

# A háztartások fűtési célú gázfogyasztásának rendszerdinamikai modellezése a földgáz árváltozásának függvényében

**Kiss Tibor**

Pécsi Tudományegyetem

**A földgáz Magyarországon a lakossági szektorban a fűtési célú felhasználás 60%-át teszi ki. A magyar kormány által bevezetett rezsicsökkentés, az energia lakossági árának 20%-os csökkentése különleges lehetőséget nyújt annak vizsgálatára, hogy milyen módon befolyásolja az energiaár csökkentése a háztartások fűtési szokásait és földgázigényüket. Ennek a kérdésnek a szimulálására kifejlesztettünk egy rendszerdinamikai modellt, amely különböző jövedelmi csoportba tartozó háztartások fűtési célú földgáz igényét vizsgálja. A modell figyelembe veszi a külső hőmérsékletet, a különböző épületek hőtechnikai tulajdonságait, s a lakásokban élők elvárásait az ideális és az általuk még megfizethetőnek tartott belső hőmérséklet tekintetében.**

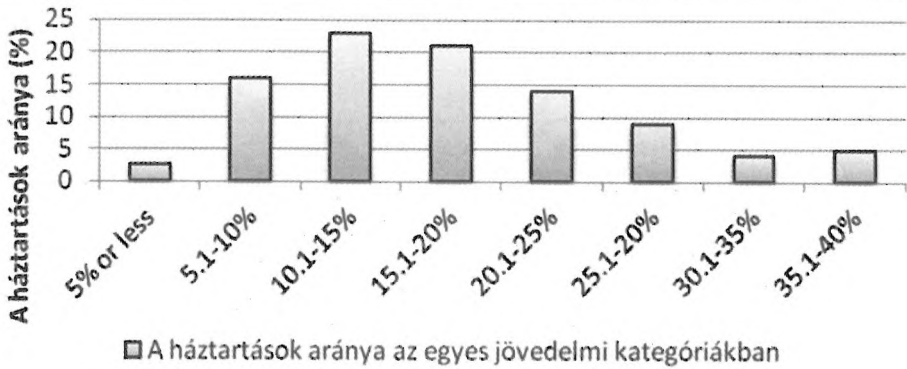
*Kulcsszavak: energia árrugalmasság, rendszerdinamikai modellezés, földgázszektor, fűtési hőigény*

Az energiaár csökkentésének hatásának vizsgálatánál először a feltételrendszer leírására kerül sor. Az épületek energiahatékonysága nagyban meghatározza a fűtési hőigényt, és a rossz energiahatékonyságú épületek elősegítik az energiaszegénységet is. A kutatás tárgyának meghatározását elősegíti az a tény, hogy Magyarország fűtési rendszerei nagyban függenek a földgáztól, és így egy kulcsfontosságú terület vizsgálatához járul hozzá a tanulmány. Ezzel kapcsolatban megvizsgáltuk a földgáz árának alakulását, a földgáz iránti keresletet befolyásoló faktorokat, és a kereslet árrugalmasságát. Az így kialakult-kialakított környezetben vezette be a magyar kormány a rezsicsökkentési programját. A program hatásának vizsgálatához a tanulmány bemutat egy modellt, amely figyelembe veszi és beépíti a háttérkutatások által feltárt legfontosabb faktorokat. Egy-két év múlva rendelkezésre állhat majd olyan mennyiségű és minőségű adat, amely lehetővé teszi a modell megfelelő kalibrálását és validálását.

## FŰTÉSI HŐIGÉNY ÉS AZ ÉPÜLETEK ENERGIAHATÉKONYSÁGA

A fűtési célra szolgáló primer energia iránti igény nem változtatható flexibilisen egy adott épület esetében, hiszen az építéskor beszerelt, vagy a felújításkor kialakított fűtési rendszer és a fűtőberendezés meghatározza a primer energiaszükségletet akár 20-25 évre is, ami az épületek esetében a gépészet cseréjének kívánatos gyakorisága lenne. Magyarországon ez az időszak gyakran ennél hosszabb. Ennek egyik oka a lakások tulajdonosi szerkezete, mert a lakások és családi házak nagy része magántulajdonban van, s a tulajdonosok sokszor nem tudják állni sem a karbantartási, sem a felújítási költségeket. A szegénység aránya Magyarországon egyre nagyobb méreteket ölt. A 2007-től 2009-ig tartó 12%-os arány 2013-ra csaknem 14,5%-ra nőtt (EUROSTAT). A szegénység mellett az országban még nagyobb méreteket ölt az energiaszegény-

1. ábra: A háztartások aránya az egyes jövedelmi kategóriákban



Forrás: Fellegi-Fülöp (2012)

ség. Az 1. ábra azt mutatja meg, hogy a háztartások mintegy 37-40%-a többet költ energiára, mint a bevételének a 20%-a.

Ez az arány azonban semmit sem mond az egyes háztartások által elérhető energiaszolgáltatás minőségéről. Az energiaszegénység ugyanis olyan háztartásokban is jelentkezhet, amelyek a hivatalos statisztika szerint a szegénységi küszöbnél magasabb jövedelemmel rendelkeznek. A fűtés esetében az energiaszegénység azt jelenti, hogy nem tudják biztosítani a megfelelő hőmérsékletet a lakásokban. Ez a hőmérséklet ugyan a család összetételétől függően változik, s Magyarországon sokkal magasabb, mint Németországban, de nagy lehet azoknak a háztartásoknak a száma, ahol a lakószobák hőmérséklete a szubjektív optimum alatt van.

Azt, hogy a magyar háztartások jövedelmi viszonyai nem teszik lehetővé az energiaszolgáltatások teljes körű igénybevételét mutatja az a kimutatás is, ami szerint 2014 júniusában a mintegy 3,2 millió lakossági gázfogyasztó közül több mint 600 ezernek volt hátraléka, ami 42,5 milliárd forintba rúgott, ez a teljes energiafogyasztói díjhátralék 44%-a (NFM 2014).

## FÖLDGÁZRA ALAPOZOTT FŰTÉS MAGYARORSZÁGON

A földgázra alapozott fűtés Magyarországon az 1970-es években kezdődött és erőteljesebb

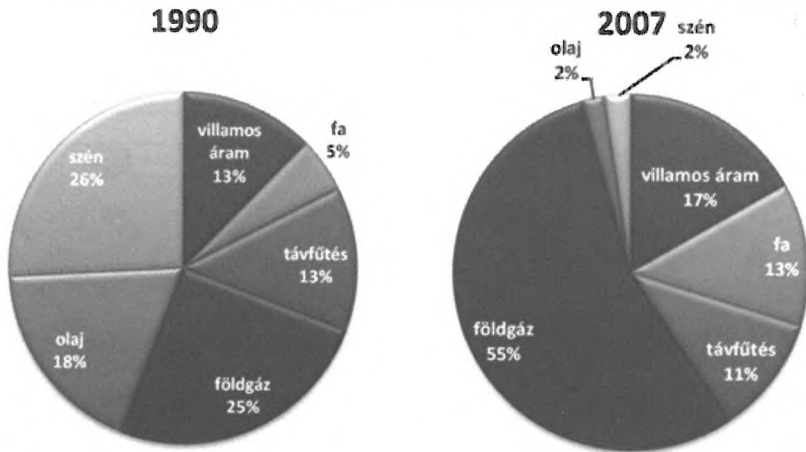
dinamikával a 80-as években folytatódott. A földgáz a Szovjetunióból a Barátság kőolajvezetéken érkezett és abban az időben az energiaárak sokkal alacsonyabbak voltak, mint a világpiacon. A gázfűtés terjedése a rendszerváltás után is folytatódott, elsősorban a privatizált energiavállalatok agresszív marketingkampányának következtében. Az immár államilag szubvencionált olcsó gázár arra indította a településeket, hogy kiépítsék a lokális gázelosztó hálózatokat. Ma Magyarországon a települések 98%-a rendelkezik az országos hálózathoz kapcsolódó gázvezetékkel és a háztartások 55-60%-a fűt földgázzal (2. ábra). Nem csak a családi házak, de a távfűtőrendszerek jelentős része is földgázt használ fűtési célokra.

Magyarország energiatartalékai, illetve a kitermelés mennyisége is relatíve alacsony, a földgáz 80%-a importból származik. Az ország teljes egészében az orosz szállításoktól függ. Ugyan megvan a lehetőség arra, hogy az ország a Nyugat-Európai gázszállító vezetékéből is kapjon földgázt, de ez is többnyire molekulárisan orosz gázt jelent. A földgáz felhasználás egyébként Magyarországon mind az ipari, mind a lakossági szektorban csökken (3. ábra).

## A FÖLDGÁZ ÁRA

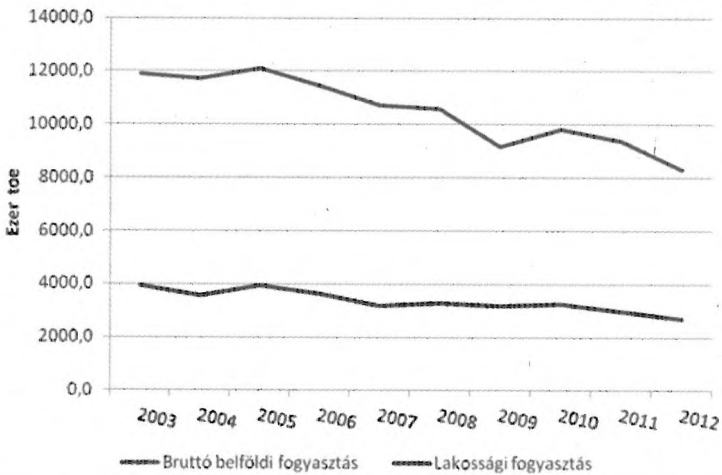
A földgáz ára és a földgázzal kapcsolatos energiabiztonság mindig is fontos politikai téma volt Magyarországon.

2. ábra: A lakossági fűtés primer energiája 1990-ben és 2007-ben



Forrás: Elek (2009)

3. ábra: Végső gázfogyasztás Magyarországon

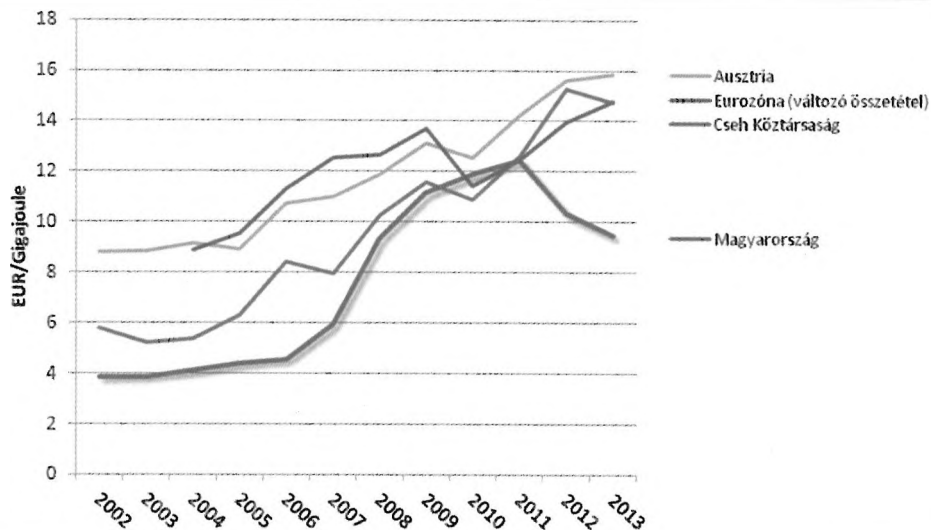


Forrás: EUROSTAT

A lakossági gázárakat az állam mindig támogatta. Sem az 1990-es rendszerváltás, sem a piacgazdaságba történő átmenet nem változtatott a támogatás tényén. A beszerzési árak, amelyeket hosszú távú szerződések szabályoztak, s amelyek a gáz árát hozzákötötték a kőolaj ármozgásához, a világpiacon árak körül, vagy afölött mozogtak. A háztartások által fizetett árakat pedig mesterségesen alacsonyan tartották, a különbséget az adófizetőknek kellett állni.

Az európai és magyar háztartási gázár közötti különbség a 2000-es évek elején 50% volt. A támogatási politikában fordulópontot jelentett a 2005-ös év. A kormány megpróbálta a világpiacon árakat érvényesíteni a lakosság felé úgy, hogy csökkentette a támogatottak körét és a szegények számára kidolgozott egy támogatási rendszert. A magyar földgázárak elérték ennek hatására a 2010-11-es évekre az európai árszintet. A 2010-ben megválasztott új kor-

4. ábra: A lakossági gázárak



Forrás: EUROSTAT

mány a rezsicsökkentést tette meg az egyik fő politikai programjának. A gáz, villamos áram-, víz-, és távhődíjakat, valamint a személyszállítás díját 2013-ban 20%-kal csökkentették. A 4. ábra azt mutatja meg, hogy hogyan alakultak a lakossági földgáz árak Magyarországon, Ausztriában, ahol nem volt támogatás az árakra, illetve Csehországban, ahol az árakat fokozatosan csökkentették.

## A FÖLDGÁZ IRÁNTI KERESLETET BEFOLYÁSOLÓ FAKTOROK

A gáz iránti keresletet befolyásoló faktorok a következők: az aktuális időjárás, az épület és a fűtési rendszer hőtechnikai jellemzői, az árak és a háztartások pénzügyi teljesítő-képessége.

### A gázfogyasztás és a fűtési foknapok

A földgáz iránti kereslet rövid távon Magyarországon az időjárás tényezőktől függ. Az 5. ábra bemutatja a lakossági gázfogyasztást és a fűtési foknapok<sup>1</sup> számát az EROSTAT adatai alapján.

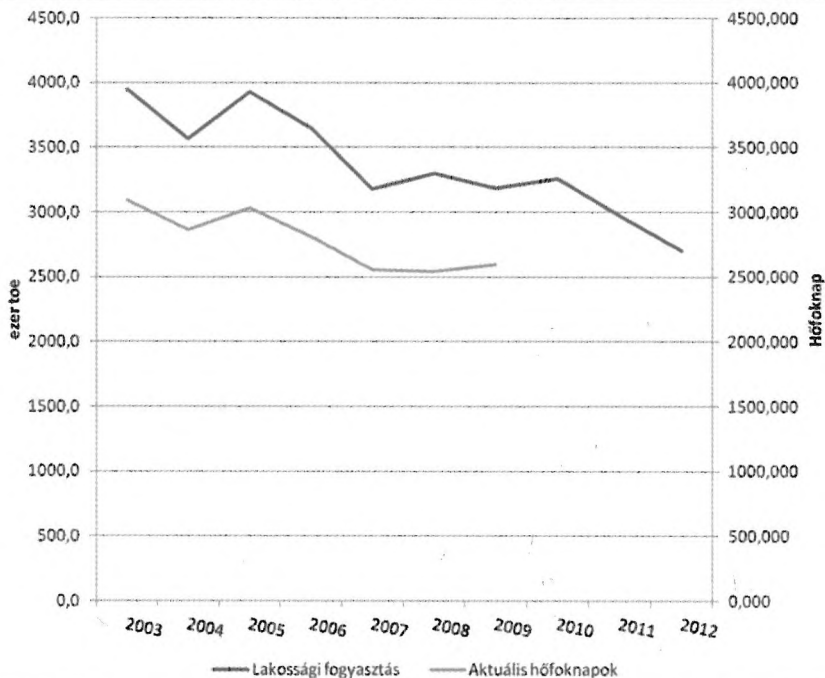
Az EUROSTAT adatai alapján kiszámított korreláció az aktuális fűtési foknapok és a lakossági gázfogyasztás

között 0,74 a teljes időszakra, ami sokkal kisebb, mint azt vártuk. A 2004-2006-ig tartó időszakban, amikor az árakat még szubvencionálták, a korreláció erős, 0,94. A piaci ár bevezetésére hozott intézkedések a korrelációt 0,29%-ra szorították le 2006 és 2009 között. Ez azt jelenti, hogy az időjárás hatását más tényezők kompenzálták. Noha az EROSTAT adatai csak 2009-ig terjednek ki, a klíma Magyarországon is változik, a telek egyre melegebbek lesznek, vagyis a fűtési foknapok csökkenő tendenciát mutatnak.

### Az épületek energiahatékonysága

Az épületek energiahatékonysága Magyarországon gyenge, ami azt jelenti, hogy az energiahatékonysági intézkedések nagyon nagy potenciált jelentenek. Az épületek hőtechnikai felújítása a végső fűtési energia 85%-ának megtakarításához vezethetne, ha a 2010-es évet vesszük bázis évné. Még egy szuboptimális program is 40%-os energiamegtakarást eredményezne (Ürge-Vorsatz 2010). Az energiahatékonysági intézkedésekbe való befektetési hajlandóság nagyon alacsony, mert viszonylagosan alacsony az energiaárak és magasak az építőanyag, a gépészet és az építés költségei.

5. ábra: Lakossági gázfogyasztás és a fűtési foknapok



Forrás: EUROSTAT

Állami támogatás meglehetősen korlátozottan adható az épületek szigetelésére, a fűtési rendszerek cseréjére, a kormányzat eddig csak a panelházakra koncentrált. A szegénységben vagy a szegénység határán élő emberek nem tudják vállalni a támogatáshoz szükséges önrészt és különösen a vidéki területeken nem tudják megoldani a teljes beruházás utófinanszírozását sem.

### A FÖLDGÁZ IRÁNTI KERESLET ÁRRUGALMASSÁGA

Kevés olyan ökonometrikus tanulmányt találunk, ami a lakossági földgázszektorban vizsgálná az ár rugalmasságát. Ezek a tanulmányok rendszerint a jövedelem és a gázkereslet rugalmasságának összefüggéseit vizsgálják. A tanulmány nem tér ki a helyettesítő termékek vizsgálatára, bármilyen fontosak is azok egyéb szempontból (pl. földgáz helyett a káros anyagokat tartalmazó szemét elégetése sokkal károsabb a környezetre). Ezt a tényezőt ugyanis

az árrugalmasság meghatározásakor már figyelembe kellett venni.

Asche et al. (2008) az 1978-2002-ig tartó időszakban a 12EU ország földgáz keresletét vizsgálta. A jövedelem érzékenységet hosszú távon 3,32-re, rövid távon 0,81-re számolta. Az árrugalmasságot 0,1-re kalkulálta hosszú távon, valamint 0,03-ra rövid távon.

Bersten-Madlener (2011) szerint az átlagos jövedelemrugalmasság 0,94, az átlagos árrugalmasság -0,51. Az árrugalmasság azért különbözik ezekben a tanulmányokban, mert más metodológiát követnek, különböző az adatállományokat használnak és más-más régiókra vonatkoznak (Berstein-Griffin 2006). Ezek az eredmények megerősítik azt a széles körben elfogadott nézetet, hogy az energiakereslet relatíve inelasztikus az árakat tekintve.

Egyes országokban találunk olyan lakossági tarifarendszereket is, amelyekben az árak az éves fogyasztás nagyságától függően

változnak. Ez az ökonometriai számításokat még bonyolultabbá teszi, mert a fogyasztók gyakran csak hosszú késéssel reagálnak a változó tarifákra. Bushnell és Mansur [2005] eredményei azt mutatták a San Diegora vonatkozó esettanulmányukban, hogy a fogyasztók nem reagálnak közvetlenül az újonnan bevezetett tarifarendszerre, hanem a legutolsó számlájuk alapján hozzák meg a fogyasztási döntéseiket.

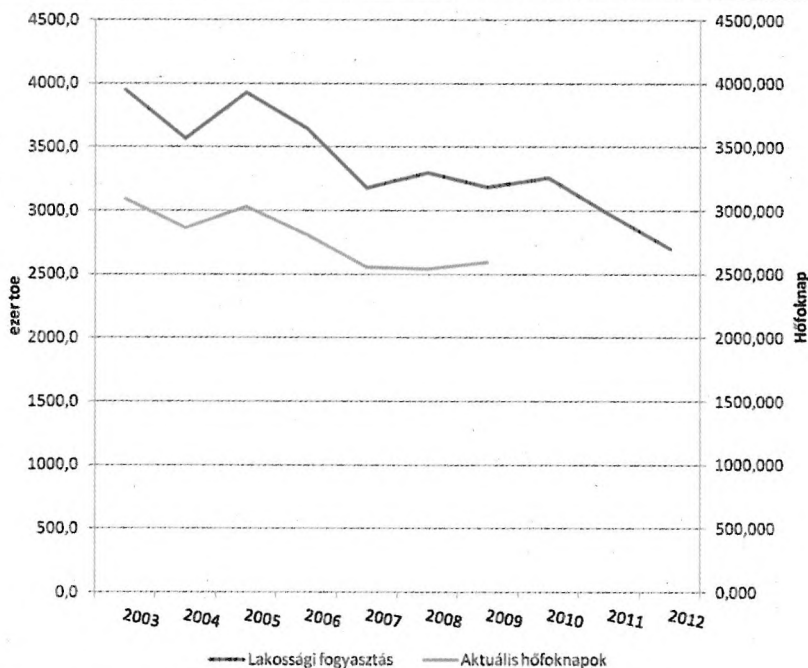
A magyar energiafogyasztás a REKK 2009-es tanulmánya szerint minden szegmensben inelasztikus. A rövid távú ár rugalmasság a lakossági gázfogyasztás esetében 0,08 és 2,1 közé esik. A rövid távú ár rugalmasságot az előző évhez, mint bázishoz viszonyítva csak a következő években figyelhetjük meg: 2003, 2004, 2005 és 2011. A hosszú távú kereslet a 2003-2012-es időszakra vonatkoztatva teljesen rugalmatlan, hiszen az ár rugalmasság mértéke 0,51 (6. ábra).

Összefoglalva: az energiakereslet ár rugalmassága aszimmetrikus, a növekvő árak

hatása erősebb, mint a csökkenő áraké. Ezt kimutatta a TÁRKI vizsgálata a magyar villamosenergia-piac esetében a fogyasztók attitűdjét vizsgálva (TÁRKI 2003). A csökkenő lakossági gázárak rövid távú hatása 2010-től 2011-ig erős korrelációt mutatott, de ez lehetséges, hogy egy egyszeri eset. Azok az adatok, amelyek megmutatnák, hogy ez hogyan alakul a 2010-2011-es években a rezsiszökkentés hatására, csak később lesznek elérhetőek.

Az ár rugalmasság volatilitása és a folyamatos rugalmatlanság azt mutatja, hogy az árak és a kereslet ökonometriai elemzése nem tudja megmagyarázni a lakossági gázkereslet folyamatos csökkenését. Magyarországon senki nem végzett még pontos elemzést a gáz iránti kereslet jövedelmrugalmasságáról. Ennek egyik legfontosabb oka, hogy nincsenek elérhető adatok a gázzal fűtő háztartások jövedelmi adatairól. Az aggregált adatokból kiinduló becslések nagyobb ár rugalmatlanságot

6. ábra: Lakossági gázfogyasztás és a lakossági gázárak Magyarországon



Forrás: EUROSTAT

mutatnak ki a földgáz, mint a villamos áram esetében (TÁRKI 2003).

## **A MAGYAR KORMÁNY ÁLTAL BEVEZETETT REZSICSÖKKENTÉS 2013-2014-BEN**

A magyar energiaárak alacsonyabbak, mint Európában, vagy a környező, energiahorodozókban szintén szegény országokban. A háztartások legnagyobb problémája, hogy nagyon alacsonyak a jövedelmek. Körülbelül 4,3 millió lakosnak, akik a teljes népesség 41%-át teszik ki, 2012-ben alacsonyabb volt a jövedelme, mint a 85 ezer forint körüli havi megélhetési küszöb (KSH). A magyar háztartások által az energiaszolgáltatásokra kifizetett összegek a teljes jövedelemre vonatkoztatva Európában a legmagasabbak közé tartoznak a már említett 20%-kal.

A magyar kormány 2013-ban körülbelül 20%-kal csökkentette a háztartási energia (villamos energia, földgáz, távhő) árát és bejelentette az árcsökkentés harmadik, 6,1%-os fázisát 2014 elején, néhány hónappal a parlamenti választások előtt.

A rezsicsökkentés különleges alkalmat teremt arra, hogy tanulmányozzuk az energiakereslet rövid távú árugalmasságát és az árcsökkentés hatását a fogyasztók viselkedésére a lakossági szektorban. A vizsgálatot megnehezíti, hogy Magyarországon az energiatudatosság meglehetősen alacsony, s az árváltozás hatását csak meglehetősen késéssel lehet érzékelni. A rezsicsökkentést azonban minden média erőteljesen kommunikálta és az a kormányzó párt fő választási ígérete lett a következő szlogenrel: "Védjük meg a rezsicsökkentést!" Ebből az következik, hogy a fogyasztók tudatában vannak az energia árcsökkentésének. Ez a szituáció lehetővé teszi, hogy megvizsgáljuk a háztartások változó – vagy változatlan energiahasználati szokásait a gázfűtés esetében is. Azért választottuk a gázfűtést, mert ebben az esetben lakásonkénti egyedi fűtésről van szó, s a háztartások fogyasztási döntésétől függ a gázfogyasztás mértéke. A távfűtés ezzel szemben egy viszonylag magas összegű alapdíjat tartalmaz, s a

távfűtéses lakásokban lakók csak kisebb mértékben tudják a hőmérséklet változtatásával befolyásolni az energiaszámlájukat. Ez még az egyedi mérőkkel felszerelt lakásokban is így van.

## **AZ ENERGIAÁR CSÖKKENTÉSÉNEK MODELLEZÉSE**

Napjaink klímaváltozással kapcsolatos folyamatai, a fosszilis üzemanyagok mennyiségének csökkenése a politikusok és a kutatók figyelmét már az elmúlt évezredben ráirányította az energia kérdésre. Ennek a folyamatnak az egyik fontos állomása volt az ENSZ által kezdeményezett Kyotó-i protokoll 1998-ban<sup>2</sup>, amely a klímaváltozás hatásainak kezelését, késleltetését volt hivatott keretrendszerbe foglalni.

Az ilyen körülmények között hozott racionális döntésnek az energiaárak emelése tűnik, hiszen a magasabb ár visszaszorítja az energiafelhasználást és az ésszerűsítés, energiahatékonyság erősítése irányában hat. Az energiahatékonyság növekedése azonban piaci viszonyok között az adott energia árának csökkentésével is járhat, ezért találunk a modellezési irodalomban olyan eseteket, amikor az energiaárak csökkentését vizsgálják. Az ilyenkor vizsgálható jelenség az ún. visszapattanó hatás, vagy Jevons-paradoxon, ami azt jelenti, hogy egy erőforráshasználat hatékonyabbá tétele annak fokozottabb felhasználásához vezet (ld. pl. Alcott 2005). Ezt a hatást kimutatták Spanyolországban a vízárak csökkenése kapcsán (Perman et al., 2011 p. 266) input-output modell segítségével. A hatékonyabb vízkezelés következtében csökken a vízdíj, ami a víz többletfelhasználásához vezet. Meg kell jegyezni, hogy a javasolt politika ezzel kapcsolatban az adózás, amely ellensúlyozni tudja a hatékonyabb eljárás következtében olcsóbb vízdíj árát és szinten tartja azt. Így megelőzhetővé válik a felhasználás összmenyiségének a növekedése.

Az input-output modell azonban statikus, és a viszonylag merev szerkezete nem képes pl. az árváltozás

hatásának követésére, így olyan modellezési formát választanak, ahol ez megvalósítható. Az árak változásának hatására alkalmas az input-output modell továbbfejlesztése, a CGE (Computable General Equilibrium) modell, amelyet általánosan használnak is erre a célra (Izd. pl. az Egyesült Királyság által készített kutatási anyagot - HM Treasury - HM Revenue & Customs 2014). A CGE modell azonban – az input-output modellekkel ellentétben – nagyon komplex, és olyan adatigénye van, amelynek a biztosítása a legtöbb esetben nehézségekbe ütközik (Perman et al. 2011). Így egy könnyebben kivitelezhető és mégis megbízható módszertanra esett a választás, a rendszerdinamikai modellezésre. Az így készült modell ismertetésére a következőkben kerül sor.

### A modell célja

A modell célja annak a szimulálása, hogy az energiaár csökkentése hogyan hat a földgázzal fűtő háztartások fűtési szokásaira. A fűtés nagymértékben függ az időjárási viszonyoktól, vagyis a külső hőmérséklettől. A modell éppen ezért a külső hőmérsékleteket is figyelembe veszi, méghozzá valós adatsorokat felhasználva, amelyek a Pécsi Egyetem időjárás állomásáról származnak, s negyed órás bontásban tartalmazzák a külső hőmérsékleti adatokat. A külső hőmérséklet befolyásolja a gázszükségletet és így a fűtési költségeket. A jövedelem nagyságát, a belső hőmérsékletre vonatkozó egyéni preferenciákat és az épületek hőtechnikai viselkedését a modell külső paraméterei között vesszük figyelembe. Az így kifejlesztett modellt használjuk arra, hogy megbecsüljük a lakossági fűtési hőigényt a gázfűtéses lakásokban a növekvő vagy csökkenő árak, a változó jövedelem és a változó időjárás függvényében.

### Módszertan<sup>3</sup>

A modell leírja a háztartások viselkedését a fűtési idényben. Az épületek hőmérsékletét a lakók termosztáttal állítják be. Az egyes háztartásoknak különböző egyéni

preferenciájuk van az optimális belső hőmérsékletet tekintve, illetve ezzel kapcsolatban vannak elvárásaik arról, hogy mekkora lesz a gázszámlájuk. Az épületek hőmérsékletét aszerint állítják be, hogy mekkora az energetikai célra elérhető jövedelemhányad. Ha az elérhető jövedelem kevesebb, mint ami fedezi az optimális hőmérséklethez szükséges energia költségét, a belső hőmérséklet csökkentésre kerül, a termosztáton alacsonyabb hőmérsékletet állítanak be, így csökken a földgáz felhasználása. Ha csökken az ár, akkor az energiára szánt elérhető jövedelem nagyobb gázfelhasználást tesz lehetővé, vagyis elvileg lehetővé válik az optimálisnak tartott belső hőmérséklet elérése, ami a gázfelhasználás növekedésével jár.

A gázfelhasználást így az befolyásolja, hogy milyen hőmérsékletet állít be a háztartás, milyen a külső hőmérséklet és milyen az épület szigetelése.

### A REZSICSÖKKENTÉS DINAMIKUS MODELLE

A modell az AnyLogic 6.9 szoftverrel készült, fő szerkezetét a 7. ábra mutatja be.

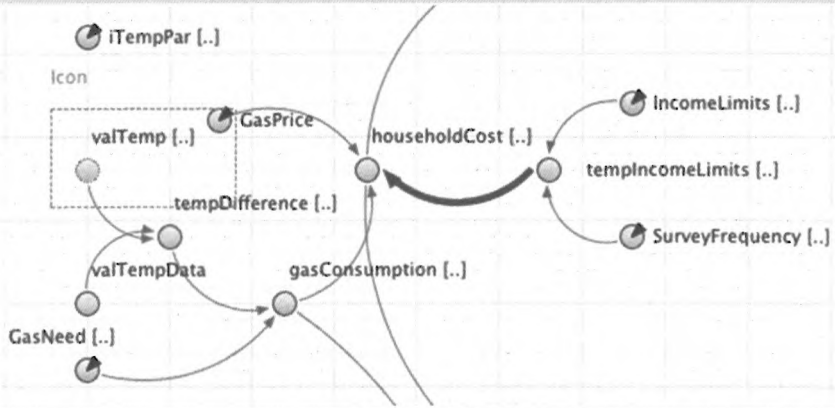
A lakók meghatározzák az ideális hőmérsékletet (iTempPar), ami a szimuláció kezdetén a termosztáton beállított hőmérsékletet jelenti (valTemp). A külső hőmérséklet (valTempData) az a változó, ami a valós pécsi adatokat mutatja 2011 december 1-től. A hőmérsékletkülönbség (tempDifference) mutatja meg a termosztát és a külső hőmérséklet különbségét és meghatározza azt a gázmennyiséget, ami szükséges az épületen belüli megfelelő hőmérséklet fenntartásához. Az egyenlet, amelyet a gázmennyiség meghatározásához használunk a gasConsumption külső változóval, egy előre meghatározott paramétert tartalmaz a különböző épületek gázfogyasztásáról, ez a GasNeed paraméter.

$$GC_i = tempDifference_i * GasNeed \quad (1)$$

A gázfogyasztást besorozzuk a gáz árával (GasPrice), hogy megkapjuk a háztartások gázköltségét (householdCost).

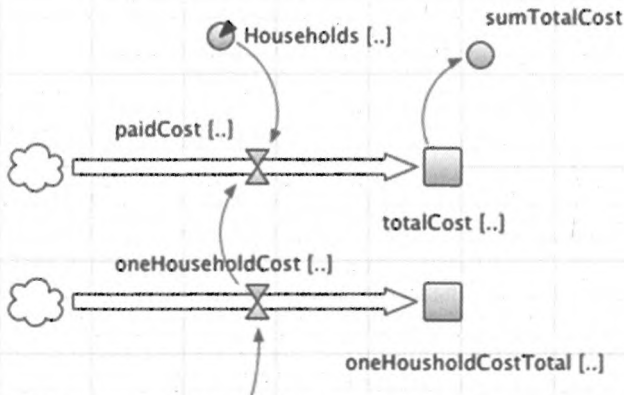


7. ábra: A gázfogyasztás modellje



Forrás: Saját szerkesztés

8. ábra: A költségmodul



Forrás: Saját szerkesztés

Másik oldalról nézve minden háztartás esetében van egy jövedelmi határ (IncomeLimits), ami meghatározza azt az összeget, amelyet a háztartás a gázzámla kifizetésére tud fordítani. Feltételezzük, hogy a háztartások a gázfogyasztásukat egy adott gyakorisággal ellenőrzik (Survey-Frequency). Azt az összeget, amit a megadott időtartamra szánnak, a tempIncomeLimits változó számolja ki.

#### A visszacsatolási mechanizmus

Minden egyes periódusban egy eseménymodult futtatunk le azért, hogy összehasonlítsa az aktuális fogyasztási költségeket (householdCost) az elérhető

pénzbeli fedezettel (tempIncomeLimits) – ezt mutatja a változók közötti vastag vonal. Ha nincs elég pénz a számla kifizetésére, a hőmérsékletet egy fokkal csökkenti a modell. Ha van elég pénz, akkor a modell megvizsgálja a hőmérséklet aktuális állását és ha ez az ideális hőmérsékleti érték alatt van, akkor egy fokkal emeli a termosztáton beállított hőmérsékletet. Ez a kapcsolat így kiegyensúlyozó visszacsatolást jelent.

#### Költségkalkulációk

A modell költségkalkuláció-modulja a háztartások költségeit számolja, ahogy azt a 8. ábra bemutatja.

Először egy háztartás költségeit számolja ki a modell és azt göngyöli (a flow változó a `oneHouseholdCost`; a stock változó a `oneHouseholdCostTotal`). Ezután valamennyi háztartás költségét kiszámolja és összegzi (flow változó a `paidCost`, stock változó a `totalCost`). Miután több kategóriába soroltuk a háztartásokat (lásd később), ezért ily módon összegeztük valamennyi háztartás gázköltségét.

### Gázfogyasztás

A modell kiszámolja és aggregálja a háztartások gázfogyasztását is (9. ábra)

Először egy háztartás gázfogyasztását számolja a modell és azt göngyöli. (Flow változó `oneHouseholdGas`, stock változó `oneHouseholdGasTotal`). A teljes gázfogyasztást az egyes háztartások gázfogyasztásának és háztartások számának szorzataként a `totalGasConsumption` változó adja meg.

### Kategóriák

A modell fenti általános bemutatása csak a főbb szerkezetet mutatta be. Azért hogy pontosabb eredményeket kapjunk, különböző kategóriákat vezettünk be. Ezek a következők:

**Jövedelem:** A háztartások különböző összegeket szánnak a jövedelmüktől függően a gázra. Négy kategóriát különböztettünk meg, ezek természetesen változtathatók a helyi sajátosságoknak meg-

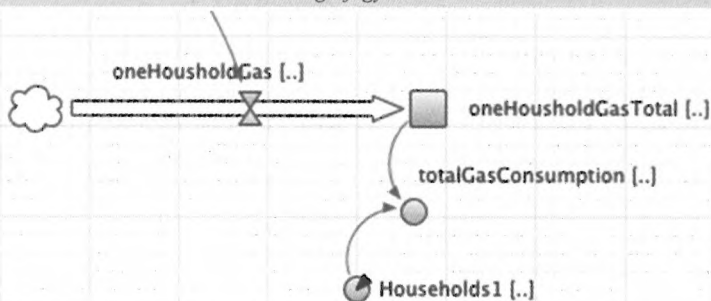
felelően: “Alacsony”, “Közepes”, “Magas” and “Korlátlan”.

**Épülettípusok:** Ez egy nagyon fontos kategória és azt mutatja meg, hogy az épületnek milyen a hőtárolási képessége az építőanyagot, szigetelést, egyéb hőtechnikai jellemzőket illetve a fűtési rendszert tekintve. A kategóriáknál “Rosszul szigetelt” “Átlagosan szigetelt” “Jól szigetelt” – az elnevezésektől függetlenül nem csak a szigetelést vettük figyelembe az épületek fűtési hőigény szerinti kategorizálásánál.

**Ideális hőmérséklet:** Az ideális hőmérséklet az a hőmérséklet, amit a lakók meghatároznak, amire fel szeretnék fűteni a lakásukat, ha megfelelő jövedelem állna rendelkezésükre. Ezek a kategóriák: “Minimum”, “Alacsony”, “Elfogadható”, “Optimális” “Kellemes”, “Meleg”, “Melegebb” és “Túl meleg”. A kategória célja, hogy lefedje a hőmérsékleteket a minimumtól a maximumig. Ebben az esetben 18 és 25°C között állítottuk be a hőmérsékleteket.

A modell kategóriáit különbözőképpen kapcsoltuk össze a változók, paraméterek és külső változók meghatározására. Az egyik példa a háztartások költsége, amit az ideális hőmérséklet, az épülettípus és a jövedelem vektoraként építettünk fel, pontosabban `householdCost[IdealTemp, BuildingType, Income]`.

9. ábra: A gázfogyasztás modul



Forrás: Saját szerkesztés

## Események

A visszacsatolási hurkot események segítségével modelleztük. Ezek az események irányítják azokat a periódusokat, amelyekben a háztartások felülvizsgálják a gázfogyasztásukat, összehasonlítják az adott periódusban elérhető jövedelmet a költségekkel és a termosztáton beállított hőmérsékletet vagy lefelé, vagy felfelé módosítják a körülményeknek megfelelően.

## ÖSSZEFOGLALÁS ÉS TOVÁBBI KUTATÁS

Ebben a tanulmányban kifejlesztettünk egy modellezési keretet a magyar rezsiszökkentés hatásainak tanulmányozására. A rezsiszökkentés a kutatók számára egy egyedülálló lehetőséget ad arra, hogy megvizsgálják a csökkenő energiaárak hatását a lakossági energiakeresletre. Az egyedi gázfűtés által nyújtott energiaszolgáltatás tűnik a legmegfelelőbbnek a vizsgálatra, mert itt meg lehet mutatni az energiaár, jövedelem, kereslet és a külső körülmények, így az időjárás hatását a gázfogyasztásra.

A tanulmányban bemutatunk azokat az adatokat és főbb tényezőket, amelyek befolyásolják a gáz iránti keresletet, s nemzetközi összehasonlításban is elhelyeztük a magyar fűtési célú földgázfelhasználást. Amíg az ország csaknem 55%-a használja a földgázt fűtési célra, miközben a gázt importálni kell Oroszországból, a felhasznált földgáz nagy része nem alakul hasznos energiává, mert az épületek hőtechnikailag elavultak. A gázárak ugyan alacsonyabbak a Nyugat Európában érvényesített áraknál, de a lakosság jövedelmi viszonyai miatt nagyon sokan élnek szegénységben, még többen energiaszegénységben. Ebben a helyzetben az egyik legérdekesebb kérdés a rezsiszökkentés esetében, hogy a rezsiszökkentés miatt fennmaradó jövedelmet a háztartások az energiaszolgáltatások javítására, vagy egyéb kiadásokra fordítják-e. Ennek a tanulmánynak az volt a célja, hogy kidolgozzuk azt a modellezési keretrendszert, amivel vizsgálhatók a változások. A keretrendszer kidolgozásában a legnagyobb

problémát az jelentette, hogy össze kellett kapcsolni az energiaár változásának hatását azokkal a nem gazdasági jellegű faktorokkal, mint hőmérséklet, energiahatékonyság, amelyek befolyásolják a gázfogyasztást a fűtési hőigény kielégítésekor.

A kutatás további részében a modell kalibrálására és validálására kerül sor, ehhez azonban legalább két fűtési idény adataira szükség lesz, hiszen tudjuk az irodalomból, hogy a kereslet elég nagy késésekkel reagál az árcsökkenésre.

## JEGYZETEK

- 1 A fűtési foknap jelentése: A „fűtési foknap” (HDD) az épületek fűtéséhez szükséges energiaigényt mutatja. A napi külső átlaghőmérséklet és az épületben elvárt belső hőmérséklet közötti különbségek összegzésével általában egy éves időtartamra adják meg.
- 2 A protokoll szövegét lsd. pl.: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (letöltve: 2014.10.29)
- 3 “A tanulmány elkészítésében közreműködött a Ferling PR Tanácsadó és Szolgáltató Kft.”

## HIVATKOZÁSOK

- Alcott, Blake 2005 Jevons' paradox Ecological Economics 54 (2005) 9–21
- Asche, F., Nilsen, O.B., Tveteras, R. 2008 Natural gas demand in the European household sector. *The Energy Journal* 29(3): 27–46.
- Bernstein, M.A and Griffin J. 2006 Regional Differences in the Price-Elasticity of Demand for Energy
- Bernstein, R. Madlener, R 2011 Residential Natural Gas Demand Elasticities in OECD Countries: An ARDL Bounds Testing Approach. FCN Working Paper No. 15/2011
- Bushnell, J. and Mansur, E., 2005 'Consumption Under Noisy Price Signals: A Study of Electricity Retail Rate Deregulation in San Diego,' *Journal of Industrial Economics*, 53, pp.493–513.
- Elek, L. 2009 A háztartások energiafogyasztása. Energiaközpont.
- Fellegi, D. Fülöp, O. 2012 SZEGÉNYSÉG VAGY ENERGIASZEGÉNYSÉG? Az energiaszegénység definiálása Európában és Magyarországon. Energiaklub
- HM Treasury - HM Revenue & Customs 2014 - Analysis of the dynamic effects of fuel duty reductions, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/303233/Analysis\\_of\\_the\\_dynamic\\_effects\\_of\\_fuel\\_duty\\_reductions.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/303233/Analysis_of_the_dynamic_effects_of_fuel_duty_reductions.pdf), letöltés: 2014-10-29.

NFM 2014 „Hogyan alakult a díjhátralékos energiafogyasztók aránya az elmúlt időszakban?” PKFI 18789 – t4 / 2014-NFM. <http://www.parlament.hu/irom39/09104/09104-0001.pdf> letöltés 2014-09-29

Perman, Ma, Common, Maddison & Mcgilvray 2011 Natural Resource and Environmental Economics, 4/E, Addison-Wesley

REKK 2009 A HAZAI VÉGSŐ ENERGIAFELHASZNÁLÁS ÉS A VILLAMOSENERGIA-ÁR PROGNÓZISÁNAK ELKÉSZÍTÉSE 2020-IG. [http://www.hiletek.hu/index\\_htm\\_files/meh\\_energiafelhasznalas\\_vearprognozis\\_2020\\_rekk.pdf](http://www.hiletek.hu/index_htm_files/meh_energiafelhasznalas_vearprognozis_2020_rekk.pdf)

TÁRKI 2003 A háztartási villamos energia iránti kereslet ár- és jövedelemrugalmassága. <http://www.mekh.hu/gcpdocs/200309/tarkil.pdf>

Ürge-Vorsatz, D 2010 Employment Impacts of a Large-Scale Deep Building Energy Retrofit Programme in Hungary. <http://zbr.kormany.hu/download/8/82/00000/Study%20Deep%20Building%20Energy%20Retrofit%20Prog.pdf>

### The Effect of Utility Cost Reduction

#### Modelling residential heating demand under energy price fluctuations

Hungarian households spend a significant part, 20% of their income to energy. One of the most important energy services is heating because of the cold winters. The efficiency of primary energy use for heating purposes is very low, 80% of the primary energy could have been spared with proper retrofit. The penetration of natural gas in the residential heating is approximately 60%. 80% of the natural gas will be imported from Russia. The Hungarian government started a utility bill decrease process, cutting the energy bills by 20% in 2013. This provides a unique research option to examine the impact of energy-price decrease on the heating behaviour of households and on the natural gas demand. The system dynamic model simulates the natural-gas demand of households in dependence of the external temperature, the energy efficiency features of the buildings, the income of the household and the subjective expectations of the inhabitants regarding the room-temperature. The model provides a framework for testing energy tariff systems, price incentives and energy efficiency measures.

*Tibor Kiss*