



17th „Building Services, Mechanical and Building Industry days”
International Conference, 13-14 October 2011, Debrecen, Hungary



ÉPÜLETEK LÉGFORGALMA

BAUMANN Mihály, adjunktus

Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar

baumann@pmmk.pte.hu

Kulcsszavak: épület, filtráció, szoftver

Abstract:

Many parameters affect the measure of airflows in the buildings. The driving force of the ventilation are the difference of temperatures, wind effect and pressure difference produced by fan. The connection can be characterized with multiple looped system. For solution of the problem we constructed a piece of software. The paper introduces the structure of the software and the calculation method through an example. The result can be used for the specific the dimensions of natural ventilation, exhaust system as well as modelling chimney failures.

1. Bevezetés

Az épületek energetikai felújítása során legtöbbször a nyílászárók cseréje is megtörténik, ilyenkor tömören záró nyílászárók kerülnek beépítésre. Az elégtelen szellőzés miatti levegő minőség problémáknak látványos következménye a lakások penészesedése. Kémények hibás, életveszélyes működésének is gyakran ezek a problémák állnak a háttérben.

Ennek a felismerésnek kapcsán bízta meg 2010-ben több hazai gázszolgáltató a PTE PMMK Épületgépészeti Tanszékét, hogy végezzen kutatásokat ezen a területen. A kutatási munka kapcsán Dr. Szlivka Ferenc közreműködésével került kifejlesztésre az a módszer, amelynek célja épületek légforgalmának számítással történő modellezése. Ezt az elméleti alapot használta fel a Bausoft Kft. az új méretező programjának elkészítéséhez.

2. Elméleti háttér

A feladat megfogalmazásakor koncentrált paraméterű modellt választottunk. A modell nem foglalkozik a helyiségen belüli áramlásokkal, egy-egy helyiséget úgy kezelünk, mint egy csomópontot, aminek nyomását számítjuk. Az egyes csomópontokat összekötő szakaszok pedig olyan kapcsolatokat írnak le, amely valamely lehetséges áramlási útvonalra jellemző.

Az egyes kapcsolatokat leíró rendszerben kialakuló áramlásokat és nyomásviszonyokat a hurkolt hálózatok módszerével határozzuk meg. A klasszikus Almássy-módszerrel összevetve a módszert az jellemzi, hogy az alkalmazott nyomásesés függvény nem csak a csőhálózatokra jellemző másodfokú parabola, hanem szinte tetszőleges függvény lehet. A megoldás újdonsága, hogy a rendszer nem csak passzív elemeket tartalmazhat, hanem aktív elemeket, ventilátorokat, tüzelőberendezéseket vagy kürtőket is.

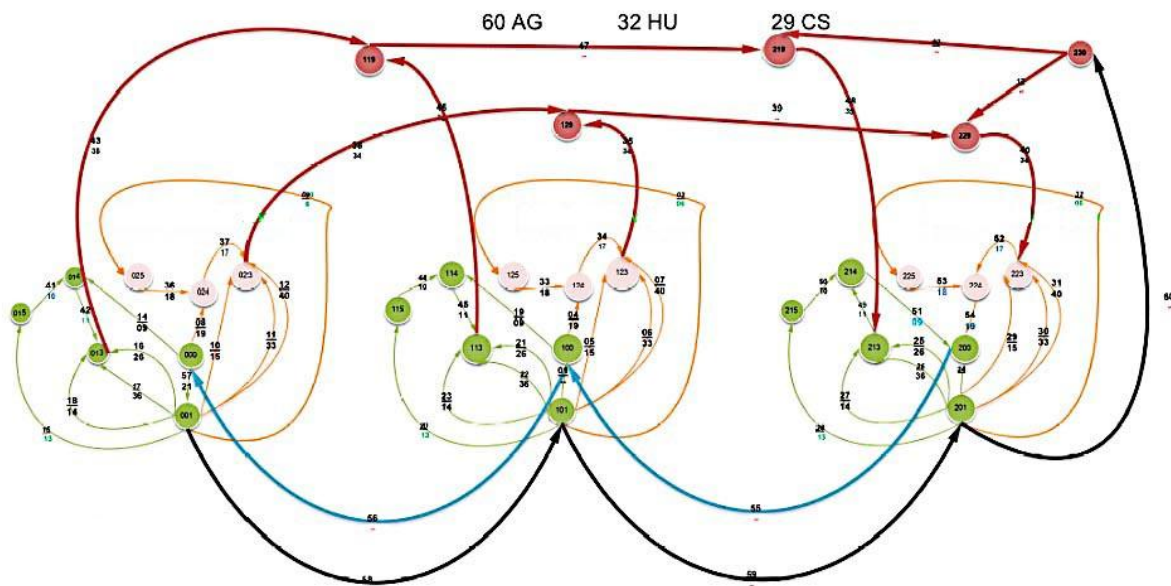
Az így egyszerűnek tűnő modellalkotásról azonban a munka során kiderült, hogy már egészen kis épületméreteknél is nagyszámú kapcsolatról kell beszélni, ha valamennyi nyílászárót, légbevezetőt, kürtőt, kéményt, ventilátort, légszűrőt figyelembe akarunk venni. Az első ellenőrző számításokat az Excel segítségével végeztük, de már 6 lakás esetén kiderült, hogy az a táblázatkezelő program



képességeinek határát súrolja. Szerencsére az elkészült programban nem érezhető ilyen méreteknél korlát.

A kapcsolatok bonyolultságát szemlélteti az 1. ábra, amelyen egy 3 lakásra szűkített modell kapcsolati gráfja látható. Annak ellenére, hogy kisméretű lakásokról van szó, 60 szakaszból, 32 független hurokról és 29 csomópontból kell beszélni.

A megoldáshoz a program előzetesen felveszi az egyes szakaszok ágáramát úgy, hogy a csomóponti törvények teljesüljenek. Ez után, az iteráció során a program az egyes hurkokat körüljárva ellenőrzi, hogy a szakaszok nyomásesését előjelhelyesen összeadva mennyire tér el az összeg a 0 értéktől, mekkora hurokáram korrekció szükséges. Természetesen a korrekciót végrehajtva az más hurkokat is érint, tehát a számítás iterációjának konvergenciája azon múlik, hogy a változtatások stratégiája helyes volt-e.



1. ábra Légforgalom kapcsolati gráf

2.1 Légforgalmat befolyásoló hajtóerők

A modell háromféle hajtóerő hatását képes figyelembe venni:

- termikus felhajtóerő
- szélnyomás
- ventilátorok

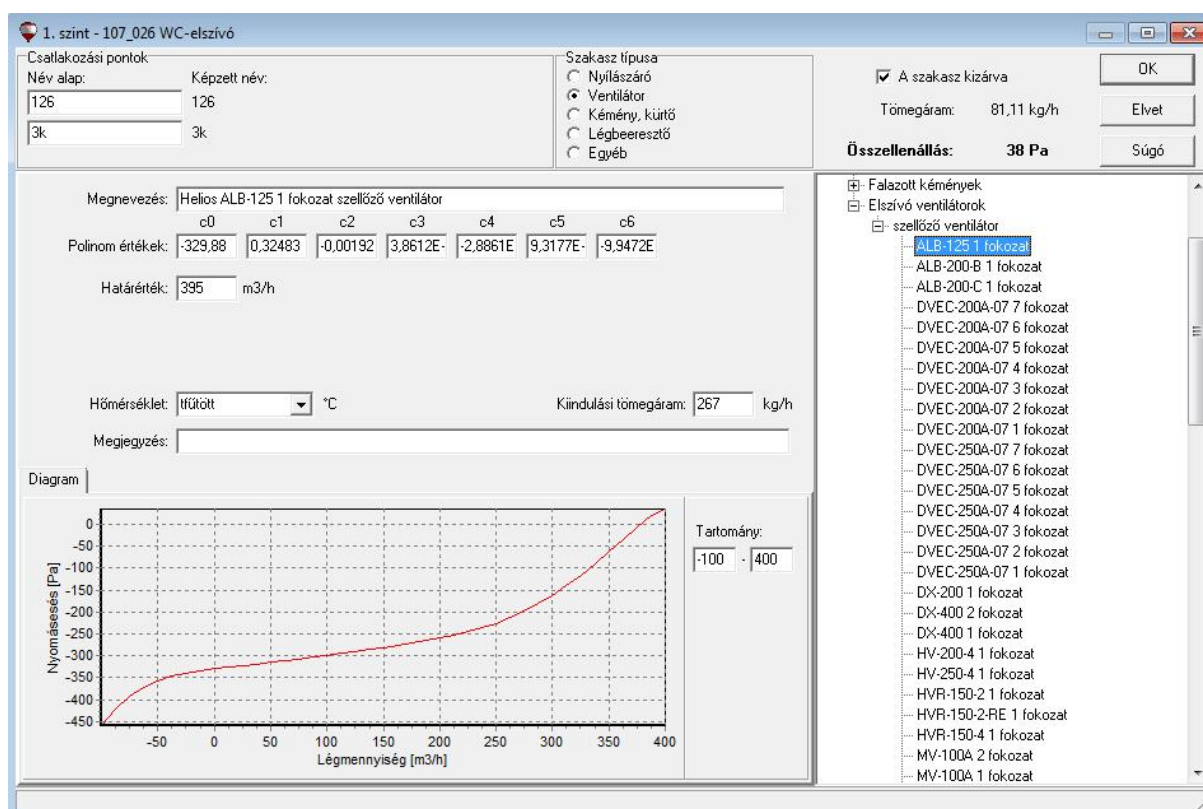
A termikus felhajtóerő számításához a levegő sűrűségét a hőmérséklet függvényében határozza meg a program. A modell felépítésekor a függőleges szinteltéréseket mind az épületen belül, mind az épületen kívül csomópontok felvételével lehet megadni. A hőmérsékletek paraméteresen adhatók meg, hogy a későbbi változtatás minél egyszerűbb legyen.



Termikus felhajtóerőt hozhat létre egy kürtő, vagy egy kémény egyaránt. A huzat mellett az áramlási ellenállásának számítása is elvégezhető. ehhez a keresztmetszet, hosszúság, érdesség adatokra van szükség. A két csomópontot összekötő szakasz állhat több különböző méretű darabból. Ugyancsak kürtőként kezeljük a programban a helyiségeket, vagy akár a külső teret is.

A hajtóerők közt szerepel a szélnyomás is, ami esetenként meghatározó szerepet tölt be a légforgalomban, de a program maga nem képes a kialakuló nyomások számítására. Az épület körül a szél hatására kialakuló nyomásviszonyok meghatározását más eszközzel kell elvégezni, de a külső térben pontokat felvéve, a nyomások megadhatóak, hogy azok hatását az épületen belül figyelembe tudjuk venni.

A ventilátorok szerepe egyre jelentősebb az épületeinkben. A számításhoz a jelleggörbe egy hatodfokú polinom függvényvel adható meg (lásd 2. ábra).



2. ábra Ventilátor adatbevitelére szolgáló képernyő

Mivel a programban lehetőséget kívántunk biztosítani arra is, hogy bármely általános elem kezelhető legyen, ezért a ventilátor jelleggörbe megadásánál a megszokotthoz képest két specialitásra van szükség.

Egyrészt a jelleggörbe x-tengelyre való tükrözése szükséges, tehát a normális működési tartományban a nyomás értékek negatívak, hiszen ennek az elemnek nem ellenállása van, hanem nyomáskülönbséget hoz létre. Másrészt a jelleggörbének a negatív légszállítás tartományban is folytatódnia kell, hogy az iteráció során ne lépjenek fel problémák.



Amennyiben ventilátorral ellátott tüzelőberendezést kell modellezni, azt ugyancsak ilyen módon lehet feldolgozni.

2.2 Passzív elemek

A passzív elemek közé tartoznak mindazok a szerkezetek, amelyek áramlási ellenállásukkal befolyásolják az eredményt. A program 3 féle típust kezel ebből a szempontból:

- nyílászárók
- légbeeresztők
- légszűrők, légrácsok

A nyílászárók réseiben való légáramlás jellemzésére a réstényező és réshosszúság használható. Ezek felhasználásával a térfogatáram számításra szolgáló összefüggés:

$$\dot{V} = a \cdot l \cdot \sqrt[3]{\Delta p^2} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (1)$$

ahol:

- a a nyílászáró réstényezője, $\text{m}^3/\text{mhPa}^{2/3}$
l a rés hossza, m
 Δp a nyomáskülönbség, Pa

Gondot jelent, hogy a réstényező értékeire kevés irodalmi adat áll rendelkezésre. Szükséges lenne, hogy a jövőben ezen a területen is történjenek előrelépések, mérések.

A légbeeresztők feldolgozása a ventilátorokhoz hasonlóan, a gyártói adatokra illesztett polinom függvénnyel történhet.

A légszűrők, légrácsok adatmegadása ugyanúgy történik, mint a kürtők esetében, ha ezeknél van szintkülönbség, akkor egyúttal a felhajtóerő is figyelembe vehető.

3. Számítási eredmények megjelenítése

Az adatbevitel során nem kell a kapcsolatokat ábrázolni, csupán az egyes lehetséges útvonalakat kell, mint szakaszokat megadni az előbbieken ismertetett információkkal. A program feladata a kapcsolati mátrix felépítése és az iterációs számítások elvégzése.

A 3. ábra mutatja be a számítási eredmények táblázatos formában való megjelenítését. A táblázatos megoldás azért szerencsés, mert sok szakasz eredményét lehet könnyen áttekinteni, jó ez az összehasonlítások szempontjából is.



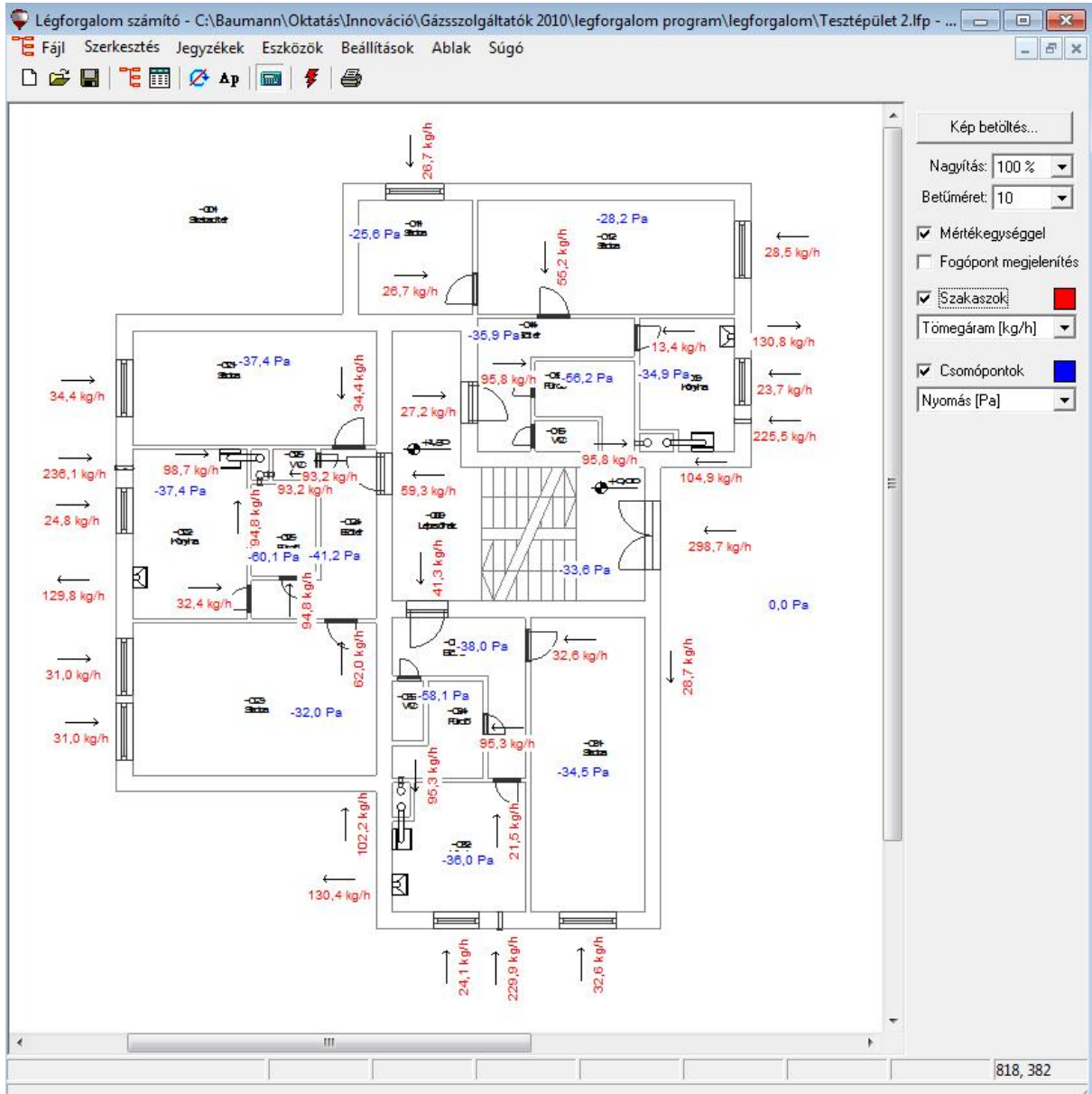
Szakasz jele	Megjegyzés	Csatlakozási pontok	Típusa	V [m ³ /h]	m [kg/h]	ΣΔp [Pa]	t [°C]	Nyitott
0. szint kültér-1.szint kültér	001-101	001-101	Kürtő, kémény	-626,1	-855,9	40,23	-15	-
001_011 Szoba ablak	011-001	011-001	Nyílászáró	-19,5	-26,7	-25,58	-15	-
002_012-011 Szoba-Szoba ajtó	011-012	011-012	Nyílászáró	22,4	26,7	2,61	20	-
003_012-014 Előtér-Szoba ajtó	012-014	012-014	Nyílászáró	46,2	55,2	7,76	20	-
004_012 Szoba ablak	012-001	012-001	Nyílászáró	-20,8	-28,5	-28,19	-15	-
005_021 Szoba ablak	021-001	021-001	Nyílászáró	-25,2	-34,4	-37,39	-15	-
006_025 Fürdő elszívó	025-3k	025-3k	Ventilátor	79,4	94,8	80,71	20	-
007_026 WC-elszívó	026-3k	026-3k	Ventilátor	78,1	93,2	74,86	20	-
008_024-021 Előtér-szoba ajtó	024-021	024-021	Nyílászáró	-28,8	-34,4	-3,82	20	-
009_014-000 Előtér-lépcsőház ajtó	000-014	000-014	Nyílászáró	22,8	27,2	2,38	20	-
0-1 közt 1. kémény	01k-11k	01k-11k	Kürtő, kémény	111,6	104,9	27,75	100	-
0-1 közt 2. kémény	02k-12k	02k-12k	Kürtő, kémény	105,0	98,7	27,88	100	-
0-1 közt 3. kémény	03k-13k	03k-13k	Kürtő, kémény	108,7	102,2	27,90	100	-
0-1 szint lépcsőház	000-100	000-100	Kürtő, kémény	143,2	171,0	35,13	20	-
010_015-014 Fürdő-előtér ajtó	015-014	015-014	Nyílászáró	-80,3	-95,8	-20,26	20	-
011_014-013 Előtér-konyha ajtó	013-014	013-014	Nyílászáró	11,2	13,4	1,01	20	-
013_015 Fürdő elszívó	015-3k	015-3k	Ventilátor	80,3	95,8	84,60	20	-
014_013 Konyha ablak	013-001	013-001	Nyílászáró	-17,3	-23,7	-34,94	-15	-
015_022 Konyha ablak	022-001	022-001	Nyílászáró	-18,1	-24,8	-37,44	-15	-
016_024-026 Előtér-WC ajtó	024-026	024-026	Nyílászáró	78,1	93,2	24,73	20	-
017_024-022 Előtér-konyha ajtó	024-022	024-022	Nyílászáró	-27,1	-32,4	-3,77	20	-
018_025-024 Fürdő-előtér ajtó	025-024	025-024	Nyílászáró	-79,4	-94,8	-18,88	20	-
019_024-000 Előtér-lépcsőház ajtó	000-024	000-024	Nyílászáró	49,7	59,3	7,64	20	-
020_033-000 Előtér-lépcsőház ajtó	000-033	000-033	Nyílászáró	34,6	41,3	4,44	20	-

3. ábra Számítási eredmények táblázata

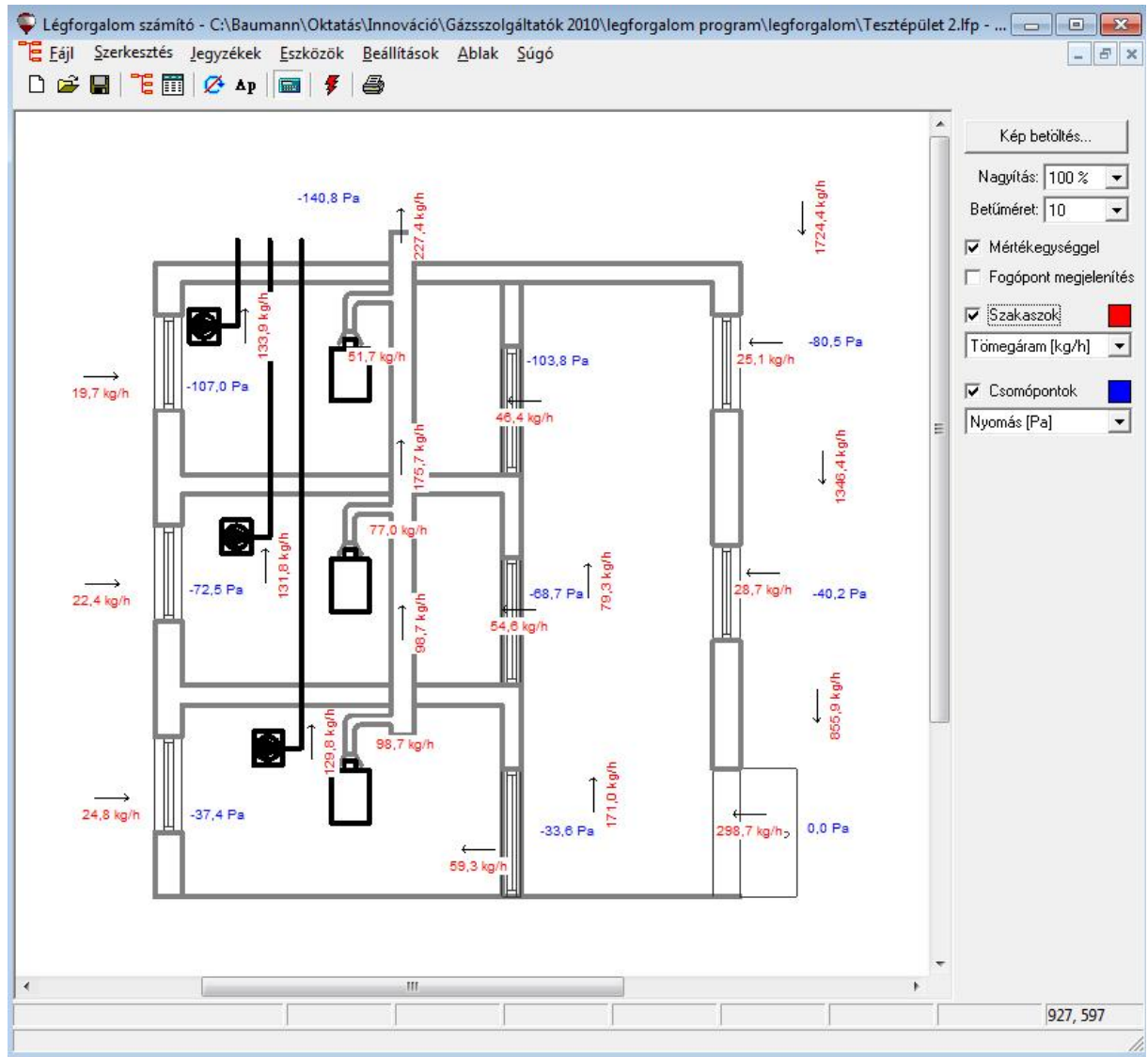
Nagy hátránya azonban ennek a fajta megjelenítésnek, hogy nehéz az egyes információkat az épülettel összekapcsolni. Különösen nehéz az eredmények prezentálása egy kívülálló számára. Ez utóbbi megkönnyítésére készült egy másik megjelenítési forma is, a számítási eredmények egy képen is elhelyezhetőek.

A 4. ábra egy alaprajzot, az 5. ábra pedig egy metszetet mutat be. Mindkettőre felkerültek a számítási eredmények. Háttérként bármilyen WMF vagy JPG formátumú kép felhasználható. Ezt a programba beemelve a számítási eredmények bármelyikét el lehet helyezni a kép felületén, ahhoz szín rendelhető, nyíl kapcsolható, illetve a szöveg elforgatható.

A szövegek helyének ilyen módon való rögzítése után ez a képernyő felhasználható az eredmények megjelenítésére. Ez tehát azzal az előnnyel jár együtt, hogy az aktualizált eredmények jól érhető módon tekinthetők át. Nagyon megkönnyíti ez a megoldás a dokumentálást is, különösen olyankor, amikor több számítási variációt kell megvizsgálni.



4. ábra Számítási eredmények az alaprajzon



5. ábra Számítási eredmények egy metszeten

3.1 Számítási variációk

A feladat jellege megköveteli, hogy könnyen lehessen különböző számítási variációkat megvizsgálni a számítás során. A programban ezért különböző paramétereket egy-egy üzemállapothoz rögzíteni lehet.

Az üzemállapotok definiálásakor az alábbi beállítások végezhetőek el:

- **Hőmérsékletek változtatása:** A programban paraméteresen szerepelnek a hőmérsékletek, például elegendő egy helyen a vizsgálatnál előírt külső léghőmérsékletet, vagy az égéstermék hőmérsékletét megváltoztatni, az összes érintett helyen az így beállított értékkel kerülnek alkalmazásra.



- **Szakaszok kizárása:** A szakaszok kizárására azért lehet szükség, mert olyan üzemállapotot kell megvizsgálni, amelynél azt tételezzük fel, hogy egy adott ventilátor nem üzemel. Ilyenkor az érintett áramlási útvonal kizárható a számításból.
- **Nyílászárók kinyitása:** A számítási eredményeket adott esetben gyökeresen megváltoztatja az a körülmény, hogy egy adott nyílászáró nyitott vagy zárt állapotát tételezzük fel. Kapcsolókkal jelezhető, mely nyílászárókat kell a nyitott állapothoz tartozó paraméterekkel számítani.

Az egyes üzemállapotokhoz tartozó beállítások eltárolhatók, így ismételten beállíthatók. Másolhatóak is, hogy egy további üzemállapot beállítása minél egyszerűbben elvégezhető legyen.

4. Program alkalmazhatósága

Összefoglalásként nézzük meg, melyek azok a feladatok, amelyeknek elvégzéséhez segítséget nyújthat a program:

- **Helyiségek légcseréjének ellenőrzése:** Erre a feladatra azért lehet szükség, hogy égéstermék elvezetés nélküli tüzelőberendezések felállítási helyiségének szellőzését, az égéstermék hígulását ellenőrizni lehessen. Hasonló feladat lehet lakóterek, nagyobb létszámok tartózkodására szolgáló helyiségek légcseréjének ellenőrzése. Ebbe az utóbbi feladatba a központi elszívással és légbevezetőkkel való friss levegő utánpótlással megvalósított rendszerek ellenőrzése is beletartozhat.
- **Gravitációs szellőzések méretezése:** Egyszerűbb szituációkban akár egy gravitációs szellőzőkürtő működése, akár egymással légtérkapcsolatban levő helyiségek összeszellőztetése ellenőrizhető. Elképzelhetőnek tartom azonban azt is, hogy nagyobb csarnokok gravitációs szellőzésének ellenőrzésére használható a program.
- **Kémények működésének ellenőrzése:** A B-típusú, atmoszférikus égővel felszerelt tüzelőberendezések égéstermék elvezetése nagyon érzékeny rendszer. Más berendezések, a külső hőmérséklet vagy a szél hatása ellenőrizhető ilyen módon. Különösen érdekes lehet a probléma gyűjtőkémények esetén. Balesetek szakértői vizsgálata során készülhetnek olyan háttérszámítások, amelyek a baleset okaira rávilágítanak.
- **Épületek hő- és füstvédelme:** Bonyolultabb légtérkapcsolatokkal rendelkező épületeknél ellenőrizhető, illetve igazolható a tervezett rendszer üzemszerű működése.

5. Összefoglalás

Az új program piacra kerüléséig még számos feladatot meg kell oldani. Ezek elsősorban tesztek, amelyek nem csak azt a célt szolgálják, hogy a számítások helyességét ellenőrizzük, hanem a használat során szerzett tapasztalatok és ötletek szoftverbe való beépítését is meg kívánjuk tenni. A könnyű, felhasználóbarát alkalmazhatóság alapvető feltétel, hogy megfelelően feltöltött adatbázisok álljanak rendelkezésre.

Mivel az eddigi tesztszámításokkal is már több érdekes eredményt sikerült produkálni, ezért nagyon bizakodóak vagyunk a jövőt tekintve.