

SZAKDOLGOZAT

Szabó Viktor

2024

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Épületgépészet specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Szabó Viktor (D2FN5D)

részére

A szakdolgozat címe:

Energiafelhasználás, energiatakarékosság és környezetvédelem
passzívházak vonatkozásában

Feladatkiírás:

Elemesse a témához tartozó szakirodalmakat, és Magyarország hőellátás helyzetét.
Számítsa ki a családi ház fűtési hőigényét, méretezze a fűtési rendszereket


Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Belső konzulens: dr. Hermanucz Péter, egyetemi tanársegéd, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: 2024.04.29.


Kelt: 2024.02.08.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt:

(külső konzulens)

¹ A megfelelő képzési szint meghagyandó, a másik törlendő.

² A megfelelő dolgozat típus meghagyandó, a másik törlendő.



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Intézet
alapképzési gépészmérnöki szak**

**Energiafelhasználás, energiatakarékosság és környezetvédelem
passzívházak vonatkozásában**

Belső konzulens: Hermanucz Péter

**Belső konzulens
intézete/tanszéke: Műszaki Intézet**

Készítette: Szabó Viktor

**MATE Gépészmérnöki Kar
2024**

Tartalomjegyzék

1.	1	
2.	3	
2.1.	A lakossági hőenergiaellátás helyzete Magyarországon	3
2.2	Épületek energetikai jellemzői	10
2.2.1	Energetikai tanúsítás	11
2.2.2	Közel nulla energiaigényű épületek és passzívházak	14
3.	16	
3.1	A hőátbocsátási tényező számítása	17
3.2	Hővezetési tényező	18
3.2.1	193.3	A hőátbocsátási tényező korrekciója
	19	
3.4	Talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségének számítása	20
3.4.1.	<i>A talaj hőtechnikai jellemzői</i>	20
3.4.1.	<i>Talajon fekvő padló</i>	21
3.5	A csatlakozási hőhidak hatása	22
3.5.1	24	
3.5.1.1.	Terepszint közelében vagy felett fekvő padló	24
3.6	Transzmissziós hőátvitel	25
3.7	. Hőátvitel szellőzéssel	26
3.8	Szellőzési hőátvitel	27
	A szellőzési hőátviteli tényező alapján számítható a szellőzési hőátvitel érezhető hányada. A szellőzési hőátvitelt meg kell határozni minden egyes zónára és minden hónapra.	27
3.9	. Szoláris hőnyereségek	28
3.9.1	28	
3.10	Belső hőnyereségek	29
4. Fűtési rendszer méretezése		30
4.1	Radiátorok kiválasztása	30
4.2	Csővezetékek méretezése	31
4.3	Szivattyúválasztás, beszabályozás	34
4.3.1	<i>A szivattyú kiválasztása</i>	34
4.3.2	<i>Fojtások kiszámítása</i>	35
5. Családi ház fűtési hőigényének számítása		37
3.11	Az épület jellemzői	37
5.2	A számítás menete	44
5.2.1	<i>A garázs, mint fűtetlen tér</i>	44
5.2.3	<i>Számítás egy konkrét helyiségre</i>	45
6. Összegzés		50

Forrásjegyzék	51
Táblázatjegyzék	53
Ábra és képjegyzék	64

1. Bevezetés

A modern társadalom számára, az energiahordozók drágulása és a klímaválság szorításában az energiahatékonyság és a fenntarthatóság iránti igény egyre fontosabbá válik. Ez sürgetővé teszi az épületek energiafogyasztásának csökkentését és az optimális fűtési rendszerek kialakítását. Magyarországon a probléma különösen aktuális, a lakóépületek fűtési energiaigénye kifejezetten magas, a lakásállomány nagy része felújításra szorul.

Az épületek fűtési hőigényének meghatározása kulcsfontosságú lépés ebben a folyamatban, mert lehetővé teszi számunkra, hogy hatékonyan tervezzünk és üzemeltessünk energiatakarékos fűtési rendszereket. [52.] Kiszámítása az épület jellemzői, az ott lakók viselkedése és az éghajlati tényezők figyelembevételével történik. A fűtési hőigény ismerete lehetővé teszi számunkra, hogy célzottan tervezhessük meg az épület fűtési rendszerét, optimalizáljuk az energiafelhasználást és hozzájáruljunk a fenntartható építészeti megoldások elterjedéséhez. Jelen dolgozat témája a fűtési hőigény kiszámításának és a fűtési rendszerek tervezésének módja, alapvető elméleti háttere, illetve a számítás elvégzése egy konkrét családi házra.

Az épületek fűtési hőigényének kiszámítása többféle tényező összetett elemzésén alapul. Az egyik alapvető faktor az épület hőtechnikai jellemzőinek megértése és értékelése. Ezek magukban foglalják az épület szerkezeti felépítését, az ablakok típusát és minőségét, az szigetelőanyagokat, valamint az ajtók és falak hőátbocsátási tényezőit. Ezek az adatok alapvetőek a fűtési hőigény meghatározásában, mivel az épület hővesztesége nagyban függ ezektől a paramétereiktől.

Emellett fontos figyelembe venni az ott lakók viselkedését és szokásait. Például egy nagyobb család több hőt generálhat azáltal, hogy többet használja a melegvíz-fogyasztást és több időt tölt otthon, ami növeli az összesített hőigényt. Ezen túlmenően az éghajlati tényezők is jelentős hatással vannak az épület fűtési hőigényére. Noha Magyarország egyes területeinek éghajlata hasonló, az éves átlaghőmérséklet, valamint a leghidegebb várható téli hőmérséklet nem teljesen azonos, ami különböző hőigényeket eredményezhet az egyes épületek esetében.

A fűtési hőigény kiszámítása egy komplex folyamat, amelynek során többféle számítási módszert alkalmazhatunk. Ezek közé tartoznak az analitikus modellek, a dinamikus szimulációk és a mesterséges intelligencia alapú prognosztikai modellek. Mindezek célja, hogy

pontosan meghatározzák az épület fűtési igényét és lehetővé teszik a hatékony fűtési rendszerek tervezését és üzemeltetését.

A továbbiakban a dolgozat bemutatja ezeket a számítási módszereket, azok elméleti háttérét és alkalmazását egy konkrét családi ház példáján keresztül. A cél az, hogy áttekintést adjon a fűtési hőigény kiszámításának folyamatáról, és megmutassa, hogyan lehet ezt az információt hatékonyan felhasználni a fenntartható építészeti megoldások tervezésében és megvalósításában.

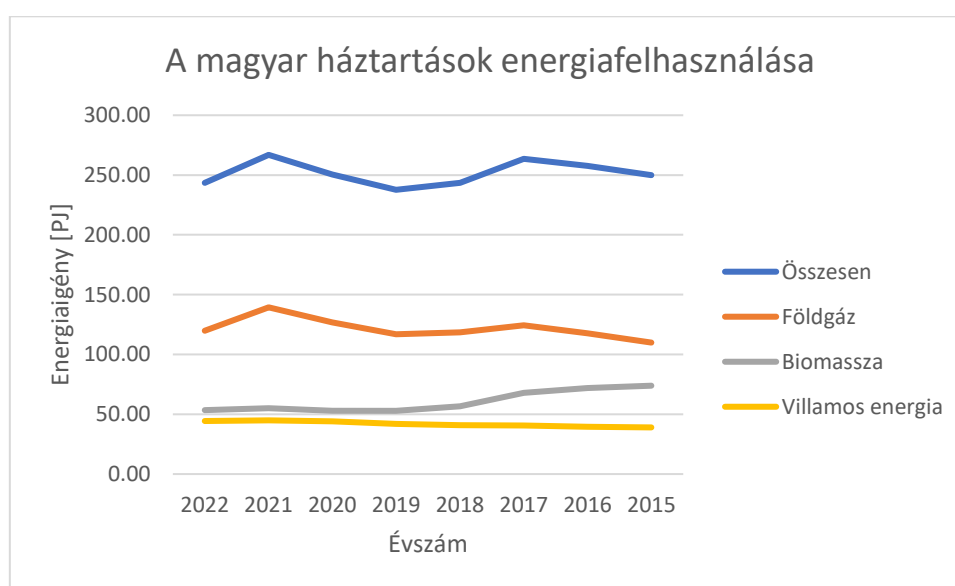
2. Energiahatékonyság, energiapolitika

2.1. A lakossági hőenergiaellátás helyzete Magyarországon

Az energiaellátásban megkülönböztetünk primer és szekunder energiahordozókat. Előbbi a természetben megtalálható energiaforrásokat jelenti: szén, kőolaj, földgáz, nukleáris energia, illetve a megújuló források: biomassza, víz-, szél-, nap- és geotermikus energia. [54.] Ezeket azonban a fogyasztók nem képesek közvetlenül hasznosítani, vagyis át kell őket alakítani szekunder energiává: üzemanyaggá, hővé (fűtés és használati melegvíz), valamint villamos energiává. Jelen dolgozat a szekunder források közül a hőenergiával foglalkozik, azon belül is elsősorban a fűtési energiafelhasználással. A lakossági hőigény mellett az ipar hőfelhasználása (csarnokok fűtése, használati melegvíz, technológiai hő) is jelentős, ez azonban nem képezi a dolgozat tárgyát.

Magyarországon a lakossági hőenergia felhasználása évről évre változik, attól függően, hogy az időjárás, az energiaárak és más tényezők hogyan alakulnak. Az elmúlt években azonban általában jellemző volt, hogy a lakossági szektorban a fűtési energiafelhasználás volt a legjelentősebb. 2022-ban például az ország lakói összesen 243,6 petajoule (PJ) hőenergiát használtak fel. Ebből a fűtés részesedése 175,2 PJ volt. [1.]

Ez az adat jelzi, hogy a lakosság jelentős része hőenergiát használ fűtésre, a villamos fűtés részaránya egyelőre kicsi. Ez kiemeli ennek az energiafajtának a fontosságát az ország energiaellátásában és az energiahatékonyság fokozottabb figyelmét a fűtési rendszerek tervezése és üzemeltetése terén.



1. ábra: A magyar háztartások energiafelhasználása, energiahordozók szerint [10.] alapján saját szerkesztés)

Az ábráról leolvasható, hogy a magyar háztartások fűtési hőfelhasználása alig változott az elmúlt tíz évben, az ingadozás az egyes évek eltérő időjárásának tudható be. A fűtési hő döntő többsége földgázból vagy biomasszából származik, és az adatokból jól látható, hogy ezek aránya nem változott jelentősen az elmúlt években. Ugyanakkor, bár még a teljes energiaigény alacsony hányadát adja, egyre nagyobb szerepet kap a villamos energiát használó hőszivattyús fűtés. (A diagramon a lakosság teljes villamosenergia-felhasználása szerepel, ennek nagy része nem fűtési célt szolgál.) Ez elsősorban az alacsony energiaigényű épületekre, mint például az alacsony energiafogyasztású vagy passzív házakra jellemző, gyakran saját napelemes rendszerrel kombinálva [36.][38.].

Néhány helyen napkollektorokat is használnak, ezek azonban a kezdeti hullámot követően nem terjedtek el tömegével, az érdeklődés inkább a napelemek felé fordult. A biomassza (fatüzelés) inkább a falvakra jellemző, míg a gázfűtés kevésbé köthető településméretéhez. A nagyobb városok egyes területein távhőszolgáltatás működik, ennek lakossági megítélése azonban ellentmondásos. Ennek oka a régi, jellemzően a 70-es években épült rendszerek korszerűtlensége, a sokáig megoldatlan szabályozás, valamint az, hogy a rendszerek a panelházakkal együtt, azok hőellátására épültek ki, így sokan máig panelfűtésként azonosítják. Holott – megfelelő kialakítás és üzemeltetés esetén – a távhőnek több előnye is van az egyedi fűtéssel szemben: fajlagosan olcsóbb (ez a nagyobb rendszerekre általánosságban igaz), képzett szakembergárda biztosítja a folyamatos felügyeletet, valamint többféle primer energiaforrás is felhasználható.

Itthon azonban ez nem érvényesül, a távhőrendszerek javarészt földgázzal üzemelnek. Sajátos technológia a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés, amikor egy villamos energiát előállító berendezés (általában gázturbina vagy gázmotor) hulladékhőjével melegít fel a távhőrendszerben keringő vizet. Így ugyanabból a primer energiából egyszerre villany és hő is keletkezik, ami jócskán megnöveli a rendszer eredő hatásfokát. Ez az érték (a teljes hasznos és a bevitt energia aránya) akár 80-85%-ot is elérhet, míg tisztán villamosenergia-termelés esetén a leghatékonyabb, kombinált gáz-gőz erőmű hatásfoka is 60% körüli.

Az energiaellátás során általánosságban három szempontot kell figyelembe venni: ellátásbiztonság, környezetvédelem, gazdaságosság. Az ellátásbiztonság az energiaellátás folytonosságát jelenti, hogy a szükséges források az igényelt mennyiségben, minden pillanatban rendelkezésre álljanak. Ez a gyakorlatban a primer energiahordozók rendelkezésre állását, illetve az átalakító- és elosztórendszer (esetünkben a fűtőberendezések és a csővezetékek) működőképességét jelenti. Utóbbi viszonylag ritkán okoz fennakadást, előbbi viszont nagyban függ az energiahordozó fajtájától. A biomassza általában helyben beszerezhető, de ha nem, akkor is belföldről vásárolható. A földgáznak ellenben mindössze

15%-a [3.] származik hazai forrásból, a többit külföldről, egészen pontosan Oroszországból importáljuk. Ez komoly kockázatot jelent, hiszen még import esetén is célszerű minél inkább diverzifikálni a forrásokat, hogy ne legyünk kiszolgáltatva egyetlen államnak. Ez egyrészt kedvezőtlenebb árakat jelent, másrészt a szénhidrogénekben gazdag államok gyakran használják politikai fegyverként az energiahordozók kereskedelmét. A helyzeten a földgáz tárolásával lehet javítani. Magyarországon a régi, kimerült földgázlelőhelyek üregei kiválóan működnek tározóként.

Környezetvédelmi oldalról földgáztüzelés esetén a szén-dioxid kibocsátás a legfontosabb tényező. Ugyan a magas hidrogéntartalom miatt a fajlagos CO₂-kibocsátása a fosszilis energiahordozók közül a földgáznak a legalacsonyabb (kb. 0,5 kg/kWh, nagyjából fele a kőszénének), a megújulókkal értelemszerűen nem versenyezhet. Az egyéb szennyezőanyagok közül nitrogén-oxidok keletkeznek nagy mennyiségben. Ráadásul a két folyamat egymással ellentétes szempontokat támaszt: az égési hőmérséklet növekedésével nő a hatásfok, azaz adott hasznos energiamennyiséghez kevesebb tüzelőanyag szükséges, amitől a CO₂-kibocsátás csökken. Magasabb hőmérsékleten azonban több nitrogén-oxid keletkezik. Egy másik lehetőség a hatásfok javítására a kondenzációs kazán alkalmazása, amely az égéskor keletkező vízgőz kondenzálásából is képes energiát nyerni. Ipari rendszerek esetén lehetőség van nitrogénoxid-leválasztó berendezés telepítésére, amely kémiai módon megköti a keletkező nitrogén-oxidokat. (A működési elve megegyezik a dízelautóknál használt ad-blue-val.) Ezek leválasztási foka 99,9% felett van, vagyis a kibocsátás minimálisra mérsékelhető. Háztartási kazánokhoz azonban ilyen berendezés nem készül, ami egy újabb érv a távhő mellett.

A biomassa a köztudatban környezetbarát energiaforrásként él, a valóság azonban ennél összetettebb. [40] A hivatalos indoklás szerint karbonsemlegesnek minősül, ugyanis az égés során felszabaduló CO₂-mennyiséget a növény korábban a légkörből kötötte meg, így „új” szén-dioxid molekula nem kerül a levegőbe. Ez a számítás azonban nem veszi figyelembe az energiahordozó betakarítását, illetve szállítását. Még az erdőben történő favágás is energiát igényel, ami egyúttal CO₂-kibocsátással is jár, az energianövények termesztése pedig ennél lényegesen több ráfordítással jár. Továbbá az energiaforrásként használt növények a természetes erdők elől veszik el a helyet, amelyek viszont CO₂-elnyelők. Emiatt a biomassa, bár a fosszilis energiahordozóknál értelemszerűen jóval kisebb a szén-dioxid-kibocsátása, teljesen karbonmentesnek mégsem tekinthető. Nagyobb gondot jelent azonban az egyéb szennyezőanyagok keletkezése. Elsősorban szilárd szemcsék keletkeznek nagy mennyiségben, továbbá a kén-oxidok kibocsátása is magasabb, mint földgáztüzelésnél. Az ipari létesítményekben (erőművek, fűtőművek) rendelkezésre áll a megfelelő

leválasztórendszer, amely képes megakadályozni a szennyezőanyagok kijutását a környezetbe. A tűzifafelhasználás nagy részét kitevő háztartási fűtőberendezések esetén azonban ilyen lehetőség nincs. Így az otthoni biomassza-tüzelés a leginkább környezetkárosító energiatermelési módszerek közé tartozik. Ennek további következménye, hogy fűtési szezonban egyes mérések szerint [9.] a vidéki területek levegőminősége (az említett szilárd részecskék koncentrációját tekintve) rosszabb, mint Budapesten.

Biomasszának minősül a – kommunális és mezőgazdasági – hulladék is, amelyre a fent leírtak hatványozottan igazak. Magyarországon a hulladék energetikai célú felhasználását a lakosság részéről erős ellenszenv övezi, éppen az említett veszélyes anyagok keletkezése miatt. Ezek az aggályok természetesen érthetőek, azonban fontos azt is mérlegelni, hogy ha nem az égetést választjuk, akkor a másik lehetőség a hulladéklerakók létesítése, amelyek óriási területeket foglalnak el, valamint szintén komoly biztonsági és környezetvédelmi kockázatokat hordoznak magukban.

Az újrahasznosítás, bár számottevő segítséget jelent a hulladékmennyiség csökkentésében, önmagában kevés a probléma megoldásához. Pozitív példaként ott van Bécs, ahol a távhőrendszer alapvető tüzelőanyaga a városban összegyűjtött kommunális hulladék. A Bécsben működő kommunális hulladék alapú távhőrendszer példaértékű projekt, amely jelentős mértékben hozzájárul a város energiaigényének kielégítéséhez, miközben csökkenti a környezetterhelést és a hulladékkezelés költségeit. A rendszer bevezetése előtt a városnak komoly kihívásokkal kellett szembenéznie a hulladékkezelés és az energiaellátás terén. A hulladék égetésekor ugyanis különösen fontosak a megfelelő leválasztórendszerek, mivel a folyamat során káros anyagok, például dioxinok képződhetnek, amelyek jelentős környezeti és egészségügyi kockázatot jelenthetnek.

A Bécsben alkalmazott rendszer azonban szigorú szabályozások és hatékony szűrőberendezések segítségével minimalizálja a kibocsátott káros anyagok mennyiségét és kockázatát. Emellett a rendszer folyamatos ellenőrzése és karbantartása is biztosítja a megfelelő működést és a környezetvédelmi előírások betartását.

A távhőrendszer bevezetése óta Bécs városában jelentősen csökkent az energiafüggőség és a környezetszennyezés, miközben a hulladékkezelés hatékonysága is növekedett. A kommunális hulladék energiatermelésre való felhasználása innovatív megoldásnak számít, amelynek számos előnye van a hagyományos hulladéklerakókhöz képest. Egyrészt csökkenti a lerakókba kerülő hulladék mennyiségét, ezáltal kevesebb területet igényelnek és hosszabb időn keresztül

működhetnek. Másrészt az égetés során keletkező hőt és energiát hatékonyan hasznosítják, így növelve az energiahatékonyságot és csökkentve az emissziót.

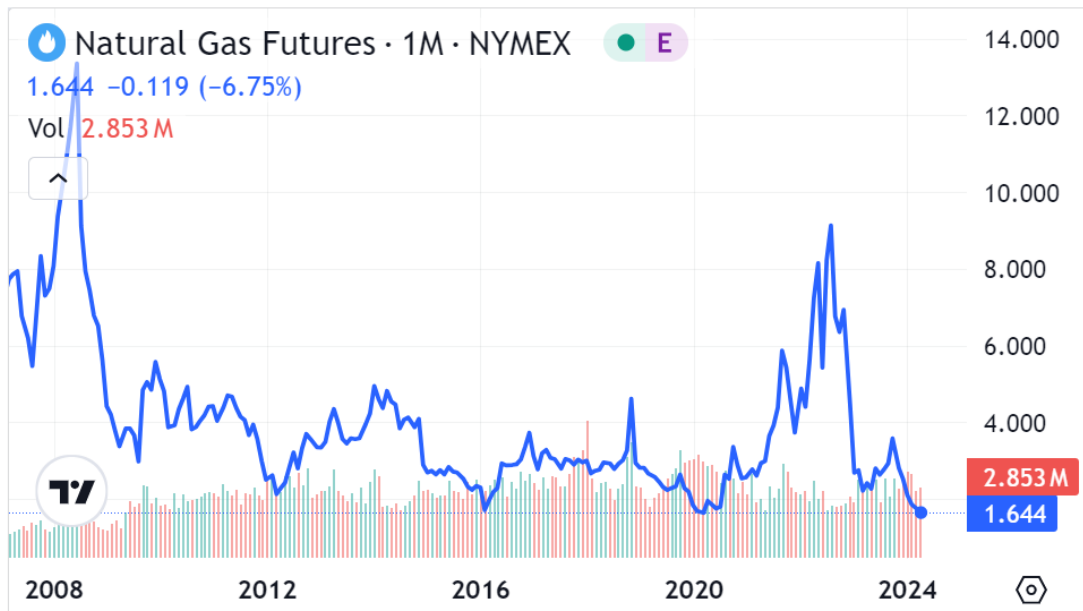
Bécs egyfajta mintaprojektté vált ebben a tekintetben, és más városok is érdeklődést mutatnak a hasonló megoldások iránt. A hulladékenergia-felhasználás során azonban fontos biztosítani a megfelelő szabályozást és ellenőrzést annak érdekében, hogy minimalizáljuk a környezeti kockázatokat és az egészségügyi veszélyeket.

Nem hagyhatjuk figyelmen kívül a pénzügyi szempontokat, pláne egy olyan országban, ahol az energiaszegénység – számítási módtól [5.] [6.] függően - a lakosság 10-21%-át érinti. Az energiaszegénység olyan állapot, amikor egy személy vagy egy háztartás nem képes megfizetni az alapvető energiaszolgáltatásokat és szükségleteket, mint például a fűtés, a világítás vagy a melegvíz. Ez a helyzet gyakran akkor fordul elő, amikor a háztartások jövedelme alacsony, és az energiaköltségek aránya az összjövedelemhez képest magas.

Az energiaszegénység gyakran súlyos hatással van az érintettek életminőségére és egészségére. Az alacsony hőmérsékleten való tartózkodás vagy a megfelelő világítás hiánya például különösen veszélyeztetheti az egészséget, legfőképpen az idősek és a kisgyermekes esetében. Emellett az energiaszegénység tovább súlyosbíthatja a társadalmi kirekesztődést és az egyenlőtlenségeket.

Az energiaszegénység leküzdése érdekében számos intézkedésre van szükség, beleértve az energiatakarékosági intézkedések támogatását, az energiatakarékos berendezések és otthoni fejlesztések ösztönzését, valamint a társadalmi segélyek és támogatások biztosítását az energiafelhasználásra. A cél az, hogy minden háztartás hozzáférjen az alapvető energiaszolgáltatásokhoz, és csökkentsük az energiaszegénység káros hatásait a társadalomban.

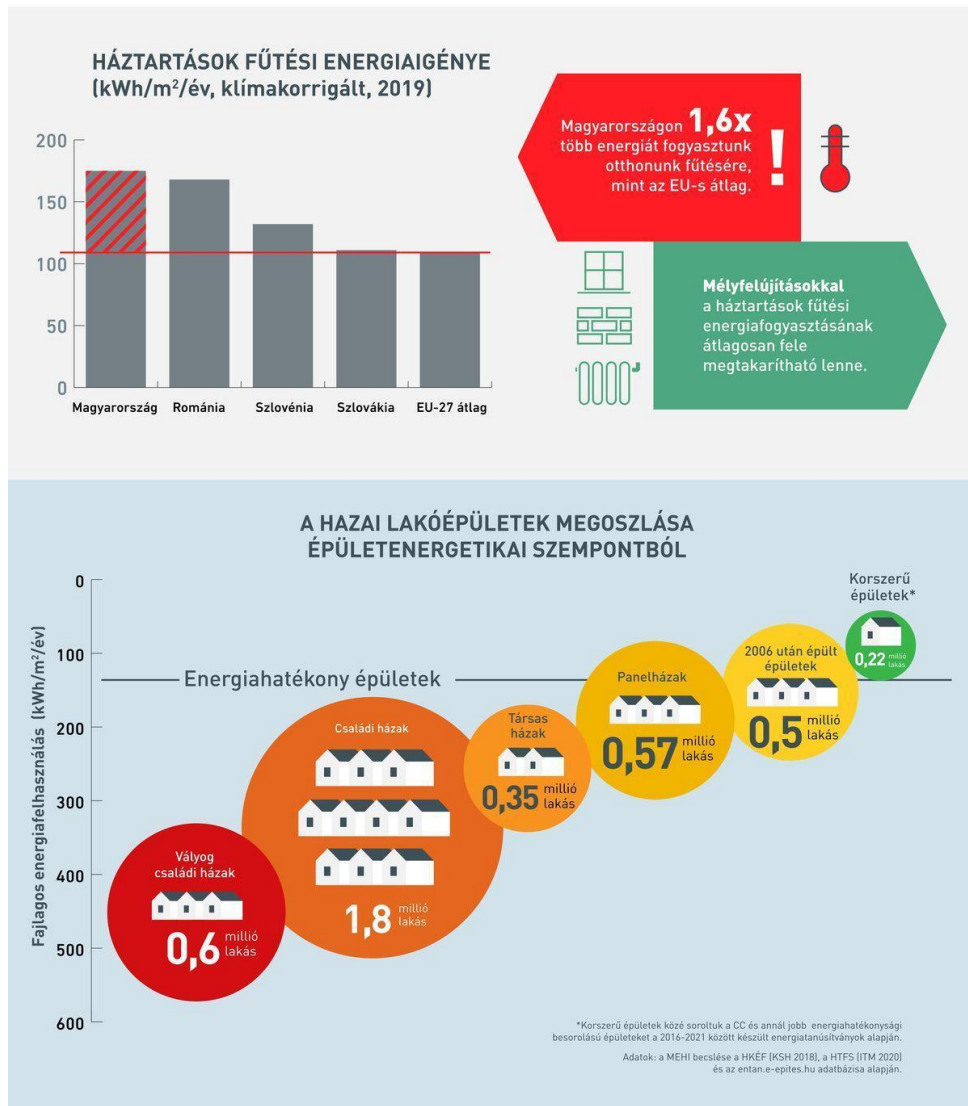
A földgáz ára a csökkenő és egyre drágább kitermelhető készletek miatt hosszú távon fokozatosan nő. Ennél azonban az elmúlt időszakban jelentősebb volt a gazdasági helyzet változása, valamint a korábban említett politikai játszmák miatti ingadozás. Az orosz-ukrán háború kirobbanása után például a földgáz ára óriási ingadozásba kezdett, a csúcserőke pedig közel háromszorosa volt a korábbi árnak. [4.]



2. ábra: a földgáz tőzsdei árának változása az elmúlt években [20.]

A biomassza ezzel szemben a legolcsóbb energiaforrások egyike, ez magyarázza a nagyarányú felhasználását a szegényebb, vidéki területeken. A hulladék pedig ingyenesen elérhető, sőt, az említett bécsi távhőrendszer üzemeltetője egyenesen pénzt kap a helyi hulladékkezelő vállalattól a begyűjtött hulladék ártalmatlanításáért.

A magyar háztartások fűtési energiafelhasználása meglehetősen magas. A lakásállomány az energiatanúsítványok átlaga alapján az FF kategóriába esik, ami azt jelenti, hogy az energiafelhasználás 201 és 251 kWh/m²év közé esik. [7.] Ez az érték a korszerű épületek mutatójának 2-2,5-szerese. Magyarországon a lakások fűtésének energiaintenzitása az EU-28 átlagának 1,8-szerese. [2.]



3. ábra: A hazai lakásállomány energiahatékonság szerinti megoszlása [2.]

Az elavult lakóépületek teljes körű felújításával az országos lakossági fűtési hőigény a felére csökkenne. Ez azonban óriási beruházást igényel, ráadásul az érintett felhasználók anyagi helyzete nem teszi lehetővé, hogy önerőből finanszírozzák a szükséges munkálatokat. Ezért a korszerűsítés elvégzése javarészt állami támogatást igényel. A Nemzeti Energia- és Klímaterv [3.] 2030-ra a fűtési energiafelhasználás 20%-át tűzte ki célul. Ezzel, illetve az alternatív fűtési módokra való áttéréssel – számításaik szerint – a földgázimport mintegy negyede (2 milliárd m³/év) kiváltható lehet.

2.2 Épületek energetikai jellemzői

Az épületek vizsgálata során számos különböző adatot mérnek és gyűjtenek össze az épületről. Ezek az adatok lehetnek fizikai jellemzők, épülettechnikai berendezések adatai, valamint az energiafogyasztásra vonatkozó információk. Ezek közül a legfontosabbak az alábbiak [21.]:

1. Épület fizikai jellemzői:

- Méret és alak: az épület alapterülete, magassága, szintjei stb.
- Épületszerkezet: falak vastagsága, rétegrendje, tető és padló szerkezete.
- Nyílászárók típusa és állapota: ablakok és ajtók anyaga, típusa, szigetelése.

2. Fűtési, hűtési és légtechnikai rendszerek:

- Fűtési rendszerek: hűtőberendezések típusa (pl. kazán, hőszivattyú), életkoruk, hatékonyságuk.
- Hűtési rendszerek: légkondicionáló berendezések típusa és hatékonysága.
- Szellőztetés és légcserélők: szellőztető rendszerek típusa és hatékonysága.

3. Világítás és elektromos berendezések:

- Világítás típusa és hatékonysága: fénycsővek, LED lámpák, izzók stb.
- Egyéb elektromos berendezések: elektromos készülékek, számítógépek, háztartási gépek stb.

4. Energiafogyasztási adatok:

- Éves energiafogyasztás: az elmúlt időszakban mért energiafogyasztás adatok.
- Energiaköltségek: az energiaszámlák alapján összegyűjtött költségek.

5. Egyéb tényezők:

- Környezeti tényezők: éghajlati adatok, mint például a térség átlaghőmérséklete, napsütéses napok száma stb.
- Épület használati módja és időtartama: az épület funkciója (lakó, kereskedelmi, ipari stb.) és az időtartam, amely alatt az energiafogyasztásra vonatkozó adatokat gyűjtik.

Ezek alapján a szakemberek számos különböző számítást végeznek, hogy megállapítsák az épület energiahatékonyságát és a követelményeknek való megfelelőségét. A kapott adatok segítenek az energiatanúsítóknak az épület osztályozásában, valamint iránymutatást adnak a hatékonyság javítására. [33.] [34.]

A legfontosabb kalkulációk a következők:

1. Hővesztésszámítások:

- Hővezetési, hőátadási együtthatók: Az épület hővesztésének és hőnyereségének számításához az egyes szerkezetek hővezetési és hőátadási együtthatóit használják.
- U-értékek és R-értékek: Az U-érték az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezője, mely az adott elem hővezetési képességét méri, míg az R-érték azok hőellenállását adja meg.

2. Fűtési és hűtési terhelés-számítások:

- Hőigényszámítás: Az épület fűtési hőigényét számítják ki a külső hőmérséklet, a szigetelés, a szellőzés és az épület belső hőterhelése alapján.
- Hűtési terhelés számítás: A nyári hőterhelés becslésére szolgáló számítások. Ugyanazon paramétereken alapszik, mint a fűtési hőigény számítása.

3. Energiafogyasztás-számítások:

- Fűtési és hűtési rendszerek hatékonyságának számítása: A fűtési és hűtési rendszerek energiafogyasztását meghatározó számítások.
- Világítás és elektromos berendezések energiafogyasztásának becslése: Az épületben található világítás és elektromos berendezések energiafogyasztásának becslése.

4. Egyéb számítások:

- CO₂-kibocsátás becslése: Az épület energiafogyasztása alapján a CO₂-kibocsátás becslése.
- Energiaosztályok meghatározása: Az összesített adatok alapján meghatározzák az épület energiaosztályát.

2.2.1 Energetikai tanúsítás

Az energiatanúsítás egy olyan folyamat, amely során egy épület energiatakarékossági és hatékonysági szintjét értékelik és minősítik. Ezáltal lehetővé teszi az épület tulajdonosai számára, hogy átlátható képet kapjanak az energiafogyasztásukról és a javítási lehetőségekről. Az energiatanúsítás fontos szerepet játszik az épületek fenntarthatósága és környezetvédelme szempontjából. [38.] [39.]

Az energiatanúsítás célja, hogy segítse az épületek tulajdonosait az energiatartóssági problémák azonosításában és megoldásában. Fontos szerepe van a fenntarthatóság

előmozdításában is, mivel az energiahatékonyság növelése csökkenti az épületek környezeti lábnyomát és hozzájárul a globális felmelegedés elleni küzdelemhez. Új épületek használatbavételi engedélyének kiadásához, illetve ingatlanok eladásához és bérbeadásához az energetikai tanúsítvány megléte kötelező. [29.] [42.]

A tanúsítás folyamata a következő:

1. Megrendelés

Az épület tulajdonosa vagy üzemeltetője kezdeményezi az energiatanúsítást egy hivatalos tanúsító szervezeten keresztül. Ez lehet kormányzati ügynökség, tanúsító intézet vagy más szakosodott szolgáltató. Fontos, hogy a tanúsítványt kiállító személynek rendelkeznie kell az ehhez szükséges jogosultsággal.

2. Felmérés és adatgyűjtés

Az energiatanúsító szakember felméri az épületet, ahol összegyűjti az energiafogyasztási adatokat, illetve megállapítja a korábban említett műszaki jellemzőket.

3. Számítások

A szakember a kapott adatok alapján elvégzi a szükséges számításokat, melyeket korábban említettem. Ezeket használja fel annak meghatározására, hogy az épület hogyan teljesít energiahatékonysági szempontból.

4. Értékelés és osztályozás

Az adatok elemzése és összegzése után az energiatanúsító szakember osztályozza az épületet az energiahatékonyság alapján. Az osztályokat betűkkel vagy színekkel jelölik, ahol az "A+++" vagy a zöld szín a legmagasabb hatékonyságot jelenti, míg az "I" vagy a sötétbarna a legalacsonyabbat.

5. Tanúsítvány kiadása

Az értékelés eredményei alapján az energiatanúsító kiad egy hivatalos tanúsítványt az épület tulajdonosának. Ezen dokumentum tartalmazza az épület energiahatékonysági osztályát, valamint ajánlásokat és javaslatokat fogalmaz meg a hatékonyság javítására vonatkozóan.

6. Tanúsítvány regisztrálása

Az elkészült tanúsítványt fel kell tölteni az Országos Építésügyi Nyilvántartásba (OÉNY), így hitelesítve azokat. Ez lehetővé teszi az érdeklődők és vásárlók számára, hogy hozzáférjenek az épület energiahatékonysági információihoz. [22.]

Az energetikai tanúsítvány érvényessége Magyarországon az említett regisztrációtól számított 5 év. 2024. január 1-jétől azonban változtak (szigorodtak) a besorolási osztályok, valamint az egyszerűbb megkülönböztetés érdekében a jelölésük is megváltozott, a korábbi két betű helyett csak egyet használnak. Ennek következtében az ezt megelőzően kiadott tanúsítványok érvényüket veszítették. [22.]

Az új besorolási kategóriák a következők [23.]:

- **A+++** : Nulla fűtési fogyasztású épületek, amelyeknek az energiamérlege zérus. Ez úgy lehetséges, hogy az energiafogyasztásukat teljes mértékben fedezik helyben termelt megújuló energiával.
- **A++** : Alig mérhető energiaigényű, passzívházakhoz hasonló energiahatékonyságú, új vagy újszerű épületek.
- **A+** : A közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményt túlteljesítő épületek. Kiemelkedő energiahatékonyság, nagyon alacsony fogyasztás jellemzi őket.
- **A** : A közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményt teljesítő épületek. A kategória alsó határa egyben az új épületekre vonatkozó követelményszint.
- **B** : A legújabb követelményszintet már el nem érő, ugyanakkor még energiahatékonyak mondható, korszerű épületek.
- **C** : Gazdaságosan üzemeltethető, alacsony fogyasztású épületek, melyek a közelmúltban ülték, vagy korszerűsítésen estek át.
- **D** : Még viszonylag kedvező energiafogyasztású épületek, amelyek már nem tartoznak a legkorszerűbbek közé, néhány szerkezeti elemük energetikai felújításra szorul.
- **E** : Ezen ingatlanok energiahatékonysága már inkább közepesnek minősül. A tulajdonosnak számítania kell energetikai felújítási feladatokra a jövőben, de ezek általában nem azonnali sürgősségűek.
- **F** : Ezek az épületek már nem számítanak korszerűnek, ugyanakkor még energiapazarlónak sem. A tulajdonosnak számítania kell energetikai felújítási feladatokra a közeljövőben, vagy viselnie a jelenlegi állapot energiafogyasztásának költségeit.
- **G** : Ezen ingatlanok energiahatékonysága már semmilyen szempontból sem megfelelő, az épületszerkezetek és az épületgépészet is nagy eséllyel elavult, az üzemeltető rezsiköltségei magasak. A tulajdonosnak számítania kell energetikai felújítási feladatokra a közeljövőben.

- **H** : Jellemzően évtizedekkel ezelőtt épült házak tartoznak ide, amelyek általában nem estek át semmilyen korszerűsítésen. Elavult épületszerkezetek és magas fogyasztású gépészeti berendezések.
- **I** : A legrosszabb, leginkább energiapazarló kategória. Ezeknek az épületeknek minden épületszerkezete és épületgépészeti berendezése súlyosan elavult, sürgősen felújításra szorulnak.

A tanúsítás módszertanát és az egyes besorolási szintek követelményeit a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet [27.] tartalmazza. Ezen belül a tanúsítás kategóriái a 3. mellékletben található.

2.2.2 Közel nulla energiaigényű épületek és passzívházak

Az energetikai tanúsítvány besorolásánál már említettem a „közel nulla energiaigényű épület” fogalmát. Ezen ingatlanok energiafelhasználása alacsonyabb, mint a hagyományos épületek esetében. Építésük során olyan tervezési és technológiai megoldásokat alkalmaznak, amelyek minimalizálják az energiafogyasztást. [43.] [44.] Az új épületek már csak akkor kaphatnak használatbavételi engedélyt, ha teljesítik az erre vonatkozó követelményeket. [49.] [50.] Ezek a következők:

- Épületszerkezetekre vonatkozó szabályok: a külső határolószervezetek hőátbocsátási tényezője legfeljebb $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, a padlásfödémeké és lapostetőké $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, fűtetlen pince esetén a padlófödémé $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, az ablakoké $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, az ajtóké $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, a garázkapuké pedig $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ lehet. [24.]
- Az egész épületre vonatkozó szabályok: az épület fajlagos hőveszteségtényezője (vagyis az egy légméter épülettérfogatra eső hőveszteség) követelményértékei az alábbiak szerint alakulnak [25.]:
 - Ha $A/V \leq 0,3 \rightarrow q_m = 0,14 \text{ [W/m}^3\text{K]}$
 - Ha $0,3 \leq A/V \leq 1,0 \rightarrow q_m = 0,071 + 0,23 \cdot (A/V) \text{ [W/m}^3\text{K]}$
 - $A/V \geq 1,0 \rightarrow q_m = 0,37 \text{ [W/m}^3\text{K]}$

q_m a fajlagos hőveszteségtényezőt jelöli, míg A az épület teljes lehűlő felülete, V pedig az összesített fűtött térfogat. [45.] [46.]

- Az épület összesített energetikai jellemzője (tehát az egy m^2 alapterületre jutó éves energiafogyasztása) legfeljebb $76 \text{ kWh/m}^2\text{év}$ lehet. Ez elsősorban az épületgépészeti berendezésekre jelent korlátozást. Emellett, mivel primer energiára vonatkozik, az energiaátalakítás hatásfoka (ami függ a felhasznált energiahordozóktól) is befolyásolja az értéket. [26.] [30.] [48.]

- Szén-dioxid-kibocsátásra vonatkozó követelményérték: az épület fajlagos (alapterületre vetített) szén-dioxid kibocsátása legfeljebb 20 kg/m²év lehet.

A leginkább energiatakarékosnak a passzívházak számítanak. Ezek az épületek jellemzően A++ besorolásúak, energiateljesítményük minimális. Az építésükre meglehetősen szigorú követelmények vonatkoznak, melyeket az ÉMI Nonprofit Kft. (Energiagazdálkodási és Innovációs Nonprofit Kft.) határoz meg az ún. "Passzívház Szabvány" alapján. A vonatkozó irányelvek a következők [28.] [41.] [51]:

- Az összesített energetikai jellemző legfeljebb 15 kWh/m²év
- Az épülethatároló szerkezetek U-értéke max. 0,15 W/m²K
- Hőhídmentes kivitel
- Légtömör kivitelezés szükséges, az n₅₀ légtömörségmérés értéke 50 Pa túlnyomás és vákuum esetén nem lépheti túl a 0,6 1/h értéket.
- Az ablakok összesített U-értéke 0,8 W/m²K alatt kell, hogy legyen.
- Hatékony hővisszanyerős szellőztetés szükséges (n_{WRG}>75%, PHI tanúsítvány szerint), alacsony áramfogyasztás mellett (< 0,45 Wh/m³ szállított levegőtérfogatnál).
- 0,8 W/(m²K) alatti U-értékkal rendelkező üvegezés, magas összenergia átbecsátási tényezővel (g>50%), amellyel a nettó hőnyereség télen is biztosítható.
- A HMV előállítás és elosztása a lehető legkisebb hőveszteséggel.
- Hatékony háztartási villamosenergia felhasználás.

3. Hőszükséglet számítása

Egy épület hőszükségletének kiszámításához a természetes úton történő hőáramlások (nyereségek és veszteségek) ismerete szükséges. A legnagyobb veszteségi tétel értelemszerűen a külső határoló szerkezeteken keresztül a szabadba távozó hőáram. Emellett a szellőzésből adódó veszteséggel, valamint a napsugárzásból adódó szoláris nyereséggel, illetve az – emberek és háztartási gépek által leadott hőből adódó – belső hőnyereségekkel érdemes számolni.

A szilárd anyagokon keresztül történő hővezetés, illetve a felületen történő hőátadás működése megegyezik az elektrotechnikából ismert Ohm-törvénnyel. Az áramerősségnek értelemszerűen a hőáram felel meg, a „feszültség” (azaz az áramlást kiváltó hatás) pedig a hőmérsékletkülönbség. A kettő hányadosa pedig az adott szerkezetre jellemző hőellenállás.

Ennek összefüggése:

$$R = \frac{\Delta t}{Q} \left[\frac{K}{W} \right] \quad (3.1)$$

ahol:

Δt hőmérsékletkülönbség [K],

Q hőáram [W]

R hőellenállás [K/W].

Az elektromos ellenállásokhoz hasonlóan a hőellenállások esetén is érvényesek a soros és párhuzamos kapcsolásra vonatkozó összefüggések. Egy falszerkezet egyes rétegei, illetve a fal két oldalán a levegőnek történő hőátadás egy sorba kötött hőellenállásláncnak feleltethető meg, míg egy inhomogén szerkezet (például egy olyan tetőszerkezet, ahol a szarufák között található szigetelés) egyes részei párhuzamos kapcsolást alkotnak.

Az eredő hőellenállás kiszámítása soros kapcsolat esetén:

$$R_{tot} = \sum_{i=1}^n R_i \quad [3.2]$$

R_{tot} eredő hőellenállás [K/W]

R_i az egyes elemek hőellenállása [K/W]

Az eredő hőellenállás kiszámítása soros kapcsolás esetén:

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad [3.3]$$

R_{tot} eredő hőellenállás [K/W]

R_i az egyes elemek hőellenállása [K/W]

A részletes számítási módszereket a 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet 1. függeléke [8.] tartalmazza, a továbbiakban ezt használok forrásként. Ahol a függelék egyéb dokumentumokra hivatkozik, azokat értelemszerűen feltüntettem. Az előírás megkülönböztet részletes és egyszerűsített módszert. A részletes módszer többnyire numerikus modellezést használ, amelyhez megfelelő szoftver (pl. WinWatt) szükséges. Ilyen azonban nem áll rendelkezésre, ezért én az egyszerűsített módszert használtam.

3.1 A hőátbocsátási tényező számítása

Az átlagos hőátbocsátási tényező számítható:

- a) részletes módszer alkalmazása esetén az egész épületszerkezet vagy egy jellemző részének numerikus modellezésével, az MSZ EN ISO 10211 szerinti modellezési szabályokkal,
- b) egyszerűsített módszer alkalmazása esetén az alábbi összefüggésekkel.

A határolószerkezetek hőátbocsátási tényezője az eredő hővezetési ellenállás reciproka:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \left[\frac{W}{m^2K} \right] \quad [3.4]$$

ahol:

U hőátbocsátási tényező [W/m²K],

R_{tot} eredő hővezetési ellenállás [m²K/W].

Az eredő hővezetési ellenállás a hőáramlás irányára merőleges n darab homogén rétegből álló szerkezet esetén:

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \left[\frac{m^2K}{W} \right] [3.5]$$

ahol:

R_{tot} eredő hővezetési ellenállás [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_i az épületszerkezet rétegeinek hővezetési ellenállása [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_{si} belső felületi hőátadási ellenállás [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

R_{se} külső felületi hőátadási ellenállás [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

Belső szerkezetek (pl. válaszfalak) vagy fűtött és fűtetlen tereket elválasztó szerkezetek esetén a szerkezet mindkét oldalán R_{si} értékét kell figyelembe venni.

Egy réteg hővezetési ellenállása:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right] \quad [3.6]$$

ahol:

d réteg vastagsága [m]

λ réteg tervezési hővezetési tényezője [W/mK]

A hővezetési tényezőt a 3.2, a felületi hőátadási ellenállásokat a 3.3 és a légrétegek hővezetési ellenállását a 4.1.3. pontok szerint kell meghatározni. Amennyiben a szerkezetben inhomogén rétegeket is vannak (pl. szarufákkal vagy vázoszlopokkal megszakított hőszigetelés), ezeket a 4.1.4. pont szerinti módszerrel kell számítani. A hőátbocsátási tényező további korrekciója lehet szükséges a 4.1.6. pont szerint, ha mechanikai rögzítőelemek szúrják át a hőszigetelést, ha kisebb hézagok, légüregek alakulhatnak ki a hőszigetelésben, továbbá fordított rétegrendű lapostetők esetén. A tervezett szerkezetek állagvédelmi ellenőrzését az MSZ 24140, vagy az MSZ EN ISO 13788 szabvány, valamint egy azokkal egyenértékű számítási módszer szerint lehet elvégezni. [31.]

3.2 Hővezetési tényező

Az anyag- és szerkezetjellemzők tervezési értékeit a termék minősítő irata alapján, továbbá az MSZ EN ISO 10456 szerint kell figyelembe venni. Ha ezek nem állnak

rendelkezésre (pl. meglévő szerkezet esetén), akkor az MSZ 24140 szabvány mellékleteiben található anyagi jellemzők használhatók. A minősítő irat jellemzően a laboratóriumi mérés eredményeit tartalmazza. Az ottani körülmények azonban eltérhetnek a valós beépítésnél tapasztalt állapottól. Ez esetben az MSZ EN ISO 10456 szerinti korrekciós tényezők segítségével kell meghatározni a tervezési hővezetési tényezőt.

3.2.1 Felületi hőátadási ellenállás

Általános esetben a szerkezet mindkét oldalon levegővel érintkezik, az erre vonatkozó értéket a 1. táblázat tartalmazza. A vízszintes irányhoz tartozó értékek alkalmazhatóak a vízszintes síktól $\pm 30^\circ$ -os szögig. Nem sík felületek, alacsony emissziós tényezőjű felületek, továbbá speciális peremfeltételek esetén az MSZ EN ISO 6946 szabvány, vagy azzal egyenértékű számítási módszer szerinti hőátadási ellenállással kell számolni.

Felületi hőátadási ellenállás m^2K/W	A hőáram iránya		
	Felfelé	Vízszintes	Lefelé
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

1. táblázat: a felületi hőátadás hőellenállása

3.3 A hőátbocsátási tényező korrekciója

A számított hőátbocsátási tényező korrekciója szükséges lehet a hőszigetelésben lévő légüregek, a hőszigetelést átszűrő mechanikai rögzítőelemek és a fordított rétegrendű lapostetőknél a csapadék miatt. A korrigált hőátbocsátási tényező az eredeti hőátbocsátási tényező és a ΔU korrekciós tényező összege:

$$U = U_0 + \Delta U \quad (3.7)$$

$$\Delta U = \Delta U_{\text{légüreg}} + \Delta U_{\text{rögz}} + \Delta U_{\text{ford}} \quad (3.8)$$

ahol

$\Delta U_{\text{légüreg}}$ a légüregekre vonatkozó korrekciós tényező,

$\Delta U_{\text{rögz}}$ a mechanikus rögzítőelemekre vonatkozó korrekciós tényező,

ΔU_{ford} a fordított tetőkre vonatkozó korrekciós tényező.

Amennyiben ΔU értéke kisebb, mint a számított hőátbocsátási tényező 3%-a, megengedett a korrekciós tényező elhanyagolása.

Jelen esetben a falban nem található számottevő mennyiségű légréteg, illetve nem lapostető épületről beszélünk. Így az erre vonatkozó számításokat nem tüntettem fel.

3.4 Talajjal érintkező szerkezetek hőveszteségének számítása

Speciális esetet jelent a talaj felé történő hőáram. Nem elég, hogy a talaj hőmérséklete eltér a környező levegőtől, a hővezető és hőtároló képessége is drasztikusan eltér. Ennek megfelelően a számításhoz használt összefüggések is mások.

A talajjal érintkező határoló szerkezetek esetén a veszteségáramokat

a) részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 13370 szabvány előírásai szerinti számítással vagy numerikus modellezéssel (az MSZ EN ISO 10211 alapján felvett geometriai modellel és -20 m-es mélységben $+10\text{ °C}$ talajhőmérséklet feltételezésével) kell meghatározni. Nagy pontossági igény esetén a periodikus hőáramok valamint az áramló talajvíz hatása is figyelembe vehetők,

b) egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 13370 szabvány alapján, de egyszerűsítésekkel, az alábbi összefüggésekkel kell meghatározni.

3.4.1. A talaj hőtechnikai jellemzői

A talaj hőtechnikai tulajdonságai a lenti táblázat alapján vehetők fel. Amennyiben a talaj típusa nem ismert, a 2. típus jellemzőit kell figyelembe venni.

Talaj-típus	Leírás	Hővezetési tényező λ_{talaj} W/(m·K)	Térfogatra vonatkoztatott hőkapacitás ρc , J/(m ³ ·K)
1	Agyag, iszap	1,5	$3,0 \cdot 10^6$
2	Homok, kavics	2,0	$2,0 \cdot 10^6$
3	Homogén kő	3,5	$2,0 \cdot 10^6$

2. táblázat: a talaj hőtechnikai adatai

Amikor meghatározzuk a terepszint alatti építőanyagok hőtechnikai tulajdonságait, fontos figyelembe venni a beépítés helyén jellemző nedvességtartalmat és hőmérsékletet. Amennyiben a padlóval közvetlenül érintkező terek belső hőmérséklete eltér egymástól, a helyiség-hőmérsékletek területarányos átlagértékét kell használni.

Amennyiben az ágyazat (pl. zúzottkő, kavicsfeltöltés) jellemzői nem ismertek, a táblázat 2. típusát kell figyelembe venni, vagy a hővezetési ellenállását a számítás során el kell hanyagolni.

3.4.1. Talajon fekvő padló

A padló hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához először a talajon fekvő padló karakterisztikus méretének kiszámítása szükséges:

$$B = \frac{A}{0,5P} \quad (3.9)$$

ahol

- B a padló karakterisztikus mérete [m],
- A a kondicionált tér padlójának területe [m²],
- P a padló kitett kerülete, melybe beleszámítandó a külső környezettől vagy a szomszédos fűtetlen tértől elválasztó csatlakozások hossza [m].

A padló egyenértékű vastagsága (a padló szerkezet hővezetési ellenállásával azonos hővezetési ellenállású talajréteg vastagsága) a csatlakozó fal vastagsága és a padló hővezetési ellenállása alapján:

$$d_p = d_f + \lambda_{talaj}(R_{si} + R_p + R_{se}) \quad (3.10)$$

ahol

- d_p a padló egyenértékű vastagsága [m],
- d_f a csatlakozó külső falak teljes vastagsága [m],
- λ_{talaj} a talaj hővezetési tényezője [W/mK],
- R_p a padló szerkezet hővezetési ellenállása, figyelembe véve a padlón, padló alatt vagy a padlóban elhelyezett teljes felületű hőszigetelést [m²K/W],
- R_{si} a belső felületi hőátadási ellenállás [m²K/W],
- R_{se} a külső felületi hőátadási ellenállás [m²K/W].

A padlószervezet hővezetési ellenállásának számításakor a szemcsés ágyazat (pl. homokos kavics, zúzottkő) hővezetési ellenállását nem szabad figyelembe venni, a nagy testsűrűségű betonlemez és vékony padlóburkolatok hatása elhanyagolható.

A talajon fekvő padló (a talaj hatását is tartalmazó) egyenértékű hőátbocsátási tényezője a padló egyenértékű vastagságától és a padló a terepszinttől számított z mélységétől függően számítható a következő képletek szerint:

- Ha $(d_p + 0,5z) < B$ (hőszigetelés nélküli vagy mérsékelten hőszigetelt padló):

$$U_{T,p} = \frac{2\lambda_{talaj}}{\pi B + d_p + 0,5z} \ln \ln \left(\frac{\pi B}{d_p + 0,5z} + 1 \right) \quad (3.11)$$

- Ha $(d_p + 0,5z) \geq B$ (jól hőszigetelt padló):

$$U_{T,p} = \frac{\lambda_{talaj}}{0,457 B + d_p + 0,5z} \quad (3.12)$$

Amennyiben a padló mélysége a külső terepszinthez képest változó, az átlagértéket kell figyelembe venni. Terepszint közelében fekvő padlónak a külső terepszinthez képest $\pm 0,5$ m szintkülönbségen belül elhelyezkedő padlót nevezzük, ekkor $z = 0$.

3.5 A csatlakozási hőhidak hatása

A fal- vagy födémszerkezet rétegrendjéből adódó hőszigetelő hatást a szerkezet inhomogenitásából, illetve a különböző elemek (pl. két oldalfal, fal és födém) találkozásánál az illesztés pontatlanságából kisebb hőellenállású részek, ún. hőhidak csökkentik. Ezek hatása, főleg nagy számú hőhidat tartalmazó szerkezet esetén, jelentős lehet. A számítás módja a következő:

a) részletes módszer alkalmazása esetén hőhídkatalógus felhasználásával, belső méretek figyelembevételével vagy numerikus modellezéssel, az MSZ EN ISO 10211 szabvány szerinti modellezési szabályokkal a 6.1. képlettel

b) egyszerűsített módszer alkalmazása esetén a következő összefüggés szerint kell figyelembe venni:

$$H_{tr} = \sum_i A_i U_{R,i} \quad (3.13)$$

ahol

$$U_R = U \cdot (1 + \zeta) \quad (3.14)$$

A ζ korrekciós tényező nem használható szerkezetek belső oldalán elhelyezett hőszigetelések esetén. Ezen esetekben részletes hőhídmodell vagy vonatkozó szakirodalmi adatok felhasználása javasolt. A ζ korrekciós tényező értékeit a szerkezet típusa és a határolás tagoltsága függvényében a lenti táblázat tartalmazza.

Határoló szerkezetek			A csatlakozási hőhidak hatására kifejező korrekciós tényező ζ
Külső falak	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas	0,15
		közepesen hőhidas	0,20
		erősen hőhidas	0,30
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas	0,25
		közepesen hőhidas	0,30
		erősen hőhidas	0,40
Lapostetők		gyengén hőhidas	0,10
		közepesen hőhidas	0,15
		erősen hőhidas	0,20
Beépített tetőteret határoló szerkezetek		gyengén hőhidas	0,10
		közepesen hőhidas	0,15
		erősen hőhidas	0,20
Padlásfödémek			0,10
Árkádfödémek			0,10
Pincefödémek	szerkezeten belüli hőszigeteléssel		0,20

	alsó oldali hőszigeteléssel	0,10
Fűtött és fűtetlen terek közötti falak, fűtött pincetereket határoló, külső oldalon hőszigetelt falak		0,05

3. táblázat: a hőhídkorrekciós tényezők

3.5.1 Talajjal érintkező szerkezetek

3.5.1.1. Terepszint közelében vagy felett fekvő padló

A terepszint közelében vagy felett fekvő padló transzmissziós hőátviteli tényezője a talajjal érintkező szerkezetek hőáramait és a padló-fal csatlakozási hőhidat veszi figyelembe:

$$H_{tr,T,tp} = AU_{T,p} + P\Psi_{p,f} \quad (3.15)$$

ahol

$H_{tr,T,tp}$ a terepszint közelében vagy felett fekvő padló hőátviteli tényezője állandósult állapotban [W/K],

A a padló területe [m²],

$U_{T,p}$ a terepszint közelében vagy felett fekvő padló a talaj hatását is tartalmazó egyenértékű hőátbocsátási tényezője [W/m²K],

P a padló kitett kerülete [m],

$\Psi_{p,f}$ a padló-fal csatlakozás vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/mK].

A talajon fekvő padló egyenértékű hőátbocsátási tényezőjét a 3.5.2. fejezet alapján kell meghatározni.

A $\Psi_{p,f}$ padló-fal csatlakozási hőhíd miatti veszteséget:

- részletes módszer alkalmazása esetén az MSZ EN ISO 10211 szerint, a többi hőhídhoz hasonló módon numerikus modellezéssel, vagy hőhídkatalógusok alapján lehet meghatározni,
- egyszerűsített számítás esetén a 4. táblázat tartalmazza.

Külső falat alkotó vakolatlan falazat egyenértékű hővezetési tényezője	Külső fal kialakítása	Lábazati fal hőszigetetlen		Lábazati fal csak a terepszintig hőszigetelt		Lábazati fal a terepszint alatt 0,5 m-ig hőszigetelt	
		Padló hőszigetetlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigetetlen	Padló hőszigetelt ¹	Padló hőszigetetlen	Padló hőszigetelt ¹
0,45 W/mK-nél nagyobb	külső oldali, megszakítatlan hőszigeteléssel	0,25	0,45	0,1	0,25	0,05	0,15
	hőszigetelés nélkül	0,15	0,3	0,2	0,25	0,25	0,2
0,15 W/mK és 0,45 W/mK közötti	külső oldali, megszakítatlan hőszigeteléssel	0,15	0,2	0,05	0,15	0,05	0,1
	hőszigetelés nélkül	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15
0,15 W/mK-nél kisebb	külső oldali, megszakítatlan hőszigeteléssel	0,1	0,15	0,05	0,1	0,05	0,05
	hőszigetelés nélkül	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1

4. táblázat: a talaj hőhíd korrekciós tényezői

3.6 Transzmissziós hőátvitel

Az épület fűtési hőigényének számításához az egyes helyiségek, fenti módszerek összességével számított hőátbocsátási tényezői mellett az épületrészek és a környezet hőmérsékletének ismerete szükséges. Továbbá meg kell adni a számítás időtartamát, mely a mi esetünkben a fűtési szezon, azaz egy hat hónapos periódus október 15. és április 15. között. Így megkapjuk a transzmissziós hőátvitelből adódó veszteséget, amely az alábbi összefüggéssel számítható:

$$Q_{tr,F/H} = \left(\left(\sum H_{tr,D,F/H} + \sum H_{tr,x,F/H} \right) (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,átlag}) + H_{tr,T} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,év}) \right) \cdot \Delta t / 1000 \quad (3.16)$$

ahol

$H_{tr,D,F/H}$ direkt transzmissziós hőátviteli tényező külső környezettel határos szerkezetek esetén fűtésre/hűtésre [W/K],

$H_{tr,x,F/H}$ transzmissziós hőátviteli tényezője nem kondicionált térrel határos szerkezetek esetén fűtésre/hűtésre [W/K],

$H_{tr,T}$ talajjal érintkező szerkezetek transzmissziós hőátviteli tényezője [W/K],

$\theta_{i,F/H}$ a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],

$\theta_{e,átlag}$ a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C],

$\theta_{e,év}$ a külső tér éves átlaghőmérséklete [°C],
 Δt a számítási időszak hossza (hónap) [h].

Az energiaigény mellett a maximális fűtési teljesítményt is meg kell határozni, amire a fűtési rendszert méretezni kell. A hőátviteli tényezők értelemszerűen nem változnak, azonban itt az átlaghőmérséklet helyett egy méretezési hőmérsékletértékkal kell számolni [12.] Ez a leghidegebb várható téli hőmérsékletből adódó, szabványos érték, mely az ország egyes területein eltérő, jelen számítás során -13 °C. A talajra vonatkozó hőáramot ez nem érinti, ott értelemszerűen a talaj hőmérsékletével kell számolni.

Ez alapján a számítási összefüggés:

$$\dot{Q}_{tr,F/H} = \left(\left(\sum H_{tr,D,F/H} + \sum H_{tr,x,F/H} \right) (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,méretezési}) + H_{tr,T} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,méretezési}) \right) \quad (3.17)$$

ahol

$H_{tr,D,F/H}$ direkt transzmissziós hőátviteli tényező külső környezettel határos szerkezetek esetén fűtésre/hűtésre [W/K],

$H_{tr,x,F/H}$ transzmissziós hőátviteli tényezője nem kondicionált térrel határos szerkezetek esetén fűtésre/hűtésre [W/K],

$H_{tr,T}$ talajjal érintkező szerkezetek transzmissziós hőátviteli tényezője [W/K],

$\theta_{i,F/H}$ a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],

$\theta_{e,méretezési}$ a méretezési külső hőmérséklet [°C],

A transzmisszió a legnagyobb hőveszteségi tétel, azonban további elemek is vannak, amelyeket nem hagyhatunk figyelmen kívül.

3.7. Hőátvitel szellőzéssel

Ezek egyike a szellőzésből adódó hőveszteség. A felmelegített levegő kiengedése és környezeti, hidegebb levegőre történő cseréje értelemszerűen többlet hőigényt jelent. Ennek egy része passzív módon, a nyílászárók tömítetlenségein keresztül zajló légsere révén adódik. Ugyanakkor a tudatos szellőztetésre is szükség van, amelynek hatása szintén számítandó. [53.] A szellőzési hőátviteli tényező tisztán természetes szellőzésű épületben:

$$H_{szell,F/H} = 0,35 \cdot \left(n_{szüks} \cdot \frac{\Delta t_{term}}{\Delta t} + n_{filt} \right) \cdot V \quad [3.18]$$

ahol

n_{filt} légcsereszám az infiltráció miatt [1/h],
 Δt_{term} a természetes szellőzésű időszak hossza a használati időben [h],
 Δt a vizsgált teljes időszak [h].

A filtrációs légcsereszámot a [11.] dokumentum szerint lehet meghatározni.

A vizsgált épület esetén gépi szellőzés nincs, illetve a téli időszakban az éjszakai szellőztetés sem jellemző, így ezen számítások elvégzése nem szükséges.

3.8 Szellőzési hőátvitel

A szellőzési hőátviteli tényező alapján számítható a szellőzési hőátvitel érezhető hányada. A szellőzési hőátvitelt meg kell határozni minden egyes zónára és minden hónapra.

$$Q_{\text{szell},F/H} = \sum H_{\text{szell},F/H} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,\text{átlag}}) t / 1000 \quad [3.19]$$

ahol

$\theta_{i,F/H}$ a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],
 $\theta_{e,\text{átlag}}$ a külső tér átlaghőmérséklete, havi átlagérték [°C],
 Δt a számítási időszak hossza (hónap) [h].

A transzmissziós hőátvitelhez hasonlóan a szellőzésnél is szükséges a maximális teljesítményt kiszámolni. Ehhez ugyanazt a méretezési külső hőmérsékletet használjuk.

$$\dot{Q}_{\text{szell},F/H} = \sum H_{\text{szell},F/H} (\theta_{i,F/H} - \theta_{e,\text{méretezési}}) \quad [3.20]$$

ahol

$\theta_{i,F/H}$ a zóna/épület parancsolt hőmérséklete fűtés/ hűtés esetén [°C],
 $\theta_{e,\text{méretezési}}$ a méretezési külső hőmérséklet [°C],

3.9. Szoláris hőnyereségek

A veszteségek mellett hőnyereségek is vannak, amelyek a hőigényt csökkentik. Ezek egyik eleme a napsugárzásból adódó szoláris nyereség. Ezt meg kell határozni minden egyes zónára és a vizsgált időszak egészére.

$$Q_{s,F/H} = Q_{sd,F/H} + Q_{sid,F/H} \quad (3.21)$$

ahol

$Q_{sd,F/H}$ a direkt sugárzási hőnyereség fűtés vagy hűtés esetén [kWh],

$Q_{sid,F/H}$ az indirekt sugárzási hőnyereség a fűtés vagy hűtés esetén [kWh].

A sugárzási nyereségnek létezik direkt és indirekt változata. Az indirekt nyereség (mely a belső felületek hősugárzásából adódik) értéke jóval alacsonyabb, így egyszerűsített számítás esetén elhanyagolható. Ezért csak a direkt sugárzás hatásával számoltam.

3.9.1 Direkt sugárzási hőnyereségek

A transzparens szerkezetek direkt szoláris nyeresége:

$$Q_{sd,F/H} = \sum_i A_{\ddot{u},i} \cdot g_{F/H,i} \cdot g_{\text{árny},H,i} \cdot F_{\text{árny},i} \cdot G_{s,i} \quad (3.22)$$

ahol

$A_{\ddot{u},i}$ az i tájolású és hajlásszögű üvegezés területe [m^2],

$g_{F/H,i}$ az i tájolású és hajlásszögű üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége fűtés/hűtés esetén,

$g_{\text{árny},H,i}$ az i tájolású és hajlásszögű nyílászáró társított (napvédő) szerkezetének sugárzásátbocsátási képessége,

$F_{\text{árny},i}$ a külső akadályok (pl. horizont, függőleges és vízszintes árnyékvető szerkezetek) miatti összesített árnyékoltsági tényező az i tájolású és hajlásszögű nyílászáró esetén,

$G_{s,i}$ az i tájolású és hajlásszögű felületre érkező napsugárzási energiahozam az adott időszakra [kWh/m^2] (2. Függelék 1.2.4. pont).

Az üvegezés területe meghatározható az adott nyílászáró geometriai adatai alapján vagy az átlagos keretarány alapján:

$$A_{\ddot{u}} = A_{nyz}(1 - F_{keret}) \quad (3.23)$$

ahol

A_{nyz} a nyílászáró területe [m^2],

F_{keret} a nyílászáró keretaránya.

A keretarány az adott nyílászáró geometriája alapján vehető fel. Pontosabb adatok hiányában a keretarány általában 30%, régi (1990 előtti) nyílászárók esetén 25%, felülvilágítók és vékony télikert szerkezetek esetén 10%, míg kisméretű ($< 0,5 m^2$) nyílászárók esetén 50%.

Az üvegezés összesített sugárzásátbocsátási képessége (a beesési szög figyelembe vételével):

$$g_{F/H} = F_{\ddot{u}} \cdot g_n \quad (3.24)$$

ahol

$F_{\ddot{u}}$ az üvegezés beesési szögtől függő korrekciós tényezője, alapértéke 0,9,

g_n az üveg sugárzásátbocsátási képessége merőlegesen beeső napsugárzás esetén.

Néhány jellegzetes üvegezés típus g_n sugárzásátbocsátási tényezőjére a 2. Függelék 4.1. táblázat tartalmaz tájékoztató adatokat.

3.10 Belső hőnyereségek

A szoláris nyereségek mellett a használok, berendezések, háztartási gépek, világítás hőleadása, valamint – ha vannak - az épülettechnikai rendszerek hasznosítható veszteségei számunkra szintén hőnyereséggént jelennek meg a fűtési szezonban. (Nyáron ellenben értelemszerűen többlet hőterhelést jelentenek, amely a hűtési energiaigényt növeli.) A belső hőnyereséget meg kell határozni minden egyes zónára és a vizsgált időszak egészére:

$$Q_{b,F/H} = A_N \cdot q_b \Delta t / 1000 \quad (3.25)$$

ahol

q_b a fajlagos átlagos belső hőnyereség [W/m^2],

Δt a számítási időszak hossza (hónap) [h].

A fajlagos átlagos belső hőnyereség értékét lakóépületek esetén a [11.] dokumentum 2.1. táblázat szerint kell felvenni.

A nyereségek időbeli eloszlása nehezen kalkulálható, értéke pedig viszonylag alacsony, így a fűtési rendszer méretezésekor nem számolunk velük. Ezzel a biztonság irányába tévedünk, mivel a valósánál nagyobb teljesítményigényt feltételezünk.

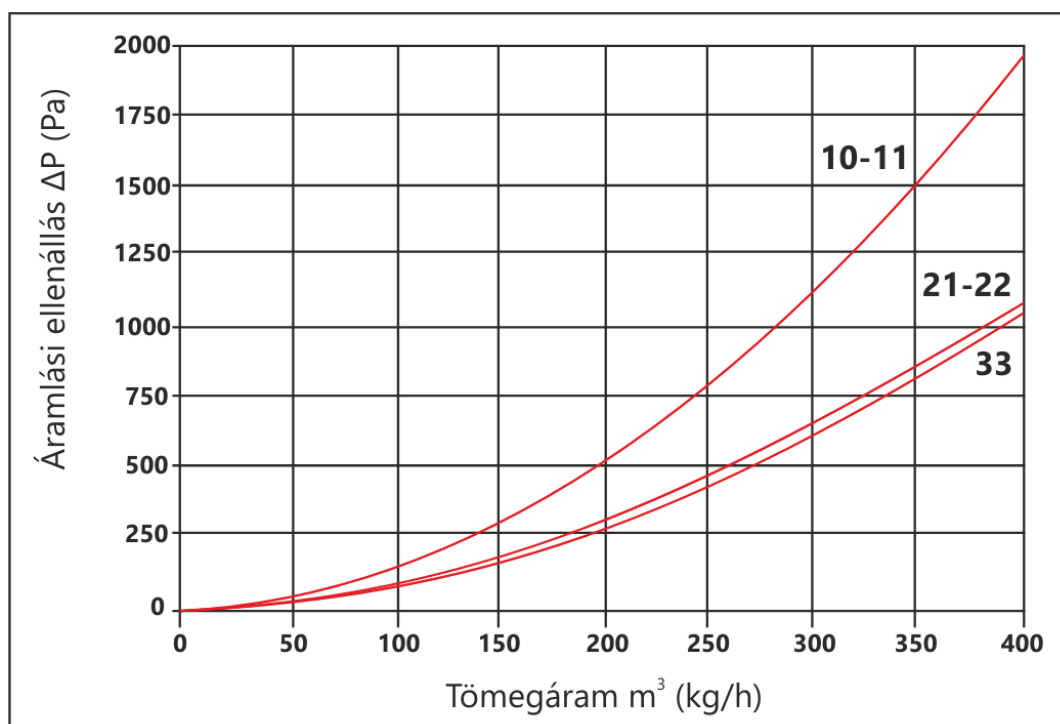
4. Fűtési rendszer méretezése

A hőigények kiszámítása után következhet a fűtési rendszer különböző elemeinek tervezése, kiválasztása. A ház központi fűtéssel rendelkezik, melynek gázkazánja a garázsban található. A hőleadás pedig radiátorokkal történik. Az első lépés a radiátorok helyének és a csővezetékek nyomvonalának meghatározása. A tervezés során célszerű a csővezetékeket a lehető legrövidebbre választani. A pontos topológiát a mellékletben található rajzok mutatják. Az ezt követő számítások menetét pedig a [13.] és [14.] dokumentum tartalmazza, a további elméleti ismertető során ezeket használtam forrásként.

4.1 Radiátorok kiválasztása

Először érdemes kiválasztani a radiátorokat, hiszen ezek áramlási ellenállása szükséges a további számításokhoz. Ez katalógus alapján történik, ahol az adott helyiség számított fűtési teljesítményigényéhez kiválasztjuk a megfelelő méretet. Választásom a Daylux 21 szériára esett [15.]. Fontos, hogy az adatok a radiátor névleges hőfoklépcsőjéhez (esetünkben 75/65 °C) tartoznak, ettől eltérő hőmérsékletek esetén korrekció szükséges. Én a névleges értékkel számoltam, némi túlméretezéssel.

A radiátor másik fontos adata az áramlási ellenállása. Ezt a katalógusban található diagramról olvashatjuk le, a hőhordozó közeg tömegáramának függvényében.



4. ábra: Radiátor áramlási ellenállása [15.]

4.2 Csővezetékek méretezése

Az első szükséges adat az egyes vezetékszakaszok tömegárama, amely a teljesítményből számítható az alábbi összefüggéssel:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \quad (4.1.)$$

ahol:

\dot{Q} a hőteljesítmény [W]

c a víz fajhője [J/kgK]

Δt az előremenő és visszatérő vezeték vízhőmérséklete közti különbség [°C]

Az egyszerűsítés kedvéért a fajhő hőmérsékletfüggését elhanyagoltam, a számítások során $c = 4190$ J/kgK és $\Delta t = 10$ °C

A tömegáramból a térfogatáram is meghatározható:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{3600 \cdot \rho} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (4.2.)$$

ahol:

\dot{m} a víz tömegárama [kg/h]

ρ a víz sűrűsége [kg/m³]

A víz hőtágulásától eltekintünk, a víz sűrűsége $\rho = 1000$ kg/m³

A térfogatáramból a csőátmérő ismeretében meghatározható az áramlási sebesség:

$$w = \frac{\dot{V}}{\frac{\left(\frac{D_b}{1000}\right)^2 \cdot \pi}{4}} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (4.3)$$

ahol:

\dot{V} a víz térfogatárama [m³/h]

D_b a cső belső átmérője [mm]

A továbbiakban a csővezetékben áramló folyadék sűrűdéséből adódó veszteséget kell meghatározni. Ehhez ismerni kell az adott áramlás Reynolds-számát. Ez egy dimenziómentes mennyiség, mely az áramlás jellegének meghatározására szolgál [16.]. A számítási összefüggése:

$$Re = \frac{w \cdot D_b}{1000 \cdot \nu} [-] \quad [4.4.]$$

ahol:

- w a víz áramlási sebessége [m/s]
- D_b a cső belső átmérője [mm]
- v a víz kinematikai viszkozitása [m^2/s]

A víz kinematikai viszkozitása szintén hőmérsékletfüggő, a számítások során a

$\nu = 4,781 \cdot 10^{-7}$ közelítő értékkel számoltam. [17.]

A Reynolds-szám alapján meghatározható a csősúrlódási tényező. Három esetet különböztetünk meg:

1. $Re < 2300$ esetén lamináris áramlásról beszélünk. Ez azt jelenti, hogy a folyadékban érdemi keveredés nincs. Ekkor a csősúrlódás kiszámításának egyenlete:

$$\lambda = \frac{64}{Re} [-] \quad [4.5.]$$

ahol Re a Reynolds-szám

2. $2300 < Re < 4000$ között átmeneti állapot áll fenn. Erről a szakaszból nem állnak rendelkezésre pontos mérési adatok. Én a turbulens áramlásra jellemző összefüggést használtam.
3. $Re > 4000$ esetén az áramlás turbulens, azaz a folyadékreszecskek többé-kevésbé teljesen elkeverednek. Itt az Ún. Colebrook-képlet használatos:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \lg \left(\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,72 * D_b} \right) [-] \quad [4.6.]$$

ahol:

- λ a csősúrlódási tényező [-]
- D_b a cső belső átmérője [mm]
- k a cső relatív érdessége [-]

A cső relatív érdessége a csőfal anyagától és a belső átmérőtől függően diagramról [16.] leolvasható. Én $k = 0,03$ értékkel számoltam.

A Colebrook-egyenlet analitikusan nem megoldható, ezért iteráció szükséges. Először egy tetszőlegesen kiválasztott λ_0 értéket kell felvenni, esetemben ez 0,02 volt. Ezt behelyettesítve a képletbe λ -ra kiadódik egy új érték, amelyet kiindulásként használunk a következő lépéshez. A harmadik iterációs lépés (λ_3) már kellően jó közelítést ad.

A kapott csősúrlódási tényező segítségével meghatározható a csővezeték hosszegységre fajlagosított nyomásvesztesége:

$$S' = \frac{\lambda}{\frac{D_b}{1000}} * \frac{\rho}{2} * w^2 \left[\frac{Pa}{m} \right] \quad [4.7.]$$

ahol:

- λ a csősúrlódási tényező [-]
- D_b a cső belső átmérője [mm]
- ρ a víz sűrűsége [kg/m³]
- w az áramlási sebesség [m/s]

A méretezés során az egyes csőátmérőket úgy kell megválasztani, hogy az áramlási sebesség ne haladja meg az 1 m/s-ot, S' maximális értéke pedig 150 Pa/m legyen.

A fajlagos nyomásvesztésből a teljes csővezeték nyomásvesztése is számítható:

$$S = S' * L [Pa] \quad [4.8.]$$

ahol:

- S' a fajlagos nyomásvesztés [Pa/m]
- L a cső hossza [m]

A csővezeték hosszával arányos veszteség mellett az egyes csővezetéki elemek (könyökök, elágazások, szelepek, stb.) is áramlási veszteséget jelentenek. Ezeknek az ellenállási tényezője egy állandó érték, melyet ζ -val jelölünk. Ebből a nyomásvesztés az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$\Delta p_z = \zeta * \frac{\rho}{2} * w^2 [Pa] \quad [4.9.]$$

ahol:

- ζ az ellenállási tényező tényező [-]
- ρ a víz sűrűsége [kg/m³]
- w az áramlási sebesség [m/s]

Az egyes szerelvénytípusokra vonatkozó értékeket a [13.] tartalmazza, míg a radiátorok áramlási ellenállása a vonatkozó katalógusokban megtalálható.

A szelepek ellenállása az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\Delta p = \left(\frac{\dot{V}}{k_{vs}} \right)^2 * \Delta p_0 [Pa] \quad [4.10.]$$

ahol:

Δp_0 a légköri nyomás [Pa]

\dot{V} a szelepen átmenő térfogatáram [m^3/h]

k_{vs} a szelep áramlási jellemzője (katalógusadat) [m^3/h]

Minden egyes radiátorhoz két szelep tartozik: az egyik a termosztatikus radiátorszzelep az előremenő ágban, amellyel a radiátor teljesítménye állítható üzem közben. Névleges fűtési teljesítménynél ez teljesen nyitva van, a méretezés értelemszerűen erre az állapotra történik. A másik pedig az ún. visszatérő csavarzat, amely – nevéből adódóan – a visszatérő ágban található. Ennek segítségével történik a beszabályzás, ez az elem biztosítja a megfelelő fojtást.

A teljes nyomásvesztés ezek összegeként adódik:

$$\Delta p = S + \sum_{i=1}^n \zeta_i \quad [4.11.]$$

ahol:

S a csőfal nyomásvesztése [Pa]

ζ_i az egyes csővezetéki elemek nyomásvesztése [Pa]

4.3 Szivattyúválasztás, beszabályozás

Miután a rendszer minden egyes szakaszára megkaptuk az áramlási veszteségeket, ki kell választani a mértékadó áramlási utat. Ez az az áramlási útvonal, amelynek az összesített áramlási ellenállása a legnagyobb. Általában a kazántól legtávolabbi radiátorig menő, majd onnan visszatérő szakaszt jelenti, bár ez nem törvényszerű. Erre az útvonalra kell méretezni a szivattyút, illetve beállítani a többi vezetékszakasz fojtószelepét.

4.3.1 A szivattyú kiválasztása

A szivattyú kiválasztásakor két paramétert kell figyelembe venni:

1. A szállított térfogatáramot: ez a fűtési rendszerben keringő teljes vízmennyiség, melyet a hőigény számítása után kaptunk
2. A mértékadó áramlási út nyomásvesztését. A gyakorlatban általában a szivattyú ún. emelőmagasságát adják meg, mely az alábbi összefüggéssel számítható:

$$H = \frac{\Delta p}{\rho * g} [m] \quad [4.12.]$$

ahol:

Δp a mértékadó áramlási út nyomásvesztése [Pa]

ρ a víz sűrűsége [kg/m³]

g a gravitációs gyorsulás értéke [m/s²]

Ezen adatok birtokában katalógusból kikereshető a megfelelő szivattyú.

4.3.2 Fojtások kiszámítása

Az egyenletes áramlást biztosítandó a többi áramkörre fojtás szükséges, hogy az összesített nyomásvesztés mindenhol egyenletes legyen és mindenhová a megfelelő vízmennyiség jusson el. A fojtást a visszatérő csavarzat biztosítja, mely minden radiátor mellé beépítésre került. A fojtás kívánt nyomásesése az alábbi módon számítható:

$$\Delta p_{fojtás} = \Delta p_m - \Delta p_k [Pa] \quad [4.13.]$$

ahol:

Δp_m a mértékadó áramlási út nyomásvesztése [Pa]

Δp_k a fojtószelep nyomásvesztése, teljesen nyitott állásnál [Pa]

A fojtónyomás ismeretében meghatározhatjuk a szelep szükséges pozícióját. Ezt a k_v tényező írja le:

$$k_v = \dot{V} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p_{fojtás}}} \left[\frac{m^3}{h} \right] [4.14.]$$

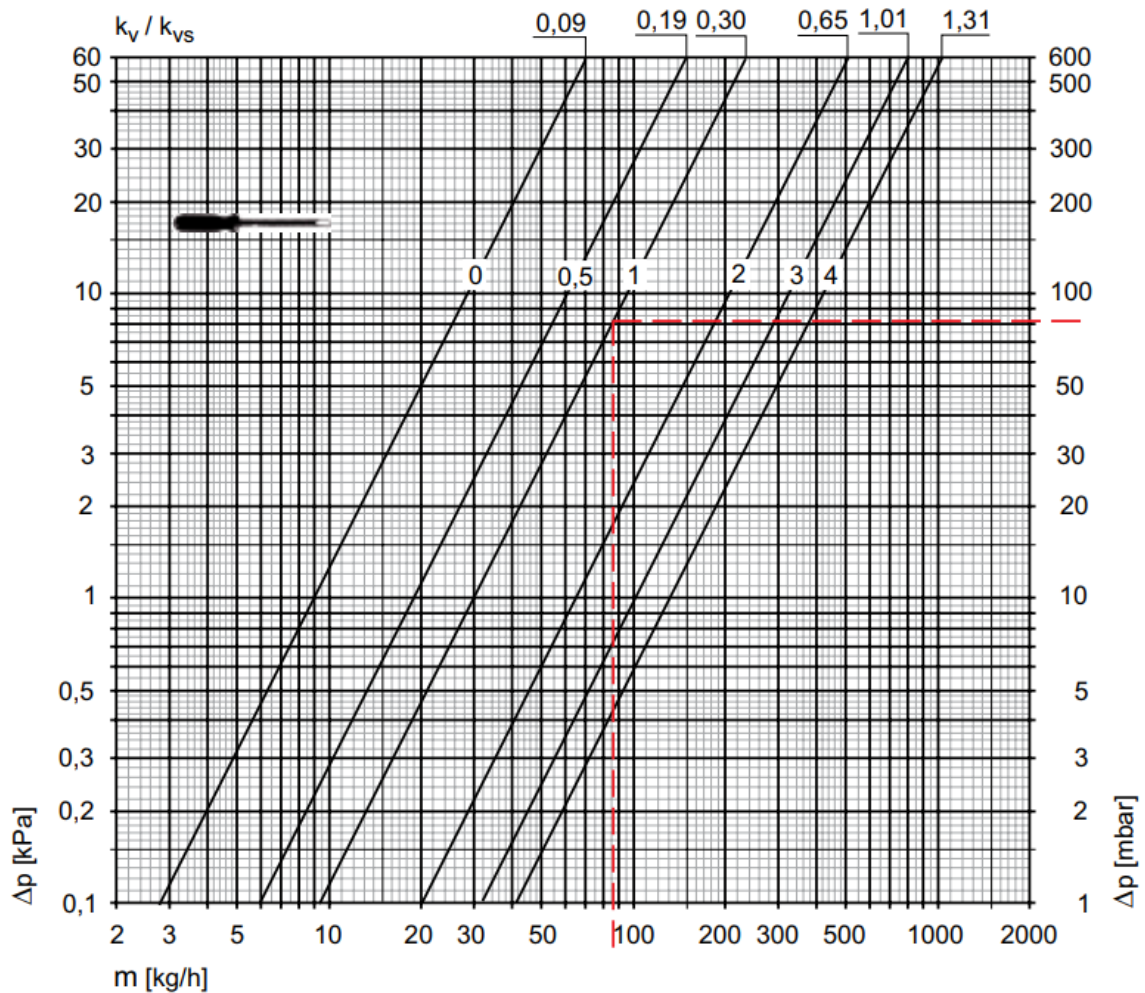
ahol:

Δp_0 a légköri nyomás [Pa]

Δp_k a fojtás szükséges nyomása [Pa]

\dot{V} a szelepen átmenő térfogatáram [m^3/h]

Az így kapott érték és a katalógusban szereplő diagram alapján a visszatérő csavarzat kívánt állása meghatározható. Én Heimeier Regulux elemeket használtam, ennek jelleggörbéje a 4.2. ábrán látható:

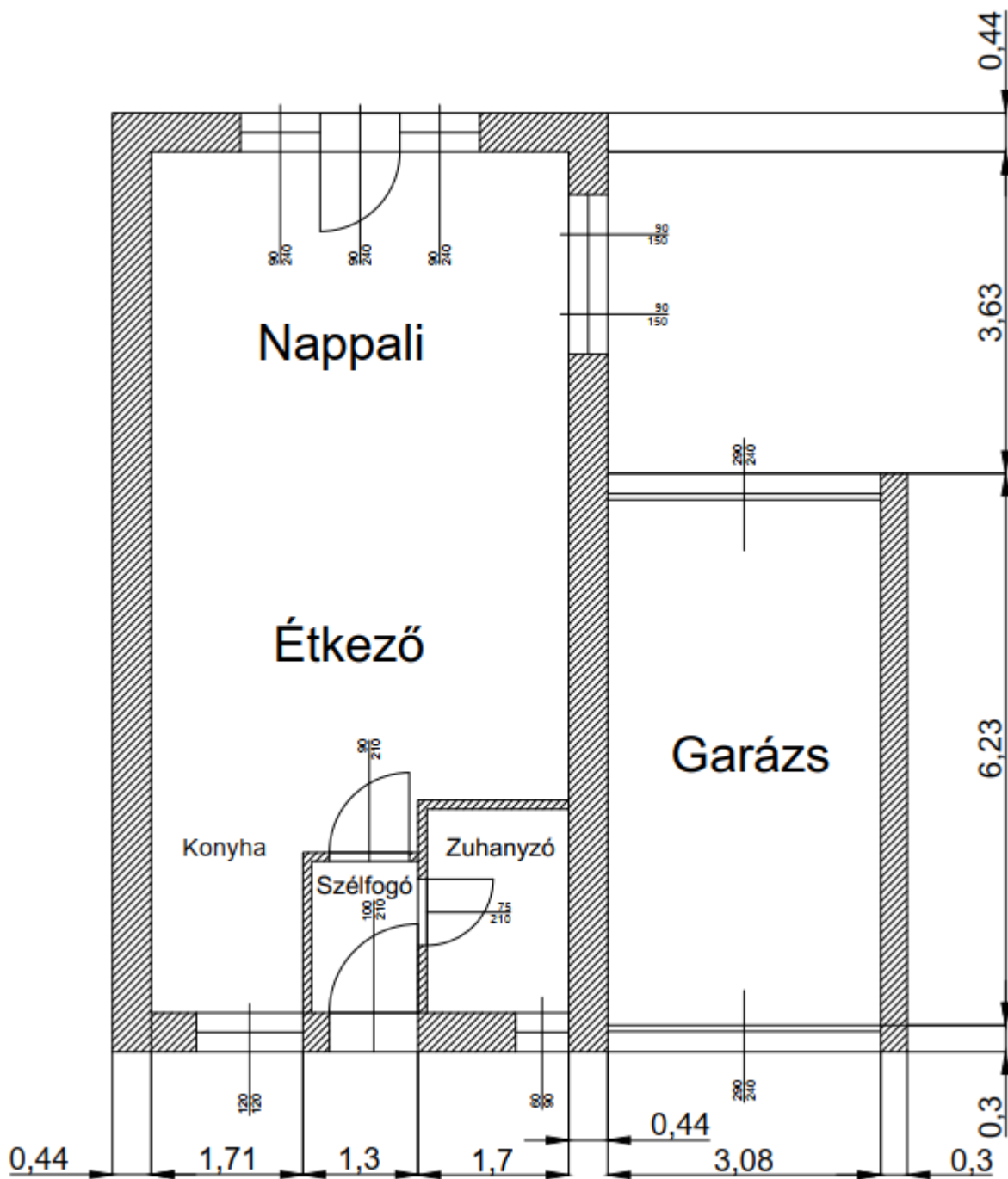


5. ábra: Heimeier Regulux visszatérő csavarzat jelleggörbéje [18.]

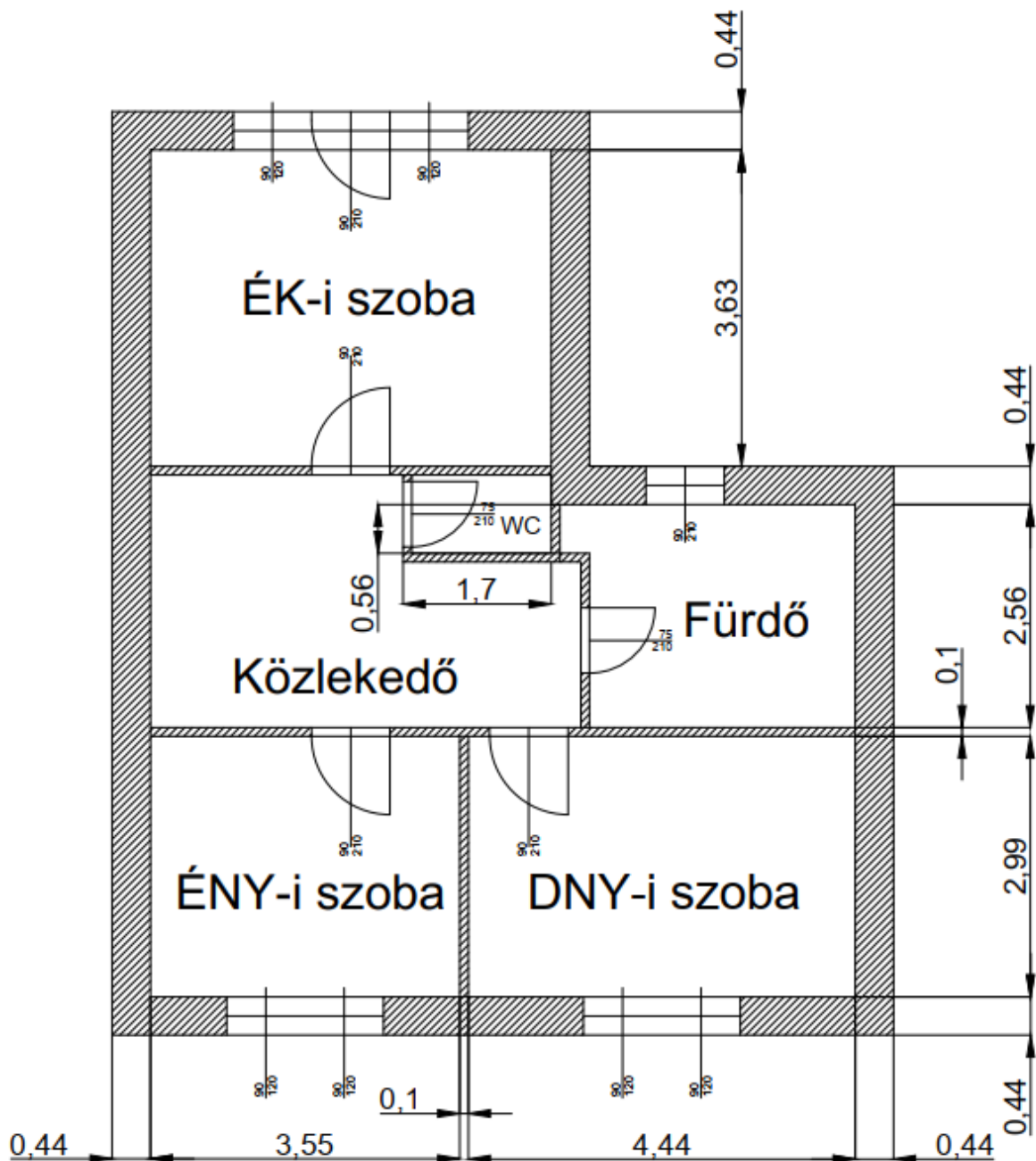
5. Családi ház fűtési hőigényének számítása

3.11 Az épület jellemzői

A vizsgálat tárgya egy kétszintes családi ház, melynek alaprajzát a 6. és 7. ábra mutatja:



6. ábra: A vizsgált épület alaprajza, földszint



7. ábra: A vizsgált épület alaprajza, emelet

A földszinten egy fűtetlen garázs, egy zuhanyzó, egy kis előtér (szélfogó), valamint egy nappali található, melyben külön elválasztás nélkül kapott helyet az étkező és a konyha. Az emelet három szobából (a továbbiakban tájolás szerint ÉK-i, ÉNY-i és DNY-i), egy közlekedőből, egy WC-ből és egy fürdőszobából áll. [47.]

Az egyes határoló szerkezeti elemek rétegrendje a következő:

A ház padlójának rétegrendje rétegrendje ($U_{T,p}$ számítása a 3.11. és 3.12. egyenlet alapján):

	δ [m]	λ [W/mK]	R [K/W]
kerámia:	0,02	1,05	0,019
felbeton	0,05	0,17	0,294
tech. Szig	0,05	0,037	1,351
hőszig	0,05	0,037	1,351
nedv. Szig	0,05	0,38	0,132
szerelőbeton	0,1	0,17	0,588
tech. Szig	0,05	0,037	1,351
kavics	0,15	0,7	0,214
Össz:			5,301
U [W/K]			0,189
$U_{T,p}$ [W/K]			0,151

5. táblázat: a padló rétegrendje

A garázs padlójának rétegrendje ($U_{T,p}$ számítása a 3.11. és 3.12. egyenlet alapján):

Rétegrend :	δ [m]	λ [W/mK]	R [K/W]
BETON LEVÉBEN SIMÍTVÁ	0,1	1,28	0,078
KAVICSFELTÖLTÉS	0,15	0,35	0,429
Össz:			0,507
U_g [W/m ² *K]			1,974
U_{eq} [W/m ² *K]			0,293

6. táblázat: a garázspadló rétegrendje

Közbenső monolit vasbeton födém (belső terek felett):

Rétegrend lefelé:	δ réteg vastagság [m]	λ hővezetési tényező [W/mK]	R Hőellenállás [Km ² /W]
Rsi[W/K]			0,170
LAMINÁLT PARKETTA + HABFÓLIA	0,02	0,2	0,100
VASALT FELBETON	0,05	1,75	0,029
1 RTG. PE FÓLIA TECHNOLÓGIAI SZIG.	0,001	0,17	0,006
EXPANDÁLT PS HAB LÉPÉSHANG SZIG.	0,03	0,04	0,750
MONOLIT VB. FÖDÉM	0,2	1,55	0,129
VAKOLAT	0,01	0,81	0,012
Rsi[W/K]			0,170
Össz:			1,366
Ug[W/m ² *K]			0,732

7. táblázat: a közbenső födém rétegrendje, fentről lefelé történő hőáramlás esetén

Rétegrend felfelé:	δ réteg vastagság [m]	λ hővezetési tényező [W/mK]	R Hőellenállás [Km ² /W]
Rsi[W/K]			0,100
LAMINÁLT PARKETTA + HABFÓLIA	0,02	0,2	0,100
VASALT FELBETON	0,05	1,75	0,029
1 RTG. PE FÓLIA TECHNOLÓGIAI SZIG.	0,001	0,17	0,006
EXPANDÁLT PS HAB LÉPÉSHANG SZIG.	0,03	0,04	0,750
MONOLIT VB. FÖDÉM	0,2	1,55	0,129
VAKOLAT	0,01	0,81	0,012
Rsi[W/K]			0,100
Össz:			1,126
Ug[W/m ² *K]			0,888

8. táblázat: a közbenső födém rétegrendje, lentől felfelé történő hőáramlás esetén

Hőszigetelt monolit vasbeton födém (garázs felett):

Rétegrend lefelé:	δ réteg vastagság [m]	λ hővezetési tényező [W/mK]	R Hőellenállás [Km ² /W]
Rsi[W/K]			0,170
LAMINÁLT PARKETTA + HABFÓLIA 1CM	0,01	0,2	0,05
- VASALT FELBETON 5CM	0,05	1,75	0,028571
- 1 RTG. PE FÓLIA TECHNOLÓGIAI SZIG.	0,001	0,17	0,005882
- EXPANDÁLT PS HAB LÉPÉSHANG SZIG. 3 CM	0,03	0,04	0,75
- MONOLIT VB. FÖDÉM 20CM	0,2	1,55	0,129032
- 20 CM KÖZETGYAPOT HŐSZIGETELÉS	0,2	0,044	4,545455
FELÜLETKÉPZÉS			0,29
Rsi[W/K]			0,170
Össz:			6,139
Ug[W/m ² *K]			0,163

9. táblázat: a garázs feletti födém rétegrendje, fentről lefelé történő hőáramlás esetén

Rétegrend felfelé:	δ réteg vastagság [m]	λ hővezetési tényező [W/mK]	R Hőellenállás [Km ² /W]
Rsi[W/K]			0,100
LAMINÁLT PARKETTA + HABFÓLIA 1CM	0,01	0,2	0,05
- VASALT FELBETON 5CM	0,05	1,75	0,028571
- 1 RTG. PE FÓLIA TECHNOLÓGIAI SZIG.	0,001	0,17	0,005882
- EXPANDÁLT PS HAB LÉPÉSHANG SZIG. 3 CM	0,03	0,04	0,75
- MONOLIT VB. FÖDÉM 20CM	0,2	1,55	0,129032
- 20 CM KÖZETGYAPOT HŐSZIGETELÉS	0,2	0,044	4,545455
FELÜLETKÉPZÉS			0,29
Rsi[W/K]			0,100
Össz:			5,999
Ug[W/m ² *K]			0,167

10. táblázat: a garázs feletti födém rétegrendje, lentől felfelé történő hőáramlás esetén

Külső fal:

Rétegrend:	δ réteg vastagság [m]	λ hővezetési tényező [W/mK]	R Hőellenállás [Km ² /W]
Rse[W/K]			0,040
külső vakolat	0,01	0,85	0,012
polisztirol szigetelés	0,14	0,035	4,000
ragasztó	0,005	0,8	0,006
vasbeton	0,3	2,5	0,120
belső vakolat	0,01	0,85	0,012
Rsi[W/K]			0,130
Össz:	0,465		4,320
Ug [W/K]			0,231
Korrekción			0,001
Uk [W/K]			0,233

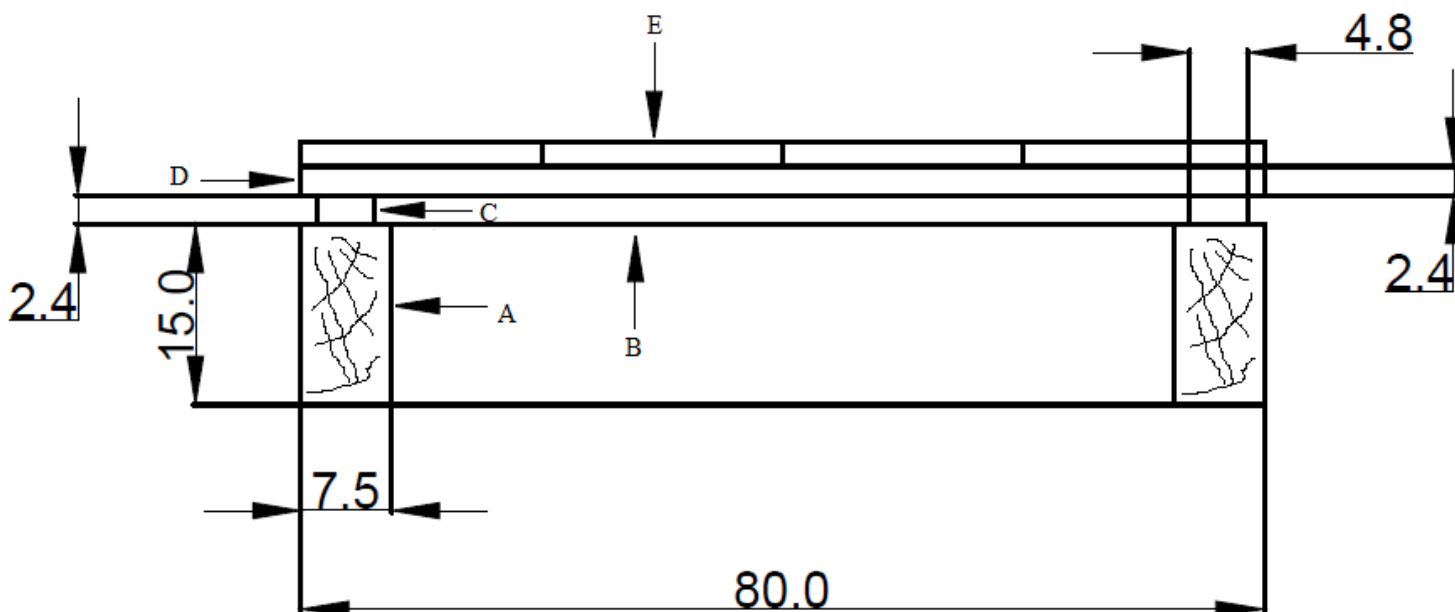
11. táblázat: a külső fal rétegrendje

Belső fal:

Rétegrend:	δ réteg vastagság [m]	λ hővezetési tényező [W/mK]	R Hőellenállás [Km ² /W]
Rsi[W/K]			0,130
vakolat	0,01	0,85	0,012
vasbeton	0,3	2,5	0,120
vakolat	0,01	0,85	0,012
Rsi[W/K]			0,130
Össz:			0,404
Ug [W/K]			2,478

12. táblázat: a belső fal rétegrendje

Tető:



- A: NATÚR SZÍNŰ SAJTOLT CSERÉPFEDÉS
- B: 2,4/4,8 CM KM. CSERÉPLÉCEZÉS 2,4CM
- C: 2,4/4,8 CM KM. ELLENLÉCEZÉS 2,4CM
- D: HÁLÓERŐSÍTÉSES TETŐFÓLIA
- E: 7,5/15 CM KM. SZARUZAT 15CM

8. ábra: a tető rétegendje

A tető hőátviteli tényezőjének számításánál a fóliázást és keresztlécezést egy hőátadási tényezővel helyettesítettem, és a szaruzat-szigetelést a következőképpen számoltam: vettem egy elemi részt, melyből az egész tetőfödém felépíthető, és erre számoltam egy egyenértékű hőellenállást. Ez a korábban említett „párhuzamos kapcsolat” szerint történt: a gerenda és a szigetelést hőellenállását külön-külön kell kiszámolni, majd súlyozni aszerint, hogy milyen szélesen szerepelnek az elemi hosszban, azaz

$$R_e = \frac{\frac{d_{ger}}{\lambda_{ger}} v_{ger} + \frac{d_{szig}}{\lambda_{szig}} v_{szig}}{v_{ger} + v_{szig}} = \frac{\frac{0,15}{0,13} * 0,075 + \frac{0,15}{0,044} * 0,8}{0,075 + 0,8} = 3,35 \text{ [m}^2\text{K/W]} \quad [4.1]$$

	α [W/m ² K]	R [Km ² /W]
NATÚR SZÍNŰ SAJTOLT CSERÉPFEDÉS	24	0,042
2,4/4,8 CM KM. CSERÉPLÉCEZÉS 2,4CM		
2,4/4,8 CM KM. ELLENLÉCEZÉS 2,4CM		
HÁLÓERŐSÍTÉSES TETŐFÓLIA		
7,5/15 CM KM. SZARUZAT 80CM SZIG	0,311	3,216
belső hőátadás		0,1
összes:		3,357
Uk [W/K]		0,297

13. táblázat: a tető hőátviteli tényezője

A tető esetén egy további korrekció is szükséges. Mivel a tető nem vízszintes (dőlésszöge 30°), ezért a tényleges hőátadási felülete nagyobb lesz, mint az adott helyiség alapterülete. Emiatt a számított hőellenállást meg kell szorozni $\frac{1}{\cos(30^\circ)}$ -kal, minden érintett helyiség esetén.

Az egyes helyiségek rendeltetéséből adódóan más belső hőmérséklet az ideális. A belső és a külső terek hőmérséklete:

T (zuhanyzó+WC+fürdő) [°C]	24
T (szélfogó+közlekedő) [°C]	16
T (garázs) [°C]	2
T (külső) [°C]	3,6
T (külső méretezési) [°C]	-13
T (étkező+szobák) [°C]	20
T (talaj) [°C]	10

14. táblázat: a külső fal rétegrendje

5.2 A számítás menete

5.2.1 A garázs, mint fűtetlen tér

A továbbiakban az egyes helyiségek hőigénye kerül kiszámításra, melyek (előjeles) összegeként megkapjuk az épület teljes fűtési hőigényét. Ebben benne van az egyes – eltérő belső hőmérsékletű - helyiségek közötti hőáram is. Ezek számításakor értelemszerűen a két helyiség közötti hőmérsékletkülönbséget kell figyelembe venni. A negatív előjel hőnyereséget jelent. Ez megjelenik a szoláris és egyéb nyereségek esetén, illetve, ha az adott helyiség egy nála melegebbel szomszédos.

Különleges esetet jelent a garázs, amely fűtetlen térként nem rendelkezik saját hőszabályozással, hanem az ide irányuló hőáramok hatásaként alakul ki egy egyensúlyi hőmérséklet. Egyensúly akkor alakul ki, ha a hőáramok előjeles összege 0. Szellőzési, szoláris

és egyéb hőáram nem lép fel, vagyis kizárólag az egyes határoló felületeken keresztül történő transzmissziós hőárammal kell számolni, azaz:

$$Q_{TR} = Q_{\text{felülről}} + Q_{\text{oldalról}} + Q_{\text{külső fal}} + Q_{\text{ajtók}} + Q_{\text{padló}} =$$

$$= Q_{\text{felülről-fürdőszoba}} + Q_{\text{felülről-szoba}} + Q_{\text{oldalról-étkező}} + Q_{\text{oldalról-zuhanyzó}} + Q_{\text{külső fal}} + Q_{\text{ajtók}} + Q_{\text{padló}} = 0 \text{ W}$$

Az egyes hőáramok a 3.16. egyenlet alapján számíthatók. A garázs hőmérsékletére kezdésként egy fiktív értéket vettem fel, amit behelyettesítve kiadódott a hozzá tartozó hőáram nagysága. Ezt követően manuális iterációval vagy Excel Solverrel meghatározható az a hőmérséklet, ahol az egyensúly fennáll. Ez ebben az esetben kb. 2 °C lett. A 4.10. táblázatban már ezt az értéket tüntettem fel, és a további számítások során is ezt használtam.

5.2.3 Számítás egy konkrét helyiségre

A számítás menetét a továbbiakban az emeleten lévő fürdőszoba példáján mutatom be. A teljes adatsort a Melléklet tartalmazza.

A fürdő határos az épület külső falával, a WC-vel, a közlekedővel, a DNY-i szobával, illetve a padlófödémén keresztül a garázzsal. Felülről pedig a tetőfödém határolja. Ezen kívül van egy 0,9x2,1 m-es, külső térbe nyíló ablaka, valamint egy 0,75x2,1 m-es, közlekedő felé nyíló ajtaja. Ezek felületeit az 15. táblázat tartalmazza:

A (padló) [m2]	8,1
A (külső fal) [m2]	16,0
A (külső ablak) [m2]	1,9
A (WC fal) [m2]	1,6
A (közlekedő fal) [m2]	4,5
A (közlekedő ajtó) [m2]	1,6
A (DNY-i szoba fal) [m2]	9,9

15. táblázat: a fürdő határoló felületei

Az egyes terek hőmérsékleteit az 5.10. táblázat mutatja, az egyes határoló felületekre a számított hőátbocsátási tényezők az 5.12. táblázatban találhatóak, a korábban említett tetőkorrekcióval együtt:

Felület	U [W/m ² K]	ΔU	U _{össz} [W/m ² K]	Korrigált U [W/m ² K]
Külső Fal:	0,231	0,150	0,266	
Ablak:	1,100	0,000	1,100	
Belső ajtó	1,100	0,000	1,100	
Külső ajtó	1,900	0,000	1,900	
Belső fal fűtetlenbe	0,231	0,050	0,243	
Belső fal	2,478	0,050	2,602	
Padló	0,163	0,1	0,263	
Tető	0,297	0,100	0,327	0,377

16. táblázat: a határoló felületek hőátbocsátási tényezője

Az itt szereplő „ ΔU ” érték a hőhidak hatását jelentő, 3.3. táblázat alapján felvett korrekciós tényező, melyből a 3.14. egyenlettel határozható meg az összesített hőátbocsátási tényező.

Mindezen adatok alapján a 3.13. egyenlettel meghatározható az adott szerkezeti elem transzmissziós hőátviteli tényezője. Az egyszerűsítés kedvéért a belső, fűtött terekre vonatkozó értékeket egyetlen tényezővel jelöltem. A számítás természetesen felületenként történt (nem elfelejtve az ajtót és az ablakot), ezen kívül korrigáltam az adott helyiség és a fürdő közötti hőmérsékletkülönbséggel. (Az előjelkonvenció értelmében a negatív érték mindig hőnyereséget jelent.) Mivel a belső hőáramok minden érintett helyiségnél megjelennek, ellentétes előjellel, ezért az épület összesített fűtési hőigényét nem befolyásolják. A fűtési rendszer elemeinek méretezése ellenben helyiségenként történik, emiatt szükséges ezen hőáramok ismerete is. A kapott hőátviteli tényezőket rendre az 5.13. táblázat tartalmazza:

H (felfele) [W/K]	1,7
H (lefele) [W/K]	1,3
H (külső fal) [W/K]	6,3
H (fűtöttbe) [W/K]	2,8

17. táblázat: az egyes felületek transzmissziós hőátviteli tényezője

Ezen adatokból a 3.17. egyenlettel meghatározható az egyes felületeken keresztül történő hőáram, a 3.16. egyenlettel pedig az ezek révén adódó teljes hőveszteség. Ezek értékei:

Q (felfele) [kWh]	121,0
\dot{Q} (felfele) [W]	62,2
Q (lefele) [kWh]	91,0
\dot{Q} (lefele) [W]	46,7
Q (külső fal) [kWh]	457,0
\dot{Q} (külső fal) [W]	234,8
Q (fűtöttbe) [kWh]	203,0
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	104,3

18. táblázat: a fürdő transzmissziós hővesztesége az egyes irányokba

A szellőzési hőátviteli tényező a 3.18. egyenlet alapján határozható meg, majd ebből a 3.19. egyenlettel megkapjuk a szellőzéssel elveszített energiamennyiséget, a 3.20. egyenlettel pedig a maximális szellőzési teljesítményveszteséget.

A hőnyereségek számítása a 3.9. fejezetben leírtak alapján történik. A szoláris nyereséget a 3.25. egyenlet alapján számoljuk, a belső hőnyereség pedig a vonatkozó táblázatból [11.] állapítható meg. Ezek értékeit a 19. táblázat tartalmazza:

H (szellőzés) [W/K]	0,8
Q (szellőzés) [kWh]	0,0
\dot{Q} (szellőzés) [W]	28,6
Q (szoláris) [kWh]	-11,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-177,4

19. táblázat: a fürdő nem transzmissziós hőáramai

A fenti adatok összegzésével megállapítható, hogy a fürdő fűtési teljesítményigénye 476,6 W, a teljes fűtési energiaigénye pedig 683,6 kWh a fűtési szezon során.

Ehhez a teljesítményigényhez kell megtalálni a megfelelő radiátort. Választásom a Daylux 21 600x500 mm nagyságú típusára esett. Ennek maximális hőleadása 75/65 °C előremenő és visszatérő hőmérséklet mellett a katalógus [15.] alapján 656 W, ami biztonsággal elegendő a hőigény fedezéséhez.

A maximális fűtési teljesítményhez tartozó tömegáram a 4.1. egyenlet alapján 40,9 kg/h. Ebből a 4.2. egyenlet segítségével határozható meg a fűtővíz térfogatárama, mely $1,14 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. (Átszámítva 0,41 m³/h, de a későbbi összefüggésekben m³/s mértékegységben szerepel.) Az érintett csőszakasz hozza a mellékletben található rajzon megmérve az előremenő szakasz esetén 0,2 m, míg a visszatérőé 0,4 m. Fontos, hogy ez a kizárólag a fürdőhöz tartozó, a

gerincvezetékéről leágazó csőhosszt jelenti. Számítási példaként a továbbiakban ez szerepel. Az előremenő és a visszatérő tömegáram értelemszerűen megegyezik.

A fürdő radiátorához 10x1,0 méretű cső csatlakozik, melynek belső átmérője 8 mm. Ennek kiválasztása Excel-táblázatban, manuális iterációval történt. Az egyes, szabványos csőátmérőket az előre elkészített táblázatba beírva ellenőrizni kellett, hogy az áramlási sebesség ne érje el az 1 m/s-ot, a fajlagos csősúrlódási veszteség (S') pedig a 150 Pa/m-t. Előbbi egyszer sem állt fenn (más csőszakaszokon sem), utóbbi miatt a szabványos csőméretek közül a 10x1,0 a legkisebb, ami még megfelelő.

Az áramlási sebesség a 4.3. egyenlet alapján 0,23 m/s-ra adódott. Ezen adatok birtokában a 4.4. egyenlet segítségével határozható meg a Reynolds-szám, mely ebben az esetben 3786. Ez átmeneti áramlást jelent, nem messze a tisztán turbulens határtól. Így a Colebrook-összefüggés (4.6. egyenlet) használható. Három iterációs lépést követően a csősúrlódási tényező értéke 0,044. Ennek következtében a fajlagos csősúrlódási veszteség az érintett szakaszon a 4.7. egyenlet alapján 142 Pa/m. Ezt a csőszakasz hosszával megszorozva (4.8. egyenlet) 56,62 Pa nyomásveszteség adódik.

Az egyéb csővezetékemekből az érintett szakaszon az előremenő és a visszatérő ágban is egy-egy könyök található (a leágazást biztosító T-idomot még az előző, közös csőszakaszhoz számítottam), ezek ellenállási tényezője a [13.] alapján 0,7. Az okozott nyomásveszteség a 4.9. egyenlet alapján 18 Pa. Az előremenő szakaszon egy termosztatikus szabályozó szelep, a visszatérőn pedig egy visszatérő csavarzat található, ezek ellenállási tényezője 0,48 m³/h és 1,31 m³/h. Az okozott áramlási veszteség a 4.10. egyenlet alapján 728 Pa és 98 Pa. Fontos, hogy ez a szelepek teljesen nyitott állapota mellett fennálló nyomáskülönbség, a fojtás értéke külön számítandó. A radiátor ellenállását az előremenő ághoz számoltam hozzá, ennek értéke a 4.1. ábráról leolvastva 50 Pa. Így tehát a fürdő radiátorához tartozó előremenő szakasz összesített nyomásvesztesége 728 Pa, míg a visszatérőé 98 Pa.

Ugyanezen számításokat elvégezve a többi csővezeték szakaszra is, a kazántól a fürdő radiátoráig vezető, majd onnan visszatérő vezeték szakasz összesített áramlási vesztesége 2828 Pa. A legnagyobb ellenállású kör a kazán és az ÉNY-i szoba radiátora közötti rész, itt a veszteség összesen 7411 Pa. A kettő közti különbséget fojtással kell biztosítani, melynek szükséges értéke 4680 Pa (beleszámítva a visszatérő csavarzat saját ellenállását). A szelepen átáramló víz térfogatárama, mint azt már korábban kiszámoltuk, 0,041 m³/h. Ebből a 4.14. egyenlet alapján meghatározható a szelep szükséges kv értéke, mely ebben az esetben 0,189 m³/h. Ez alapján a katalógusban [18.] lévő diagramról leolvasható a szeleppozíció, amely 0,5 fordulat.

A gerincvezeték szakaszain értelemszerűen a még „hátralévő” radiátorok tömegárama halad át. Például a fürdő leágazását megelőző, a DNY-i szoba és a fürdő közötti szakaszon a fürdő, a WC, az ÉK-i szoba, a közlekedő és az ÉNY-i szobába szánt vízmennyiség megy keresztül, ami összesen 156,2 kg/h.

A további számítások eredményei a Mellékletben található. Mindent összevetve a ház fűtési hőigénye a teljes fűtési szezonra vetítve 4349,8 kWh. A fűtési rendszer teljesítményigénye pedig 3258,2 W-ra adódott. Emellett két negatív hőigényű helyiség is van, logikus módon a két alacsonyabb belső hőmérsékletű tér, a szélfogó és a közlekedő. Ezek, bár a gyorsabb felfűthetőség és a pontos hőmérsékletszabályozás céljából rendelkeznek radiátorral, a névleges tömegáram értelemszerűen 0. Hogy az egyes csőszakaszok összesített hőteljesítményét ne befolyásolja, a csővezetékszámítások során a negatív érték helyett ezen helyiségek teljesítményigényére 0 W-ot írtam a vonatkozó táblázatba. Ez adja az eltérést a számított hőteljesítmény-igény és a csőszakaszokon átmenő összteljesítmény között. Emellett a nappali – méretéből adódóan – két, azonos radiátort kapott, a táblázatban az egyik „étkező”, a másik pedig „nappali” néven szerepel.

A topológia alapján a fűtési rendszer két, egymástól független fűtési körből áll. Az egyik a földszint, a másik az emelet hőellátásáért felel. Mindegyikhez külön szivattyú tartozik, melyet az adott kör összesített térfogatárama és a mértékadó áramlási út nyomásesése (pontosabban az ebből a 4.12. egyenlet szerint adódó emelőmagasság) alapján kell kiválasztani. A földszinti körnél a mértékadó áramlási út a kazán-nappali útvonal. A térfogatáram 0,129 m³/h, az emelőmagasság pedig 0,251 m. (Ez 2458 Pa nyomásvesztést jelent.) A szivattyú kiválasztása ezek alapján internetes katalógusból [19.] történik. A választás a Yonos PICO1.0 25/1-4 típusra esett. Az emeleti körnél a mértékadó áramlási út a kazántól az ÉNY-i szobáig vezető szakasz. Itt a térfogatáram 0,184 m³/h, a nyomásesés 8010 Pa, a szükséges emelőmagasság pedig 0,817 m. Az ehhez választott szivattyútípus pedig a Stratos PICO 25/0,5-4. Az egyes csőátmérőket, valamint a választott radiátorokat a Melléklet tartalmazza.

6. Összegzés

Az energiaköltségek csökkentése és a klímacélok teljesítése szempontjából kulcsfontosságú a lakóépületeink energiafogyasztásának csökkentése és a fűtési rendszerek optimális kialakítása. Magyarországon a probléma különösen aktuális, a lakóépületek fűtési energiaigénye kifejezetten magas, a lakásállomány nagy része felújításra szorul.

Az épületek fűtési hőigényének meghatározása a teljes folyamat alapja. A fűtési hőigény ismerete lehetővé teszi számunkra, hogy célzottan tervezhessük meg az épület fűtési rendszerét, optimalizáljuk az energiafelhasználást és hozzájáruljunk a fenntartható építészeti megoldások elterjedéséhez. [35.] [37.][42.]

A fűtési hőigény kiszámítása az épület határoló szerkezeteinek hőátbocsátási tényezője, a külső és belső hőmérsékletek, a szellőzési jellemzők, a napsugárzás melegítő hatása, valamint az egyéb belső hőforrások figyelembevételével történik. Az éves energiafogyasztás mellett a maximális fűtési teljesítmény ismerete is fontos számunkra, hiszen a fűtési rendszer tervezése ez alapján történik. A radiátorok kiválasztásánál értelemszerűen alapkövetelmény az adott helyiségre vonatkozó teljesítményigény. Ez és a vízhőmérséklet ismeretében megállapítható a szükséges vízmennyiség (tömegáram és térfogatáram), amely alapján a csőméretek meghatározása történik a csővezeték áramlási jellemzőinek figyelembevételével. Ezt követően megállapítható a fűtési rendszer nyomásvesztése, amely a keringető szivattyú kiválasztásához és az egyes áramkörü ágak fojtószelepének beállításához szükségesek.

Az elméleti háttér ismertetése mellett a gyakorlatban is bemutattam a tervezés folyamatát egy családi ház példáján keresztül.

Forrásjegyzék

- (1.) https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0007.html
- (2.) <https://mehi.hu/az-energiahatekonysagrol-magyarorszagon/>
- (3.) https://commission.europa.eu/system/files/2023-09/HUNGARY%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20_HU.pdf
- (4.) https://www.ksh.hu/statszemle_archive/all/2023/2023_02/2023_02_118.pdf
- (5.) <https://energiaklub.hu/temak/energiaszegenyseg>
- (6.) <https://habitat.hu/sites/elosztot/temak/energiaszegenyseg/>
- (7.) <https://otk.hu/blog/energetikai-osztaly-ff>
- (8.) <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/4/4f/4fa/4fadbf2eb9866a0608c2a21d2d13e4cf982faf77.pdf> 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet 1. függelék
- (9.) <https://www.origo.hu/itthon/2016/11/a-haztartasok-futese-miatt-videken-nagyobb-a-legszennyez-es-mint-budapesten>
- (10.) <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- (11.) <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/7/71/710/7104724f6e0267935518ec602269fd08733e6271.pdf> 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet 2. függelék
- (12.) <https://www.gepeszbolt.hu/simonyi/MSZ%2004-140-3.pdf>
- (13.) https://docplayer.hu/2837969-Kozponti-futes-meretezese.html#tab_1_1_2
- (14.) <https://www.gepeszbolt.hu/simonyi/Futesi%20r%20meretezese%20teljes%20feladat.pdf>
- (15.) https://gepesz.hu/connect/dokumentumok/cikkfile/uj/pros_daylux_aclemez_1_apradiator_20190927_0940.pdf
- (16.) http://kkft.bme.hu/attachments/article/53/1_Aramlastan_Re_Szam.pdf
- (17.) <https://www.vizpumpaszerviz.hu/2.%20A%20viz%20tulajdonsagai.pdf>
- (18.) Regulux Heimeier: Radiátor visszatérő csavarzat pontos beállítási és üritési lehetőséggel
- (19.) <https://wilo.com/hu/hu/Solution-Finder/Eszk%C3%B6z%C3%B6k/Szivatty%C3%BAm%C3%A9retez%C3%A9s/hu>
- (20.) <https://www.tozsdeasz.hu/foldgaz-mmmtu-arfolyam-grafikon-10-ev-cop2/>
- (21.) <https://www.e-tanusitas.eu/energetikai-tanusitvany-arak>
- (22.) <https://otk.hu/blog/ervenyessege>
- (23.) <https://otk.hu/blog/energetikai-besorolasok-tablázat>
- (24.) <https://otk.hu/blog/hoszigetes-vastagsagok>
- (25.) <https://otk.hu/blog/fajlagos-hovesztesegtenyezo>

- (26.) <https://otk.hu/blog/kozel-nulla-energiaigeny>
- (27.) <https://njt.hu/jogszabaly/2008-176-20-22>
- (28.) <https://www.passzivhazminosites.hu/passzivhaz-szabvany>
- (29.) <https://otk.hu/blog/mikor-kotelezo>
- (30.) Az épületgépészet kézikönyve, Dr Menyhárt József, 1977
- (31.) Osztroluczky M. 2011. A hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmény.
- (32.) Büki G. 2014. Optimális energiatakarékosság – a hőszigetelés példáján. Magyar Energetika 2014/1 pp. 2-3
- (33.) Épületenergetikai szabályozás 2012-2019. Tervezet
- (34.) Épületenergetika, Zöld András, Műegyetemi Kiadó, 1995
- (35.) Introduction to Architectural Science, The Basis of Sustainable Design, Steven V Szokolay, Elsevier, Oxford , 2004
- (36.) Alacsony Energiájú Épületek, Othomar Humm, Dialóg campus, Budapest-Pécs, 2003
- (37.) Szalay Zs., Csík Á. 2014. Optimalizáció az épületenergetikában. Megtérülő Épületenergetika 2014/1
- (38.) Váraljai E., Szalay Zs., Csík Á. 2014. Energiahatékony épületfelújítás – mi lehet az optimális megoldás? Megtérülő épületenergetika. 2014 szeptember-október. 41-44 pp.
- (39.) Magyar Szabvány 140/1-4 Épületek és épülethatároló szerkezeteinek hőtechnikai számításai, Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Budapest, 1978
- (40.) Monoki Ákos, Barna Tamás; Környezetbarát energiák : [biomassza-, geotermikus-, napenergia]. - 2. jav. kiad. - Szarvas : Nimfea, 2005. - 86 p. ; 21 cm . - (Zöldike könyvsorozat ; 10.)
- (41.) Peter Gevorkian; Sustainable energy systems in architectural design : a blueprint for green building - New York, N.Y. [etc.] : McGraw-Hill, cop. 2006. - XII, 251 p. ; 25 cm
- (42.) Szalai Zsuzsa; U konkra q, avagy érdemes-e részletesen számolni (in: Épületenergetika, 2006. 05. – Épületenergetikai Társaság, Budapest)
- (43.) Karlovecz Ádám : Megéri-e passzívházat építeni? 2016
- (44.) Passzívház definíció http://www.passzivhaz-akademia.hu/passzivhaz/passzivhaz_definicio.html

- (45.) Debreczy Zoltán : Passzívházak Tervezésének alapjai – Magyar Passzívház Akadémia Budapest, 2010
- (46.) A passzívház fogalma <http://www.passzivhaz-tervezes.hu/passzivhaz.html>
- (47.) <http://www.csaladihaztervezes.hu/tanacsadas/PHPP-szamitas>
- (48.) Gortva Anikó : Itt a 19. minősített passzívház Magyarországon! - 1. rész Mi az a minősített passzívház? <http://www.csaladihaztervezes.hu/nyito/itt-a-19-minositett-passzivhazmagyarorszagon---1-resz>
- (49.) Passive House Requirements http://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passivehouse-requirements.htm
- (50.) Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard, version 9e, revised 15.06.2016 27/27
http://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf
- (51.) Passzívházak Magyarországon <http://epiteszforum.hu/passzivhazak-magyarorszagon>
- (52.) Thomas Königstein: Az energiatakarékos építkezés kézikönyve, Z-Press Kiadó Kft, 2006, 19. oldal
- (53.) Zöld András: Energiatudatos építészet - Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.
- (54.) Mádlné Dr. Szinyi Judit: A geotermikus energiahasznosítás nemzetközi és hazai helyzete, jövőbeni lehetőségei Magyarországon. MTA jelentés, Budapest, 2008.

Táblázatjegyzék

1. táblázat: A felületi hőátadás hőellenállása	19.
2. táblázat: A talaj hőtechnikai adatai	21.
3. táblázat: A hőhídkorrekciós tényezők	23.
4. táblázat: A talaj hőhíd korrekciós tényezői	25.
5. táblázat: A padló rétegendje	40.
6. táblázat: A garázspadló rétegendje	40.
7. táblázat: A közbenső födém rétegendje, fentről lefelé történő hőáramlás esetén	41.
8. táblázat: A közbenső födém rétegendje, lentről felfelé történő hőáramlás esetén	41.
9. táblázat: A garázs feletti födém rétegendje, fentről lefelé történő hőáramlás esetén	41.
10. táblázat: A garázs feletti födém rétegendje, lentről felfelé történő hőáramlás esetén	42.
11. táblázat: A külső fal rétegendje	42.
12. táblázat: A belső fal rétegendje	43.
13. táblázat: A tető hőátviteli tényezője	44.
14. táblázat: A külső fal rétegendje	45.
15. táblázat: A fürdő határoló felületei	46.
16. táblázat: A határoló felületek hőátbocsátási tényezője	46.
17. táblázat: Az egyes felületek transzmissziós hőátviteli tényezője	47.
18. táblázat: A fürdő transzmissziós hővesztesége az egyes irányokba	47.
19. táblázat: A fürdő nem transzmissziós hőáramai	48.

Helyiségek hőigénye:

Zuhanyzó:

A (padló) [m ²]	3,7
A (külső fal) [m ²]	5,1
A (külső ablak) [m ²]	0,5
A (fűtetlenbe) [m ²]	7,5
A (szélfogó fal) [m ²]	3,8
A (szélfogó ajtó) [m ²]	1,6
A (étkező fal) [m ²]	6,5
H (talaj) [W/K]	1,1
Q (talaj) [kWh]	66,3
\dot{Q} (talaj) [W]	39,9
H (külső fal) [W/K]	2,0
Q (külső fal) [kWh]	174,9
\dot{Q} (külső fal) [W]	72,2
H (fűtetlenbe) [W/K]	1,1
Q (fűtetlenbe) [kWh]	97,5

\dot{Q} (fűtetlenbe) [W]	40,3
H (fűtöttbe) [W/K]	4,3
Q (fűtöttbe) [kWh]	388,3
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	160,4
H (felé) [W/K]	0,4
Q (felé) [kWh]	34,8
\dot{Q} (felé) [W]	14,4
H (szellőzés) [W/K]	0,4
Q (szellőzés) [kWh]	32,8
\dot{Q} (szellőzés) [W]	13,5
Q (szoláris) [kWh]	-9,2
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-80,8
Q (zuhanyzó) [kWh]	704,6
\dot{Q} (zuhanyzó) [W]	340,7

Szélfogó:

A (padló) [m ²]	1,8
A (külső fal) [m ²]	1,4
A (külső ajtó) [m ²]	2,1
A (zuhanyzó fal) [m ²]	3,8
A (zuhanyzó ajtó) [m ²]	1,6
A (étkező fal) [m ²]	7,0
A (étkezőajtó) [m ²]	1,9
H (talaj) [W/K]	0,9
Q (talaj) [kWh]	49,3
\dot{Q} (talaj) [W]	26,2
H (külső fal) [W/K]	4,4
Q (külső fal) [kWh]	237,7
\dot{Q} (külső fal) [W]	126,6
H (fűtöttbe) [W/K]	-6,0
Q (fűtöttbe) [kWh]	-13,2
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	-174,0
H (felé) [W/K]	-0,2
Q (felé) [kWh]	9,7
\dot{Q} (felé) [W]	-7,0
H (szellőzés) [W/K]	0,2
Q (szellőzés) [kWh]	22,8
\dot{Q} (szellőzés) [W]	5,2
Q (szoláris) [kWh]	0,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-39,5
Q (szélfogó) [kWh]	266,8
\dot{Q} (szélfogó) [W]	-23,0

Nappali:

A (padló konyha) [m ²]	7,3
------------------------------------	-----

A (padló étkező) [m2]	15,0
A (padló nappali) [m2]	18,5
A (külső fal) [m2]	50,5
A (külső ablak) [m2]	10,6
A (fűtetlenbe) [m2]	9,0
A (szélfogó fal) [m2]	7,0
A (szélfogó ajtó) [m2]	1,9
A (zuhanyzó fal) [m2]	6,5
H (talaj) [W/K]	3,3
Q (talaj) [kWh]	144,2
\dot{Q} (talaj) [W]	108,3
H (külső fal) [W/K]	25,1
Q (külső fal) [kWh]	1809,4
\dot{Q} (külső fal) [W]	829,0
H (fűtetlenbe) [W/K]	1,2
Q (fűtetlenbe) [kWh]	86,4
\dot{Q} (fűtetlenbe) [W]	39,6
H (fűtöttbe) [W/K]	0,4
Q (fűtöttbe) [kWh]	29,8
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	13,7
H (felfele) [W/K]	0,9
Q (felfele) [kWh]	67,5
\dot{Q} (felfele) [W]	30,9
H (szellőzés) [W/K]	4,1
Q (szellőzés) [kWh]	292,4
\dot{Q} (szellőzés) [W]	134,0
Q (szoláris) [kWh]	-84,2
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-896,6
Q (nappali) [kWh]	1448,9
\dot{Q} (nappali) [W]	1155,4

ÉK-i szoba:

A (padló) [m2]	18,1
A (külső fal) [m2]	32,6
A (külső ablak) [m2]	4,1
A (WC fal) [m2]	4,2
A (közlekedő fal) [m2]	7,5
A (közlekedő ajtó) [m2]	1,9
H (lefele) [W/K]	0,0
Q (lefele) [kWh]	0,0
\dot{Q} (lefele) [W]	0,0
H (külső fal) [W/K]	13,1
Q (külső fal) [kWh]	945,2
\dot{Q} (külső fal) [W]	433,0
H (fűtöttbe) [W/K]	1,3
Q (fűtöttbe) [kWh]	93,9
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	43,0

H (felfele) [W/K]	3,4
Q (felfele) [kWh]	243,7
\dot{Q} (felfele) [W]	111,7
H (szellőzés) [W/K]	1,8
Q (szellőzés) [kWh]	129,3
\dot{Q} (szellőzés) [W]	59,2
Q (szoláris) [kWh]	-23,5
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-396,4
Q (ÉK-i szoba) [kWh]	992,3
\dot{Q} (nappali) [W]	647,0

Közlekedő:

A (padló) [m2]	9,4
A (külső fal) [m2]	7,8
A (WC fal) [m2]	5,7
A (WC ajtó) [m2]	1,6
A (ÉK-i szoba fal) [m2]	7,5
A (ÉK-i szoba ajtó) [m2]	1,9
A (NY-i szobák fal) [m2]	11,0
A (NY-i szobák ajtó) [m2]	3,8
A (fürdő fal) [m2]	4,5
A (fürdő ajtó) [m2]	1,6
H (lefele) [W/K]	-1,0
Q (lefele) [kWh]	-56,6
\dot{Q} (lefele) [W]	-30,1
H (külső fal) [W/K]	2,1
Q (külső fal) [kWh]	113,1
\dot{Q} (külső fal) [W]	60,2
H (fűtöttbe) [W/K]	-15,8
Q (fűtöttbe) [kWh]	-860,5
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	-458,2
H (felfele) [W/K]	1,5
Q (felfele) [kWh]	82,1
\dot{Q} (felfele) [W]	43,7
H (szellőzés) [W/K]	0,9
Q (szellőzés) [kWh]	48,8
\dot{Q} (szellőzés) [W]	29,5
Q (szoláris) [kWh]	0,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-205,3
Q (közlekedő) [kWh]	-878,4
\dot{Q} (közlekedő) [W]	-354,8

WC:

A (padló) [m2]	1,4
A (ÉK-i szoba fal) [m2]	4,2
A (közlekedő fal) [m2]	5,7
A (közlekedő ajtó) [m2]	1,6

A (fürdő fal) [m2]	2,3
H (lefele) [W/K]	0,1
Q (lefele) [kWh]	11,2
\dot{Q} (lefele) [W]	4,6
H (külső fal) [W/K]	0,3
Q (külső fal) [kWh]	26,8
\dot{Q} (külső fal) [W]	41,0
H (fűtöttbe) [W/K]	4,8
Q (fűtöttbe) [kWh]	426,0
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	175,9
H (felfele) [W/K]	0,3
Q (felfele) [kWh]	26,8
\dot{Q} (felfele) [W]	11,1
H (szellőzés) [W/K]	0,1
Q (szellőzés) [kWh]	0,0
\dot{Q} (szellőzés) [W]	5,1
Q (szoláris) [kWh]	0,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-31,6
Q (WC) [kWh]	6,4
\dot{Q}(WC) [W]	237,7

ÉNY-i szoba:

A (padló) [m2]	11,2
A (külső fal) [m2]	17,2
A (külső ablak) [m2]	2,2
A (közlekedő fal) [m2]	11,0
A (közlekedő ajtó) [m2]	1,9
H (felfele) [W/K]	2,1
Q (felfele) [kWh]	151,4
\dot{Q} (felfele) [W]	69,4
H (lefele) [W/K]	0,0
Q (lefele) [kWh]	0,0
\dot{Q} (lefele) [W]	0,0
H (külső fal) [W/K]	7,0
Q (külső fal) [kWh]	501,1
\dot{Q} (külső fal) [W]	229,6
H (fűtöttbe) [W/K]	3,7
Q (fűtöttbe) [kWh]	267,0
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	122,3
H (szellőzés) [W/K]	1,1
Q (szellőzés) [kWh]	77,3
\dot{Q} (szellőzés) [W]	35,4
Q (szoláris) [kWh]	-37,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-246,2
Q (ÉNY-i szoba) [kWh]	713,7
\dot{Q}(ÉNY-i szoba) [W]	456,7

DNY-i szoba:

A (padló) [m2]	12,2
A (külső fal) [m2]	19,6
A (külső ablak) [m2]	2,2
A (fürdő fal) [m2]	9,9
A (közlekedő fal) [m2]	0,5
A (közlekedő ajtó) [m2]	1,9
H (feléle) [W/K]	2,3
Q (feléle) [kWh]	165,3
\dot{Q} (feléle) [W]	75,7
H (lefele) [W/K]	1,4
Q (lefele) [kWh]	104,4
\dot{Q} (lefele) [W]	47,8
H (külső fal) [W/K]	7,6
Q (külső fal) [kWh]	546,0
\dot{Q} (külső fal) [W]	250,2
H (fűtöttbe) [W/K]	-2,7
Q (fűtöttbe) [kWh]	-197,3
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	-90,4
H (szellőzés) [W/K]	1,2
Q (szellőzés) [kWh]	0,0
\dot{Q} (szellőzés) [W]	38,7
Q (szoláris) [kWh]	-37,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-268,8
Q (DNY-i szoba) [kWh]	312,7
\dot{Q}(DNY-i szoba) [W]	322,0

Fürdő:

A (padló) [m2]	8,1
A (külső fal) [m2]	16,0
A (külső ablak) [m2]	1,9
A (WC fal) [m2]	1,6
A (közlekedő fal) [m2]	4,5
A (közlekedő ajtó) [m2]	1,6
A (DNY-i szoba fal) [m2]	9,9
H (feléle) [W/K]	1,7
Q (feléle) [kWh]	121,0
\dot{Q} (feléle) [W]	62,2
H (lefele) [W/K]	1,3
Q (lefele) [kWh]	91,0
\dot{Q} (lefele) [W]	46,7
H (külső fal) [W/K]	6,3
Q (külső fal) [kWh]	457,0
\dot{Q} (külső fal) [W]	234,8
H (fűtöttbe) [W/K]	2,8
Q (fűtöttbe) [kWh]	203,0
\dot{Q} (fűtöttbe) [W]	104,3

H (szellőzés) [W/K]	0,8
Q (szellőzés) [kWh]	0,0
\dot{Q} (szellőzés) [W]	28,6
Q (szoláris) [kWh]	-11,0
Q (egyéb nyereség) [kWh]	-177,4
Q (fürdő) [kWh]	683,6
\dot{Q}(fürdő) [W]	476,6

Összesen:

Q (egész ház) [kWh]	4775,8
\dot{Q}(egész ház) [W]	3258,2

Csővezeték számítások:

Szakasz	L (m)	Q (W)	m (kg/h)	V (m ³ /s)	D x S (mm)	Db (mm)	w (m/s)	Re (-)	k/Db
Földszint									
Kazán-szélfogó E	0,5	1496	128,5	3,6E-05	15x1,0	13	0,27	7315	0,002
Kazán-szélfogó V	0,5	1496	128,5	3,6E-05	15x1,0	13	0,27	7315	0,002
Szélfogó E	4,4	0	0,0	2,8E-14	6x1,0	4	0,00	0	0,008
Szélfogó V	6	0	0,0	2,8E-14	6x1,0	4	0,00	0	0,008
Szélfogó-zuhanyzó E	0,5	1496	128,5	3,6E-05	15x1,0	13	0,27	7315	0,002
Szélfogó-zuhanyzó V	0,5	1496	128,5	3,6E-05	15x1,0	13	0,27	7315	0,002
Zuhanyzó E	1,2	341	29,3	8,1E-06	10x1,0	8	0,16	2707	0,004
Zuhanyzó V	2,5	341	29,3	8,1E-06	10x1,0	8	0,16	2707	0,004
Zuhanyzó-étkező E	0,3	1155	99,3	2,8E-05	15x1,0	13	0,21	5649	0,002
Zuhanyzó-étkező V	1	1155	99,3	2,8E-05	15x1,0	13	0,21	5649	0,002
Étkező E	0,6	578	49,6	1,4E-05	12x1,0	10	0,18	3672	0,003
Étkező V	0,9	578	49,6	1,4E-05	12x1,0	10	0,18	3672	0,003
Étkező-Nappali E	4,2	578	49,6	1,4E-05	12x1,0	10	0,18	3672	0,003
Étkező-Nappali V	4,5	578	49,6	1,4E-05	12x1,0	10	0,18	3672	0,003
Emelet									
Kazán-DNY-i szoba E	7,3	2140	183,9	5,1E-05	18x1,0	16	0,25	8501	0,002
Kazán-DNY-i szoba V	8,2	2140	183,9	5,1E-05	18x1,0	16	0,25	8501	0,002
DNY-i szoba E	0,2	322	27,7	7,7E-06	10x1,0	8	0,15	2558	0,004
DNY-i szoba V	0,4	322	27,7	7,7E-06	10x1,0	8	0,15	2558	0,004
DNY-i szoba-fürdő E	1,3	1818	156,2	4,3E-05	15x1,0	13	0,33	8888	0,002
DNY-i szoba-fürdő V	1,3	1818	156,2	4,3E-05	15x1,0	13	0,33	8888	0,002
Fürdő E	0,2	477	40,9	1,1E-05	10x1,0	8	0,23	3786	0,004

Fürdő V	0,4	477	40,9	1,1E-05	10x1,0	8	0,23	3786	0,004
Fürdő-WC E	6	1341	115,3	3,2E-05	15x1,0	13	0,24	6558	0,002
Fürdő-WC V	5,5	1341	115,3	3,2E-05	15x1,0	13	0,24	6558	0,002
WC E	0,7	238	20,4	5,7E-06	10x1,0	8	0,11	1889	0,004
WC V	0,4	238	20,4	5,7E-06	10x1,0	8	0,11	1889	0,004
WC-ÉK-i szoba E	0,5	1104	94,8	2,6E-05	15x1,0	13	0,20	5396	0,002
WC-ÉK-i szoba V	0,1	1104	94,8	2,6E-05	15x1,0	13	0,20	5396	0,002
ÉK-i szoba E	0,3	647	55,6	1,5E-05	12x1,0	10	0,20	4112	0,003
ÉK-i szoba V	1,3	647	55,6	1,5E-05	12x1,0	10	0,20	4112	0,003
ÉK-i szoba-közlekedő E	6,4	457	39,2	1,1E-05	10x1,0	8	0,22	3628	0,004
ÉK-i szoba-közlekedő V	5,3	457	39,2	1,1E-05	10x1,0	8	0,22	3628	0,004
Közlekedő E	0,4	0	0,0	2,8E-14	6x1,0	4	0,00	0	0,008
Közlekedő V	0,4	0	0,0	2,8E-14	6x1,0	4	0,00	0	0,008
Közlekedő-ÉNY-i szoba E	7,8	457	39,2	1,1E-05	10x1,0	8	0,22	3628	0,004
Közlekedő-ÉNY-i szoba V	10,5	457	39,2	1,1E-05	10x1,0	8	0,22	3628	0,004

Szakasz	λ	S' (Pa/m)	S (Pa)	ζ	Z (Pa)	kvs (beszab)	Δp_{szelep} (Pa)	$\Delta p_{\text{össz}}$ (Pa)	Választott radiátor	Q (W) radiátor	Z (Pa) radiátor
Földszint									Daylux 21 széria		
Kazán-szélfogó E	0,037	102	50,89	1,3	47	-	0	98			
Kazán-szélfogó V	0,037	102	50,89	1,3	47	-	0	98			
Szélfogó E	0,006	0	2E-14	2,1	0	0,48	0	0	400x300	295	0
Szélfogó V	0,006	0	2E-14	3,5	0	1,31	0	0			
Szélfogó- zuhanyzó E	0,037	102	50,89	1,3	47	-	0	98			
Szélfogó- zuhanyzó V	0,037	102	50,89	1,3	47	-	0	98			
Zuhanyzó E	0,048	79	94,66	0,0	0	0,48	372	507	400x500	437	40
Zuhanyzó V	0,048	79	197,2	1,4	18	1,31	50	265			
Zuhanyzó-étkező E	0,039	64	19,32	1,3	28	-	0	47			
Zuhanyzó-étkező V	0,039	64	64,41	1,3	28	-	0	92			
Étkező E	0,044	68	40,58	0,7	11	0,48	1069	1181	700x500	765	60
Étkező V	0,044	68	60,87	0,7	11	1,31	144	215			
Étkező-Nappali E	0,044	68	284,1	1,4	22	0,48	1069	1435	700x500	765	60
Étkező-Nappali V	0,044	68	304,4	2,8	43	1,31	144	491			
Emelet											

Kazán-DNY-i szoba E	0,035	70	512,9	4,1	132	-	0	645			
Kazán-DNY-i szoba V	0,035	70	576,1	4,1	132	-	0	708			
DNY-i szoba E	0,049	72	14,31	0,7	8	0,48	332	395	400x500	437	40
DNY-i szoba V	0,049	72	28,62	0,7	8	1,31	45	81			
DNY-i szoba-fürdő E	0,035	144	187,4	1,3	69	-	0	257			
DNY-i szoba-fürdő V	0,035	144	187,4	1,3	69	-	0	257			
Fürdő E	0,044	142	28,31	0,7	18	0,48	728	824	600x500	656	50
Fürdő V	0,044	142	56,62	0,7	18	1,31	98	172			
Fürdő-WC E	0,037	84	503	2,7	79	-	0	582			
Fürdő-WC V	0,037	84	461,1	2,0	58	-	0	519			
WC E	0,053	43	29,77	1,4	9	0,48	181	245	400x300	295	25
WC V	0,053	43	17,01	0,7	4	1,31	24	46			
WC-ÉK-i szoba E	0,039	59	29,71	2,0	39	-	0	69			
WC-ÉK-i szoba V	0,039	59	5,942	1,3	26	-	0	32			
ÉK-i szoba E	0,043	82	24,73	0,0	0	0,48	1341	1428	800x500	847	62
ÉK-i szoba V	0,043	82	107,2	1,4	27	1,31	180	314			
ÉK-i szoba-közlekedő E	0,045	131	840,7	2,0	47	-	0	888			
ÉK-i szoba-közlekedő V	0,045	131	696,2	2,0	47	-	0	743			
Közlekedő E	0,006	0	2E-15	0,7	0	0,48	0	0	400x300	295	0
Közlekedő V	0,006	0	2E-15	0,7	0	1,31	0	0			
Közlekedő-ÉNY-i szoba E	0,045	131	1025	2,1	49	0,48	668	1792	600x500	656	50
Közlekedő-ÉNY-i szoba V	0,045	131	1379	2,1	49	1,31	90	1518			

Áramkör	Szakasz (ok)	S + Z + Δpszelep(Pa)	Δp (Pa)	Δpfojtás (Pa)	Így az áramkör össz. Ellenállása (Pa)	V (m3/h)	kv (m3/h,1bar)	Sz.Á.
---------	--------------	-------------------------	---------	---------------	---	----------	-------------------	-------

Kazán-szélfogó	Kazán-szélfogó E	98	196	2262	2458	0,0000	0,000	0
	Kazán-szélfogó V	98						
	Szélfogó E	0						
	Szélfogó V	0						
Kazán-zuhanyzó	Kazán-szélfogó E	98	1164	1344	2458	0,0293	0,227	0,75
	Kazán-szélfogó V	98						

	Szélfogó-zuhanyzó E	98						
	Szélfogó-zuhanyzó V	98						
	Zuhanyzó E	507						
	Zuhanyzó V	265						
Kazán-étkező	Kazán-szélfogó E	98	1928	674	2458	0,0496	0,392	1,9
	Kazán-szélfogó V	98						
	Szélfogó-zuhanyzó E	98						
	Szélfogó-zuhanyzó V	98						
	Zuhanyzó-étkező E	47						
	Zuhanyzó-étkező V	92						
	Étkező E	1181						
Étkező V	215							
Kazán-nappali	Kazán-szélfogó E	98	2458	144	2458	0,0496	0,48	4,0
	Kazán-szélfogó V	98						
	Szélfogó-zuhanyzó E	98						
	Szélfogó-zuhanyzó V	98						
	Zuhanyzó-étkező E	47						
	Zuhanyzó-étkező V	92						
	Étkező-Nappali E	1435						
	Étkező-Nappali V	491						

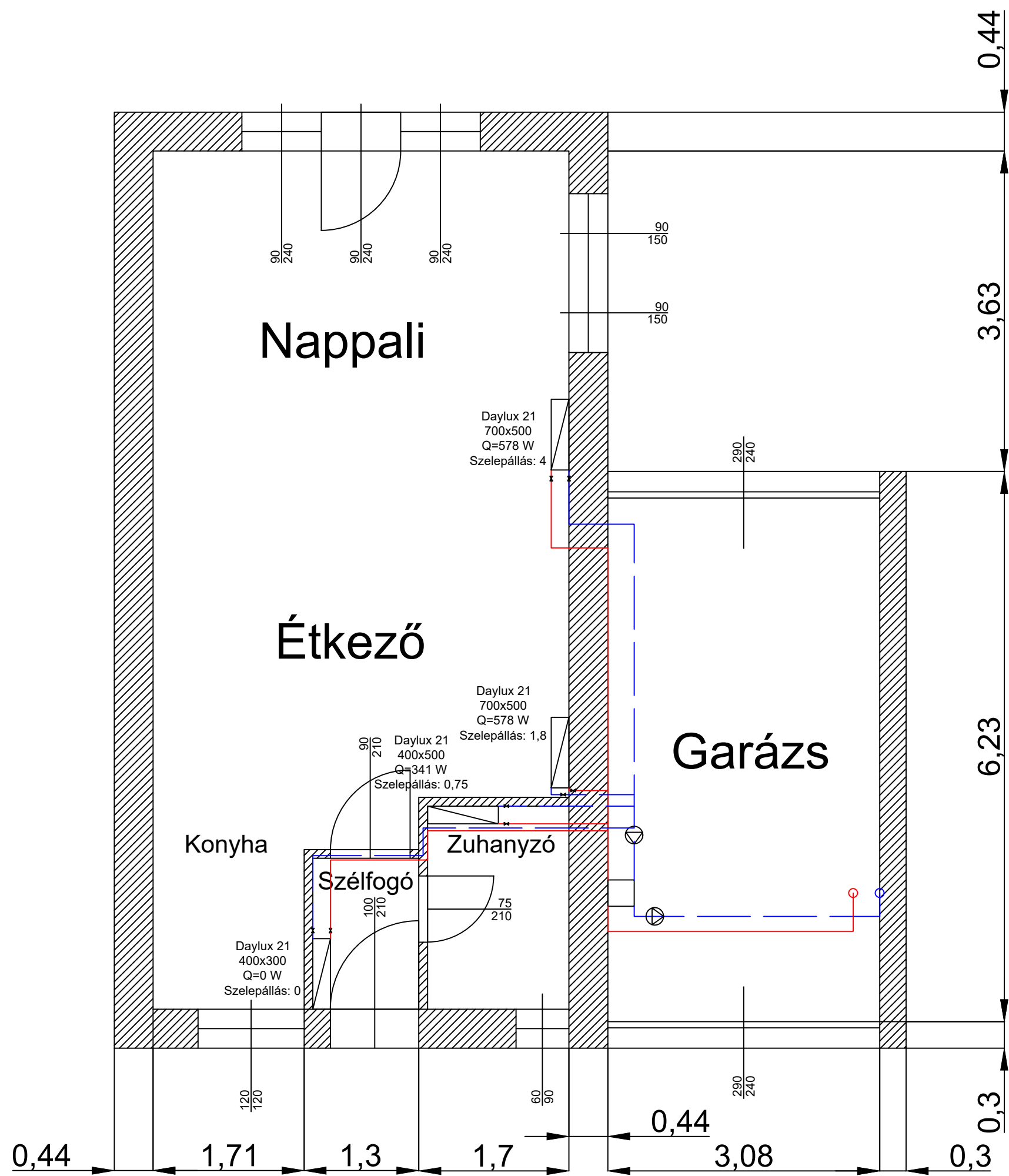
Kazán-DNY-i szoba	Kazán-DNY-i szoba E	645	1830	6225	8010	0,0277	0,108	0,15
	Kazán-DNY-i szoba V	708						
	DNY-i szoba E	395						
	DNY-i szoba V	81						
Kazán-fürdő	Kazán-DNY-i szoba E	645	2863	5245	8010	0,0409	0,169	1,8
	Kazán-DNY-i szoba V	708						
	DNY-i szoba-fürdő E	257						
	DNY-i szoba-fürdő V	257						
	Fürdő E	824						
	Fürdő V	172						
Kazán-WC	Kazán-DNY-i szoba E	645	3258	4776	8010	0,0204	0,092	1,0
	Kazán-DNY-i szoba V	708						
	DNY-i szoba-fürdő E	257						
	DNY-i szoba-fürdő V	257						
	Fürdő-WC E	582						
	Fürdő-WC V	519						
	WC E	245						
	WC V	46						
Kazán-ÉK-i szoba	Kazán-DNY-i szoba E	645	4811	3380	8010	0,0556	0,26	2,75
	Kazán-DNY-i szoba V	708						
	DNY-i szoba-fürdő E	257						
	DNY-i szoba-fürdő V	257						
	Fürdő-WC E	582						
	Fürdő-WC V	519						

	WC-ÉK-i szoba E	69						
	WC-ÉK-i szoba V	32						
	ÉK-i szoba E	1428						
	ÉK-i szoba V	314						
Kazán-közlekedő	Kazán-DNY-i szoba E	645	4700	3311	8010	0,0000	0,000	0
	Kazán-DNY-i szoba V	708						
	DNY-i szoba-fürdő E	257						
	DNY-i szoba-fürdő V	257						
	Fürdő-WC E	582						
	Fürdő-WC V	519						
	WC-ÉK-i szoba E	69						
	WC-ÉK-i szoba V	32						
	ÉK-i szoba-közlekedő E	888						
	ÉK-i szoba-közlekedő V	743						
	Közlekedő E	0						
	Közlekedő V	0						
Kazán-ÉNY-i szoba	Kazán-DNY-i szoba E	645	8010	90	8010	0,0392	0,48	4,0
	Kazán-DNY-i szoba V	708						
	DNY-i szoba-fürdő E	257						
	DNY-i szoba-fürdő V	257						
	Fürdő-WC E	582						
	Fürdő-WC V	519						
	WC-ÉK-i szoba E	69						
	WC-ÉK-i szoba V	32						
	ÉK-i szoba-közlekedő E	888						
	ÉK-i szoba-közlekedő V	743						
	Közlekedő-ÉNY-i szoba E	1792						
	Közlekedő-ÉNY-i szoba V	1518						

Ábra és képjegyzék

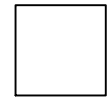
1. ábra: A magyar háztartások energiafelhasználása, energiahordozók szerint [10.]
alapján saját szerkesztés)
- 3.
2. ábra: A földgáz tőzsdei árának változása az elmúlt években [20.]
3. ábra: A hazai lakásállomány energiahatékonyság szerinti megoszlása [2.]
- 8.
- 9.

4. ábra: Radiátor áramlási ellenállása [15.]	31.
5. ábra: Heimeier Regulux visszatérő csavarzat jelleggörbéje [18.]	37.
6. ábra: A vizsgált épület alaprajza, földszint	38.
7. ábra: A vizsgált épület alaprajza, emelet	39.
8. ábra: A tető rétegtrendje	42.

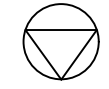


Jelmagyarázat:

Kazán



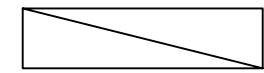
Szivattyú



Szelep



Radiátor



Előremenő vezeték



Visszatérő vezeték



Födémáttörés
emelet felé



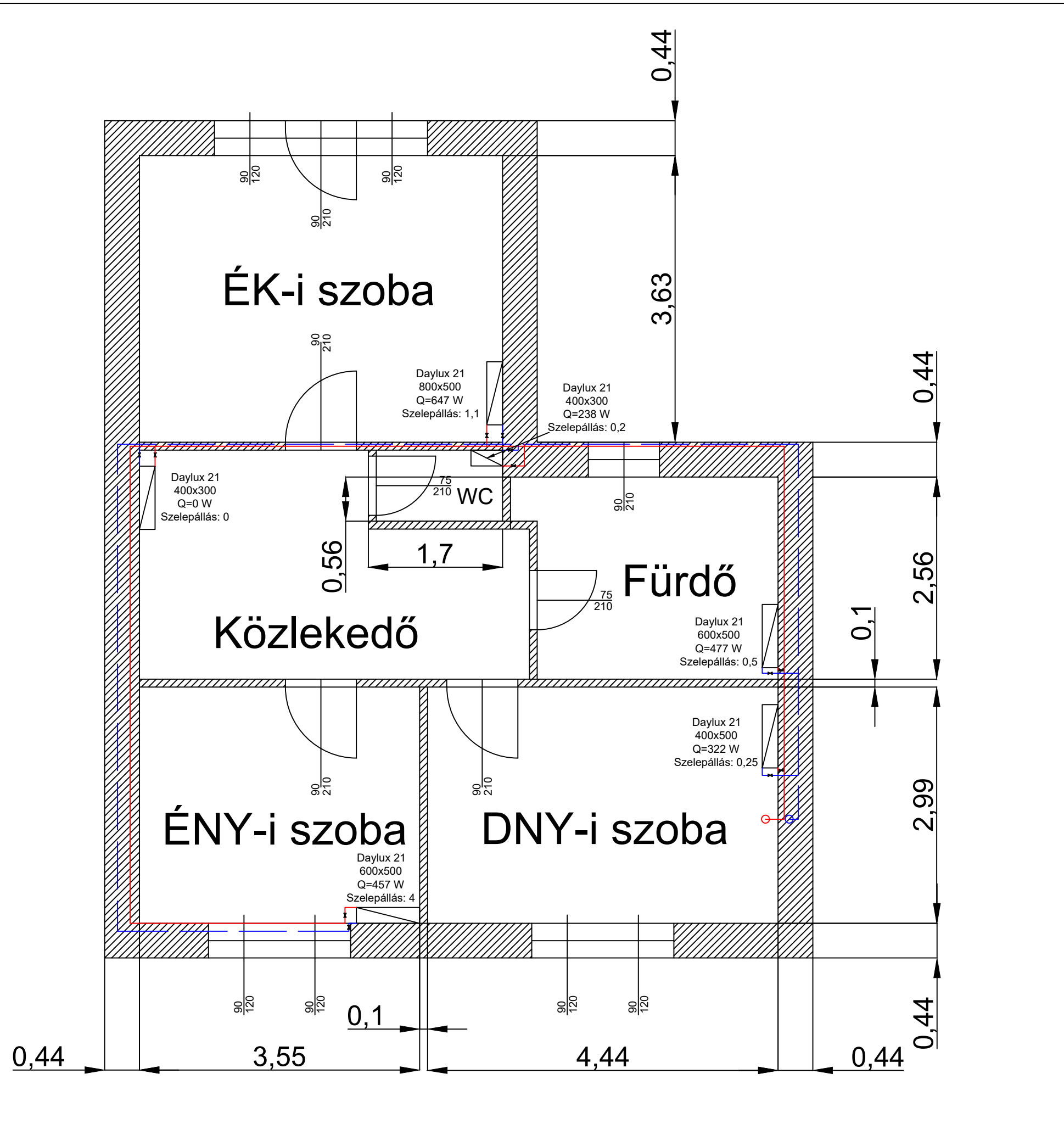
Tervezte:

Szabó Viktor

Családi ház fűtési
rendszerének
tervezése

Dátum:

2024.04.19.



Jelmagyarázat:

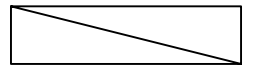
Szivattyú



Szelep



Radiátor



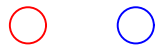
Előremenő vezeték



Visszatérő vezeték



Födémáttörés
földszint felé



Tervezte:

Szabó Viktor

Családi ház fűtési
rendszerének
tervezése

Dátum:

2024.04.19.

Jelmagyarázat:

Szivattyú

Szelep

Radiátor

Eiőremenő vezeték

Viisszatérő vezeték



DNY-i szoba

Fürdő

WC

ÉK-i szoba

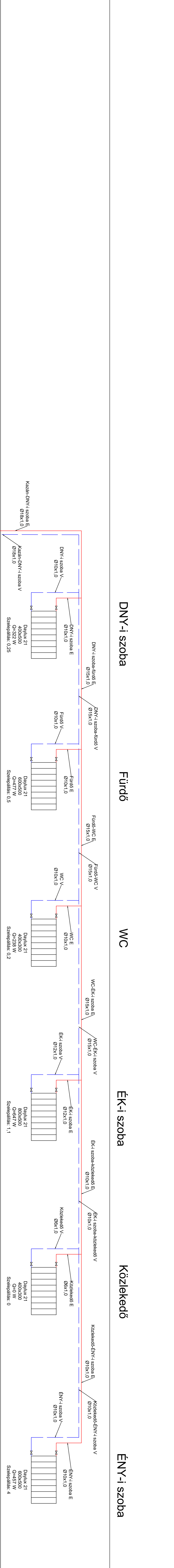
Közlekedő

ÉNY-i szoba

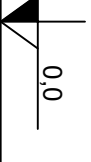
Emelet



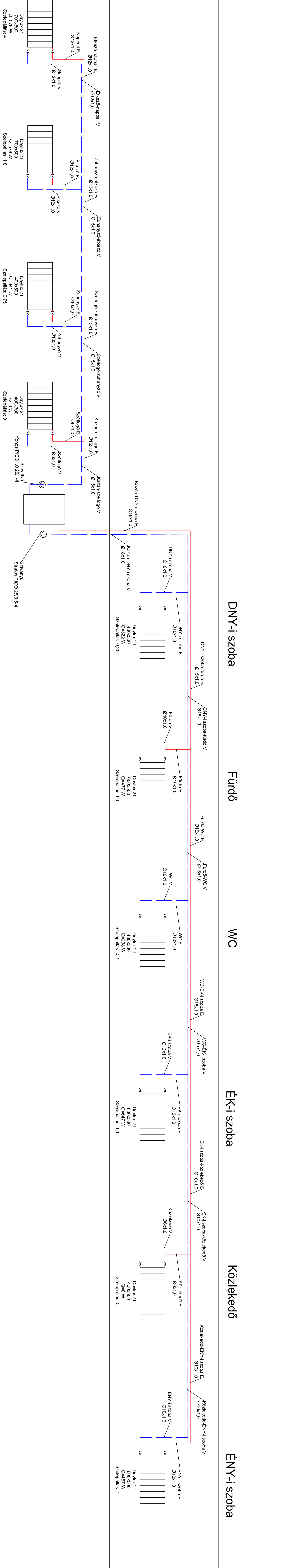
2.7



Földszint



0.0



Tervező:
Szabó Viktor

Családi ház fűtési
rendszerének
tervezése

Dátum:
2024.04.19.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szabó Viktor
A Hallgató Neptun kódja: D2FN5D
A dolgozat címe: Energiafelhasználás, energiatakarékosság és környezetvédelem passzívházak vonatkozásában
A megjelenés éve: 2024
A tanszék neve: Műszaki Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2024. év Május hó 28. nap



Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Alulírott Szabó Viktor, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépészmérnöki szak levelező tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024. év Május, hó 28.nap

Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatos/Szakdolgozatos/Diplomadolgozatos áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatos/Szakdolgozatos/Diplomadolgozatos záróvizsgán történő védésre javaslok nem javaslok*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2024 év április hó 29 nap

Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!