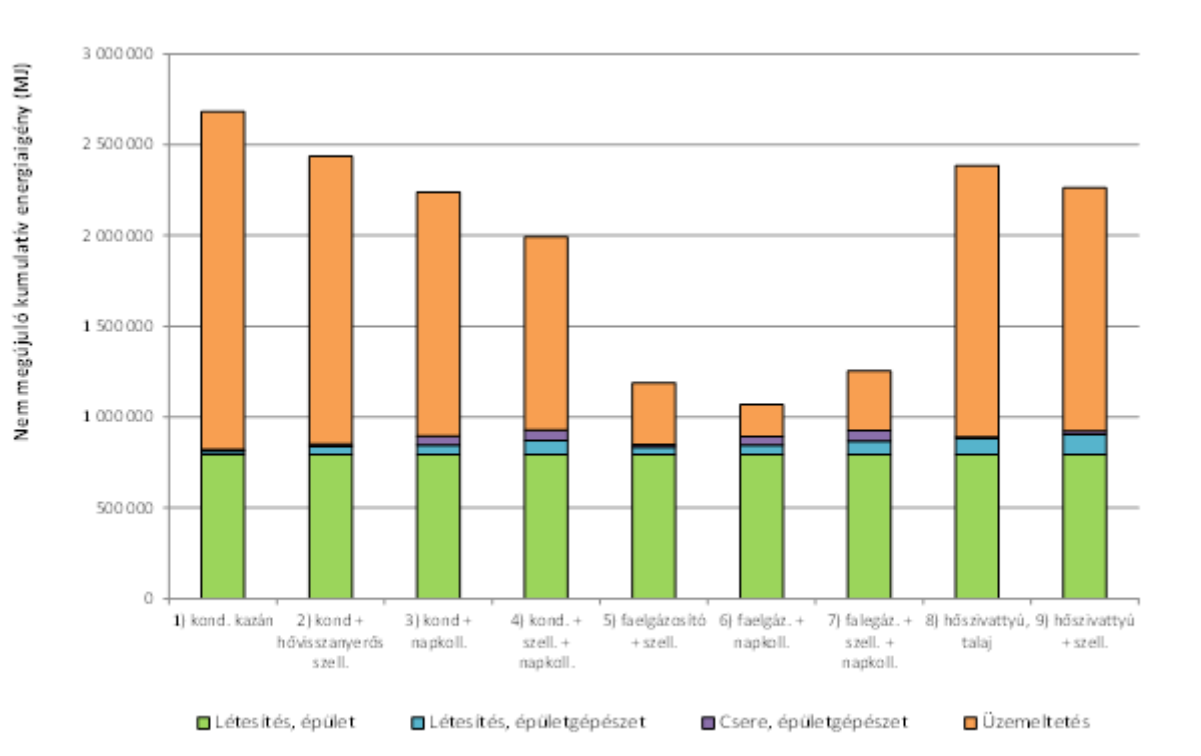


Közel nulla épületek teljes életciklus szemléletű vizsgálata

A közel nulla követelmények meghatározásához használt épületminta egyik kategóriáját, a családi házakat vizsgáltuk a teljes életciklust, azaz a gyártást, karbantartást-cserét, üzemeltetést és bontást figyelembe véve. Ennek első lépéseként megállapítottuk, hogy építészeti eszközökkel (tájolás, üvegezési arány, kompaktság) mintegy 25%-kal lehet befolyásolni a magas energetikai teljesítményű épületek primer energiaigényét. Ennél is nagyobb mértékű csökkenés érhető el megújuló energiaforrások alkalmazásával. Különböző épületgépészeti kombinációkat elemeztünk a 30 évre vetített életciklus költség (globális költség), illetve az életciklushoz kötődő környezeti terhelés (üvegházgázok, savasodást okozó gázok kibocsátása, stb.) szempontjából. A legalacsonyabb értéket a faelgázosító kazán és a használati melegvíz ellátást támogató napkollektoros rendszer esetén értük

el minden vizsgált indikátor kategóriában. A csak fosszilis energiát használó kondenzációs gázkazános rendszer költség szempontjából a középmezőnyben helyezkedett el, de ehhez kapcsolódott a legmagasabb környezetterhelés. A vizsgálatok megmutatták, hogy a költség és a környezeti hatás között diszkrépancia van: közel nulla energiaigényű családi házak esetén a 30 évre vetített költséget tekintve a beruházás a legjelentősebb tétel, míg az energiaköltség csak 6-15% körül van; a környezetterhelést tekintve azonban az üzemeltetéshez kötődő kibocsátások a legtöbb verzióban meghaladták a létesítéssel járó kibocsátásokat.

A kutatás foglalkozott az épület felújítás teljes életciklus alapú optimalizációjával is: a mérnöki gyakorlatban alkalmazott módszerek mellett a heurisztikus optimalizációs eljárásokat is áttekintettük és összehasonlítottuk, esettanulmányokat dolgoztunk ki.



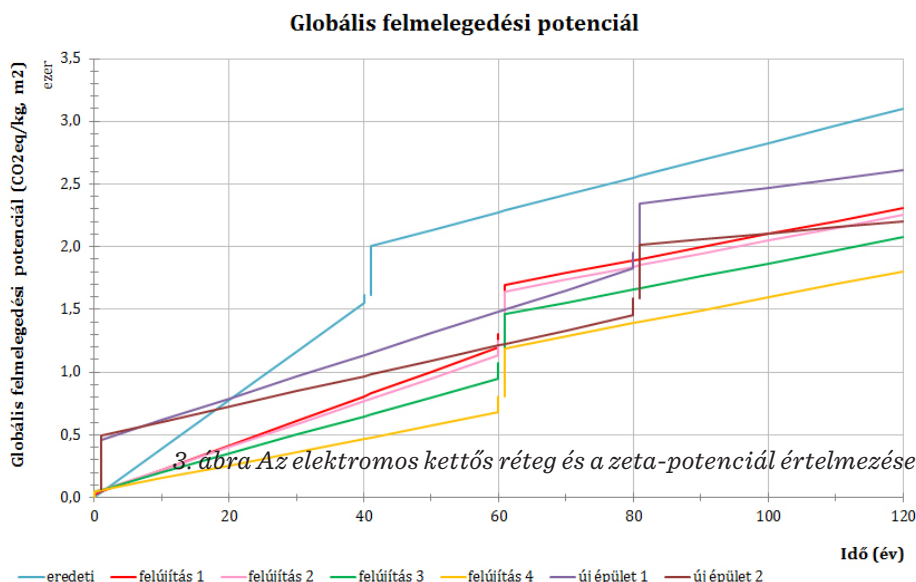
Kétszintes családi ház 30 évre vetített nem megújuló kumulatív energiaigénye különböző épületgépészeti rendszerek esetén (MJ)

Életciklus elemzés új épületekre és mély felújításokra

A kutatás során a hazai meglévő épületállomány jelentős részét alkotó paneles épületeink felújításával elérhető környezetterhelés csökkentési lehetőségeket tárjuk fel az előttünk álló száz éves időtávlatban.

A kidolgozott módszertana életciklus elemzésen alapul, mely leltárba foglalja az épület teljes élettartama során, keletkező környezetterhelést. Meglévő épületeink esetében a felújítás több lehetséges variációjára illetve az esetleges azonnali bontási és új épület építési lehetőségekre

elvégzett életciklus-elemzéssel az egyes scenáriók környezetterhelése összehasonlítható, s az életciklus fázisok jelentősége értékelhető. Feltételezésünk szerint a felújítás eredményeként – elsősorban az utólagos homlokzati hőszigetelésnek köszönhetően – a panelépület élettartama mintegy 20%-kal meghosszabbodik. A kutatás során vizsgált fontosabb indikátorok: globális felmelegedési potenciál, savasodás, ózonréteg bomlása, eutrofizáció, valamint a kumulatív energia-igény.



Az elérhető statisztikai adatok segítségével összeállítottuk a hazai vasbeton szendvicspaneles épületállomány tipológiáját, azok kora, építészeti kialakítása és műszaki jellemzői stb. alapján. S az egyes típusok vizsgálata után az egész épületállomány mitigációs potenciálja megbecsülhetővé válik.

Az életciklus elemzés során elvégzett normalizációs számítások segítségével kiderült, hogy a paneles épületek esetében a legjelentősebb hatáskategória a CO₂-ekvivalens mértékegységben kifejezett globális felmelegedési potenciál, és jelentősnek bizonyult továbbá a savasodási potenciál.

Az alábbiakban ismertetett példán keresztül szemléltetjük a típusépületek globális felmelegedésért felelős

kibocsátásait, az idő függvényében: a grafikon kezdőpontja a döntési időpont, azaz meglévő, hozzávetőlegesen 40 éves 'Kf10' típusú panelépület. Az első néhány év során a felújítás elmaradása, azaz az eredeti állapot fenntartása okozza a legalacsonyabb káros anyag kibocsátást, de ezek után egészen a felújított épület meghosszabbodott élettartamának a végéig, azaz a napjainktól körülbelül 60 éves távlatra tekintve a paneles épület mélyfelújítása válik a leginkább optimális megoldássá. Ezen időpontban – kutatási feltételezésünk alapján – az épületet lebontják és új, alacsony energiafelhasználású épület készül. A „felújítás 4” scenárió lépései: a határoló szerkezetek nagyfokú hőszigetelése és az ablakok cseréje, épületgépészeti felújítással valamint napkollektorok elhelyezésével kiegészítve.

Az ózonréteg károsítása szempontjából hasonló tendenciákat figyeltünk meg, mivel ezen indikátorok tekintetében az épület használati fázisa során bekövetkező kibocsátás a legjelentősebb. Ezzel szemben savasodási-

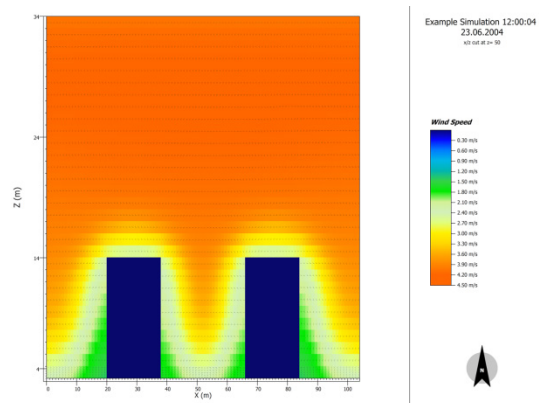
valamint az eutrofizációs környezetterhelés tekintetében az építőanyagok gyártása, valamint az épületek építése számottevő, ezáltal szintén az épület felújítása jár alacsonyabb környezet-terheléssel.

Épületek energiaigényének mérséklése növényzet által módosított mikroklíma révén

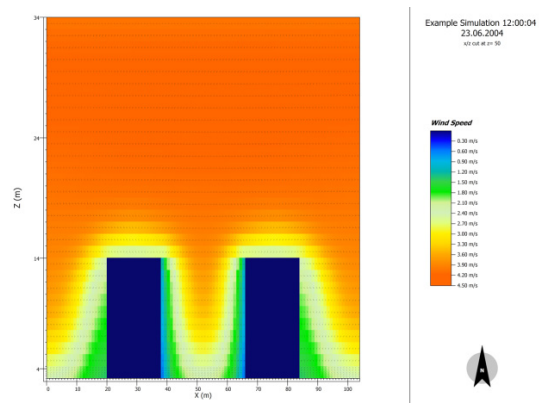
Az elmúlt évek során egyre több figyelmet kaptak a nyári hősokk okozta problémák, melyek a városokban fokozottan jelentek meg. Az elviselhetetlen városi klíma következményeként egyre nagyobb teret hódítanak a légkondicionáló berendezések, melyek jelentősen megnövelik a villamos energia-fogyasztást. Ezzel szemben a városi klíma fenntartható módon történő javítása: azaz a városi zöld infrastruktúra fejlesztése, nemcsak egy költséghatékonyabb megoldás a nyári hőségnapok elviselhetőbbé tételére, hanem egyszerűen számtalan egyéb társadalmi és gazdasági előnnyel is jár. Jelen kutatás célja elsősorban az épületek környezetében megjelenő növényzet energetikai hatásainak vizsgálata.

A vizsgálat éppen ezért a zöldhomlokzat hatásait értékeli városi beépítésben. Egy jellegzetes állapotot tükröző modell többféle változatban került megfigyelésre: mind a zöldhomlokzattal ellátott és zöldhomlokzat nélküli modellt megvizsgáltam a zöldhomlokzattal párhuzamos, és homlokzatra merőleges uralkodó szél esetén is. A vizsgálatok eredménye igazolta azt a sejtést, miszerint zöldhomlokzattal párhuzamos szélirány esetén – habár a zöldhomlokzat előtt, a megváltozott érdesség következtében a szélsebesség lecsökkent – az utca közepén a szélsebesség átlaga megnövekedett. Ezzel szemben homlokzatra merőleges szélirány esetében az utcában tapasztalt szélsebesség alig változott, vagy csökkent. Ez a következtetés két szempontból lényeges. Egyrészt ennek tanulságaként a zöldhomlokzatok helyének körültekintő megválasztásával a városi átszellőzés elősegíthető. Másrészt nem elhanyagolható megemlíteni azt sem, hogy a helyesen telepített zöldhomlokzat, a

szélsebesség-csökkentő hatásnak köszönhetően, télen csökkenti a homlokzatok lehűlését, és ezáltal az energiafelhasználást. Ugyanakkor a nyári állapotot figyelve megállapíthatjuk, hogy az átszellőzés élénkítése javítja a mikroklímát, és a levelek árnyékoló hatásának köszönhetően csökken a falak felmelegedése, ami viszont már a belső téri hőkomfortban okoz pozitív változást.



Légsebesség zöld homlokzattal



Légsebesség zöld homlokzattal

A megújuló energiahordozók fenntarthatósági elemzése

A 2014-2020. időszak fejlesztéspolitikájának egyik kulcskérdése, hogy a megújuló energiaforrások különböző alkalmazása milyen kedvező (esetenként kedvezőtlen) társadalmi, gazdasági, környezeti hatásokra vezetnek.

E hatáselemzés eszköze a fenntarthatósági értékelés, melynek módszertani megalapozása keretében első lépésként meghatároztuk a vizsgált megújuló energiahordozók alkalmazási körét. E lehatárolás során – összhangban Magyarország Megújuló Energia-hasznosítási Cselekvési Tervével – 18 megújuló alkalmazási technológiát határoztunk meg. A egyes megújuló energiahordozók alkalmazási technológiáit egységes módszertani keretek között, teljes életciklusukban vizsgáltuk, azaz – például a biomassza hasznosítás esetében – az energiahordozó előállítását (megtermesztését), szállítását, feldolgozását, hő- és villamosenergiává, közlekedési energiahordozóvá) alakítását, valamint a szükséges épített infrastruktúrát értékeltük. Az értékelés – a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégiával összhangban – 5 fő hatásterületre terjedt ki:

- társadalmi erőforrásokra gyakorolt hatások: melynek körében vizsgáltuk többek között az oktatásra-képzettségre, a társadalmi felzárkóztatásra és a társadalmi különbségek mérséklésre gyakorolt hatásokat,
- emberi erőforrásokra gyakorolt hatások: e vonatkozásban elemeztük az emberi egészségre (pl. zaj,

toxikus anyagok), életminőségre, egyéni és családi jól-létre (pl. lakhatás) gyakorolt hatásokat

- természeti erőforrások igénybevétele: anyag, energia, víz, terület/táj, talaj/termőföld, biológiai erőforrások igénybevételének elemzése, szűkösség/függőség értékelése
- természeti erőforrások terhelése (környezetterhelés): helyi, regionális és globális légszennyező anyagok, víz- és talajszennyező kibocsátások, hulladék stb. kibocsátások értékelése
- gazdasági erőforrásokra gyakorolt hatások: melynek körében többek között vizsgáltuk a foglalkoztatásra, az energia-szegénységre, versenyképességre, innovációra, zöldgazdaság-fejlesztésre gyakorolt hatásokat.

A kutatás módszertani fázisa befejeződött, az elkövetkező hónapokban elvégezzük a fenntarthatósági értékelést. Ennek során a vizsgált 18 megújuló energiahordozó alkalmazásra külön-külön 5 indikátort állítottunk elő, melyek révén összehasonlíthatóvá válik a vizsgált megújuló energiaforrások köre.

Végül javaslatok, ajánlások formájában összegezzük azokat a szakpolitikai javaslatokat, amelyek a megújuló energiahordozókkal kapcsolatos fejlesztések fenntarthatósági vonatkozásait integrálhatja az energiapolitika stratégiai környezetébe.

Fűtési határhőmérséklet és hőfokhíd közel nulla energiafelhasználású épületeknél

A kutatás keretében kiválasztottunk hat olyan felújított panelos lakóépületet, melyeknél eredeti és korszerűsítés utáni fűtési tervdokumentáció és 2006 utáni fogyasztási adat rendelkezésre áll. A vizsgálatot a 2011/12 szezonra korlátoztuk amikor számos hideg nap is volt a szezonban. Részletes vizsgálat alapján meghatároztuk a

HMV víz- és hőfogyasztás alakulását az év során. A vizsgálatok eredményei alapján választ kerestünk arra, hogy a hőszigetelésnek milyen hatása van a fűtési határhőmérsékletre. Ezt összevetettük az elméleti alapon használatos módszer alapján kapott értékekkel és a vártnál sokkal magasabb határhőmérsékleteket tapasztalunk.



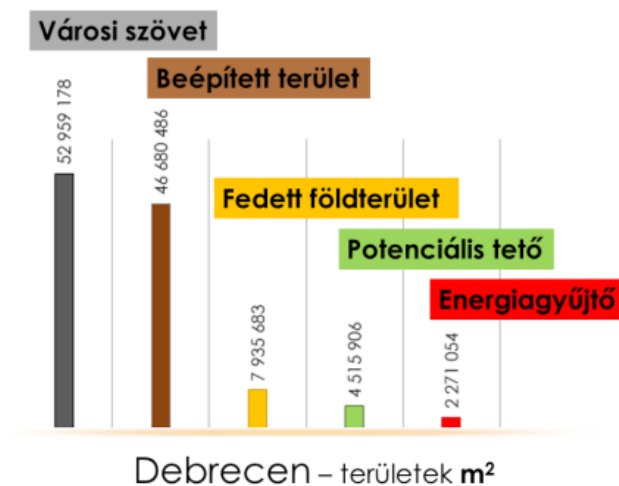
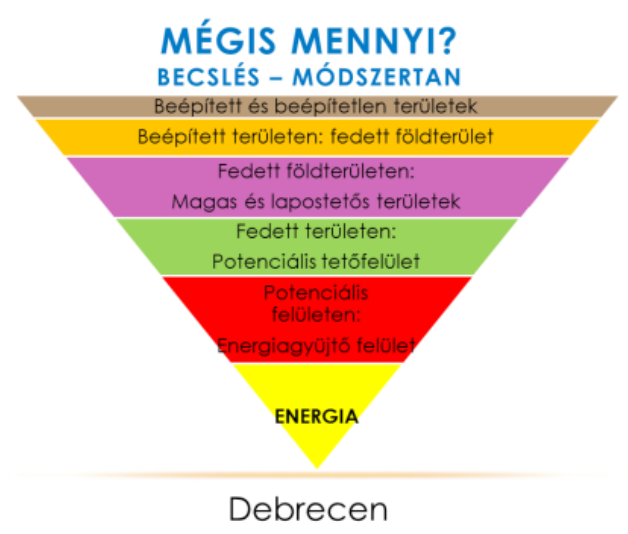
Ennek magyarázata újabb vizsgálatokat igényel. Mindenképpen a fogyasztói szokásokat is elemezni kell. Az eddigi eredmények szerint a hőfogyasztás sem az elméletileg vártak szerint alakul. A vizsgálatot kiterjesztettük két olyan épületre, ahol a HMV hőforrása a távhő mellett napkollektorok voltak. Itt mérve lett a hőszolgáltatótól

igényelt energia is. A továbbiakban, új épületek bevonásával pontosítani kívánjuk a fűtési hőfogyasztás alakulását. Elsősorban napkollektoros épületekre, illetve csak távfűtött (központi HMV nélküli) épületekre gondolunk. A költségszétők szerepét is vizsgálni kívánjuk.

Városi napenergia potenciál

Vizsgálatunk célja egy nagyváros tetőfelületein elhelyezhető szolár panelekkel befogadható energiamennyiség vizsgálata volt. A becslés egy tipikus beépítésű, magyar nagyvárosra, Debrecenre készült. A munka keretében egy számítási módszertan került kidolgozásra felületszámításokkal és potenciál tényező meghatározásával. A metodika alapvetően épülettipológián nyugszik, mely tipológia elsősorban az egyes tetőidom fajtákra fókuszál. A felület meghatározás az egyes épületek által fedett földterületet jelenti, elkülönítve a kötött tetőtájolású magastetős felületeket a lapostetős felületektől. A potenciál tényező több, a napenergia hasznosítást befolyásoló elemet tartalmaz, ilyen például magastetők esetében a tetőtájolás, vagy például egyedi, a vizsgált urbánus környezetre jellemző árnyékoló hatás (Debrecen esetében ilyen a városra jellemző nagy lombkoronájú utcai fasor).

A tanulmány meglepő eredményt adott, miszerint a nagyon nagy kiterjedésű, épületek által fedett területnek csupán 5%-át teszi ki a tetőn potenciálisan elhelyezhető energiagyűjtő felület. Napkollektorral számolva, a „kis méretű” potenciális tetőfelületen azonban éves szinten mégis akkora napenergia mennyiség hasznosítható, amely télen a város teljes lakosságának, nyáron pedig a lakosság akár négyszeresének tudja biztosítani a használati melegvízellátását. Ez azonban nem igaz az egyes épületek szintjén, csak összesítve (feltételezve, hogy egyes épülettípusokban „túltermelés”, máshol „alultermelés” valósul meg). Továbbá azt is ki kell emelnünk, hogy ez a megállapítás csak a Debrecenhez hasonló városi szövettel rendelkező településekre alkalmazható. Természetesen a módszertan alkalmazható más városokra is.



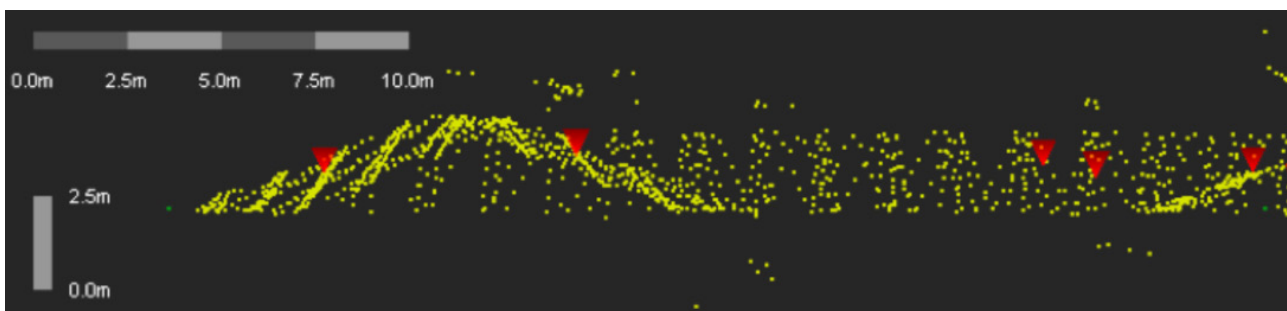
Távérzékelés és városenergetika

A két látszólag távoli szakterület között számos együttműködési lehetőség áll, melyek új távlatokat nyitnak az intelligens településmenedzsment területén. A kutatás során ezen együttműködési lehetőségeket elemeztük.

A korszerű távérzékelési technológiák (műholdas, légi és földi mobil távérzékelés a látható, az infravörös tartományban, lézer szkennelés, hiperspektrális elemzések, pontos GPS alapú pozícionálás) ugyanis új lehetőséget adnak épületeink a korábbiaknál gyorsabb és hatékonyabb diagnosztizálásához.

Az egyik lehetőség a háromdimenziós termikus épületmodellezés. A termovíziós légi- és földi felvételek segítségével az épületek külső határoló felületeinek termovíziós képeiből 3D modell építhető fel, mely

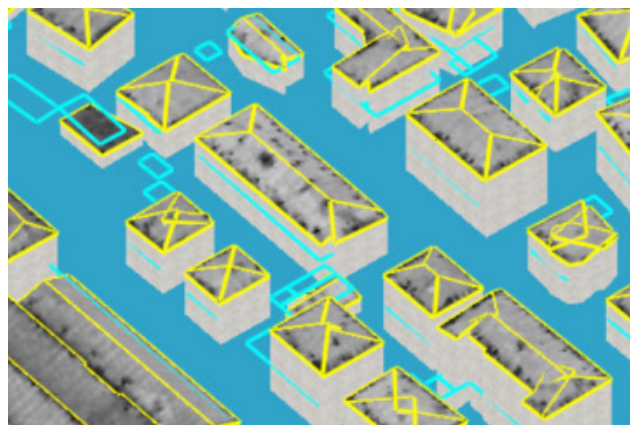
kvantitatív elemzésekre alkalmas, szemben a korábbi, termovízióra jellemző kvalitatív elemzésekkel. A munka során számos probléma merül fel, ami többlépcsős képkorrekciót tesz szükségessé (geometriai torzulások, légköri zavarok, csillapítások). A termokamera LiDAR (Light Detection and Ranging) technológiával kombinálva lehetővé tesz nagy pontosságú 3D épület modellek és adatbázisok létrehozását. Földfelszíni mérésekkel statikus és mobil felmérések végezhető, melyekkel épület homlokzatok hővesztései elemezhető hatékonyan. A mobil mérések különösen érdekesek és újszerűek: a digitális képalkotás, a lézerszkennelés és a pozíciókövető rendszer (georeferencia) összehangolt alkalmazása interfészt teremt a termokamera és más érzékelők között.



A projekt keretében kifejlesztésre került egy mobil homlokzat diagnosztikai berendezés és a hozzá kapcsolódó szoftver, mely az eddigi megoldásokhoz képest lényegesen kisebb méretű és ezért új távlatokat teremt.

A másik lehetséges alkalmazás a 3D városmodellek létrehozása, mely alapja lehet a lehűlő felületek (homlokzatok, tetők, üvegfelületek) és dőlésszögek pontos meghatározásának megkönnyítve ezzel az energetikai auditorok, tanúsítók, tervezők munkáját. Távlatok nyílnak a napenergia potenciál meghatározásában is. Ilyen célú adatgyűjtést és modellalkotást végzünk a Környezeti hatások munkacsoporttal együttműködésben.

Harmadik alkalmazási lehetőségként a városi hősziget hatásának vizsgálatát kell megemlíteni. Az épületek hőleadása, a pontszerű hőforrások



(kémények) a zöldfelületek hatásai, a klímaberendezések kültéri egységei mind hatást gyakorolnak a városklímára, mely hatások pontosabb ismerete fontos az építészeti, épületgépészeti tervezés szempontjából.