

Zöldmezős kórházberuházás energetikai vizsgálata

Energetic investigation of hospital

DR. KONTRA Jenő Ph.D., Professor Emeritus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészmérnöki Kar
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék
kontra@egt.bme.hu, www.egt.bme.hu

ABSTRACT

Thermal water exploitation is a source for thermal energy and thermal water of valuable components. Complex ventilation of thermal water offers combined uses for building heating, warm-water supply

KIVONAT

Az épületek távhőellátásának hőforrás oldala a geotermális energia, termálkútból kitermelve. Ez az alaphőhordozó a távhőrendszer épületfűtésére és a használati melegvíz ellátására szolgál.

Kulcsszavak: termálvíz és ipari energia, távfűtés, hőszivattyú

1. ÁLTALÁNOS MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az energiahordozók igen korlátozott mértékű alternatívítással rendelkeznek, és a primerenergia ellátás és a végenergia felhasználás rendszere lassan változik.

Magyarország fő primer energiahordozója – aránytalanul nagymértékben – a földgáz, ami csaknem teljes mértékben importból beszerezhető, mindig rendelkezésre áll, országos tárolókban.

Az átalakított energiahordozók között, nélkülözhetetlen és nagy jelentőségű a villamos-energia, ami egyúttal a legnagyobb exergia tartalommal rendelkezik.

A megújuló (környezeti) energia nagymértékű felhasználása a hőszivattyúk által jelentős mennyiségű villamos-energia felhasználással jár együtt. A beruházás valamennyi energetikai rendszere és alrendszere villamos energiát igényel.

Ezért:

- csökkenteni kell a hálózati, vásárolt villamos-energia arányát,
- saját villamos-energiatermelést is meg kell valósítani.

Saját villamos-energiatermelésnek két fő fajtája van:

- kapcsolt hő- és villamos termelés,
- önálló, megújuló áramtermelés (napelemmel, szélenergia-vel).

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés létjogosultságát általában a viszonylag nagy kihasználási időtartamú, hasznos hőigény teremti meg. A kiváló épületfizikai konstrukció és a nagy belső hőfejlődések miatt kis kihasználási időtartamot határoz meg. Az önálló, megújuló bázisú áramtermelés jó feltételei, a nap és még inkább a szélenergia kihasználásával – szigetüzemi – áramtermelést tesznek lehetővé. A szélenergia-vel elhelyezésére kitűnő lehetőséget biztosít.

2. ALAPENERGIAHORDOZÓK

A jelentős energia felhasználó rendszer számára megvizsgálandó – az energia felhasználói igények és nagyságrend alapján – valamennyi, a helyszínen megvalósítható vezetékes energia, energiahordozó felhasználása:

- földgáz,
- távhő,
- villamos-energia,

A beruházás nem működhet egyetlen vezetékes energiahordozóval. Ennek ellátás-biztonsági és energiagazdálkodási oka van.

Jelenleg a terület egyik vezetékes energiahordozóval sem rendelkezik.

A *villamos-energia* a legjobb használati értékű szekunder energiahordozó.

A vásárolt villamos energia tartalmazza az előállításával és szállításával kapcsolatos veszteségek összes költségeit, és ezt a felhasználó nem tudja befolyásolni.

A *földgáz energiahordozó* közvetlen felhasználása csak néhány területen lehetséges – egyébként csekély veszteségekkel terhelt technológiákkal kell átalakítani – és hőhordozó közeggel a felhasználások helyére szállítani.

Alapvetően fontos a beruházás energiaellátása szempontjából, hogy egy nagyfogyasztó nem működhet egyetlen vezetékes energiaellátásra alapozva.

Megjegyzés:

Az ellátás fontos alapenergia-hordozója a földgáz, csekély átalakítási veszteségekkel terhelt, – főleg kazános – hőtermeléssel állítanak elő hőt, nagy CO₂ kibocsátással. Az eddigi gyakorlathoz képest a hőenergia termelését teljesen új alapokra kell helyezni, utat mutatva a jövő beruházásának, ahol az energiaellátás döntő hányada a megújuló energiák felhasználásával valósul meg.

2.1. Összhangban a nemzeti energiapolitikával

A zöldmezős nagyberuházás, csakis újszerű, előremutató energetikai koncepcióval kell megvalósuljon. Főbb energetikai alapelvek:

- energiahordozó ellátásbiztonsága,
- importfüggőség csökkentése,
- CO₂ kibocsátás csökkentése,
- környezet- és klímavédelem,
- villamos-energia termelés átlagos hatásfokának növelése, saját, megújuló bázisú áram-termelés, kogeneráció,
- gazdaságos hőtermelés,
- megújuló energiaforrások szélesebb körű felhasználása,
- energiahatékonyság javítása, ami az energiaigényesség reciproka.

A szükséges végső energia fajták:

- meleg (hő)energia
- hideg energia
- villamos energia

3. MEGÚJULÓ ENERGIÁK

- geotermális energia (földhő),
- napenergia (aktív és passzív),
- szélenergia

Mindezek a helyszíni rendelkezésre állás szerint jó adottsággal vehetők számításba.

3.1. Az alapenergia-hordozók kiválasztásának szempont rendszere

A szükséges hő- és villamos-energia ellátáshoz meg kell vizsgálni valamennyi energiaátalakítási, termelési lehetőséget, és dönteni kell, melyik a legalkalmasabb – hosszútávon is – a létesítmény biztonságos működtetésére.

A döntés vizsgálati módszere kettős:

Energetikai vizsgálat:

- hőmérséklet-entrópia szemlélettel
- exergia szemlélettel

Gazdaságossági vizsgálat:

- a beruházás költségeivel
- az üzemeltetés költség szerkezetével.

4. GEOTERMÁLIS ENERGIA HASZNOSÍTÁS

A terület hévízföldtani adottsága

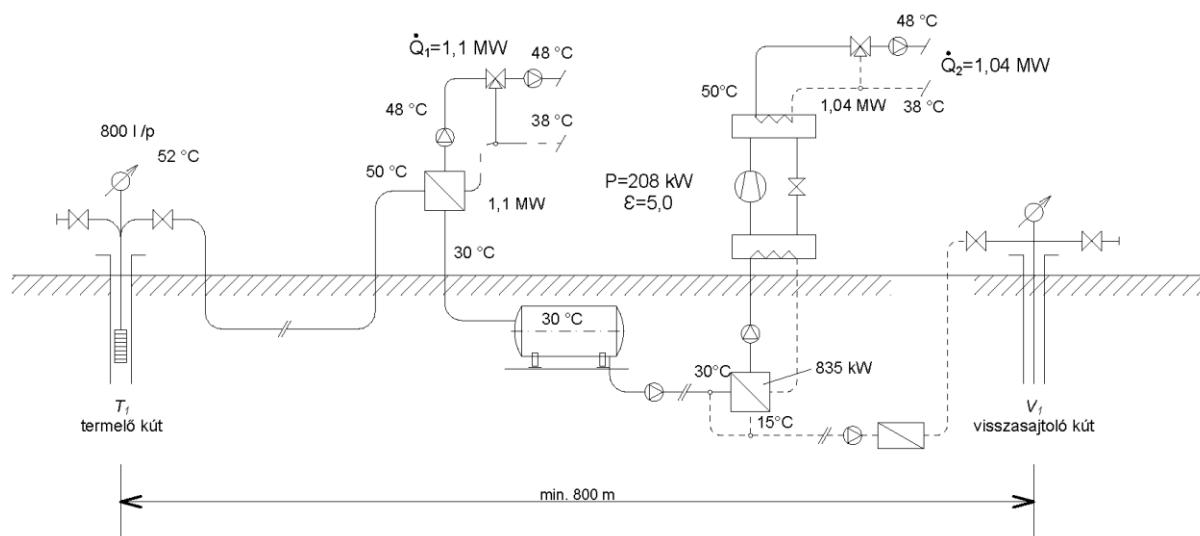
A karsztos-karbonátos víztartóknál erős a csapadék beszivárgás, de magasabb réteg-hőmérséklet csak nagyobb mélységekben van. Az adott terület hévíztermelésre alkalmas. A vízadó rétegek triász, felső triász, repedezett rétegek.

A hévíz vegyi összetétele Ca és Mg-tartalmú, alkáli hidrogén-karbonátos. Kút talpmélység: 800-1000 m.

Fontos kérdés, hogy a területi környezetvédelmi és vízügyi hatóság – tekintettel a hőforrások és termálkutatok hozamának biztosítására – megadja-e a hévíz kitermelési engedélyt?

Tervezendő berendezések

(Feszültségi szint 3x400V; max. 50kVA fogyasztás.)



*Hévíz hasznosítás és hőszivattyús
kaskád rendszer elvi vázlata*

5. HÉVÍZKÖZPONT

A hévízközpont az egyesített energiaközpontjánál, talajszint alatt helyezendő el. Ide érkezik a geotermális fluidum a termelő hévízkúttól. A szűrők után beépített fő berendezés a hőcserélők együttese,

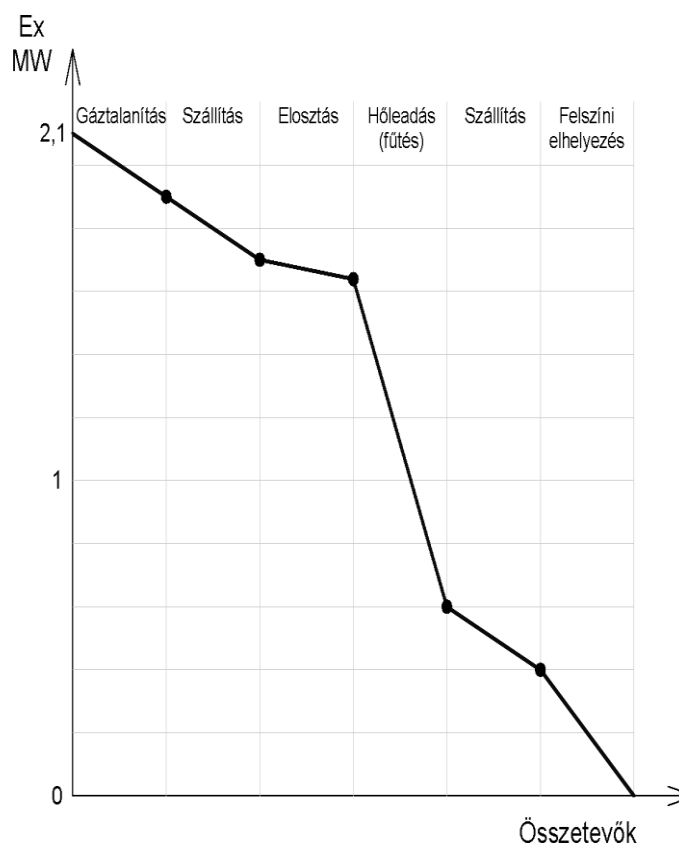
ahol a hévíz hőátadása történik. A hőcserélők lemezes hőcserélők, – a vízkémiai elemzés alapján választott – ötvözött acéllemezekkel. Teljesítmény nagyságrend összesen 2MW. Primer oldali hőfokelés 50/30°C, PN25 nyomásosztállyal és 30/15°C.

Exergia hasznosítás és értékelés

A lehűlt, több fokozatban hőelvétellel felhasznált mélységi eredetű hőhordozó, az eredeti kémiai összetételű és túlnyomás alatt tartott hévíz exergiája jól felhasználható.

Az exergetikai értékelés a hőenergia hasznosításának legjobb módszere. A hévíz – adott termelési és geológiai viszonyainak megfelelően – a kútfejnél rendelkezik a maximális exergiával.

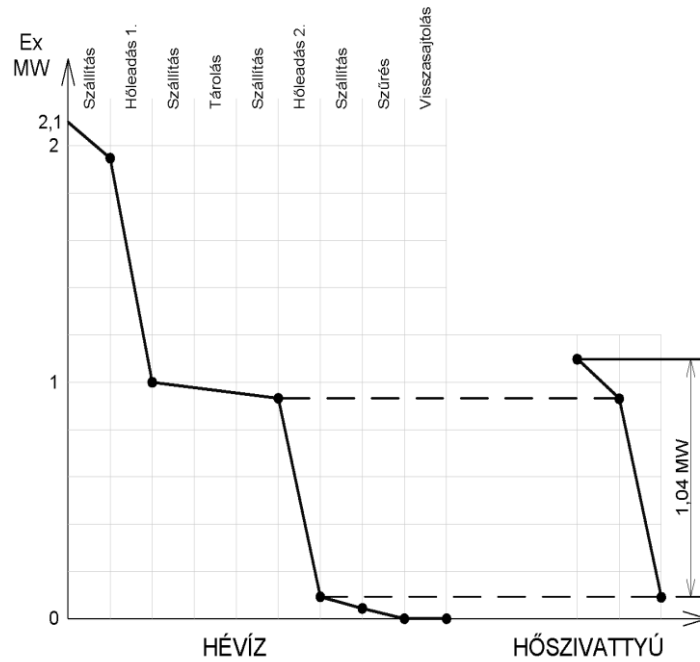
A hévíz felszíni hasznosítása során több lépésben veszít exergiájából: fojtások, hőátadások (hőcserélő), távvezetési veszteségek. A korszerű készülékekkel megvalósítható rendszer igen csekély exergia veszteségekkel tud működni. A régi nyitott felszíni elfolyásos rendszerek exergia veszteségét mutatja az alábbi ábra:



Exergia elemzés
(nyitott közvetlen hévízrendszer)

A javasolható zárt rendszer exergia elemzése

Az exergia-csökkenés diagram jól mutatja, hogy a hévíz kútfejnél van a legnagyobb exergia tartalom, majd ez fokozatosan csökken. Legnagyobb a csökkenés a sorba kapcsolt hőcserélőkön, ahol a méretezett hasznos hőelvonás történik, tehát ez nem veszteségként mutat jelentős csökkenést. A veszteségek csekély mértékűek, mert az előszigetelt csővezeték és a hőközponti szerelvények exergia vesztesége jelentéktelen mértékű és nincs gáztalanítás a rendszerben.



Exergia elemzés
(zárt közvetett hévízrendszer és
hőszivattyú)

A hőszivattyúval igen gazdaságosan lehet megemelni az első hőcserélő után nyert, névleg 30 °C-os hévíz hőmérsékletét a kondenzátor oldalon 50 °C-ra; ezzel a hőszivattyú megnöveli a rendszer exergia tartalmát, amit névleges teljesítményben 1,0 MW hőteljesítmény is kifejez.

Számított COP-érték igen nagy:

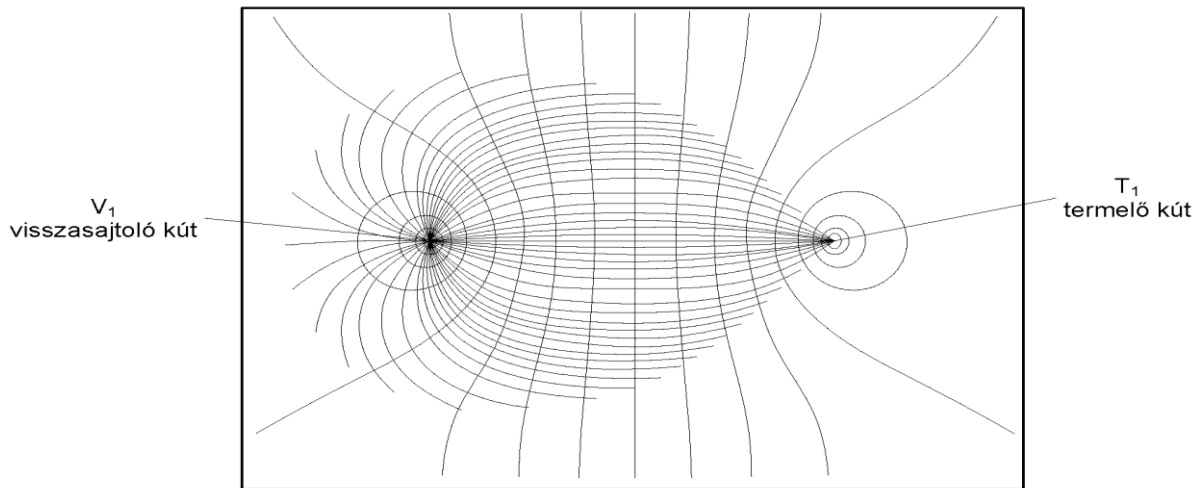
$$\text{COP} = 5,0$$

kevés villamos teljesítmény segítségével ($P = 208 \text{ kW}$).

A hőáram exergiája T-s diagramban ábrázolva mutatja az exergia és anergia tartalmakat;

A T-s diagramban a T_0 környezeti hőmérséklet és a T_1 kezdő hőmérséklet közötti terület jelöli az exergiát, vagyis:

- nem csak a geotermális fluidum, hanem a kőzetváz hőjének kitermelését is, mint hozamnövelést valósítjuk meg,
- a karbonátos kőzetekbe történő vízvisszanyomásra mindenütt van lehetőség, ahol a karbonátos tárolók elterjedése a karsztos hegyvidékek peremén ismertek a helyi adottságok,
- a lehűlt hévíz visszasajtolásával megvalósul a tároló átöblítése, nagyobb fajlagos hőkihozatal,
- a besajtoló és a termelő kút között a tárolóban egy áramvonal rendszer alakul ki, egy forrásnyelő áramvonalrendszer, amit az egyszerűsített ábra mutat,
- a mélységi vízkészlet változatlanul megmarad,
- a teljes primer (termásvíz) rendszer szivattyús üzemeltetési költségeit minimálisan növeli a víz visszasajtolást működtető szivattyú villamos üzemeltetési költsége,
- a rendszer a hőigényekkel összhangban jól szabályozható.



Visszasajtoló és termelő kút áramvonal rendszere a tárolóban

6. KÖRNYEZETVÉDELEM

A geotermális hőhasznosítás – elsősorban a földgáztüzeléssel összehasonlítva, – nem juttat a légkörbe üvegházhatású gázokat. (CO_2 , CH_4)

Csupán a segédenergia (villamos-energia) igen kis felhasznált mennyiségének fajlagos CO_2 kibocsátása jön számításba, az erőművek helyszínén.

A zárt, visszacsajtolásos hévízrendszer a megújuló energiahasznosítások egyik legfontosabb, legértékesebb fajtája, főleg az adott terület jó hévízföldtani adottságaival. Csekély, építéskori környezeti hatásokkal lehet számolni:

- talajfelszín megbolygatása,
- kútfúrési technológia hatásai csakis a kivitelezés napjaiban (zajhatás, ideiglenes termál fluidum elhelyezése),
- fűróberendezést meghajtó dizelmotor füstgázkibocsátása,
- csővezeték fektetések gépesítése,
- fúrési iszap (furadék) – „A” kategóriájú lerakóba szállítva.

A fúrési technológiához tartálykocsival szállított vizet vesznek igénybe; technológiai vízkút lemélyítése nem szükséges. A kúttesztelés során kitermelt víz ideiglenes, védett tárolóba kerül (próbatermeltetés).

Előnyök

- Jó geotermális adottságok.
- Visszasajtolás várhatóan megoldható.
- CO_2 kibocsátással nem jár az üzem.
- Kevés villamos-energiát használ fel.
- Alacsony üzemköltség.

Hátrányok

- Csupán egyetlen kútpár telepíthető.
- Engedélyezése bizonytalan.
- Csekély éves kihasználtság.
- Hidegenergia termelésre nem alkalmas.
- Költséges beruházás.

Exergetikai értékelése:

A hévíz felhasználás többlépcsős, hőszivattyúval kiegészített megvalósítása exergetikailag jó hatásfokú. A várható hőteljesíteny egy kútpár esetén 2,1 MW lehet, ami a beruházás – teljesítmény arányt tekintve előnytelen. Két termelőkút lemélyítésére az adott teleknagyságon nincs lehetőség.

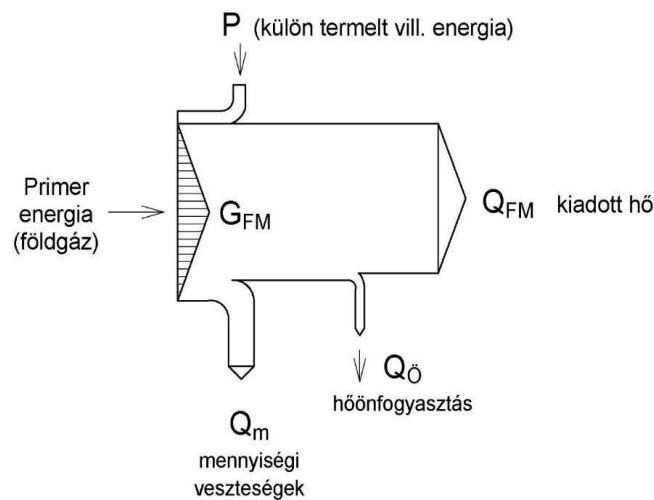
Gazdaságossági értékelés:

Becsült beruházási költség összesen: 800 mFt

Üzemköltség: 700 Ft/GJ

7. KAZÁNOS HŐTERMELÉS

Fűtőmű létesítésével, főleg földgáz alapenergia-hordozóval és a szükséges villamos energiával működő közvetlen hőtermelés a szokásos, régi típusú alaphő termelés, ami a centrális hőellátás alapját képezi.



Kazánházi (fűtőmű) hőenergia áramok a villamosenergia felhasználással

Primerenergia (földgáz): G_{FM}

Villamos energia: P

Kiadott hő: Q_{FM}

Veszteségek: Q_m mennyiségi veszteség: $Q_m + Q_0$

Q_0 hőönfogyasztás

Hatásfok: (hőtermelés) fűtőműnél:

$$\eta_{FM} = \frac{Q_{FM}}{G_{FM}}$$

Fajlagos primerenergia felhasználás:

$$g = \frac{G_{FM}}{Q_{FM}} = \frac{1}{\eta_{FM}}$$

A szükséges (hálózati) villamos felhasználás csekély:

$$\gamma = \frac{P}{Q_{FM}} \quad \text{és} \quad \eta_E = 0,33 \text{ (erőművi)}$$

Ezzel a teljes (hatásfok) a hőtermelésnél: primerenergia felhasználások összesen; összes tüzelőhő felhasználás:

$$g_t = \frac{1}{\eta_{FM}} + \frac{\gamma}{\eta_E}$$

Kondenzációs kazánoknál: tüzeléstechnikai hatásfok $\eta_{FM} > 100\%$ (kb. 106%) Égéshő kazán alkalmas, illeszthető a kórház fűtési rendszeréhez

ELŐNYÖK

Ebben az esetben csakis kondenzációs kazán működhetne.

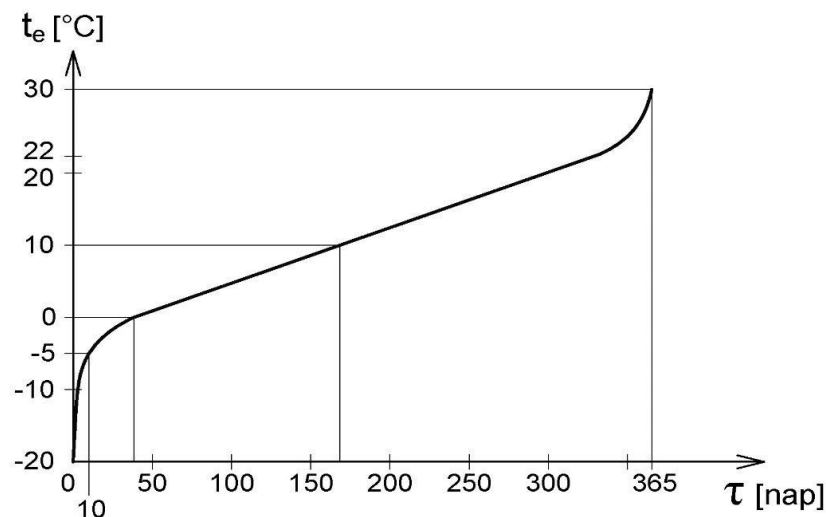
Az egyszerű közvetlen kazános hőtermelés vizsgálata is fontos, földgáz bázison.

Indokai:

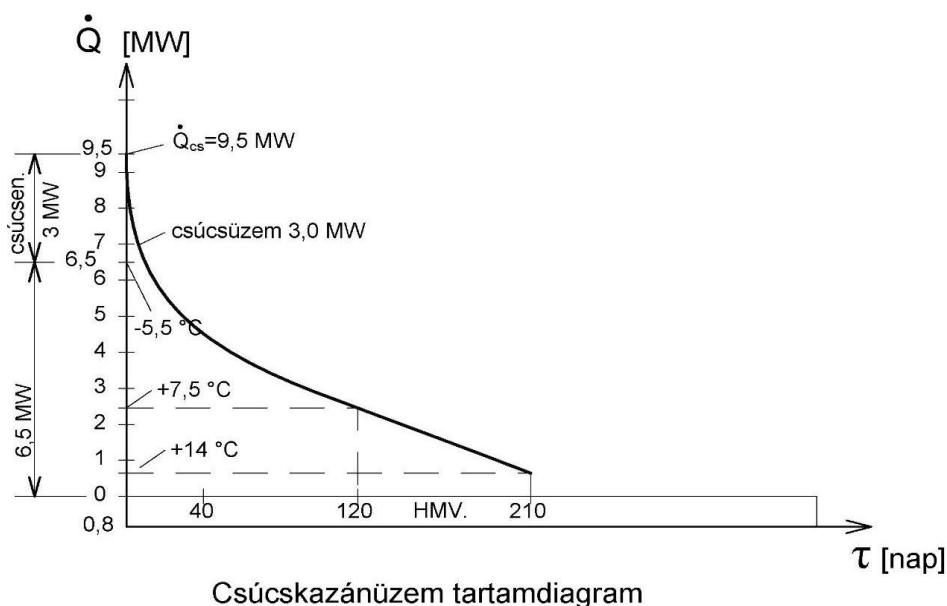
- a legkorszerűbb, kondenzációs üzemű gázkazánok alacsony hőmérsékletű üzeme illeszthető a tervezett fűtés-légtechnikai rendszereihez,
- jó hatásfokú (éves- és tüzeléstechnikai hatásfok) berendezések, amelyek jól szabályozhatóak,
- beruházási költség szintjük elfogadható,
- kiforrott, bevált gyártmányok,
- jó kazán-szabályozás.

Részletesen megvizsgálva az alkalmazást:

A fent felsoroltak a fosszilis (földgáz) tüzelőanyag felhasználására igazak, de a XXI. szd. korszerű beruházásai már nem a központi kazánházba telepített – kizárólag kazános – hőtermeléssel üzemelnek. Ez a megoldás a korábbi, centrális hőellátást jellemezte, sok veszteséggel. Összetett hőtermelési módok esetén a kazános hőtermelés mindössze csúcskazán üzemmel reális.



Hőmérséklet gyakorisági görbe (Bp)



HÁTRÁNYOK

A tisztán kazános hőtermelés számos hátránya döntő jelentőségű, ezért egyedül kazánokkal nem célszerű hőt termelni:

- Alapenergia-hordozó: vezetékes földgáz, a felhasználás helyére vezethető,
- Üzembiztonság: a tüzelőanyag oldalon (gázellátás kimaradás) tüzelőolaj, tartalékkal lehetséges – alternatív rendszerben.
- Csupán a melegenergia termelést oldaná meg, a hidegenergia előállítását más berendezésekkel lehetséges. (hűtőgépek)
- Füstgáz kibocsátás: nagy mennyiségű, CO₂ tartalmú füstgáz, levegő szennyezést okoz. (A vízpára lecsapódást megoldja a kondenzációs kazán)
- Építészeti hátrányok: külön telepített kazánházra lenne szükség, (épületen kívül) hátrányos lenne a nagy magasságú füstgáz kibocsátásra a kémények kialakítása.
- Ezért csakis csúskazán – épületbe telepítése – jöhet szóba.

Kazános hőtermelés főbb adatai

Gáztüzelésű kondenzációs kazán:

- egységteljesítménye: 1 MW,
- éves átlagos hatásfoka: 98 % (kondenzációs üzem),
- földgáz fogyasztása teljes teljesítménynél: 100,8 m³/h,
- üzemi hőmérséklet lépcső: 50/30 °C,
- gázégővel, elektronikus szabályozóval, távfelügyeleti csatlakozással.

Kazánházi rendszer fűtési hőtermelésre

1. *Teljes hőtermelés* gázkazánokkal $Q = 7,9$ MW beépített teljesítmény

Számított éves gázfogyasztás: $G = 58234$ GJ/év
Éves gáz üzemköltség összesen: $K = 189,144$ Ft/év

2. *Csúcskazános hőtermelés* gázkazánokkal

$Q_{cs} = 3$ MW beépített teljesítmény
Számított gázfogyasztás átlagos: 10 nap/év
 $G = 336$ GJ/év
Gázköltség csúcsüzemre (földgáz ára: $108,22$ Ft/m³)
 $K = 1.091.330$ Ft/év
Fajlagos tüzelőhő felhasználás: $g = 1,149$ (kedvező)

Teljes gázüzemmel lenne: 58570 GJ/év , költség: $190,235$ mFt/ év

Beruházás becsült költsége:

- teljes hőtermelésre (7,9 MW) $B_1 = 335,4$ mFt
- csúcsüzemi hőtermelésre (3 MW) $B_2 = 152,4$ mFt

8. ÉRTÉKELÉS

Energetikai értékelés:

A fosszilis energiahordozót felhasználó kizárólagos gázkazános centralizált hőtermelést elutasítjuk, annak földgáz oldali fosszilis energia fogyasztása miatt.

Legfeljebb csúcsergia gazdálkodás céljára telepíthető kondenzációs gáztüzelésű gázkazán kapacitás, csekély idejű éves kihasználással gazdaságos üzemeltetéssel.

A fajlagos tüzelőhő felhasználása az égéshő kazánál megfelelő.

Gazdaságossági értékelés:

A sajátos épületfizikai konstrukciók és a belső hőfejlődéseket figyelembe véve a különféle hőtermelések összehasonlításának alapja a gázkazános hőtermelés.

A beruházás költségszintje a gáz-csúcskazános kiépítésre elfogadható nagyságú. Ugyanez vonatkozik a csúcskazánüzemi gázköltségre is.

A javasolható 3 MW beépített gázkazán teljesítmény funkciója kettős:

- csúcsüzem és
- tartalék hőtermelés.

9. KAPCSOLT ENERGIATERMELÉS GÁZMOTORRAL ÉS MIKRO-GÁZTURBINÁVAL

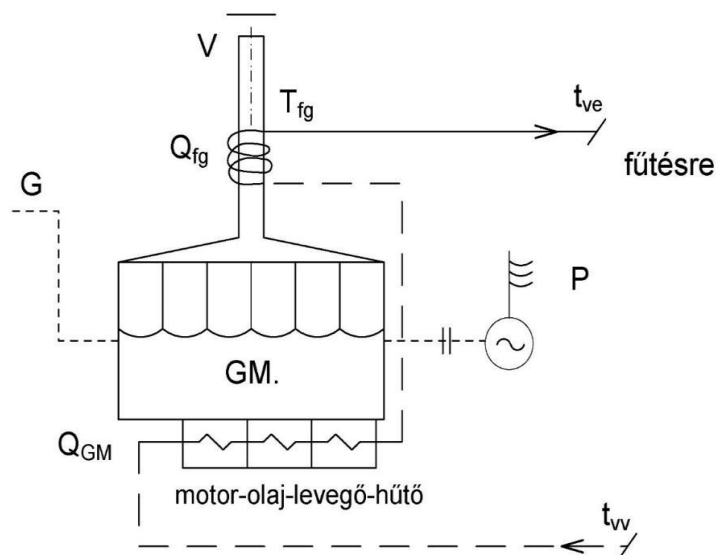
A kapcsoló hő- és villamos áram termelés

Az energetikai nagyfogyasztó, ahol az alapenergiák közül a villamos-áram és a hőenergia (meleg- és hidegenergia) a legnagyobb volumenű energiahordozó. Ezek az alapenergia-hordozók akkor állnak alacsony áron rendelkezésre, ha maga a beruházás termeli meg, legalább döntő hányadát a hőnek és a felhasznált áramnak. Lényeges, hogy a kapcsolóan termelt hő- és áram egyszerre legyen felhasználható.

Gázmotorok

A gázmotorok által meghajtott villamos generátor nemes energiát, villamos-áramot állít elő, amit a beruházás felhasznál. A motor hulladékhőjét minden esetben hasznosítani kell és a méretezést erre a hőtermelésre kell elvégezni.

Gázmotoros kogeneráció



Az energifolyamatok két fő terméke tehát a P villamos áram és a Q összes hő. A veszteségek értéke (V) 10-12%, ami főleg a gázmotor füstgáz hővesztesége.

Kedvező az eredő teljesítmény mérleg:

$$G = P + Q + V$$

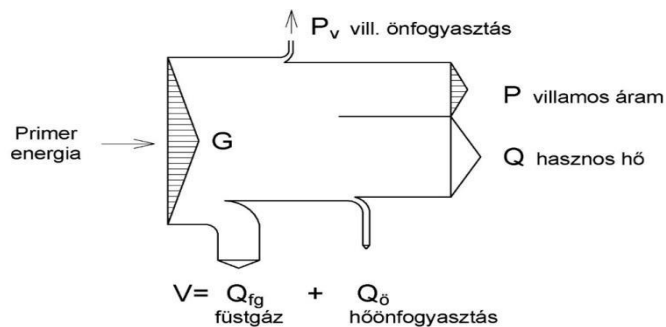
Mennyiségi hatások:

$$\eta_{GM} = \frac{P + Q}{G} = 1 - \frac{V}{G}$$

Fontos szempont, hogy mekkora a G tüzelőhő teljesítmény.

Gázmotoros kogeneráció

Energiafolyamatok: kapcsolt termelés esetén:



A tisztán kapcsolt energiatermelés energiaáramai (gázmotor)

Legnagyobb a füstgáz hő: ($\sim 100^{\circ}\text{C}$ felett is)

$$Q_{fg} = c_{fg} \cdot m(\tau_{fg} - \tau_{fgki})$$

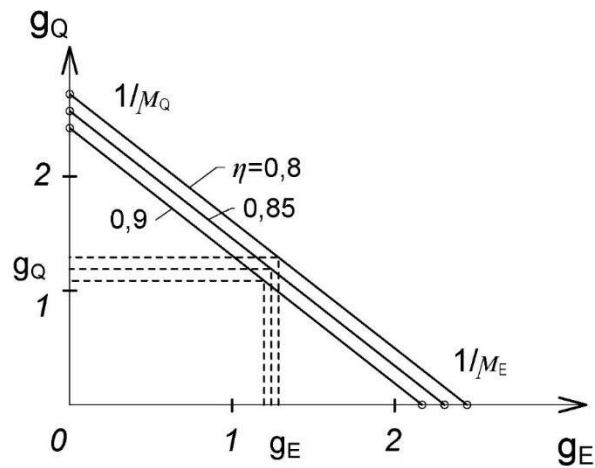
Veszteség: $Q_{fg} = c_{fg} \cdot m_{fg} \tau_{fgki} = \text{veszteség}$

Energiamérlege: $G = P + Q + V$

Kapcsolt energia aránya: $\delta = \frac{P}{Q}$

Villamos részhatásfok: $\mu_E = \frac{P}{G}$

Hő részhatásfoka: $\mu_{H\ddot{o}} = \frac{\Sigma Q}{G}$



Gázmotor jelleggörbék, (adott kapcsolt energia aránynál)

IRODALOMJEGYZÉK

Büki Gergely Energiarendszerek, Budapest, 2013., MMK

Büki Gergely: Kapcsolt energiatermelés, BME Kiadó, Budapest, 2007.