

# Okos hűtő- és öntözőrendszer fejlesztése

---

## PROJEKTMUNKA I.

Fodor András Benedek      *Neptun kód: G2NFHW*

Konzulens: Dr. Tóth Zoltán Géza

## Tartalom

Alapötlet.....	2
Példák hasonló rendszerekre.....	2
Öntözéssel egybekötve (#1 forrás).....	2
Passzív hőcserélős rendszer (#2 forrás).....	2
Kútvíz használata víz-levegő hőszivattyú hőforrásaként (#3 forrás).....	3
Saját rendszer bemutatása.....	4
Alapvetések.....	4
Hőtani elemzés.....	4
Funkciók, működés.....	5
Felépítés.....	7
Szoftveres megvalósítás.....	8
Hardveres megvalósítás.....	10
Gyakorlati tapasztalat.....	12
Konklúzió.....	13
Forrásjegyzék.....	14

## Alapötlet

A projekt célja, hogy az öntözésre használt kútvíz hidegét kiöntözés előtt lakashűtésre használjuk.

Az alapötlet egyszerű, de a megvalósítás – főként azért, mert nem elérhetők erre a célra előre gyártott eszközök – költségesnek és rendkívül időigényesnek bizonyult.

## Példák hasonló rendszerekre

### Öntözéssel egybekötve (#1 forrás)

Az öntözésre használt vizet átvezették egy folyadék-levegő hőcserélőn, és megvizsgálták a hűtési hatékonyságot. A hűtéshez használt hőcserélő mintegy kiegészítésként került beszerelésre, az öntözési víz hidegének kihasználása céljából – öntözés esetén hasznos a mellékhatás, de egyedül hűtés céljából ez a rendszer nem használható.

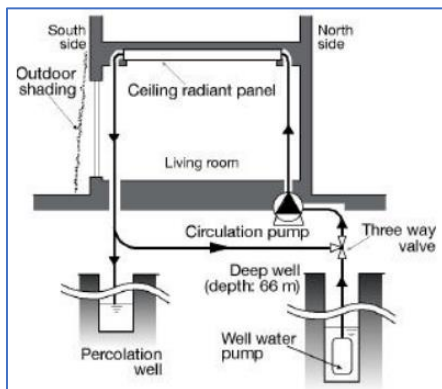
A hőcserélő előtt a víz hőmérséklet  $\sim 12^{\circ}\text{C}$ , a víz kb. 5000 brit hőegységet, azaz  $\sim 5300 \text{ kJ}$ -t vett fel a szoba levegőjéből óránként. Ez kb. 1500W hűtőteltjesítménynek felel meg. Ez egy 50W-os felhasznált ventilátor mellett  $\frac{1500}{50} = 30$  szoros hűtőteltjesítmény a felvett teljesítményhez képest.

Ehhez – ismét – feltételeznünk kell, hogy a vizet akkor is szivattyúznánk, ha hűtésre nem használnánk, így a szivattyú teljesítményét elhanyagolhatjuk.



1. ábra – a hőcserélő a ventilátorral

### Passzív hőcserélős rendszer (#2 forrás)



2. ábra

Ennél a rendszernél nem az öntözővíznek találtak extra funkciót, hanem kifejezetten hűtés céljából szivattyúzták fel a vizet. Ez nagyon pazarló megoldás lenne, de az igények sem voltak magasak: Az elvárás mindössze a belső tér  $30^{\circ}\text{C}$  alatt tartása volt egy  $21-22^{\circ}\text{C}$ -os passzív alumínium hősugárzó panellel.

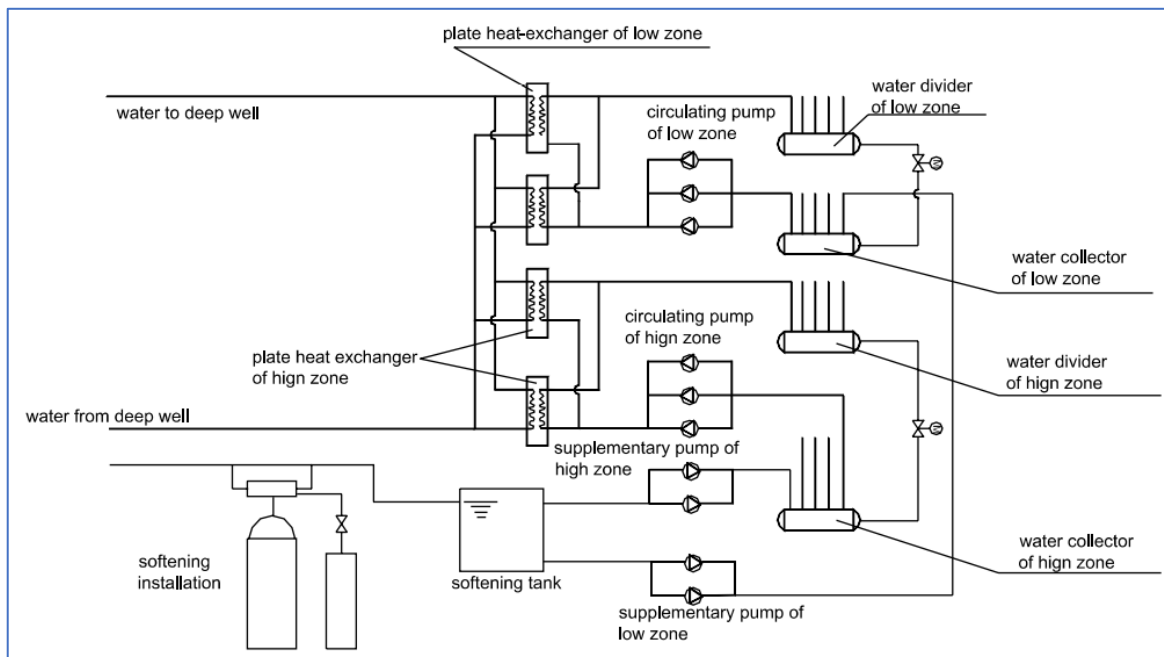
Többek között arra az eredményre jutottak, hogy nagyon fontos a déli nyílászárók külső árnyékolása. Árnyékolás esetén a rendszer tudta tartani a  $\sim 28^{\circ}\text{C}$ -ot, árnyékolás nélkül folyamatosan melegedett a szoba.

Azért választottam ezt a forrást, mert a rendszer hasonlít az általam felépítetthez. Egy beltéri körben kering (és melegszik) a víz, amit lecserélnek friss – hideg – kútvízre, amikor felmelegedett. A „fáradt vizet” itt egy nyeletőkútba engedték le, olyan módon, hogy a keringési kört megszakították, és a keringetőszivattyú segítségével a rendszerben lévő vizet leszivattyúzták.

A kútszivattyú kb. 50-szer, a keringetőszivattyú kb. 6-szor annyi hőenergiát adott le a víznek, mint amennyi hőenergiát a szobából kivonni sikerült vele. Összességében tehát kijelenthetjük, hogy a rendszer nem működött hatékonyan.

### Kútvíz használata víz-levegő hőszivattyú hőforrásaként (#3 forrás)

A cikk szerzői egy nagyméretű beijingi társasházkomplexum hűtő-fűtő rendszerét figyelték meg és elemezték.



3. ábra – A rendszer másodlagos oldala

A rendszerben a kútvizet víz-víz hőszivattyúk hőforrásaként hasznosították – nyáron energiát nyelt el a kútvíz, télen energiát szolgáltatott. Négy mély (170 m) kutat fúrtak, ebből kettőt szivattyúzásra, kettőt pedig nyelésre használtak. Évszakonként váltották a fúrt kút párok funkcióját. Az így nyert kútvíz 12-14 °C-os volt.

A kútvíz hőjét hőcserélőkön keresztül tartályokban tárolták. Itt szükség esetén gázzal tudták melegíteni. Zónánként telepítettek hőszivattyúkat, amikhez eljuttatták ezt a vizet. A hőszivattyúk által szolgáltatott hideg vagy meleg a lakásokba érve beltéri egységekkel volt hasznosítva.

A rendszer előnyösnek és hatékornak bizonyult. A fogyasztók számára alig csökkent a rugalmasság, miközben az üzemeltetés egyszerűbb volt, mint hagyományos rendszereknél. A szerzők azonban megjegyzik, hogy a hőtároló tartály és a hőszivattyúk közötti keringetés szabályozása nem oldható meg hatékonyan.

Ezentúl megjegyzik, hogy a kúti oldal és a hőtechnikai oldal közötti hőcserélő megválasztása fontos szerepet játszik a rendszer hatékonyságában, erre különösen oda kell figyelni.

## Saját rendszer bemutatása

### Alapvetések

Az általam megvalósított rendszer a hideg kútvizet használja hűtésre. Ez egy víz-levegő hőcserélőn (belső egység) áthaladva jut el a lakótérbe. A megmelegedett víz elöntözésére is lehetőség van.

### Hőtani elemzés

Az elemzés célja meghatározni, hogy mekkora pázsit képes befogadni egy lakás által igényelt hűtőteltjesítmény biztosításához szükséges vízmennyiséget.

**Ehhez először határozzuk meg az igényelt hűtőteltjesítményt.**

A bhgklima.hu adatai alapján kb.  $\frac{7,1 \text{ kW}}{237 \text{ m}^3} \approx 30 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} := r_P$  hűtőteltjesítmény szükséges.<sup>i</sup>

**Határozzuk meg egy kert által igényelt vízmennyiséget a legmelegebb időszakban, júliusban.** A szivattyualkatresz.hu adatai alapján 30-35 °C külső hőmérséklet esetén

napi 7 mm, így:  $r_A := \frac{0,007 \cdot 1 \cdot 1 [\text{m}^3]}{1 \text{ m}^2} = 0,007 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$ .<sup>ii</sup>

**További jelölések:** Q: hőmennyiség (J), m: tömeg (kg), ΔT: hőmérséklet-változás (°C),

V<sub>l</sub>: légköbméter, V<sub>v</sub>: víz térfogata (m<sup>3</sup>), t: idő (sec), P: teljesítmény ( $W = \frac{J}{\text{sec}}$ ),

a víz fajlagos hőkapacitása  $c = 4183 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ , sűrűsége  $\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Rendezzük az ismert képletet úgy, hogy a **szükséges pázsitfelület legyen az eredmény:**

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T [\text{J}] \rightarrow m_v = \frac{Q}{c \cdot \Delta T} [\text{kg}] \rightarrow V_v = \frac{Q}{c \cdot \Delta T \cdot \rho_v} [\text{m}^3] \rightarrow A = \frac{Q}{c \cdot \Delta T \cdot \rho_v \cdot r_A} [\text{m}^2] \quad (1. \text{ egyenlet})$$

**Határozzuk meg az elvonandó hőmennyiséget:**

$$P = V_l \cdot r_P \rightarrow Q = P \cdot t = V_l \cdot r_P \cdot t \quad (2. \text{ egyenlet})$$

**Írjuk be (2)-t (1)-be, ezzel megkapjuk a keresett összefüggést:**

$$A = \frac{V_l \cdot r_P \cdot t}{c \cdot \Delta T \cdot \rho_v \cdot r_A}$$

Az aktuális esetre feltételezzük: napi 8 órát üzemeltetjük a rendszert, 140 légköbméteres a hűteni kívánt térfogat, 15 °C-os a kútvíz és 20 °C-ig hagyjuk melegedni.

$$A = \frac{140 \text{ m}^3 \cdot 30 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \cdot 8 \cdot 3600 \text{ sec}}{4183 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot (20^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,007 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}} = 826 \text{ m}^2$$

Az öntözőrendszer által lefedett pázsit kb. 150 m<sup>2</sup>-es, így kijelenthetjük, hogy egy hagyományos klímarendszernek megfelelő hűtőteltjesítményt egy ekkora kertben nem lehet elöntözni.

Bár az igényszintet lejjebb engedhetjük, a gyakorlatban is azt tapasztaltuk, hogy a pázsiton túlöntözés jelentkezett, amikor az összes elhasznált vizet elöntöztük.

## Funkciók, működés

Minden funkció a Blynk szolgáltatásban készített mobilapplikáción keresztül kezelhető. A háztartásban mindenkinek van hozzáférése a felülethez.

### Öntözés

A rendszer képes egy hagyományos többzónás automata öntözőrendszer funkcióját ellátni.

Képes egy bizonyos hosszúságú öntözés során a zónák között a beállított arányok szerint elosztani az öntözési időt. Így lehetőség van különböző hosszúságú öntözési ciklusokat indítani, az öntöző zónák közötti arányos elosztásról a rendszer gondoskodik.

Képes a hét meghatározott napjain adott időpontban elindulni, valamint képes a következő időpont kihagyására.

### Hűtés

A rendszer alapötletét a hűtés adta – ez a komponens is készült el először.

A hűtési ciklus a következő:

1. Hideg kútvíz szivattyúzása a puffertartályba
2. Keringetőszivattyú működése mellett a beltéri egységen keresztül a lakásba jut a hideg, a víz folyamatosan melegszik
3. Amikor a puffertartály eléri a beállított határhőmérsékletet, a puffertartályban tárolt víz 1/3-a leürül, majd visszatöltődik ismét hideg kútvízzel

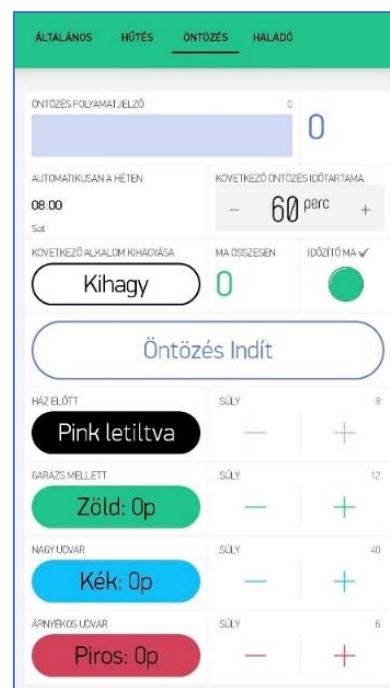
A leürítés helye alapvetően a víznyelő akna.

### Hűtés és öntözés egyidejűleg

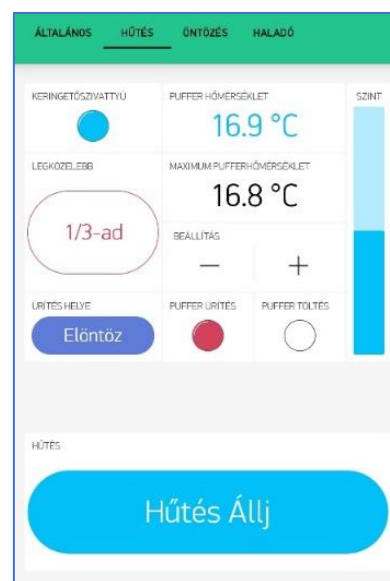
A rendszer lényege, hogy a hűtéshez elhasznált (felmelegített) vizet képes szétöntözni a kertben. Ha a funkció aktiválva van, a leürítés helye a víznyelő akna helyett az öntözőtartály. A hűtési ciklus a leürítés helyétől eltekintve változatlan.

Amikor azonban az öntözőtartály megtelik, és az előntözés funkció aktív, automatikusan egy öntözési ciklus indul.

Fontos megjegyezni, hogy csak egyetlen olyan szivattyú van, ami a rendszer különböző pontjai között képes vizet mozgatni. Tehát a keringetőszivattyú működése közben az öntözés zavartalanul futhat, azonban amikor ismét megmelegedik a víz a puffertartályban, az öntözést félbe kell szakítani a leürítés idejére. Miután a puffertartály leürült s vissza is töltődött hideg vízzel, az öntözési ciklus onnan folytatódik, ahol korábban félbeszakadt.



4. ábra – az öntözés képernyő



5. ábra – a hűtés képernyő

### További funkciók

**Kerti csap:** Egy kézi kapcsolóval üzemelő, slag csatlakozóval rendelkező kimenet. A felhasználó igénye szerint jön belőle a víz, minden más felett prioritást élvez. A víz vételezési helye első sorban az öntözőtartály, ha ez üres, akkor a kút. A csap záródása után minden folyamat onnan folytatódik, ahol abbamaradt.

**Téliesítés – tartályok ürítése:** Mindkét tartályt üresre szivattyúzza a nyelető aknába, majd kilép. A feladat után minden folyamat onnan folytatódik, ahol abbamaradt.

```
100 0: waterStart() hibas bemenetet kapott! (from)
101 0: waterStart() hibas bemenetet kapott! (to)
102 0: isThisWeekdaySelected hibas bemenetet kapott!

110 0: tapAndDump: Egyszerre két feladat! (dump eldobva)
120: continuityCheck() szivattyu uresjarat!

130 0: Ontozotartaly felso szenzor rakoncatlan!
131 0: Puffertartaly felso szenzor rakoncatlan!
132 0: GroundWater!!!

140 0: Garazsakna ho/paratartalom mero hibas adat!
141 0: Udvar ho/paratartalom mero hibas adat!
142 0: Puffertartaly homero nincs csatlakoztatva!
142 5: Puffertartaly homero kiolvasas nem sikerult!

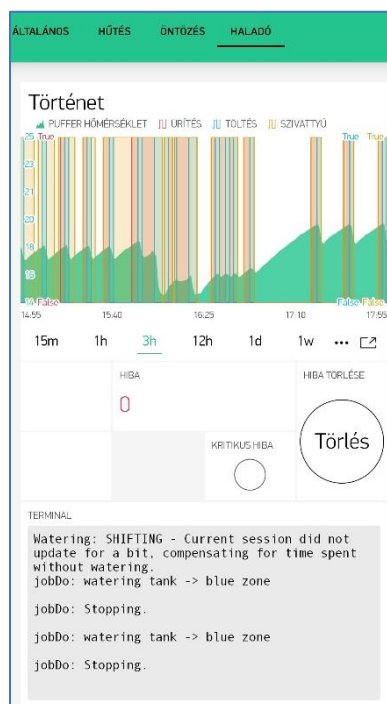
150 0: Hibás érték tapFlowSequenceSuccesful
151 0: Hibás érték tapFlowSequenceDuring
```

**Hibakezelés:** A rendszer különbséget tesz kritikus és nem kritikus hibák között. Kritikus hiba esetén minden szivattyút leállít és szelepet zár. Nem kritikus hiba esetén megjelenik a hibakód a terminálon, valamint a legutóbbi hibakód olvasható és törölhető az alkalmazásban. A bal oldalon olvasható táblázat tartalmazza érdekességgépp a hibakódokat. A négyjegyű hibakódok nem kritikusak, a háromjegyűek kritikusak.

**Statisztika:** Megtekinthető visszamenőleg a puffertartály hőmérséklete, a szivattyú üzemi ciklusai, valamint az öntözési ciklusok.



6. ábra – Szelep- és tartályállapot-visszajelzés, egyéb funkciók

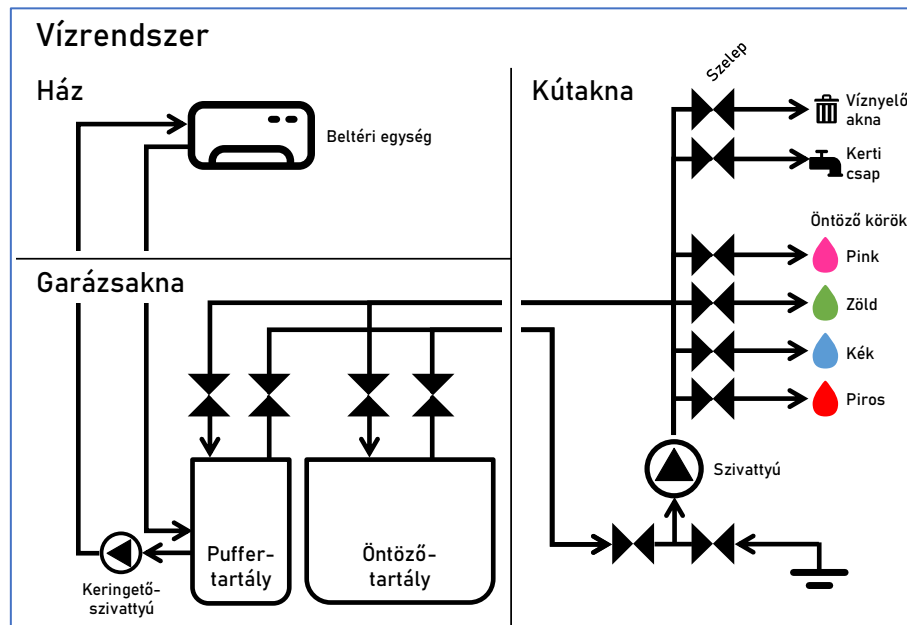


7. ábra – Statisztika és terminál



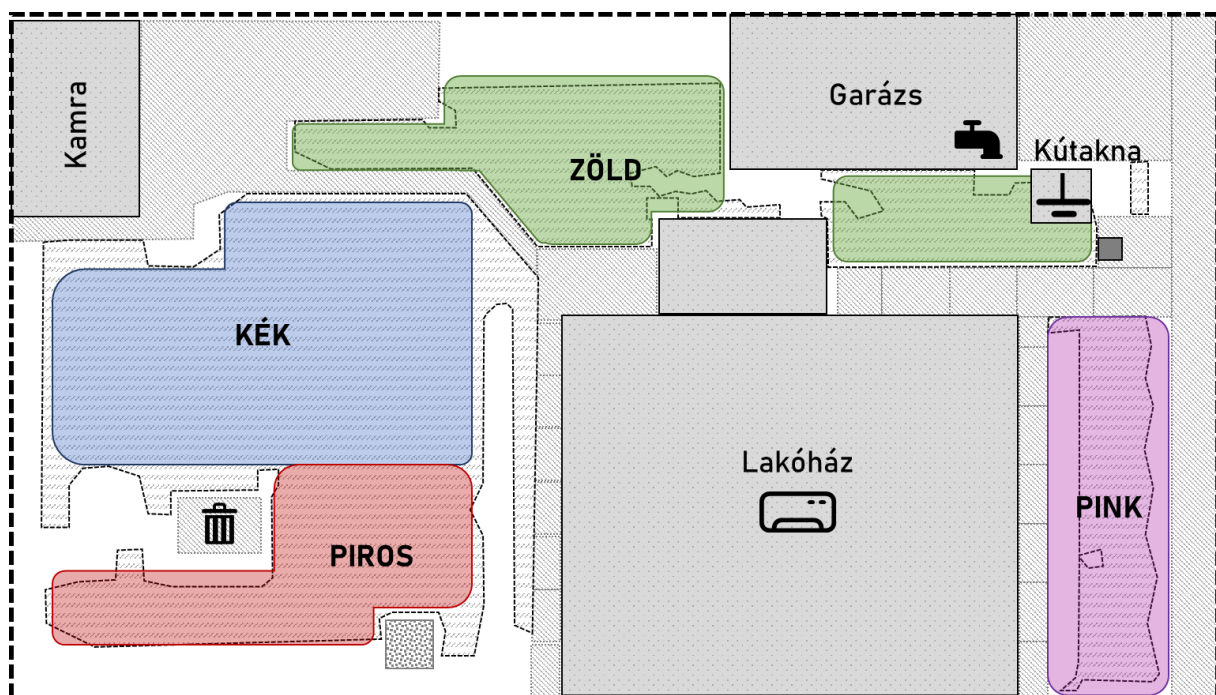
## Felépítés

A vízrendszer két fő részre bontható: A kútaknára és a garázsaknára. A kútaknában foglal helyet a főszivattyú, valamint itt ér felszínre a rendszert vízzel ellátó, több mint 75 méteres fúrt kút. A garázsaknában kapott helyet a rendszerhez tartozó két tartály, valamint a keringetőszivattyú. (8. ábra) A rendszer szándékosan nagyon rugalmasra készült – minden pontból minden pontba képes vizet szivattyúzni.



8. ábra - A megépített rendszer vázlata

Az öntöző körök az 9. ábrán látható módon helyezkednek el a kertben. Szintén ez az ábra mutatja meg az elemek térbeli elhelyezkedését ikonokkal.



9. ábra - Az öntöző körök és további komponensek elhelyezkedése

## Szoftveres megvalósítás

A rendszer nyílt forráskódú, ez megtekinthető a <https://github.com/FodorHOME/vizrendszer> oldalon. A kód nyelve C++, felhasználva (mások mellett) az Arduino standard könyvtárát.

A legnagyobb kihívást az jelentette, hogy a feladatok sokszor egyidejűleg érvényesek, gyakran váltják egymást. Prioritási sorrendet kell felállítani, valamint úgy kell megoldani a vezérlésátadást, hogy a szivattyú minél kevesebbszer legyen leállítva és újra elindítva.

Ez a probléma azért vetődik fel, mert leállításkor a rendszer épségének megőrzése érdekében először a szivattyú kerül leállításra, és csak késleltetéssel záródnak a szelepek; viszont két különböző feladat között a szivattyú leállítása nélkül kell váltani.

A megoldást végül a feladatkezelés, a „döntéshozás” (*job*) és a „végrehajtás” (*jobDo*) szétválasztása jelentette.

A döntéshozásban meg kellett oldani a feladattípusok közötti prioritási sorrendet (pl. Kerti csap > Hűtés > Öntözés). Ha egy feladattípus nem igényel döntést, a prioritásban következő feladat kapja meg a lehetőséget. Az is előfordul, hogy egy feladattípuson belül kell állapotot váltani (pl. hűtésen belül átállni leürítésről visszatöltésre). Mindezt egyetlen bejárással kell megvalósítani, mert a döntéshozás után a végrehajtás következik, és oda már a végleges döntéssel kell továbblépni.

A megoldást egy kvázi-fastruktúra létrehozása jelentette. Példa a hűtés feladattípust vezérlő *cool()* függvényből:

```
if (!cooling) {
    isBufferLastFilledActive = false;
    return Continue;
}

if (!isBufferEmptying()) {
    //start filling buffer if not full if not currently emptying
    if (levelOf(Buffer) < 2) {
        currentJob = waterJob(NoStopNext, fromWell, toBuffer);
        return End;
    }
}

void job() { ////////////////////////////////////////////////////
    //Tap/Dump
    if (tapAndDump()) return;

    //Cool
    if (cool()) return;

    //Water
    if (water()) return;

    if (currentJob.from == AllValves) return;
    //If end of tree reached, stop and reset.
    currentJob = waterJob(StopNext);
}
```

A program többször is változtathatja a *currentJob* változó értékét (feladattípuson belül is akár), az kerül végrehajtásra, ami végül benne marad. A visszatérési érték lehet egy előre definiált *Continue* (= false) vagy *End* (= true). *Continue* esetén a keretkód lefuttatja a következő feladattípus kódját is; *End* esetén rögtön a végrehajtás következik. A második kódrészleten a keretkód látható.

Érdekeség: Előfordult, hogy a kerti csap elzárt öntözőfej mellett véletlenül be lett kapcsolva, a szivattyú hosszan üresben járt. Ennek kiküszöbölésére a kapcsoló működése módosítva lett: Egyszerű felkapcsolás esetén csak 30 mp-ig folyik víz, és fel-le-fel-le-fel szekvencia kell a „végtelen” üzemhez.

Az öntözés vezérlésénél problémát okozott az, hogy az öntözési üzem bármikor megszakadhat, és azt onnan kell folytatni, ahol abbamaradt. A megoldás az lett, hogy minden alkalommal, amikor lefut az öntözési vezérlés, tárolásra kerül a jelenlegi idő. Ha egy darabig ez nem frissül (más, nagyobb prioritású feladat kerül sorra), majd ismét visszatér a vezérlés az öntözéshez, a rendszer kiszámolja az inaktív időtartamot, és ennyivel eltolja az öntözési feladat kezdetét. Ezután határozza meg, hogy melyik öntözési zóna van éppen soron.



Az öntözésben további érdekesség, hogy nem mindegy, milyen célból kezdődött a feladat. Ha napi időzítés vagy felhasználói parancs a kiváltó ok, az öntözés amíg lehet, az öntözőtartályból fut, ennek leürülése esetén a kútból folytatódik.

Azonban, ha a hűtési víz folyamatos előntözése céljából automatikusan indult egy öntözési ciklus, más a feladat: Az öntözőtartály leürülése esetén nem kell folytatni a ciklust kútvízzel, hanem azt addig szüneteltetni kell, amíg megint víz nem kerül az öntözőtartályba. Ez a logika is bekerült a rendszerbe.

Egy döntés meghozásának menete például:

- A feladatváltozók tartalmazzák az aktuális feladatokat, valamint ismert a rendszer állapota:  
*Feladatok:* [kerti csap be lett kapcsolva], [hűtés folyamatban], [30 perces, 15:30-kor hűtés céljából elkezdett öntözés folyamatban]  
*Jelenlegi állapot:* Kútból puffertartályba szivattyúzás, Öntözőtartály nem üres
- **Döntéshozás:** Prioritás a kerti csap, a további két feladat nem kerül feldolgozásra. Mivel az öntözőtartályban van víz, a döntésváltozóba eltárolásra kerül:  
[Forrás: Öntözőtartály, cél: Kerti csap]
- **Végrehajtás:** Mivel az új feladat különbözik az előzőtől, lefut a végrehajtás. A szivattyú szünet nélkül bekapcsolva marad, a szelepek átkapcsolnak: Kút forrás zár, Puffertartály cél zár; Öntözőtartály forrás nyit, Garázs-tartályok forrás nyit, Kerti csap cél nyit.

Ha a döntéshozás eredménye az, hogy a vízrendszer nem aktív, először a szivattyú kerül leállításra, majd ezt követi késleltetéssel a szelepek zárása.

## Hardveres megvalósítás

A rendszer építését 2017-ben kezdtem édesapámmal, 2018 nyarán lett először működőképes. Ekkor még az idő nagy részét bugok után kutatva a garázs forróságában töltöttem, nyár végére mozdult meg a víz a beltéri egységben, és érződött az első hűs szellő.

2020-ban készült el az öntözőrendszer.

2019-ben, 2020-ban és 2021-ben is újraszensoroztam a garázsakna tartályait, egyre robusztusabb rendszert építve. A 2021 tavaszán elkészült rendszer karbantartás nélkül hibamentesen végigszolgált 2021 és 2022 nyarat is, ez a korábbi folyamatos instabilitáshoz viszonyítva jelentős javulás.



10. ábra – A garázból érkező csövek beásása (2017)



11. ábra – Nincs az a mennyiségű ragasztópisztoly, ami megállítja a rozsdát (2020)

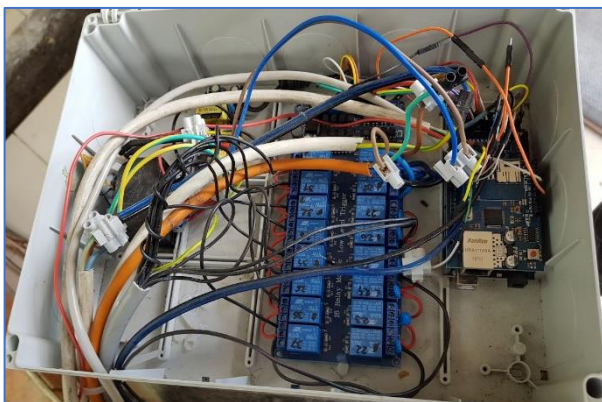


12. ábra – Ugyanaz a hely, ezúttal kötődobozba helyezve, csoportkábel használva (2021)

A főszivattyú egy ~1700 W-os, a keringetőszivattyú egy ~300 W-os Pedrollo szivattyú.

A szelepek HUNTER PGV-100 KK típusúak.

A puffertartály kb. 120, az öntözővíztartály kb. 250 literes.



13. ábra – Keveredő feszültségek, MOV varisztorok (2020)

A rendszert egy Arduino MEGA 2560 típusú mikrokontroller vezérli. A típusra a kedvező méretű program- és adatmemóriája, valamint számos kimeneti lába miatt esett a választás.

A szelepeket és szivattyúkat egy 16 relés, optocsatolt vezérlésű relétábla kapcsolja. A relék üzeméhez 12 V egyenfeszültség szükséges. A mikrokontroller 5 V egyenfeszültséget igényel. A szelepek 24 V váltófeszültséggel működnek; a szivattyúk természetesen 230 V-os hálózati feszültségről.

Ezek eredményeképp egy dobozban, egymáshoz közel keveredik négyféle, jelentősen eltérő célú, feszültségű, teljesítményű rendszer. Ez komoly kockázat, így jövőbeli fejlesztésként fontosnak tartom az erősáramú rész különválasztását a vezérléstől.

További problémát okozott, hogy a szelepek elektromágnesei induktív terhelést jelentenek, és több ezer voltos tranziens feszültség jelentkezett a reléken azok kikapcsolásakor. Ez olyan mértékű EM zavarást okozott, hogy rendszeresen újraindult miatta a mikrokontroller. A problémát a reléken keresztbe kötött MOV varisztorokkal sikerült orvosolni, amik átengedik a tranziens-áramot.<sup>iii</sup> (13. ábra)



14. ábra – Kútakna szelepekkel és szűrővel

Az Arduino MEGÁra egy Ethernet Shieldet helyeztem, ez szolgáltatja a kapcsolatot az internethez, ezzel a mobilapp-szolgáltató Blynkhez.

Szenzorok:

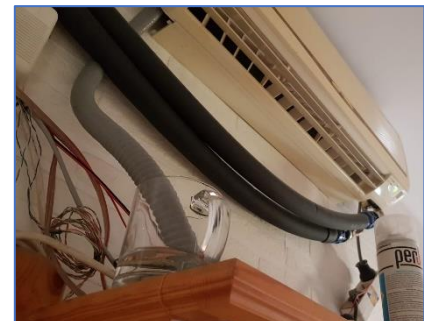
- Tartályonként két-két kívülről ragasztott, kapacitásváltozás-mérésen alapuló vízszintérzékelő (a szenzorokból így leolvasható, hogy üres/nem üres/teli-e a tartály – 15. ábra)
- A puffertartályban OneWire buszon kommunikáló, DS18B20-as típusú vízálló hőmérséklet-szenzor



15. ábra

Meg kell még emlékeznünk a beltéri egységről is. Egy teljesen átlagos, használt beltéri egységet sikerült vásárolnunk. A többszörös szűrésen átesett kútvizet közvetlenül ebbe forgatjuk bele. Ez hosszú távon nem járható út – de négy éve kitart az ideiglenes megoldás. Kockázatot hordoz, hogy a hőcserélő léket kaphat, valamint eltömődhet.

Kellemes meglepetés volt, hogy a beltéri egység a saját kültéri egysége nélkül is elüzemel, saját vezérlése működik. Távirányítóval állítható a kívánt szobahőmérséklet. A vezérlése a hűtőközeg (esetünkben kútvíz) hőmérsékletét is figyelembe véve automatikusan meghatározza a szükséges ventilátor-sebességet.



16. ábra – Először üzemel a beltéri egység, és kondenzvizet termel

A megoldás hátránya, hogy a rendszer kül- és beltéri része nincs vezérlési kapcsolatban egymással. Ha hűteni szeretnénk, távirányítóval be kell kapcsolni a beltéri egységet, valamint mobilapplikációval a vízrendszert. Jövőbeli terv, hogy a mobilapplikációs vezérlésbe bevonjuk a beltéri egységet is (infra-leddel, a távirányító parancsait utánozva).

Megemlítem még a nyeletőáknát, ez az öntözőrendszerrel együtt került be a rendszerbe. A felesleges vizet egy téglával kirakott, korábban komposztálásra használt aknába vezetjük, mely mellett egy diófa gyökerezik. Itt a víz a talajba ivódik (de hosszútávon problémát okozhat, hogy nem abba a talajbeli rétegbe juttatjuk vissza a vizet, ahonnan kiszivattyúztuk).



## Gyakorlati tapasztalat

A gyakorlatban sajnos a rendszer nem működik kielégítően. A probléma sokrétű, és sajnos jó része nem orvosolható egyszerűen.

Ahogy a hőtani elemzésben már utaltam rá, a rendszer még „kisebb elvárások” esetén is jelentős mennyiségű vizet termel. Ha ezt mind előntözzük, a pázsit túlöntözöttség jeleit mutatja (sárgulás, csak felső rétegbe gyökerezés stb.). Emiatt sokat használtuk a nyeletőaknát, ami viszont pazarlásnak tekinthető.

Problémát okoz, hogy a főszivattyú szinte folyamatosan üzemel. Sőt, nagy hűtőteljesítmény mellett nincs is elég idő egy leürítési ciklus előntözésére, mert hamarabb felmelegszik a víz, minthogy az előző ürítés öntözése befejeződött volna – ez még folyamatos szivattyúüzem mellett is így van. Ennek eredménye, hogy a két szivattyú összesen több, mint 2000 W-ot használ folyamatosan, ami több, mint egy hagyományos klímarendszer fogyasztása.

Azt tapasztaltuk, hogy igazán akkor érezhető a hűtő hatás, ha 17 fok alatti a lakásba jutó víz – erre átszámolva a korábbi számítást már 2000 m<sup>2</sup> pázsitfelület az eredmény (tehát még esélytelenebb az előntözés). Ezt tetézi, hogy a puffertartály a lakáson kívül, a garázsban található, a víz hosszú utat tesz meg, mire oda-vissza megjárja a lakást. A legnagyobb igyekezetünk ellenére a hőszigetelés nem tökéletes útközben, a hőenergia kb. 1/6-odát útközben veszi fel a víz (ezt úgy teszteltem, hogy a beltéri egység bekapcsolása nélkül üzemeltettem a rendszert, és figyeltem a víz melegedésének sebességét).



17. ábra – Készül az öntözőrendszer (2020)



18. ábra – Végleges garázsakna, az öntöző- és puffertartállyal; szelepek és szenzorok különválasztott kötődobozával (2021)

A mély kút hozadéka, hogy a kútvíz 14-15 °C-os, mire felhasználásra kerül. Egy sekélyebb kútból akár 12 °C-os víz is kinyerhető lenne, ami számottevően jobb lenne hűtés céljára. Az érem másik oldala, hogy a mély kútban a vízminőség sokkal jobb, a víz megfelelően kezelhető egy csupán évente egyszer tisztított szűrővel.

Kényelmi probléma, hogy a hűtőközeg nem sokkal hidegebb, mint a szobahőmérséklet – így a beltéri egység ventilátora csak magas fokozaton effektív, ami hangos zajjal jár.

Gondot okoz az is, hogy az öntözőtartály messze nem elégíti ki egy öntözési ciklus vízigényét. Sajnos nagyobb előre gyártott tartály nem fér be a garázsaknába, így ezt csak valamilyen saját gyártású víztároló megoldással lehetne orvosolni. Azért lenne rá szükség, hogy pl. napközben egy teljes öntözésnyi vizet eltároljunk, amit este egyhuzamban el lehet öntözni, nem kell szakaszosan már napközben ezt megtenni (ami egyébként is problémás a pázsit egészsége szempontjából).

## Konklúzió

Összességében praktikus szempontból a rendszer nem megfelelő, hasonló rendszer építését nem javaslom senkinek.

Drágább, mint egy hagyományos klíma, miközben messze elmarad a hatékonysága tőle. Öntözőrendszerként ugyan jól használható az eredmény, de megbízhatóbb, olcsóbb és egyszerűbb rendszert lehetett volna megvalósítani, ha nincsenek a hűtéshez szükséges funkciók.

A rendszer hardveres és szoftveres létrehozásába ölt idő is jelentős. Ez az én esetemben pozitív dolog, mert rengeteget tanultam általa. Ha a tanulás nem cél, ez is jelentős negatívum. Jövőbeli problémákkal sem lesz lehetőség szakemberhez fordulni, minden meghibásodást csak magunk javíthatunk.

Bár kecsegtetően hangzik, hogy a hideg kútvizet forgassuk meg a lakásban, mielőtt elöntözzük, egy ilyen rendszer megvalósításával járó nehézségek és költségek nem állnak arányban a hasznosságával. Energiahatékonyabb, ha hőszivattyúval oldjuk meg a hűtés-fűtést, és költséghatékonyabb hagyományos öntözőrendszert telepíteni.

A források alapján bemutatott rendszerek közül is csak a harmadiknak van realitása, ami valójában szintén egy hőszivattyús rendszer.

A rendszerünk mindazonáltal már létezik, és ha nem is hatékonyan, de üzemel – emiatt a dolgozat során említett jövőbeli fejlesztéseket továbbra is tervezem megvalósítani. Ezáltal a rendszer még hatékonyabb lehet, nekem pedig további tapasztalatot fog hozni megbízható fizikai rendszerek építése terén, ezt a tudást pedig a későbbiekben jól fogom tudni hasznosítani.

## Forrásjegyzék

#	Cím	Szerző(k)	Hely
1	Using Your Lawn Sprinkling Water to Cool the House	Gary Reysa, 2010	BUILD IT SOLAR
2	Measurement Of Thermal Environment And Exergy Analysis On Ceiling Radiant Cooling System Using Ground Water	Hideo Asada Hitoshi Takeda, 2002	Journal of Architecture and Planning
3	Underground water-source loop heat-pump air-conditioning system applied in a residential building in Beijing	Chao Chen Feng-ling Sun Lei Feng Ming Liu, 2005	Elsevier Applied Energy 82. sz, 331-344. o.

---

<sup>i</sup> <https://bhgklima.hu/klima-meretezesi-tablazar/>, megtekintve 2022. 12. 06-án

<sup>ii</sup> <https://www.szivattyualkatresz.hu/pazsit-vizigenye>, megtekintve 2022. 12. 06-án

<sup>iii</sup> <https://forum.arduino.cc/t/solved-flyback-diode-equivalent-for-ac-solenoids/666827>, a fórum-poszt, ahol a tranziensfeszültséggel kapcsolatban kértem segítséget