

SZŐCS MÁRTON
SZAKDOLGOZAT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK



SZAKDOLGOZAT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK

SZÓCS MÁRTON
SZAKDOLGOZAT
Szekszárd távhőellátása a paksi atomerőműből

Konzulens:

Major Gábor

Tervező mérnök

Témavezető:

Dr. Ósz János

Ny. egyetemi docens

Pécs, 2018

Szerzői jog © Szócs Márton, 2018.

ZÁRADÉK

Ez a szakdolgozat elzártan kezelendő és őrizendő, a hozzáférése a vonatkozó szabályok szerint korlátozott, a dolgozat tartalmát csak az arra feljogosított személyek ismerhetik.

A korlátozott hozzáférés időtartamának lejártáig az arra feljogosítottakon kívül csak a korlátozást kérelmező személy vagy gazdálkodó szervezet írásos engedélyével rendelkező személy nyerhet betekintést a dolgozat tartalmába.

A hozzáférés korlátozása és a zárt kezelés 2018. év szeptember 7. napján ér véget.

SZAKDOLGOZAT FELADATKIÍRÁS

AZONOSÍTÁS	Név: Szőcs Márton		Azonosító: 73161197794	
	Képzéskód:	2L-ET	Specializáció kódja:	Feladatkiírás azonosítója:
	Szak:	energiatermelési szakirányú továbbképzési szak	2L-ET-TH	<u>SZD-TSZ/SZM-11</u>
	Szakdolgozatot kiadó tanszék: Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék		Zárávizsgát szervező tanszék: Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék	
	Témavezető:	Dr. Ősz János (71958118643), ny. egyetemi docens (dr.osz.janos@gmail.com, (+36)304664846)		

FELADAT	Cím	A szakdolgozat feladat címe magyarul: Szekszárd távhőellátása a paksi atomerőműből Title in english: District heating of Szekszárd from Paks nuclear power plant
	Részletes feladatok	Kötelező feladatelemek - Mutassa be a nagy távolságú távhőszállítást az EU országok példáján! - Elemezze a szekszárdi távhőrendszer mai téli és nyári (fűtési, <u>hmy</u>, ipari?), ill. jövőbeli (fűtőhatékony épületek, új fogyasztók?) hőigényét, a keringtetett fűtési víz jellemzőit! Mutassa be a mai távhőrendszert a hőforrásaival, hálózatával és típus fogyasztói hőközpontjaival együtt! - Tegyen javaslatot a hőigény Paks Atomerőműből történő (téli, nyári?) versenyképes kielégítésére: hőkiadás a blokkból, távvezeték, <u>forróvíz</u> tömegáram, induló, érkező hőmérséklet, évi hővesztesség, csatlakozás a szekszárdi távhőrendszerhez, becsülje meg a jövőbeli üzem, évi kiadott, beérkező hőmennyiséget és évi CO₂-kibocsátás megtakarítást! - Határozza meg a szekszárdi fűtési és <u>hmy</u> hő mai és becsülje meg a nagy távolságú távhő egységköltségét! <i>A túloldalon folytatódik.</i>
	Hely	A szakdolgozat készítés helye: Vállalat/üzem megnevezése vállalat üzem/címe

ZÁRÓVIZSGA	1. Energetika	2. zárávizsga tantárgy(csoport)	3. zárávizsga tantárgy(csoport)
	Energetika I-II	zárávizsga elem megnevezés	zárávizsga elem megnevezés
	BMEGEENTTE1 (4 <u>kr</u>) & BMEGEENTTE2 (4 <u>kr</u>)	BMEGEXXAYY1 (n <u>kr</u>) & BMEGEXXAYY1 (m <u>kr</u>)	BMEGEXXAYY1 (n <u>kr</u>) & BMEGEXXAYY1 (m <u>kr</u>)

HITELESÍTÉS	Feladat kiadása:	2018. február 16.	Beadási határidő:	2018. május 18.
	Összeállította:	Ellenőrizte:	Jóváhagyta:	
		PH.	PH.	
	 témavezető	 tanszékvezető/tanszékvezető-h.	 dékán/dékánhelyettes	
	Alulírott, a feladatkiírás átvételével egyúttal kijelentem, hogy a Szakdolgozat készítés c. tantárgy <u>előkövetelményeit</u> maradéktalanul teljesítettem. Ellenkező esetben tudomásul veszem, hogy a jelen feladatkiírás és a tantárgy felvétele érvényét veszti.			
	Budapest, 2018. február 16.		 hallgató	

Budapest, 2018. február 16.

.....
hallgató

NYILATKOZATOK

Beadhatósági nyilatkozat

A jelen szakdolgozat a PÉTÁV Kft. által elvárt szakmai színvonalnak mind tartalmilag, mind formailag megfelel, beadható.

Kelt, Pécs, 2018. augusztus 15.

Az üzem részéről:

üzemi konzulens

Elfogadási nyilatkozat

Ezen szakdolgozat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara által a Diplomatervezési és Szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek, továbbá a feladatkiírásban előírtaknak maradéktalanul eleget tesz. E szakdolgozatot a nyilvános bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja:

témavezető

Nyilatkozat az önálló munkáról

Alulírott, Szócs Márton (ZZDZ4I), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírással igazolom, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és dolgozatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Pécs, 2018. augusztus 15.

szigorló hallgató

TARTALOMJEGYZÉK

1. Előszó.....	9
2. Jelölések jegyzéke.....	10
3. Célkitűzések.....	13
4. Áttekintés.....	13
4.1. Elvek és módszerek.....	13
4.1.1. Kiinduló oldal.....	13
4.1.2. Fogadó oldal.....	14
4.1.3. Távhő vezetéki rendszer.....	14
5. PÉLDÁK NAGY TÁVOLSÁGÚ TÁVHŐSZÁLLÍTÁSRA AZ EU ORSZÁGOKBAN	15
5.1. Hőtermelő oldali csoportosítás alapján.....	15
5.1.1. Kapcsolt rendszerű nukleáris erőművek.....	15
5.1.2. Nukleáris fűtőművek.....	15
5.1.3. Nem nukleáris kapcsolt erőművek.....	16
5.2. Hosszú távhő vezetékek az Európai Unióban.....	16
5.2.1. Dánia.....	16
5.2.2. Izland.....	16
5.2.3. Svájc.....	17
5.2.4. Svédország.....	17
5.2.5. Finnország.....	17
6. SZEKSZÁRDI TÁVHŐRENDSZER JELLEMZŐI.....	18
6.1. Névleges adatok.....	18
6.1.1. Hőtermelők.....	18
6.1.2. Távvezetéki rendszer műszaki adatai.....	19
6.2. Távhőigény jellemzői.....	19
6.2.1. Kiindulási adatok.....	19
6.2.2. Szekszárd város időtartam - külső hőmérséklet diagram.....	20
6.2.3. Külső hőmérséklet - időtartam diagram.....	21
6.2.4. Talajhőmérséklet.....	21
6.2.5. Szekszárd város Déli fűtő erőmű távhő jellemzői 2016-2017.....	23
6.2.6. Szekszárd Déli Fűtőerőmű primer víz jellemző értékei.....	24
6.3. Méretezési teljesítmény.....	24
6.4. Hőközpontok jellemzői.....	25
6.4.1. Fogyasztók.....	25
6.4.2. Hőközpontok.....	26
7. Erőmű.....	26

7.1. Erőműi fűtési hőcserélők.....	27
7.1.1. Erőműi primer kör.....	27
7.1.2. Szekunder fűtő kör.....	28
7.1.3. Tercier kör.....	31
8. TÁVHŐ VEZETÉK.....	31
8.1. Nyomvonal.....	32
8.2. Csővezeték jelleg kiválasztása.....	34
8.3. Megengedett nyomáscsökkenés a csővezetéken.....	35
8.4. Csővezeték teljes hossza.....	37
8.4.1. Alaki kompenzátor számítása.....	37
8.5. Csővezeték minimális átmérője.....	38
8.6. Csővezeték rendszer hővesztesség számítása alapok.....	39
8.7. Csővezetéki rendszer hő-, és nyomásvesztességének számítása.....	42
8.7.1. 1. variáció – nincs hőcserélő a Szekszárdi oldalon, hőmérséklet értékek elmúlt évek alapján számolva.....	42
8.7.2. 2. variáció – hőcserélő a Szekszárdi oldalon is, hőmérséklet értékek a hőcserélő hőmérséklet esése alapján.....	43
8.7.3. Ideális keringtetési jellemzők megválasztása.....	44
9. KÖLTSÉGEK, MEGTÉRÜLÉS.....	46
9.1. Bekerülési költség.....	46
9.2. Alapadatok.....	47
9.2.1. Szekszárd város távhő rendszere.....	47
9.2.2. Paks-Szekszárd távhő vezeték.....	47
9.2.3. Beruházási tőkeköltséghez kapcsolatos.....	48
9.2.4. Karbantartási költség.....	48
9.2.5. Gázkazánnal kapcsolatos.....	48
9.2.6. CO ₂ költséggel kapcsolatos.....	48
9.2.7. Jelenlegi távhő árak.....	48
9.3. Költség számítások.....	49
9.3.1. Tőke költség.....	49
9.3.2. Karbantartási költség.....	50
9.3.3. Tüzelőanyag költség atomenergia.....	50
9.3.4. CO ₂ költség.....	50
9.3.5. Paks-Szekszárd távhővezeték szivattyúzási munka.....	50
9.3.6. Tüzelőanyag költség gáz energia.....	50
9.4. Távhő hődíja atomenergiával előállítva.....	51
10. Eredmények.....	52
11. Javaslatok/Következtetések/Tanulságok.....	54

12. Példák nagy távolságú távhőszállításra az EU országokban.....	59
13. Távhő vezeték hő-, és nyomásveszteségének számítása.....	64
14. Hőcserélő méretezés.....	65
15. Költségbecslés.....	66
16. Szekszárdi távhő szolgáltató eredménykimutatás 2017.....	68

1. Előszó

Az atomenergia sokat vitatott témává nőtte ki magát, nem csak szakmai, hanem a hétköznapi életben is. A kezdetekben elfogadott volt, szinte ingyen energiát és katonai stratégiai biztonságot láttak benne. Ma már árnyékoltabb a helyzet, előtérbe került a sugárzás kártékony hatása. A Paksi Atomerőmű üzemidő meghosszabbítása, Paks II építése, a fukusimai atomerőmű-baleset, valamint a megújuló-energia termelés erőteljes fejlődése olyan események voltak az elmúlt pár évben, ami véleményformálásra készítette a szavazó állampolgárokat, döntően atomenergia ellenes irányban. A politikai elitnek az elsődleges célja az üzembiztos energia ellátás, amit ma Magyarországon kézen fekvően atomenergiával lehet biztosítani. Emiatt a nyílt politikai színjátás kénytelen az atomenergiával foglalkozni, propagálni azt. Ennek egyik epizódja volt, hogy a miniszterelnök 2016. február 23-án Szekszárdon elejtette, hogy a város távhő ellátását meg lehetne oldani a Paksi Atomerőműből, és erre a kormány 10 milliárd Forintot áldozna.

* * *

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni mindazok segítségét, akik hozzájárultak szakdolgozat munkám sikeres teljesítéséhez.

Külön köszönöm a segítségét *Jakab Albert*nak, aki a szakdolgozat elkészítése során végig segítségemre volt, és szakmai tudásával segítette a munkámat. *Papp Sándornak*, aki munkája mellett időt szakított arra, hogy információkat gyűjtsön, és adjon Szekszárd város távfűtési rendszeréről.

Valamint minden olyan tanáromnak és tanítómnak, akik hozzásegítettek a megfelelő szakmai tudásanyaghoz egy ilyen feladat elvégzésére.

Pécs, 2018. augusztus 15.

Szócs Márton

2. Jelölések jegyzéke

A táblázatban a többször előforduló jelölések magyar és *angol* nyelvű elnevezése, valamint a fizikai mennyiségek esetén annak mértékegysége található. Az egyes mennyiségek jelölése – ahol lehetséges – megegyezik hazai és a nemzetközi szakirodalomban elfogadott jelölésekkel. A ritkán alkalmazott jelölések magyarázata első előfordulási helyüknél található.

Latin betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
A	felület	m ²
B ₀	beruházási költség (teljes)	Ft
c	fajhő (állandó nyomáson vett)	J/kgK
C	költség	Ft
g	gravitációs gyorsulás (9,81)	m/s ²
h	entalpia (fajlagos)	J/kg
H _{gs}	hozzáfolyási nyomás	m v.o.
i	interkaláris tényező	1
k	hővezetési együttható	W/mK
NPSH	névleges hozzáfolyási nyomás	m v.o.
p	nyomás	bar, Pa
Q	teljesítmény	W
r	kamatláb (vagy diszkont tényező)	1

Re	Reynolds szám	1
t	hőmérséklet	°C
v	áramlási sebesség	m/s
X	gőz relatív víztartalma	1

Görög betűk

Jelölés	Megnevezés, megjegyzés, érték	Mértékegység
α	annuitási tényező (kamatos leírási tényező)	1
λ	csővezeték hővezetési együtthatója	W/mK
μ	folyadék viszkozitása	Pas
ρ	sűrűség	kg/m ³

Indexek, kitevők

Jelölés	Megnevezés, értelmezés
e	elektromos (energia)
th	hő (energia)

Ábrajegyzék

1. Ábra: Európai nagy távolságú távhő vezetékek hossz - maximális hőtéljesítmény arányai.....	17
2. Ábra: Szekszárd város időtartam - külső hőmérséklet diagram.....	20
3. Ábra: Magyarország hófokhíd térképe.....	21
4. Ábra: Szekszárd város külső hőmérséklet - időtartam diagram.....	21
5. Ábra: Havi talajhőmérsékletek a mélység változásával.....	22
6. Ábra: Talaj felszínének a hőmérséklete éves szinten.....	22
7. Ábra: Szekszárd város Déli fűtő erőmű primer távhő jellemzői 2016-2017 tél.....	23
8. Ábra: Szekszárd város Déli fűtő erőmű távhő jellemzői 2016-2017 nyár.....	23
9. Ábra: Szekszárd Déli Fűtőerőmű külső hőmérséklet - primer jellemzők.....	24
10. Ábra: Szekszárd Déli Fűtőerőmű időtartam - primer jellemzők.....	25
11. Ábra: Tipikus kapcsolási vázlat.....	26
12. Ábra: PWR atomerőmű elvi kapcsolási vázlata.....	27
13. Ábra: A VVER-440 atomerőmű gőzkörfolyamatának egyszerűsített hőkapcsolása.....	28
14. Ábra: Alaphőcserélő metszet-, és csonk elrendezés rajza.....	28
15. Ábra: Erőműi kalorikus kapcsolási vázlat.....	29
16. Ábra: Erőműi távhő hőcserélők.....	29
17. Ábra: Alap és csúcs hőcserélők hőmérsékletei.....	30
18. Ábra: Az Erőmű és a távvezeték leválasztása.....	31
19. Ábra: Nyomvonal vázlat.....	33
20. Ábra: Paks-Szekszárd távhő vezeték nyomvonal magassági pontjai.....	34
21. Ábra: Csővezetéki rendszerben megengedhető maximális nyomások.....	36
22. Ábra: Műanyag köpenycsöves acél vezeték U-kompenzátor számítása.....	38
23. Ábra: Csővezeték hőveszteség számításhoz jelölési rajz.....	42
24. Ábra: Paks-Szekszárd távhő vezeték jellemző értékei az időtartam függvényében direkt rendszer.....	43
25. Ábra: Paks-Szekszárd távhő vezeték jellemző értékei az időtartam függvényében hőcserélős rendszer.....	44
26. Ábra: Energia veszteség költségei több esetet vizsgálva.....	45
27. Ábra: Költségminimumhoz tartozó fűtővíz hőmérsékletek.....	45
28. Ábra: Szállítási veszteség költségek az éves időtartamban.....	46
29. Ábra: Építési költségek fajlagos eloszlása.....	47
30. Ábra: Jelenlegi távhő árak.....	49
31. Ábra : Jelenlegi bevételi források, és a várható bevétel 0% projekt haszonnal.....	51
32. Ábra : Jelenlegi távhő egységköltségek, és projekt egységköltség 0% haszonnal.....	52

BEVEZETÉS

3. Célkitűzések

Jelenleg Szekszárd városának távhő rendszerének energia ellátását gázkazánok biztosítják. Kapcsolt hő-, és elektromos energia termelés nincs, ami ma már kifejezetten kedvezőtlen esetnek mondható.

Jelenleg Paks távhő ellátása az atomerőműből történik, és nemzetközileg is számos példa mutatja, hogy atomerőműves távhőellátás működő képes.

Hátrányként említhető, hogy a két város távolsága viszonylag nagy, ezért műszaki, illetve gazdasági oldalról is lehetnek akadályok, amik az említett távhő vezeték rendszer megépítését gátolhatják.

4. Áttekintés

Ezen szakdolgozat célja, hogy egy lehetséges (lehetőleg a legjobb) alternatívát adjon a Paks-Szekszárd távhő vezeték megvalósítására. Ezen cél érdekében meg kell határozni a fogadó oldalt (Szekszárd város jelenlegi távhő rendszerének) üzemi állapotait, az indító állomás adatait (Paksi Atomerőmű), hogyan kapcsolódhat az új rendszerhez, majd magának a vezetéknek a jellemzőit, és végül hogy gazdaságilag mennyire állja meg a helyét.

4.1. ELVEK ÉS MÓDSZEREK

4.1.1. Kiinduló oldal

Az atomerőmű nyomottvizes rendszerű, az elektromos energiát turbinákkal állítja elő.

Az atomenergiával termelt hő olcsó a gáztüzeléshez képest, és (Szekszárd hőigényéhez képest) nagy mennyiségben áll rendelkezésre. A meglévő Paksi távhőrendszerhez hasonló elvben célszerű gondolkodni, mert az már bevált, működő rendszer. Számításokkal szükséges bizonyítani, hogy az erőmű áramtermelési oldalát érintve szükséges-e változtatás, vagy a meglévő csövek/szerelvények teljesítménye képes ellátni Szekszárd városát is.

Az energia elvétele a turbinához megcsapolásával történik, ezért a hőelvétel csökkenti az elektromos áramtermelést is – ezt figyelembe kell venni a gazdaságossági számításnál.

Új szivattyúállomás szükséges, mert a Paks város távhő rendszerétől független működés elvárt.

A nyomástartásról gondoskodni kell, a rendszer egye elemei lehetnek a Paksi távhőrendszer meglévő (vagy új de közös) elemei is.

4.1.2.

Fogadó oldal

Szekszárd város távhőrendszere körülbelül 40 éves, azt lehet mondani, hogy kiismert rendszer. Ezért a főbb paramétereit (víz hőmérséklet, nyomásviszonyok, keringtetett vízmennyiség) nem tanácsos megváltoztatni ezen munkához kapcsolódóan. A nyomáslengéseket is célszerű minimalizálni a rendszer kora miatt, ezért hőcserélő szükséges a Paksról érkező távhő leválasztásához.

4.1.3.

Távhő vezetéki rendszer

A két város közti terület mezőgazdasági hasznosítású, nagyrészt löszös jellegű föld humusz takarással. A 6-os számú közlekedésű főút és az M6 jelű autópálya köti össze a két várost, első körben célszerűnek tűnik a főútvonal mellett kijelölni a vezetékek nyomvonalát.

A csővezeték előnyös a talajszint alatt vezetni, hogy védve legyen a nem kívánt emberi beavatkozásoktól, valamint a feltalaj (részben) hasznosítható maradjon. A haszonvezeték anyaga a nyomás és hőmérséklet viszonyok miatt csak acéllemez lehet, a védőcső műanyagból készüljön a korrózió miatt, a két cső közt hőszigetelés szükséges. Csőlyukadás esetén könnyen be lehessen azonosítani a hiba helyét, és több elzáró is legyen a nyomvonalon, hogy hiba esetén minél gyorsabban lehessen le, illetve feltölteni a vezetéket, ezáltal a hiba javítása minél gyorsabban megtörténjen.

A fentieket az úgynevezett előreszigetelt acélcső kielégíti, egy előremenő és egy visszatérő vezetékekkel.

5. PÉLDÁK NAGY TÁVOLSÁGÚ TÁVHŐSZÁLLÍTÁSRA AZ EU ORSZÁGOKBAN

A fejezet elkészítéséhez használt források [1], [2], [3], [4]

5.1. HŐTERMELŐ OLDALI CSOPORTOSÍTÁS ALAPJÁN

5.1.1. *Kapcsolt rendszerű nukleáris erőművek*

Az első ipari léptékű (1) nukleáris alapú villamos energiát termelő erőmű Nagy-Britanniában épült (Calder Hall), amit 1956-ban helyezték üzembe. $180 \text{ MW}_{\text{th}}$ teljesítményű volt, és $40\text{-}60 \text{ MW}_e$ elektromos energiát volt képes előállítani. Plutóniumot is előállítottak harcászati célra, és ez volt az első nukleáris erőmű, ami a telephelyen kívülre hőt adott el – igaz nem lakossági célra, hanem a közeli nukleáris üzemanyag feldolgozó üzemnek.

Az első nukleáris erőmű, amely kapcsoltan működött, és a lakossági távhőellátásban is részt vett a svéd Ågesta város beli atomerőmű volt, amely Stockholm egyik kerületét (Farsta) látta el távfűtéssel. Kiadott hőteljesítménye $68 \text{ MW}_{\text{th}}$, elektromos teljesítménye 12 MW_e volt. A svéd erőmű 1962-től 1974-ig üzemelt, bezárásának oka az akkori alacsony olaj ár, és a gazdasági visszaesés okozta. A városközpont néhány kilométerre volt az erőműtől.

Nagyobb rendszerek találhatók a keleti blokk országai közül Ukrajnában, Csehországban, Szlovákiában, Bulgáriában, Magyarországon, nyugaton Svájcban.

5.1.2. *Nukleáris fűtőművek*

Az EU területén nincs nukleáris fűtőmű, de máshol létezett, illetve létezik, és tervben is van néhány.

Kísérleti nukleáris fűtőerőmű a Szovjetunióban $2 \times 500 \text{ MW}_{\text{th}}$ teljesítménnyel, de ez csak 1983-1985 közt működött.

Kína kísérletezik nukleáris alapú fűtő erőművel több okból:

- a levegő szálló por tartalma ($\text{PM}_{2,5}$) gyakran meghaladja a megengedett értéket, aminek 60%-a feltételezhetően a szénből származik. A nagyvárosi háztartások 1/3-a szén alapú fűtést használ.
- Városiasodás, mely jelenleg is növekvő trendet mutat
- Távhő terjedése

Az egyik megoldás lehet még több szén alapú kapcsolt erőműépítése a városoktól távol ($\sim 50 \text{ km}$ hosszú távvezeték kiépítésével), egy másik lehet kisebb atomenergiás fűtőművek telepítése a városokban. Egy kísérleti erőművel már tesztüzemet tartottak

168 órán keresztül Pekingben. A jelenleg fejlesztett YANLONG (DHR-400) 400 MW_{th} teljesítményű reaktor kisnyomású, és alacsony hőmérsékletű (~100 °C) vizet állít elő, a fűtővizet direktbe tervezik kötni a távvezetéki rendszerre. A reaktor test egy 1800 m³ térfogatú medencében lenne elhelyezve.

5.1.3. *Nem nukleáris kapcsolt erőművek*

Erőművek a távhőellátásban a 10-30 MW_{th}-tól 600-1200 MW_{th}-ig jellemzőek, de előfordulnak 3000-4000 MW_{th} teljesítményű távfűtési rendszerek is.

Nagyobb rendszerek találhatóak Finnországban, Svédországban, Dániában, kisebbek szinte mindenhol: Ausztriában, Belgiumban, Franciaországban, Olaszországban, Svájcban, Norvégiában. Az érintett városok klimatikus viszonyait hosszú és hideg a fűtési szezonok jellemzik.

5.2. HOSSZÚ TÁVHŐ VEZETÉKEK AZ EURÓPAI UNIÓBAN

Az alábbi adatokból látható, hogy a vizsgált országok egyes távhőrendszerei nagyon hasonlóak országon belül. Ez nagyrészt az adott ország földrajzi/geológiai adottságától függ, másrészt a hazai szakember gárda gondolkodás módjától.

5.2.1. *Dánia*

Hagyományosan erős távhőben, az ország lakosainak jelentős része (~63%) távhővel ellátott. A dániai távhő története 1898-ban kezdődött Frederiksbergben, ahol a növekvő lakosság növekvő mennyiségű hulladék megsemmisítésére hulladékégetőt építettek német mintára, amely hőt is eladott, 4 évre rá pedig elektromos energiát is termelt. Az 1973-as energiaválság újabb lendületet adott a fejlődésnek, aminek ma már egyértelműen a megújuló az alapja (hulladék, biomassza). Egy-egy rendszer több energiatermelőből és pufferból áll, szénhidrogéneket már csak csúcsigényre használ fel. A hosszabb távhővezetékek a hőtermelők összekapcsolásához (is) szükségesek.

Több nagy dán alapítású ipari szerelvénygyártó is megemlíthető, amelyek hazánkban is ismertek, és a távhőellátáshoz nagymértékben kapcsolható: Danfoss (szabályzó/beavatkozó), Grundfos (szivattyú), Logstor (előreszigetelt cső).

5.2.2. *Izland*

Világelső lakossági távhővel történő ellátottságban, az ország 92%-a ilyen. Egyértelműen a meleg vízű forrásokra épül az energia ellátása, amik energetikailag megfelelő hozamúak és hőmérsékletűek, gyakran turbinák hajtásához is elegendőek. A hosszabb távhővezetékek a források és a városok összekapcsolásához szükségesek.

Mivel olcsó az energia, ezért előfordulnak hőszigetelés nélküli vezetékek is. Általában visszatérő vezeték nincs, a lehűlt vizet a szennyvíz rendszerbe engedik.

5.2.3. Svájc

Nukleáris erőművek és a közeli városok távhőellátását többször vizsgálták, eddig hosszabb (>20 km) vezeték nem épült.

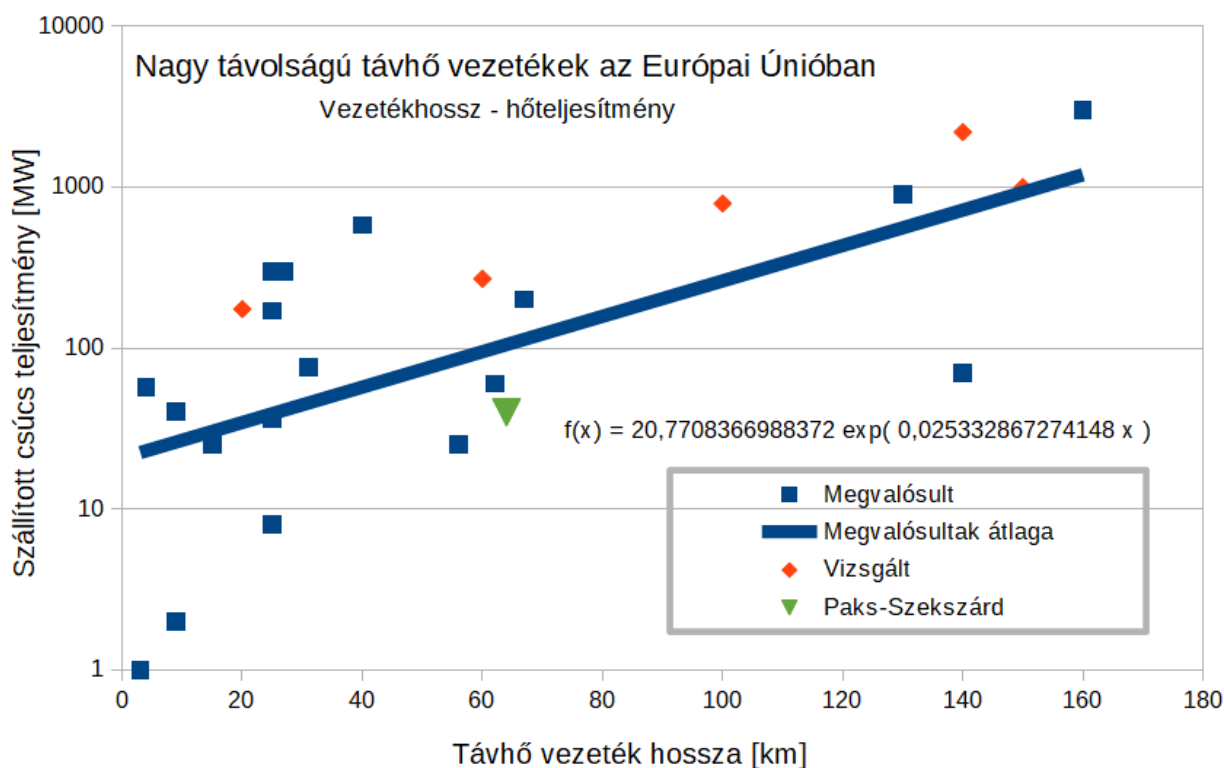
5.2.4. Svédország

Két közepesen hosszú rendszer (20-60 km), hulladékhőre alapozva.

5.2.5. Finnország

Az északi országrész ritkán lakott, ezért a távhő rendszerek délen jellemzőbbek a nagyvárosokban. Egy jelentős távhővezeték kialakításának lehetőségét mérlegelik, ami a fővárost látná el energiával a 75 km-re lévő atomerőműből.

Az említett rendszerek és ezen munka tárgyának hosszának és maximális hőteljesítményeit, egy grafikonba szedve:



1. Ábra: Európai nagy távolságú távhő vezetékek hossz - maximális hőteljesítmény arányai

Az adatok a *12. Példák nagy távolságú távhőszállításra az EU országokban* című mellékletben találhatóak. Látható, hogy a tervezett Paks-Szekszárd vezeték az átlagvonal alatt van, ami szerint Európai viszonylatban a teljesítmény/távolság arány kedvezőtlen. Az Y tengely logaritmikus beosztású, az átlagot 100 MW_{th}-nál érné el, azaz a jelenlegi igény 2,5-szeresénél.

A Paks-Szekszárd távhő vezetékétől hosszabbak jelentősen nagyobb teljesítményt, vagy olcsó (geotermikus) energiát szállítanak.

6. SZEKSZÁRDI TÁVHŐRENDSZER JELLEMZŐI

A fejezet elkészítéséhez használt források [5], [6]

Az alábbiakban megtalálható Szekszárd város távhőigénye napi átlaghőmérséklet függvényében a fűtési szezonban, ill. nyáron, a fűtési és használati melegvíz hőfelhasználása a fűtési szezonban és nyáron, valamint az erőművi hőkiadás névleges jellemzői.

Megjegyzés: A 2017-es adatok csak december 4-ig vannak meg, illetve a 2016-os év tavaszán bizonyos fokú adatvesztés következett be.

Jelenlegi üzemeltető a Szekszárdi Távhőszolgáltató Nonprofit Kft. 2015-ig a korábbi szolgáltató az Alfa Nova Kft. volt, ezután vette át a város az üzemeltetés jogát.

6.1. NÉVLEGES ADATOK

6.1.1. Hőtermelők

A várost jelenleg két külön telephelyen lévő kazánok fűtik. Ellátott fogyasztók: 124 db lakossági hőközpont, 5674 db lakás és 255db közület.

	Déli Fűtőmű	Kadarka Fűtőmű
Cím	Sárvíz utca 4.	Kadarka utca 27-29.
Beépített teljesítmény	45,8 MW _{th}	5,1 MW _{th}
Értékesítési terv	280 000 GJ/év	22 000 GJ/év
Energiahordozó	Földgáz, fűtő olaj	Földgáz
Kazán névleges hőmérséklet	100/60 °C	70/55-60 °C
Kazánok élettartamának lejárata	2020	2020

6.1.2.

Távhívezetési rendszer műszaki adatai

6.1.2.1 Nyomás

Rendszer maximum (névleges) nyomása: 12 bar

Üzemi nyomás értékek (védelmi értékek): télen: 8 bar; nyáron: 6,5 bar

Kazánokon lévő biztonsági szelepek lefúvási értéke: 11,8 bar.

A Déli fűtőműhöz képest a legmagasabban lévő hőközpont 32 m-rel magasabban van. Szivattyús nyomástartás.

6.1.2.2 Teljesítmény

Beépített teljesítmény $45,8 + 5,1 \text{ MW}_{\text{th}} = 50,9 \text{ MW}_{\text{th}}$

Maximum teljesítmény a Déli fűtőműben: $27,65 \text{ MW}_{\text{th}}$ (2016-2017-ben)

A Kadarka Fűtőmű körülbelül 1/16 -a a Déli Erőműnek teljesítmény szempontjából.

Szekszárd város által igényelt maximum hőteljesítmény (kazánházakban) = $27,65 * (16+1)/16 = 29,4 \text{ MW}_{\text{th}}$

Szükséges hőigény 2016-ban = 286 340 GJ

		2016	2017	2016 tél	2016 nyár	2017 tél	2017 nyár
Déli fűtőerőmű	Gáz [Nm3]	7 698 276	6 548 956	6 847 605	850 671	5 774 765	774 191
	[GJ]	269 297	224 217	236 932	32 365	195 158	29 059
	Hatásfok [%]	94,34%	96,39%	95,37%	86,74%	97,65%	87,92%
Kadarka fűtőerőmű	Gáz [Nm3]	487 112	422 139	424 393	62 719	362 872	59 267
Dél/kadarka	[-]	15,80	15,51	16,14	13,56	15,91	13,06
Gáz fűtőérték [MJ/Nm3]		33					
Külső hőmérséklet	[°C]	12,236	14,564	6,484	20,831	6,415	22,128

6.1.2.3 Szivattyúzás

Végponti nyomáskülönbség szabályzás 3 db figyelemmel + tartalékként sínnyomás-különbséggel

Maximális keringetett vízmennyiség: $582 \text{ m}^3/\text{h}$

Nyomáskülönbség: 3 bar

6.1.2.4 Egyéb

Rendszerben lévő primer víz mennyisége (körülbelül): 1500 m^3

6.2.

TÁVHŐIGÉNY JELLEMZŐI

6.2.1.

Kiindulási adatok

Az adatokat a Szekszárdi Távhőszolgáltató Nonprofit Kft.-től kaptam meg, táblázatos formában, a legutolsó adat 2017. december 4-i. A kapott adattípusok közül nem mindegyiket használtam fel, és amiket felhasználtam, abból sem a teljes időintervallumban. A részletes adatok a Déli Fűtőmű esetében vannak meg a Kadarka

Fűtőműi adatok nem kellő részletezettségű, emiatt a minőségi adatok esetén a Déli Fűtőművét használtam, a mennyiségi adatoknál pedig a számítások legvégén korrigáltam a Déli adatokat a másikkal.

Felhasznált adatok:

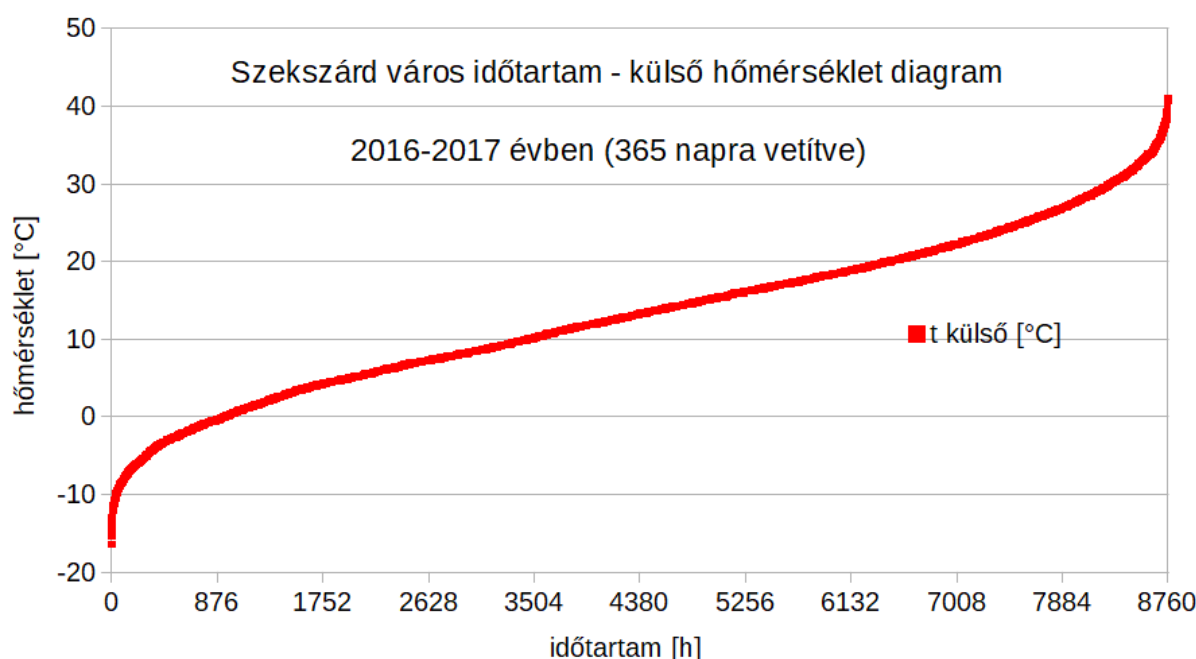
Külső hőmérséklet [°C]	Előremenő primer hőmérséklet [°C]
Visszatérő primer hőmérséklet [°C]	Gáz fogyasztás [Nm ³]
Keringtetett víz [m ³ /h]	Hőteljesítmény [MW _{th}]

Vizsgált időszak: 2016 és 2017 (a 2017-es év nem teljes, itt is korrekciót használtam ahol szükséges volt).

Fűtési időszakok	2016	2017
Fűtési időszak vége	2016.05.11. 10:00	2017.05.02. 10:00
Fűtési időszak kezdete	2016.10.05. 07:00	2017. 09. 21. 12:00

A 2016 és 2017-es nyár összesen 6 935 órából állt, a két év összesen 17 544 órából. Így a nyár (fűtési szezonon kívüli időszak) 39,53 %-át teszi ki a teljes évnek, azaz $100 - 39,53 = 60,47\%$ volt a fűtési időszak hossza, napban kifejezve: 221 nap.

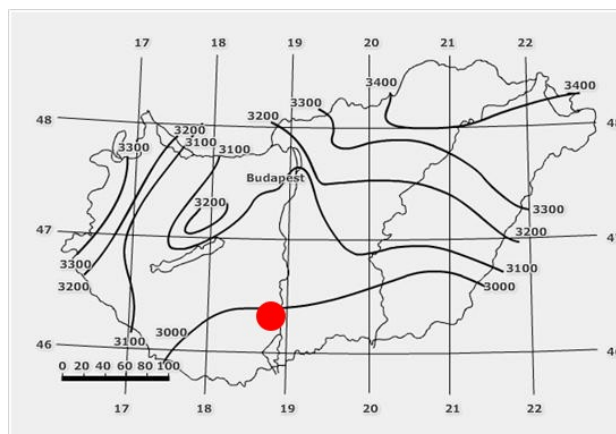
6.2.2. Szekszárd város időtartam - külső hőmérséklet diagram



2. Ábra: Szekszárd város időtartam - külső hőmérséklet diagram

A diagramról leolvasható az az időtartam, amelynél a külső hőmérséklet alacsonyabb volt egy értéknél. Mivel a fűtési időszak 60,47 % a teljes évnek, a diagramból kiolvasható, hogy a hozzá tartozó külső hőmérséklet 16,2 °C. Az éves fűtés hőfokhíd

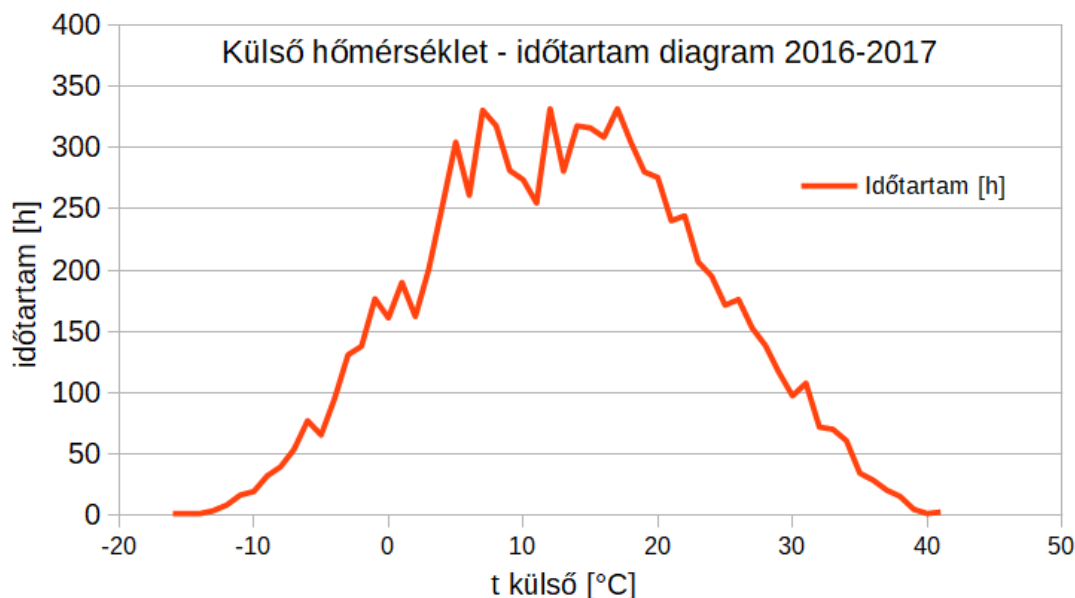
(221 nappal számítva) $H_{20/16,2} = 3580$ [nap °C / év]. Ez a hőfokhíd ($H_{20/12}$ esetén) Zürich városához áll közel, aminek oka a túlzottan hosszú fűtésidényben keresendő. Szekszárd város hőfokhídja $H_{20/12}$ esetén 3000 [nap °C / év].



3. Ábra: Magyarország hőfokhíd térképe

6.2.3. Külső hőmérséklet - időtartam diagram

A fenti diagramot le lehet fordítani másik formára. Ez a diagram megadja, hogy egy bizonyos külső hőmérséklet mennyi ideig állt fenn egy adott évben.

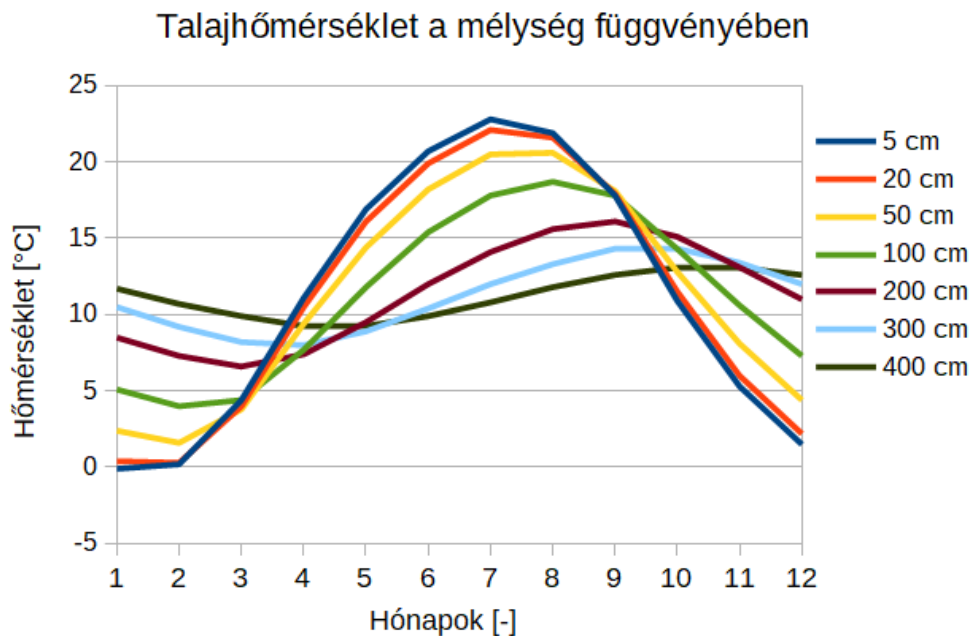


4. Ábra: Szekszárd város külső hőmérséklet - időtartam diagram

A diagram nem teljesen Gauss görbét ad, hanem a magaspontján egy „kráter” van, ami betudható a 2016 év februári és márciusi adatvesztésnek.

6.2.4. Talajhőmérséklet

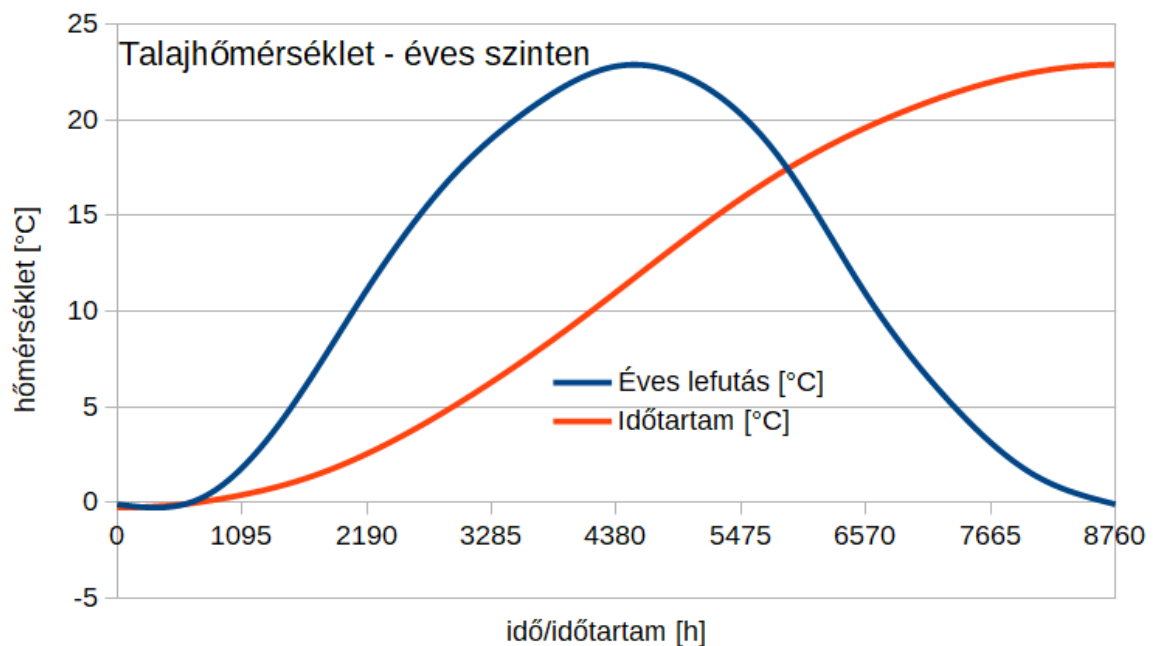
A talaj hőmérséklete Magyarországon az alábbiak szerint alakul:



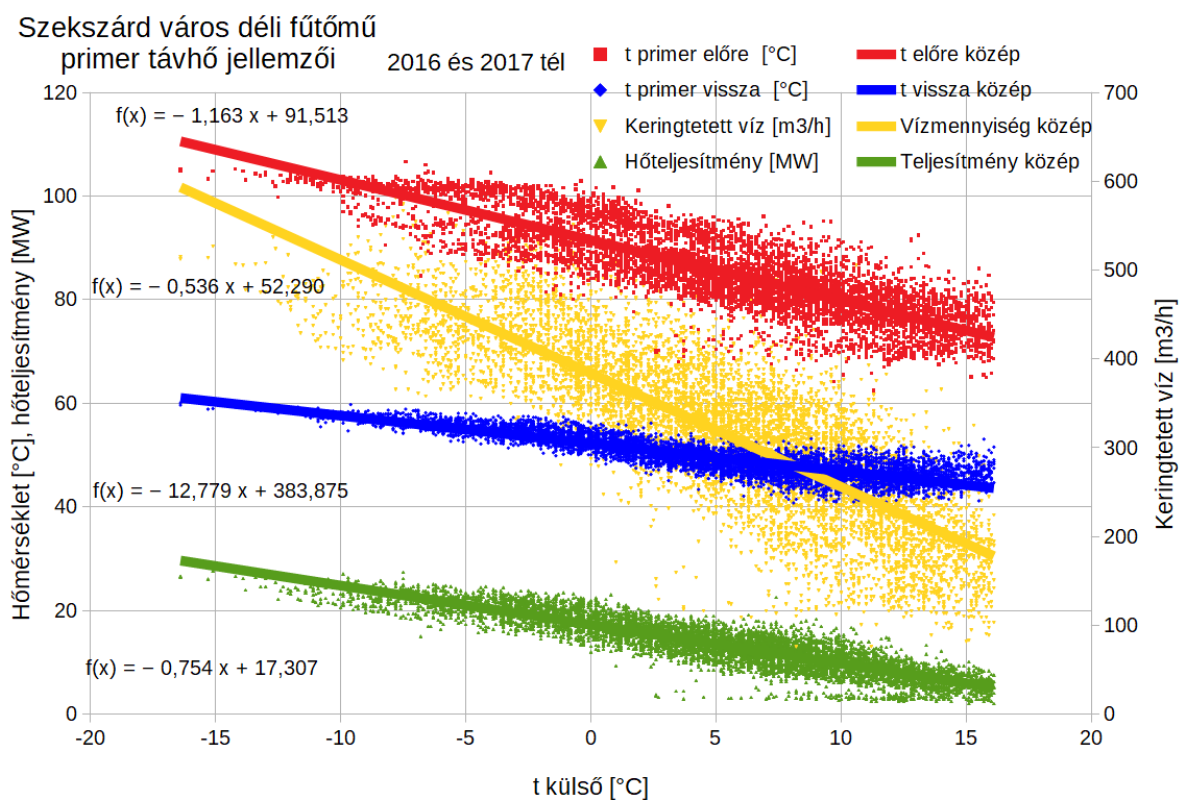
5. Ábra: Havi talajhőmérsékletek a mélység változásával

A hőveszteség számítás során a felszíni hőmérsékletnek az 5 cm mélységben található hőmérsékletet vettem alapul, a hőveszteség számítás során ezt tekintem a talaj felszíni hőmérsékletének.

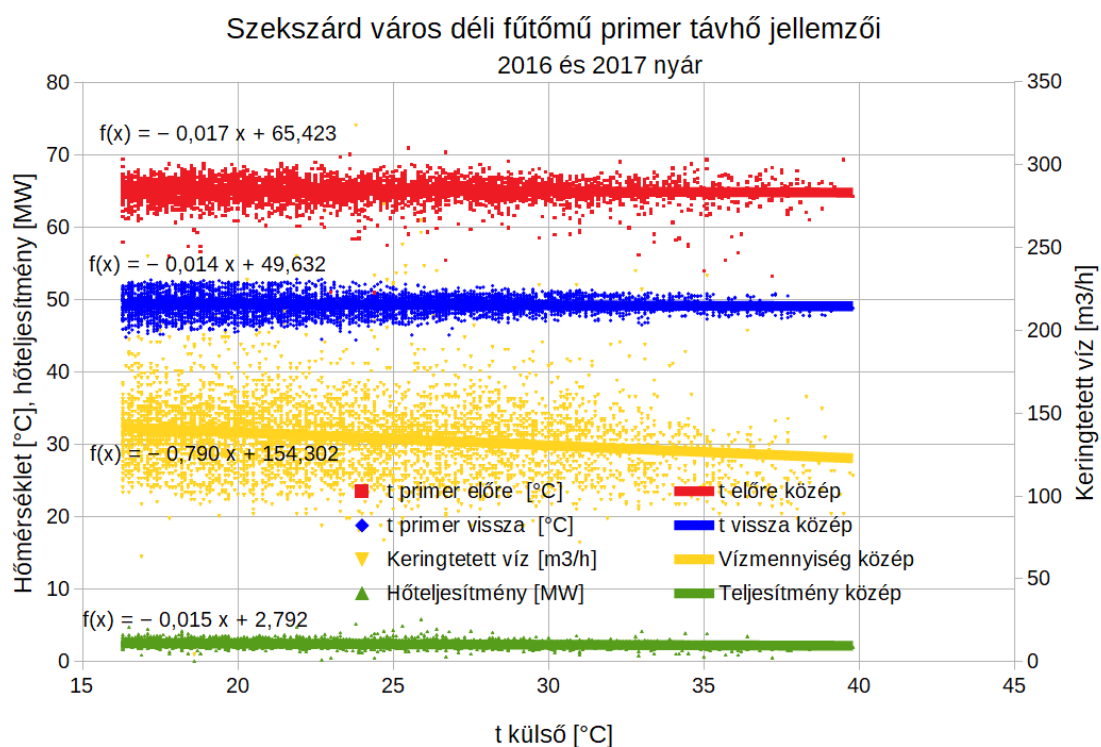
A hónapok átlaghőmérsékleteit kisimítva, és átrendezve megkapjuk az időtartam diagramot az alábbiak szerint.



6. Ábra: Talaj felszínének a hőmérséklete éves szinten



7. Ábra: Szekszárd város Déli fűtő erőmű primer távhő jellemzői 2016-2017 tél



8. Ábra: Szekszárd város Déli fűtő erőmű távhő jellemzői 2016-2017 nyár

A diagramokon a primer előremenő és visszatérő hőmérsékletek, hőteljesítmény, és keringtetett víz mennyisége látható. A „trend” vonalak egyenesek. A külső hőmérséklet „váltó” értéke 16,2 °C, az ettől melegebb, illetve hidegebb időszakokat nem számítottam bele a nyári, illetve a téli közelítő egyenletbe.

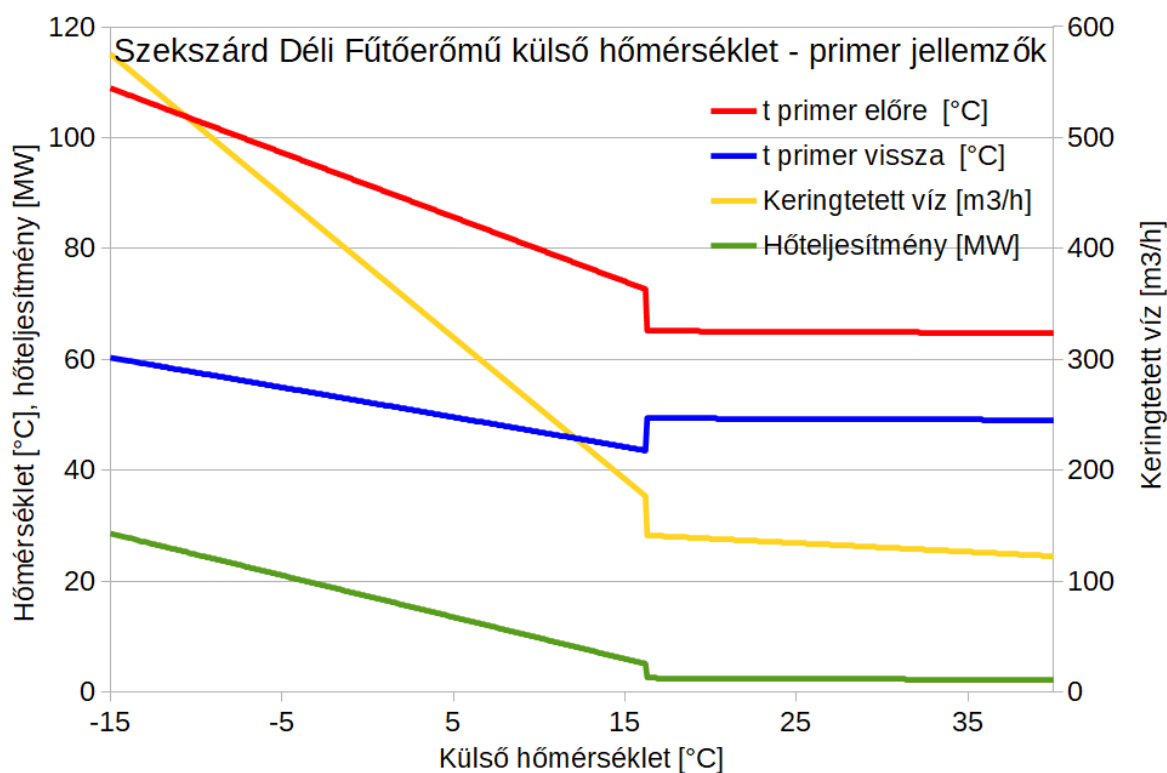
6.2.6.

Szekszárd Déli Fűtőerőmű primer víz jellemző értékei

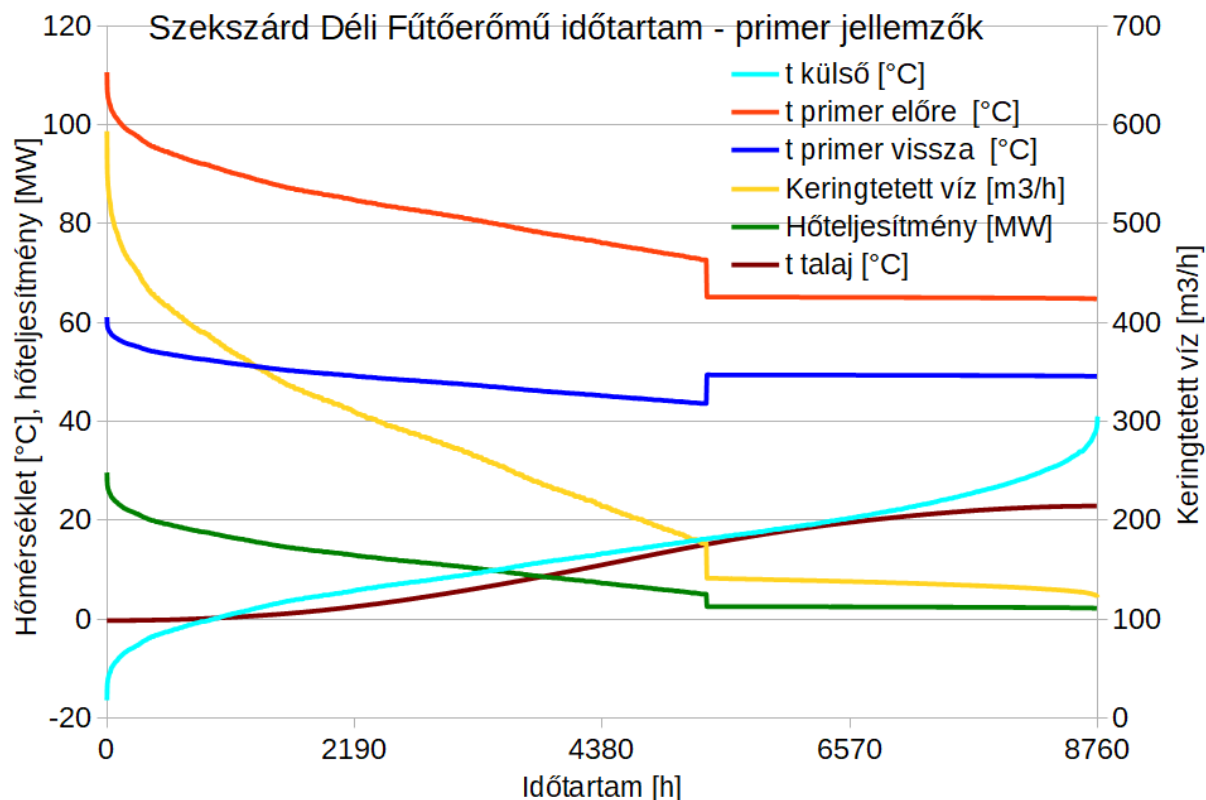
6.3.

MÉRETEZÉSI TELJESÍTMÉNY

A 2017-es csúcs teljesítmény 29,4 MW_{th}, de várhatóan a közeljövőben új épületek kerülnek bekötésre, várhatóan költségvetési szervből gazdálkodó intézmények. Amennyiben 1000 Ft/GJ lesz a hőár, akkor még több fogyasztó is csatlakozhat a távhő rendszerhez. Korábbi tanulmányok 40 MW_{th} csúcshőigénnyel számolnak, így én is ezt az értéket használom a továbbiakban (a meglévő éves lefutási jelleggel).



9. Ábra: Szekszárd Déli Fűtőerőmű külső hőmérséklet - primer jellemzők



10. Ábra: Szekszárd Déli Fűtőerőmű időtartam - primer jellemzők

6.4. HŐKÖZPONTOK JELLEMZŐI

6.4.1. Fogasztók

A lakossági fogyasztóknak fűtési és használati meleg víz igényük van, léteznek technológiai igények is csekély mértékben, például uszodavíz melegítés. Itt is a fűtéshez hasonló az igény, azaz csökken a külső hőmérséklet emelkedésével.

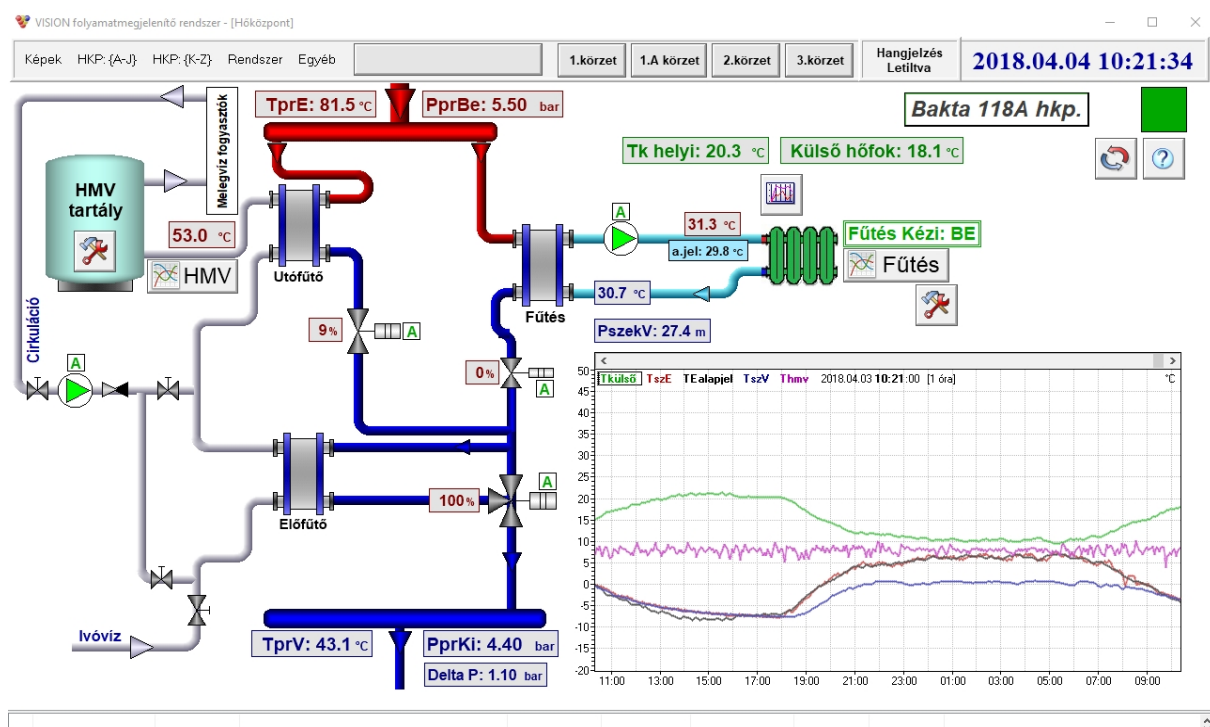
6.4.1.1 Fűtés

A radiátorok típusa a kornak megfelelően alumínium, és acéllemez tagos radiátor lehet. Az alumínium radiátorok egycsöves átkötő szakaszos jellegűek (minden átfolyós kötés át lett alakítva a városban), az acéllemez radiátorok kétsövesek. Termosztatikus szelepekkel történő ellátottság közel 100%-os. Az épületek hőszigetelése szinte teljesen megtörtént (a lábazatokat kivéve), a nyílászárók cseréje részleges.

6.4.1.2 Használati meleg víz

A mai Magyarországi más városokkal jellemzőivel megegyezően alakul. A fogyasztás csökken az árak emelkedésével. Nagy kiterjedésű rendszerek vannak (tömb hőközpontok), ahol a kifolyási hőmérséklet szinten tartása érdekében a szolgáltatói hőközpontban magasabb (akár 50°C feletti) hőmérsékletet kell tartani.

Száma: 58 db. A jellegzetes kapcsolást az alábbi ábra tartalmazza:



11. Ábra: Tipikus kapcsolási vázlat

Hidraulikailag direkt (hőcserélővel leválasztva), alapvetően változó térfogatáramú vegyes kapcsolású. A hőközpontok fűtési primer oldala tisztán fojtásos. A HMV vegyes kapcsolású - megkerülőágas, illetve fojtásos, két hőcserélős elő-, és utófűtővel. HMV tárolóval, és egy szivattyúval (tárolótöltő + keringés egyben).

7. Erőmű

A fejezet elkészítéséhez használt források [7]

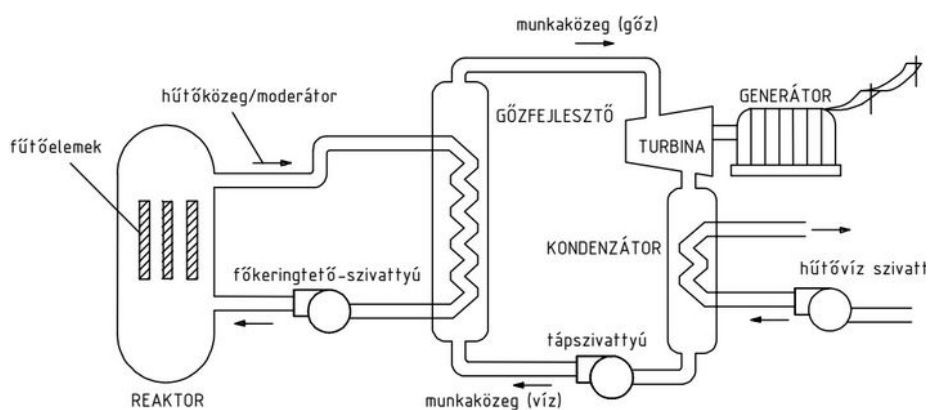
Erőművi fűtési hőcserélők. A távhő-szállítás tervezett jellemzői: vezetékek átmérője, szivattyú, kapcsolódás a székszárdi távhőrendszerhez. A szállítás domborzati viszonyai, nyomásviszonyai, a nyomástartó berendezése, a vízhőmérsékletek. A hálózat várható hővesztesége.

Jelen feladatban a Paks városához kapcsolódó erőművi jellemzőket írom le, mivel az elképzelések szerint ez a vezeték már PAKS II előtt megépülne, és mert a kapcsolódás a meglévő rendszerhez hasonlóan fog megtörténni, azt kiegészítve.

7.1.1.

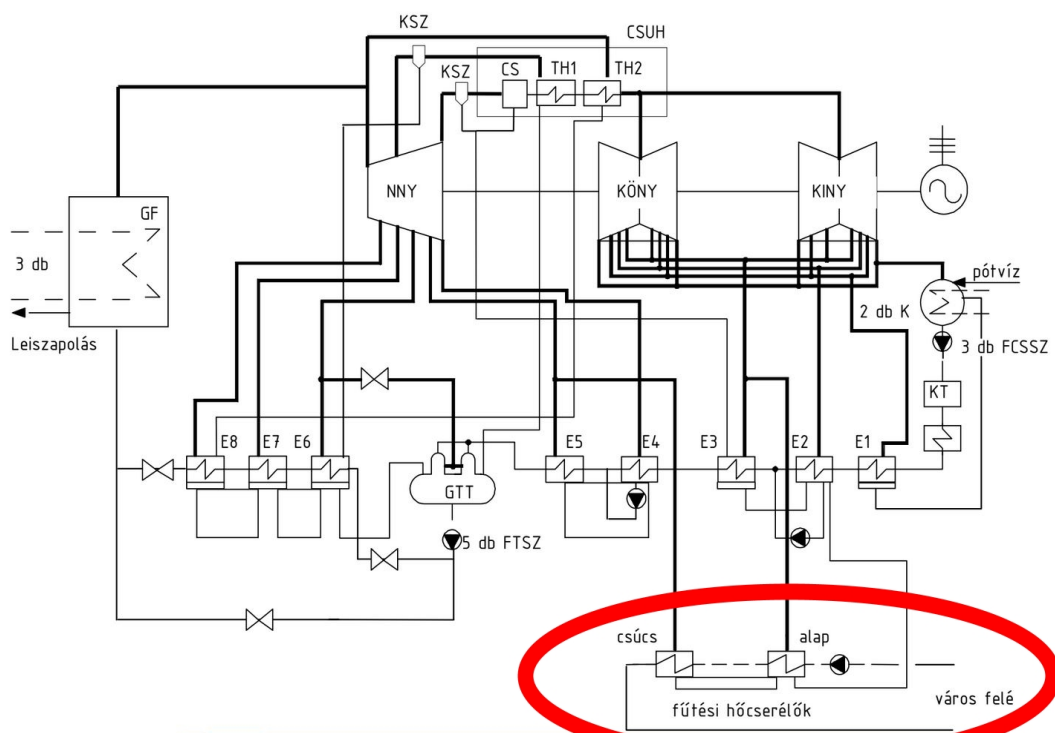
Erőművi primer kör

A Paksi atomerőmű a PWR típusú (más néven nyomottvizes) reaktorok családjába tartozik. Az ilyen típusú erőművekben a körfolyamati (turbina és kapcsolódó) berendezések nincsenek kitéve sugárveszélynek, ami nagyban egyszerűsíti az erőmű üzemét.



12. Ábra: PWR atomerőmű elvi kapcsolási vázlata

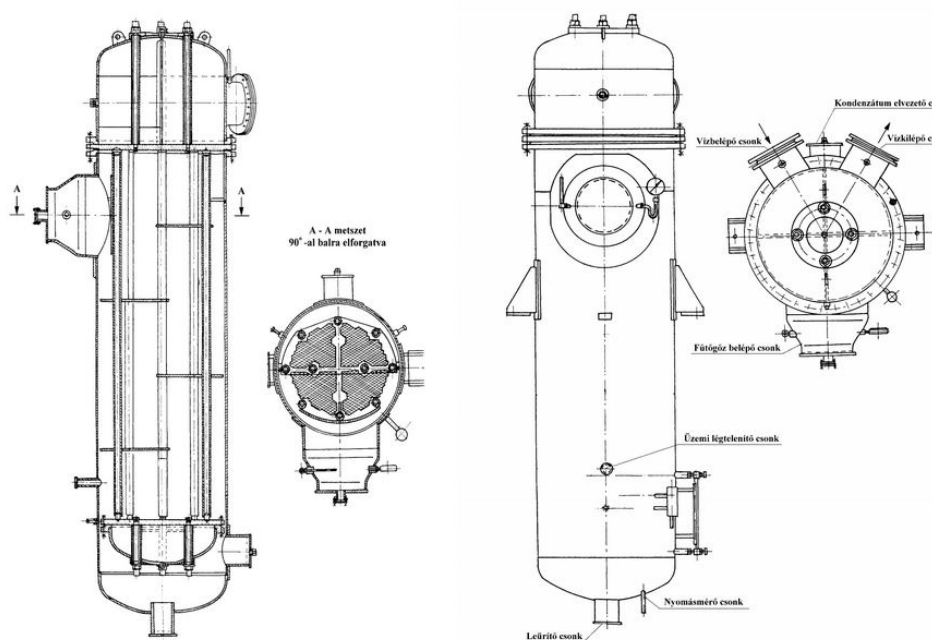
Az Erőműben 4db reaktor van. Minden reaktorhoz 6 db gőzfejlesztő tartozik, ezek együttes hőteljesítménye $1485 \text{ MW}_{\text{th}}$. Gőz paraméterek: $p = 43,15 \text{ bar}$, $h = 2789,6 \text{ kJ/kg}$, $X = 0,995$, $m = 1465,06 \text{ t/h}$



13. Ábra: A VVER-440 atomerőmű gőzkörfolyamatának egyszerűsített hőkapcsolása

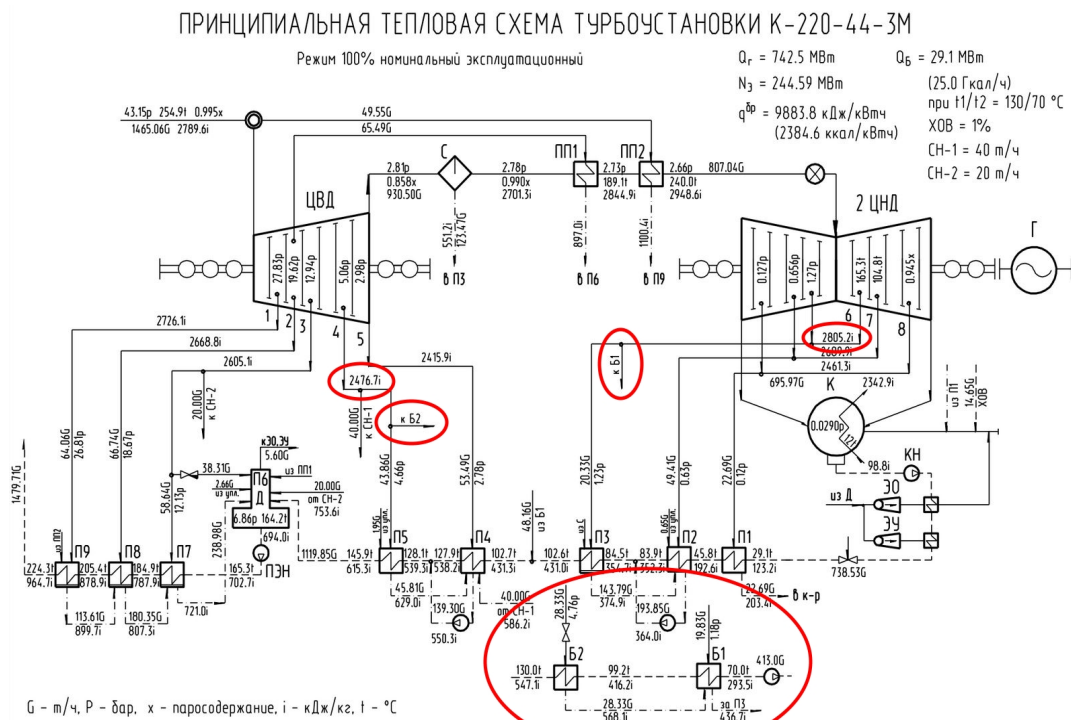
Minden reaktorhoz 2 db turbinasor tartozik, a fenti ábra egynek a hősémáját mutatja. Az Erőműben tehát összesen 8 db ilyen egység található.

Az ábra jobb alsó sarkában látható az a két hőcserélő, amely a távhő termelésben szerepet játszik.

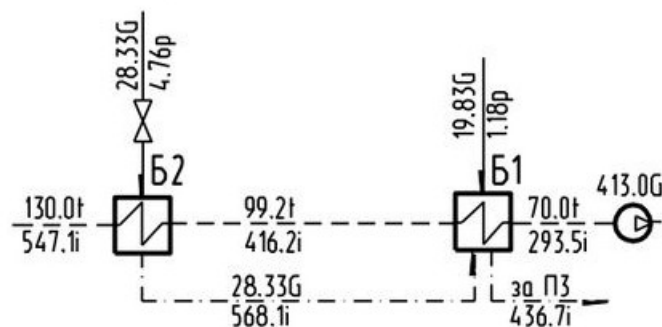


14. Ábra: Alaphőcserélő metszet-, és csomk elrendezés rajza

A csúcs hőcserélő is hasonló kialakítású, de méretében kisebb. A hőcserélők teljesítményének kiszámításához az alábbi kapcsolási rajzból indultam ki.



15. Ábra: Erőművi kalorikus kapcsolási vázlat



16. Ábra: Erőművi távhő hőcserélők

A B1 jelű gőz paramétereit: $m = 19,83 \text{ t/h}$, $h = 2689,9 \text{ kJ/kg}$, $p = 1,18 \text{ bar}$

A B2 jelű gőz paramétereit: $m = 28,33 \text{ t/h}$, $h = 2476,7 \text{ kJ/kg}$, $p = 4,76 \text{ bar}$

A felmelegített víz tömegárama 413 t/h , hőfok lépcsője: $70/130 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

A $Q = c \times m \times dt$ összefüggéssel kiszámítva a teljesítményt $29,02 \text{ MW}_{\text{th}}$ adódik.

Gőz oldalról visszaellenőrizve a hőcserélők teljesítményeit a $Q = dh \times m$ összefüggéssel Q alaphőcserélő gőz = $13,05 \text{ MW}_{\text{th}}$ (a kaszkád vízelvezetés figyelembe vételével $14,08 \text{ MW}_{\text{th}}$)

Q csúcshőcserélő gőz = $15,01 \text{ MW}_{\text{th}}$

Ellenőrizve az ukrán turbina gyártó sémaképén látható adatokból számolt hőcserélő teljesítményeket $29,02 \text{ MW}_{\text{th}} \sim (13,05 + 15,01) \text{ MW}_{\text{th}} = 28,06 \text{ MW}_{\text{th}}$.

Az eltérés gőz és vízoldalon a számított hőcserélő teljesítményben az adott gőz, illetve vízparaméterekkel 1 MW_{th} ($\sim 3,5\%$), ami elfogadható érték.

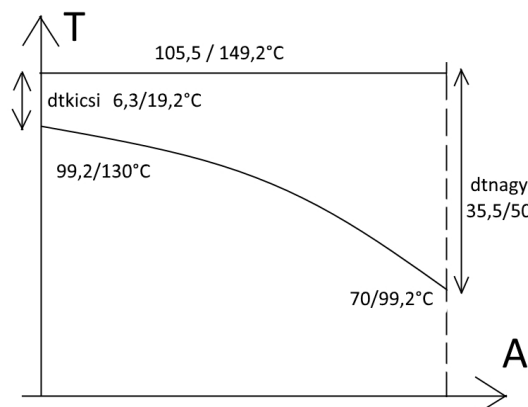
Mivel a két hőcserélő közegének paraméterei nem térnek el nagyság rendileg egymástól, és kialakításuk is közel megegyezik, ezért várható, hogy számított hőátviteli tényezőjük is közel azonos lesz.

Hőcserélők eredő hőátviteli tényezője:

Alaphőcserélő felülete: 200 m^2

Csúcs hőcserélő felülete: 125 m^2

A logaritmikus hőmérséklet különbségeket felrajzolva és kiszámítva:



17. Ábra: Alap és csúcs hőcserélők hőmérsékletei

Logaritmikus hőmérséklet különbség: $dt_{\ln} = (dt_{\text{nagy}} - dt_{\text{kicsi}}) / \ln(dt_{\text{nagy}} / dt_{\text{kicsi}})$
Ebből adódik: $dt_{\ln} \text{ alaphőcs} = 16,89 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ dK}$, $dt_{\ln} \text{ csúcshőcs} = 32,18 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ dK}$

Behelyettesítve:

$\alpha_{\text{alap}} = Q / (A \times dt) = 13\,050 \text{ kW} / (200 / 16,89) = 3,86 \text{ kW} / \text{m}^2 \times \text{dK}$

$\alpha_{\text{csúcs}} = Q / (A \times dt) = 15\,010 \text{ kW} / (125 / 32,18) = 3,73 \text{ kW} / \text{m}^2 \times \text{dK}$

A két hőcserélő hőátviteli tényezője nem csak nagyság rendileg egyezik meg, hanem szinte teljesen azonos.

Megjegyezendő

- A szakirodalom a köpenyes-csőköteges típusú hőcserélőre $1,0\text{-}1,5 \text{ kW} / \text{m}^2 \times \text{dK}$ értéket ad meg, a $3,0\text{-}4,0$ érték már a lemezes hőcserélőkre jellemző
- A <http://www.engineeringpage.com/technology/thermal/transfer.html> oldal szerint $1,5\text{-}4,0$ lehet az értéke gőz/víz köpenycsöves hőcserélő esetén
- Az eredő hőcserélő hőátbocsátási tényezőt döntően a víz oldali hőátadás határozza meg, mivel a kondenzációs hőátadás egy nagyságrenddel is jobb lehet (akár $14 \text{ kW/m}^2 \text{ dK}$)

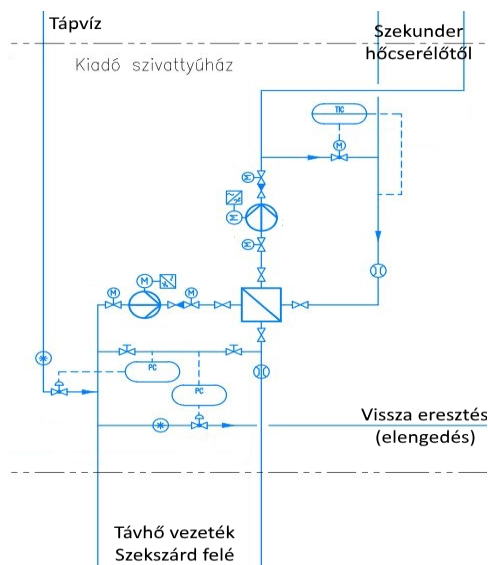
Ezeket figyelembe véve fenntartással kezelendők a fentebb számított teljesítmények, szükségesek az üzemelés során mért adatok.

A szekunder köri fűtési hőcserélőit nem szükséges változtatni, mert a 3×2 db hőcserélőPÁR (1 reaktor nem működik, minden reaktorhoz 2 turbina van kötve, minden turbinához 1-1 db alap és csúcspontú fűtési hőcserélő) maximális teljesítménye együtt nagyobb mint az összes tervezett hőigény $6 \times 28,05 = 168,3 > (40+20,44) \text{ MW}_{\text{th}}$.

7.1.3.

Tercier kör

A jelenleg meglévő állapot szerint Paks város távhővezeték a tercier körhöz tartozik. De a szekszárdi távhő vezeték üzembiztonsági okokból célszerűnek tűnik hőcserélővel leválasztani, hogy ne közvetlenül a turbináról levett gőz fűtse a távhővezeték. Egy esetleges távhővezetési hiba vissza hathatna a turbinákra, ami érintheti a reaktor működését is. Ugyanezen gondolatmenet mentén, de a másik oldalról megközelítve, a nagy hosszúságú távhővezeték bekövetkezett nyomás-, vagy hőmérséklet ingadozások kihatással lehetnek a városi már meglévő távfűtési vezetékekre, ami elkerülendő - figyelembe véve a vezetékek életkorát. Ezért a jelenlegi távfűtő központokat (fűtőművek) előnyös leválasztani a Paks-Szekszárd távhővezetékéről.



18. Ábra: Az Erőmű és a távhővezeték leválasztása

8. TÁVHŐ VEZETÉK

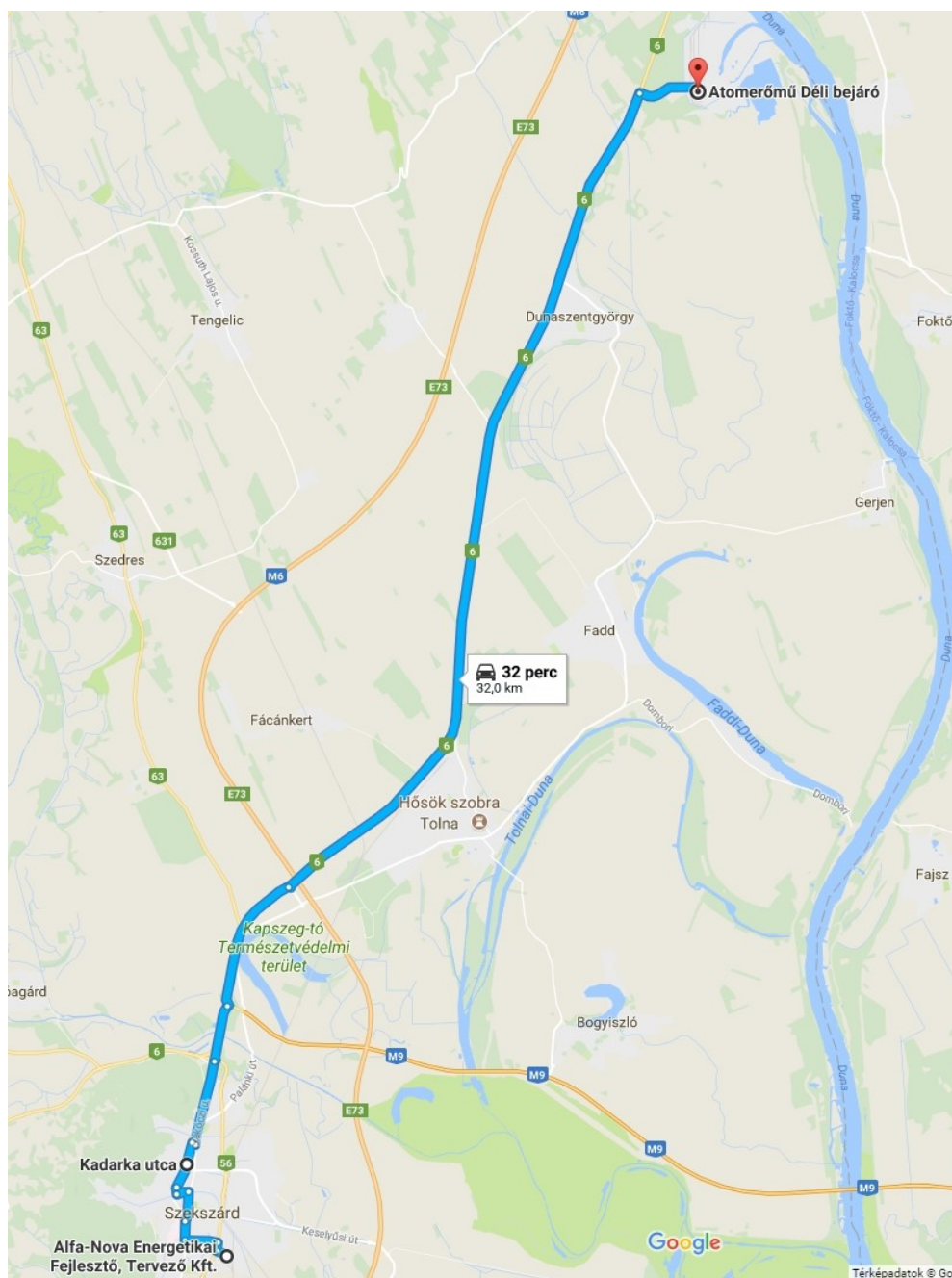
A fejezet elkészítéséhez használt források [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]

A végleges nyomvonal kialakítása nem tartozik az energetikai munkarészhez, sokkal inkább mélyépítő, geodéziai és jogi szakemberek feladat. Ezért jelen esetben körülbelüli nyomvonalat veszek fel, és feltételezem, hogy a 10%-on belül marad a végleges nyomvonal hosszának eltérése.

A felhasznált térkép: Google Maps, autóval tervezett nyomvonal, ami a 6-os (nem M6) út nyomvonalát követi. Ez a telephelyek közt közel egyenes nyomvonalon halad.

<https://www.google.hu/maps/dir/Alfa-Nova+Energetikai+Fejleszt%C5%91,+Tervez%C5%91+Kft.,+7100+Szeksz%C3%A1rd,+S%C3%A1rv%C3%ADz+%C3%BAt,+7100/Kadarka+u.,+Szeksz%C3%A1rd,+7100/46.5728809,18.8505155/@46.4616479,18.7767973,12z/data=!4m15!4m14!1m5!1m1!1s0x4742ee65c594cfa7:0x9ad18ee77eac19ab!2m2!1d18.7132265!2d46.3388531!1m5!1m1!1s0x4742ede17be7c3bb:0x5e540dc39dbb8388!2m2!1d18.7014912!2d46.3571721!1m0!3e0>

A magassági pontokat egy online oldal (<https://mapstogpx.com/>) segítségével konvertáltam gpx formába, onnan pedig xls-be egy másik oldal segítségével (<https://mygeodata.cloud/converter/gpx-to-xlsx>). A táblázatos formából a megfelelő adatokat könnyen ki lehet nyerni.



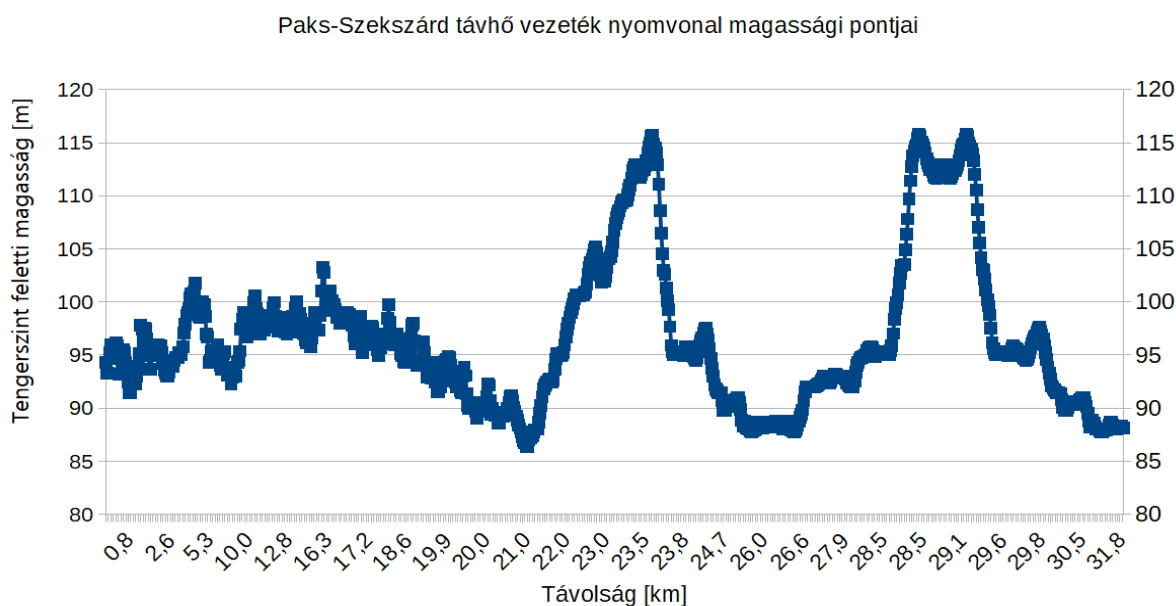
19. Ábra: Nyomvonal vázlat

A magassági pontok feltételezhetően a <https://earthdata.nasa.gov/> oldalról származnak - szinte minden adat/program forrása ez. Az adatokat a NASA tette közzé a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) keretén belül. A kontinensek közel teljes felületét tartalmazza az adatbázis, a felbontása körülbelül 30x30 méter, pontossága változó, 1 m-en belül vannak, azonban a tereptárgyak (pl fák, épületek) ezt befolyásolhatják. Jelen esetben a felbontás és a magassági pontosság is elfogadható határon belül van.

A távolság : 32km. Mivel a föld görbülete ekkora távon elhanyagolható, ezért a Haversine formula alkalmazása nem volt indokolt, de az egyes nyomvonal pontok

távolságának meghatározásakor ennek alkalmazásával lényegesen egyszerűsödött a számítás.

A diagram itt látható:



20. Ábra: Paks-Szekszárd távhő vezeték nyomvonal magassági pontjai

A tengerszint feletti magasság 86,4 és 115,8 méter közt változik a nyomvonal föld felszínén.

8.2.

CSŐVEZETÉK JELLEG KIVÁLASZTÁSA

A vezeték kialakítása lehet földfelszín alatti és feletti. Elsődlegesen felszín alatti kialakításban gondolkodom, a kisebb hőveszteség miatt, de a felszín feletti bakon vezetett csővezeték rendszernek is megvannak az előnyei.

A kereskedelemben előforduló felszín alatti csővezeték rendszerek közül manapság a közvetlenül földbe fektethető, műanyag köpenycsővel ellátott acél haszoncsőves típus az elterjedt (pl. ISOLPUS, ISOLIR, LOGSTOR, PURECON, stb. gyártmányú).

Védőcső: általában PE80 kemény polietilén műanyag köpenycső, ami víz-záróságot, és megfelelő mechanikai védelmet is biztosít.

Hőszigetelés: poliuretán hab. A benne lévő cyclopentánl késlelteti a hőszigetelő anyag öregedési folyamatát azzal, hogy lassítja a CO_2 távozását a cellákból. A hőszigetelés típusa miatt a maximálisan megengedett üzemi hőmérséklet: $130\text{ }^\circ\text{C}$, ennél magasabb üzemi hőmérséklet is megengedhető, de ekkor nagymértékben öregedik a hőszigetelés. Hővezetése a szálal hőszigetelő termékeknél is jobb, $\lambda = 0,027\text{ (W/mK)}$.

Haszoncső: acélcső többféle minősítéssel rendelkezik. Általában a merev csővezeték hegesztett, kör keresztmetszetű, ötvöztelen és teljes egészében csillapított acélcső,

jelölések és műszaki paraméterek EN 253, DIN EN 10217-1 és -2 szerint. Létezhet varrat nélküli acélcsővel is (EN 253 és DIN EN 10216-2 szerint paraméterekkel)

Maximálisan megengedett üzemi nyomás: 25 bar.

Maximálisan megengedett axiális feszültség: 190 N/mm²

Érdesség: 0,02mm

8.3.

MEGENGEDETT NYOMÁSESÉS A CSŐVEZETÉKEN

A Paks-Szekszárd közti távvezeték zárt rendszer lenne, melynek az induló oldala a Paksi Erőmű szivattyúházában van, érkezési oldala a Szekszárdi fűtő mű(vek)ben. A rendszer két hőcserélő fogja közre, minden eleme új, (még) szabadon választható. A tervezett csővezeték maximális üzemi nyomása 25 bar.

A rendszeren elhasználható nyomás kiszámítása

Elsődlegesen nem gondolkodom szóba serkentő szivattyú kialakításán, a keringtető szivattyú az Erőmű területén lenne. Ennek az egyik nagy előnye, hogy a szivattyú által elhasznált elektromos energia az erőműi telephely belső energiafogyasztását terheli.

- A csővezetékben keletkező nyomás sehol sem lehet nagyobb a maximális üzemi nyomásnál.
- A szivattyú megfelelő szívó oldali nyomását biztosítani kell.
- A domborzati viszonyokat is figyelembe kell venni, minimum és maximum nyomásra egyaránt.

Csővezeték maximálisan megengedett üzemi nyomás: 25 bar.

Szivattyú szívó oldali nyomása (NPSH)

A hozzáfolyási nyomást az alábbi képlet segítségével lehet kiszámolni.

$$H_{gs} = \frac{10^5 * (p_1 - p_2)}{\rho * g} - NPSH \quad (1)$$

H_{gs} = megengedhető szívó mélység (ha negatív, akkor a szivattyú csonkjánál a szükséges nyomás pozitív előjelű)

p₁ = 1 bar (légköri nyomást vesszük 0 pontnak, mert a megengedett maximális csőnyomás a légköri nyomásértékre van vonatkoztatva)

p_D = telített vízgőz nyomása az adott hőmérsékleten.

NPSH = szivattyú kavitációmentes üzeméhez szükséges nyomás [m]

Feltételezzük, hogy a szivattyúnál előfordulhat a rendszerben lévő maximális méretezési hőmérséklet, ezért nem a visszatérő hőmérséklettel számolunk, hanem az

előremenő hőmérséklettel = 115°C. A telített vízgőz nyomása ekkor 1,69 bar, a sűrűség = 947,25 kg/m³

A szivattyú NPSH értékére elsődleges 10 métert veszünk.

$$H_{gs} = 10^5 (1 - 1,69) / (947,25 \cdot 9,81) - 10 = -17,42 \text{ [m]}$$

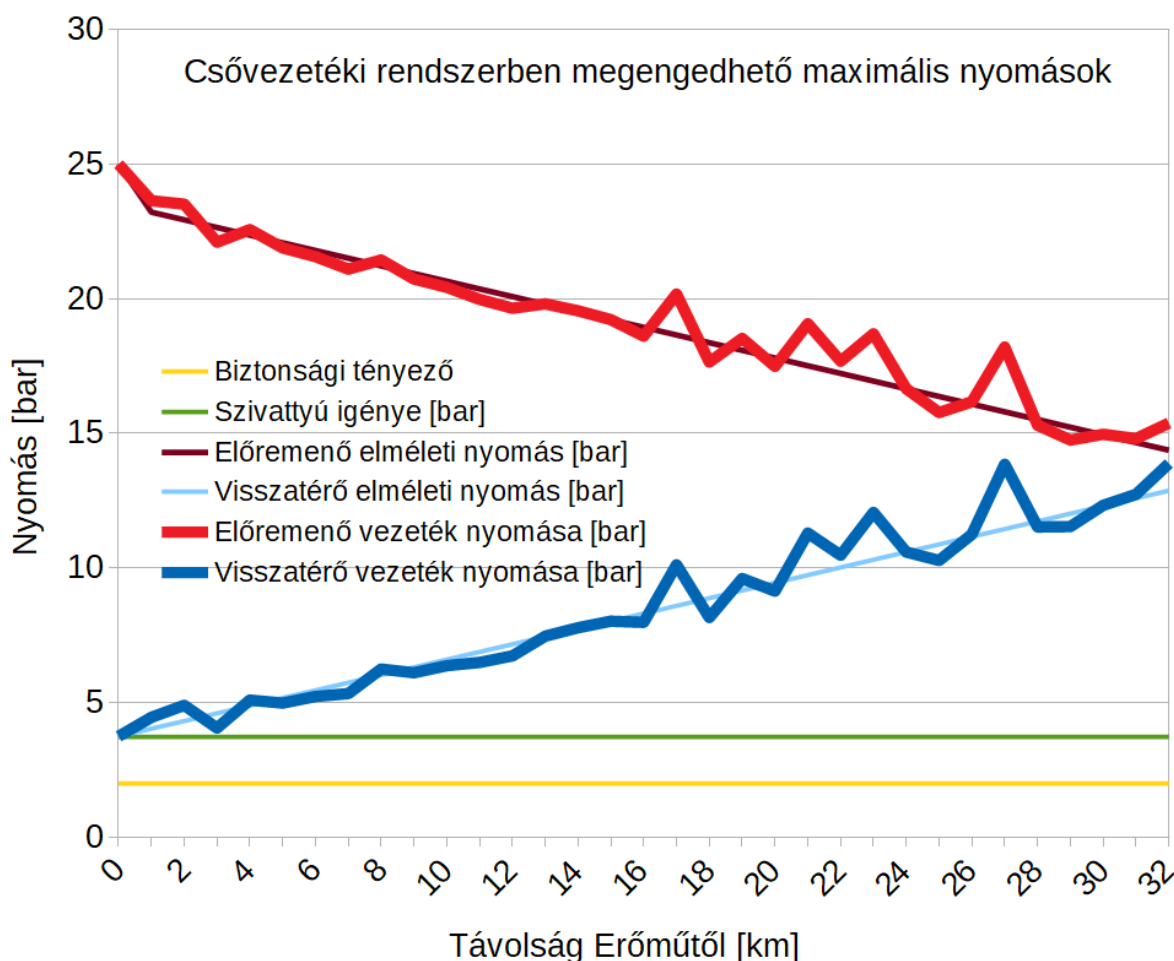
Azaz a szivattyúnál 1,742 bar (túl)nyomást kell biztosítani.

Biztonsági tényezőként 2 bar nyomást veszek fel.

A kiadó és a fogadó állomásnak is van ellenállása, ez tartalmazza a hőcserélők, és szerelvények ellenállást is. Felvett érték = 2 x 1,5 bar.

Csővezetéken elhasználható nyomás = csőrendszer max nyomása - szivattyú igénye - biztonsági tényező - fogadó állomások igénye = 25 - 1,742 - 2 - 2x1,5 = 18,258 bar.

A domborzati viszonyokat is figyelembe véve az alábbi ábra szerint várható a nyomás



21. Ábra: Csővezetési rendszerben megengedhető maximális nyomások

Ha a domborzat változókéonyabb lenne, akkor meg kellene vizsgálni, hogy a kialakuló nyomások nem metszik-e felülről a maximum nyomást (25 bart), alulról a biztonságos üzemeléshez szükséges nyomás határvonalát. Ha ez megtörténne, akkor az olló jellegű görbéket "össze kellene nyomni", ami a csővezetéken megengedhető fajlagos nyomásesés csökkenését jelenti.

A nyomvonal hossza nem egyezik meg a csővezeték tényleges hosszával, mert lesznek természetes vagy mesterséges akadályok a nyomvonal mentén, magassági különbségek, valamint alaki kompenzátorok.

8.4.1.

Alaki kompenzátor számítása

Diagram forrása: ISOPLUS távfűtőrendszer gyártmánykatalógus – egyszerűsített számítás táblázatok segítségével.

Az egyenes nyomvonalhoz célszerű U alakú kompenzátort használni. A leghosszabb egyenes szakasz meghatározásához a katalógus P 2.2 oldalán szereplő táblázat adhat útmutatást. Ehhez szükséges még a fektetési mélység becslése is, jelen esetben ezt 1m-re veszem. Minél kisebb a cső, és kisebb a takarási mélység, annál rövidebb egyenes fektetési hosszt képes elviselni.

NA450 cső, 1m takarás => maximális egyenes csőhossz:142 méter

A hosszirányú tágulás 130°C üzemi hőmérséklet esetén $dL = 1,1 \times L/2$ [mm] – közelítő számítás.

$$DL = 1,1 \times 142 / 2 = 78,65 \text{ mm}$$

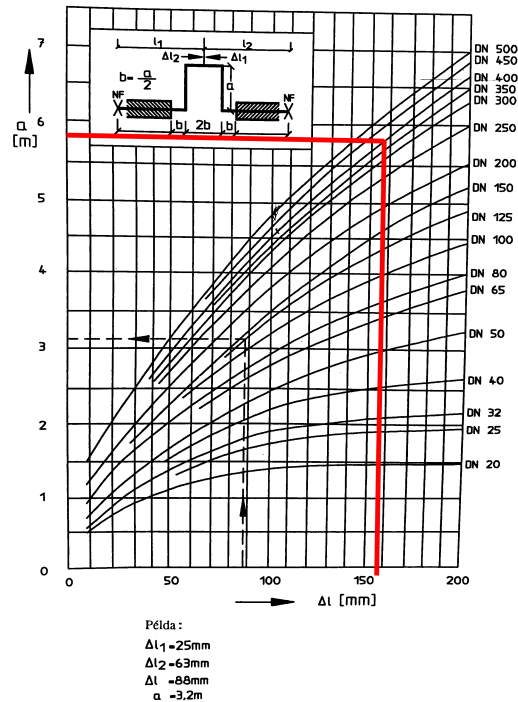
Az U kompenzátor kinyúlása az átmérő függvényében kiszámítható a P 3.4 diagram segítségével.

A megnyúlási hosszt kétszer kell venni, mert az U kompenzátor mindkét irányból vesz fel tágulást.

A = 5,8 méterre adódik a szár hosszúsága.

Előre nem látható akadályok, keresztezések miatti biztonsági szorzó az U alakú kompenzátorok drabszámára: 10%

$L_{nyújtott} = L_{nyomvonal} \times \text{biztonsági szorzó} + L_{nyomvonal} / L_{egyeses max} \times U$
kompenzátor szára $\times 2 = 32000 \times 1,1 + 32000 / 142 \times 5,8 \times 2 = 37\,814$ méter. Alaki ellenállások nagy részét az U kompenzátorok 90°-os ívei adják. Az esetleges iránytöréseket úgy kell kialakítani, hogy lehetőleg egyben alaki kompenzátorok legyenek.



22. Ábra: Műanyag köpenycsöves acél vezeték
U-kompenzátor számítása

U kompenzátorok darabszáma : L nyomvonal / L egyenes max = $32000 / 142 = 226$.
 Biztonsági tényező itt is 10%. U kompenzátoronként 8 db 90°-os ív van → Ívszám = $142 \times 8 \times 1,1 = 1250$ db.

8.5. CSŐVEZETÉK MINIMÁLIS ÁTMÉRŐJE

Az előzőekben meghatároztuk az igényeket és a csővezeték paramétereit, ezek ismeretében meghatározhatjuk az áramlási sebességet.

Az áramló közeg víz, a hőmérséklete 65°C (– kedvezőtlen eset)

Az táblázatban a csőszűrlődési tényezőt a Blasius és a Colebrook-White összefüggéssel számoltam (átmeneti tartományban is a Colebrook-White):

Libre Office Calc makrója a következő kép néz ki:

Function ColebrookWhite_Re_d (Re, D, f, r)

dim x

' Re = Reynolds szám

' D = átmérő [m]

' f = kezdeti csőszűrlődési tényező - célszerű a várt értékhez közel megválasztani (0,01-0,05)

' r = cső érdesség [m]

' A függvény önmagát meghívó (rekurzív), 10E-06 -nál kisebb eltérés esetén adja vissza az értéket

if Re < 2320 then ' lamináris áramlás (2320 alatt)

$x = 64/Re$ 'Blasius formula

else 'turbulens áramlás (2320 felett), így az átmeneti tartományban is

$x = 1/((-2)*\log(r/(3.72*D)+2.51/(Re*f^{0.5})) / \log(10))^2$

if abs(f-x) > 10E-06 Then 'pontossági igény

$x = \text{ColebrookWhite_Re_d}(Re, D, x, r)$ ' ÖNMAGÁT MEGHÍVÓ FÜGGVÉNY

End if

End if

ColebrookWhite_Re_d = x

End function

A Libre Office Calc programba nincs előre telepítve a 10-es alapú logaritmus függvény, ezért egy osztással több szükséges (/log(10))

Az alábbi táblázat alapján a nyomáskeresőt figyelembe véve minimum NA450-es átmérőjű vezeték szükséges. A továbbiakban ezzel számolok, nem vizsgálom az ennél nagyobb átmérő csővezetéseket.

A csővezeték súrlódási és alaki ellenállása a következő képlettel számítandó:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} * v^2 \left(\frac{\lambda * l}{d} + \sum \xi \right) [Pa] \quad (2)$$

1825800 Pa	Elhasználható nyomás
980,6 kg/m ³	Sűrűség
0,5	Alaki ellenállás 1db ív
1250	Ívek száma
37814 m	Csőhossz
4,30E-007 m ² /s	Kinematikai viszkozitás
37 MW	Teljesítmény
4,186 kJ/kgdK	Fajhő
50 K	Hőmérséklet különbség

NA	Térfogatáram	Sebesség	dP	Maradék nyomás	Re
[mm]	[kg/s]	[-]	[Pa]	[kPa]	[-]
300	176,78	2,55	5471250	-9117	1779348
350	176,78	1,87	2748276	-3671	1525156
400	176,78	1,43	1517567	-1209	1334511
450	176,78	1,13	900597	25	1186232
500	176,78	0,92	565614	695	1067609
600	176,78	0,64	253830	1318	889674

8.6. CSŐVEZETÉK RENDSZER HŐVESZTESÉG SZÁMÍTÁSA ALAPOK

A földbe fektetett csővezeték elméleti hővesztesége

Az alábbi egyszerűsítéseket teszem csővezeték hőveszteségének számításakor:

- A cső végtelen hosszú palást alak, mely keresztmetszete koncentrikus körökből áll
- A cső alkotó elemei homogének
- A sűrűláda nyomásvesztéséből származó hő elhanyagolható
- Az áramló közeg (víz) összenyomhatatlan, jellemzői függetlenek a nyomástól (fajhő, sűrűség, viszkozitása, hővezetési ellenállás)
- Az áramlás időben állandó, turbulens
- A hőmérsékleti mező időben állandó
- A hővezetés az áramlás irányában elhanyagolható
- Hőszugárzás nincs

A csővezeték hőellenállása a következőkből tevődik össze:

1. Közeg + haszoncső belső fala közti hőátadási tényező
2. Csővezeteki rétegek hőellenállása
3. Talaj hővezetési ellenállása
4. Párhuzamosan vezetett két cső közti hőátadás (korrekciós tényező)

8.6.1.1 h_0 – belső haszoncső hőátadása

$$R_0 = \frac{2 D_{belső}}{Nu_0 \lambda} \quad (3)$$

$$D_{belső} = 2 \times r_0 \quad (4)$$

λ – csővezeték hővezetési együtthatója [W/mK]

$D_{belső}$ = csővezeték belső átmérője [m]

Nusselt-szám

$$Nu_0 = 0,015 \times Re^{0,83} \times Pr^{0,42} \quad (5)$$

Reynolds szám

$$Re = \frac{v \times \rho \times 2 R_0}{\mu} \quad (6)$$

v = a folyadék áramlási sebessége [m/s]

ρ = folyadék sűrűsége [kg/m³]

μ = folyadék viszkozitása [Pas]

Prandtl szám:

$$Pr = \frac{c \times \mu}{k} \quad (7)$$

c = folyadék állandó nyomáson vett fajhője [J/kgK]

μ = folyadék viszkozitása [Pas]

k = folyadék hővezetési együtthatója [W/mK]

8.6.1.2 Csővezetéki rétegek hőellenállása

$$R_{\lambda} = \frac{1}{2 \times \pi} \times \sum_{i=1}^n \frac{\ln\left(\frac{r_{i+1}}{r_i}\right)}{\lambda_i} \quad (8)$$

8.6.1.3 Talaj hővezetési ellenállása

$$R_t = \frac{1}{2 \times \pi \times \lambda_{talaj}} \times \ln \left[\frac{2h}{D_k} + \sqrt{\left(\frac{2h}{D_k}\right)^2 - 1} \right] \quad (9)$$

$$D_k = r_3 \times 2 \quad (10)$$

8.6.1.4 Párhuzamosan vezetett két cső közti hőátadás (korrekciós tényező)

A két cső egymásra hatását kifejező ellenállás:

$$R_{1,2} = \frac{1}{2 \times \pi \times \lambda_{talaj}} \times \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{b}\right)^2} \quad (11)$$

Előremenő cső hőleadása ha csak egyedül lenne:

$$q_1 = \frac{t_1 - t_t}{R_d + R_t} \quad (12)$$

Visszatérő cső hőleadása ha csak egyedül lenne:

$$q_2 = \frac{t_2 - t_t}{R_d + R_t} \quad (13)$$

Módosító tényező a két cső egymásra hatása miatt:

$$\varphi = \frac{\frac{1}{q_1} + \frac{R_{1,2}}{t_2 - t_t}}{\frac{1}{q_2} + \frac{R_{1,2}}{t_1 - t_t}} \quad (14)$$

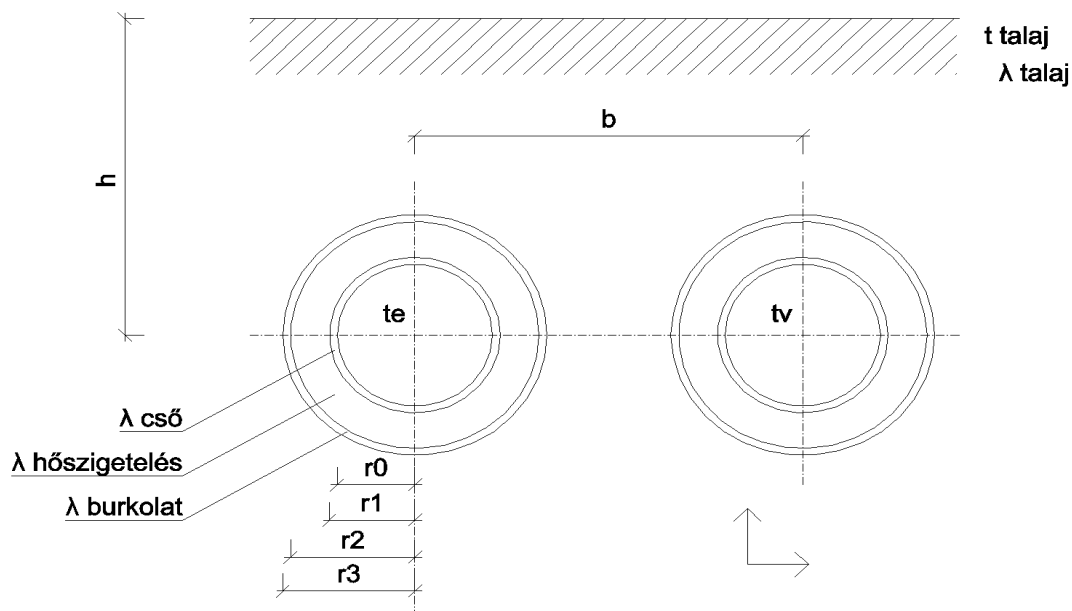
Előremenő vezeték hővesztesége:

$$q_e = \frac{q_1}{1 + \varphi \times q_1 \frac{R_{1,2}}{t_1 - t_t}} \quad (15)$$

Visszatérő vezeték hővesztesége:

$$q_v = \frac{q_2}{1 + \frac{q_2}{\varphi} \times \frac{R_{1,2}}{t_2 - t_t}} \quad (16)$$

Az 1. pontban taglalt hőátadási tényezőt (folyadék és haszoncső belső felülete közt) elhanyagoljuk.



23. Ábra: Csővezeték hőveszteség számításához jelölési rajz

8.7.

CSŐVEZETÉKI RENDSZER HŐ-, ÉS NYOMÁSVESZTESÉGÉNEK SZÁMÍTÁSA

A teljes csővezeték nyomvonal hosszát (38 km) felosztottam 1km-es egységekre, az előremenő és a visszatérő vezetéket egymással együtt vizsgáltam. Kiinduló pont Szekszárd volt, mivel azok hőmérséklet értékei adottak, Paksra csupán egy kikötés van: nem lehet az előremenő értéke magasabb, mint 130 °C.

A csővezeték hőveszteségének számításához az ábra szerinti adatok ismerete szükséges.

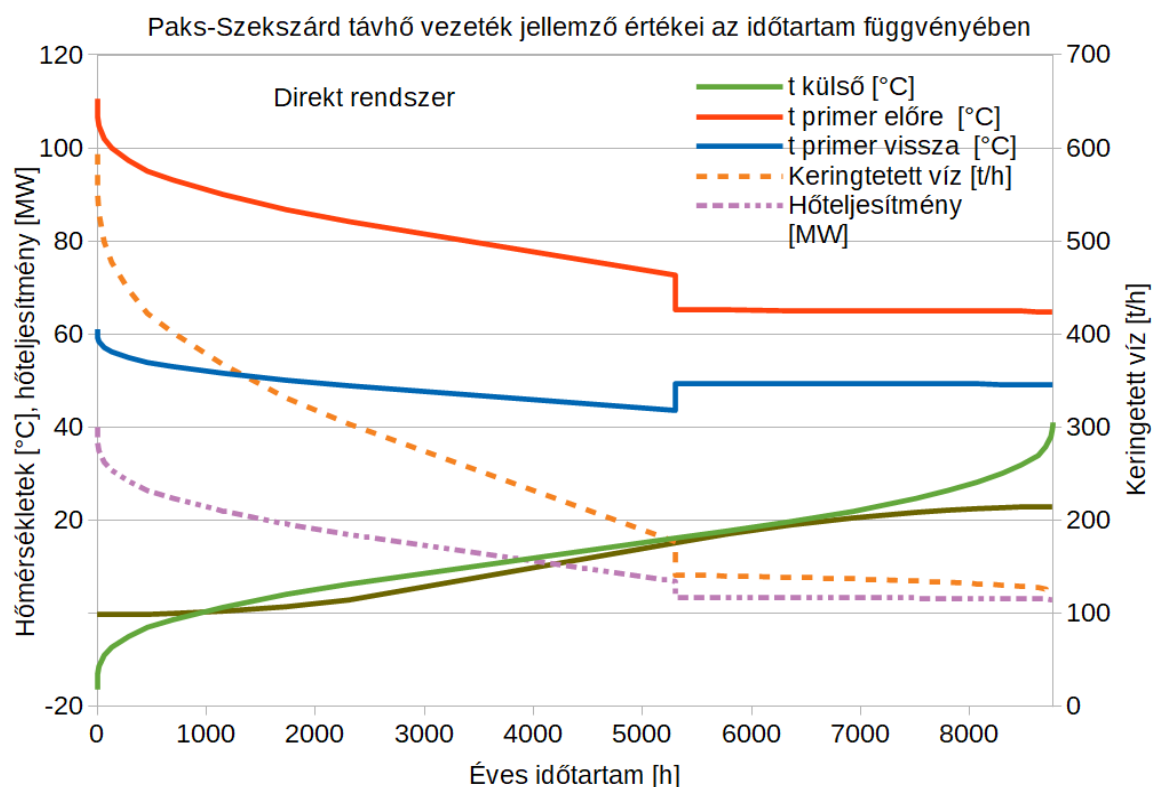
Az éves időtartamot 28 változó hosszúságú időtartam részre osztottam, így 28 komplett számítás adta meg az éves adatokat.

A számítási fő tábla nézetképe a **13. Távhő vezetékek hő-, és nyomásveszteségének számítása** című mellékletben található.

8.7.1.

1. variáció – nincs hőcserélő a Szekszárdi oldalon, hőmérséklet értékek elmúlt évek alapján számolva

A szekszárdi előremenő és visszatérő, valamint a hőmennyiség adott, a többi számolandó. Az eredményt grafikonban ábrázolva:



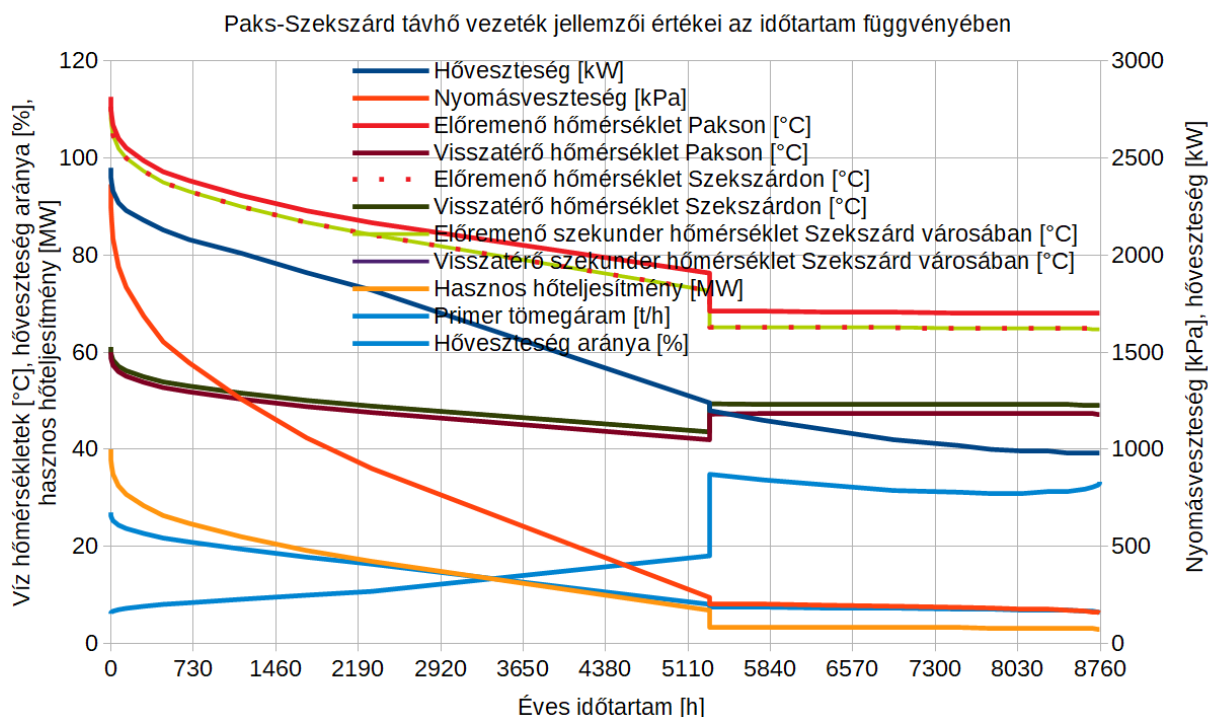
24. Ábra: Paks-Szekszárd távhő vezeték jellemző értékei az időtartam függvényében direkt rendszer

8.7.2. 2. variáció – hőcserélő a Szekszárdi oldalon is, hőmérséklet értékek a hőcserélő hőmérséklet esése alapján.

Ennek kiszámításához ismerni kell a Szekszárdi hőcserélők hőmérsékletesését, valamint a nyomásesést is meg kell határozni.

A hasznos hőteljesítmény ebben az esetben a Szekszárdi hőcserélőn átadott hőmennyiséget jelenti, és nem a hőközpontokban mért (kiszámlázott mennyiséget).

Az időtartammal megszorozva megkapjuk a vezetéken szállított hasznos hőmennyiséget, ami **97 025,36 [MWh_{th}/év]**



25. Ábra: Paks-Szekszárd távhő vezeték jellemző értékei az időtartam függvényében hőcserélős rendszer

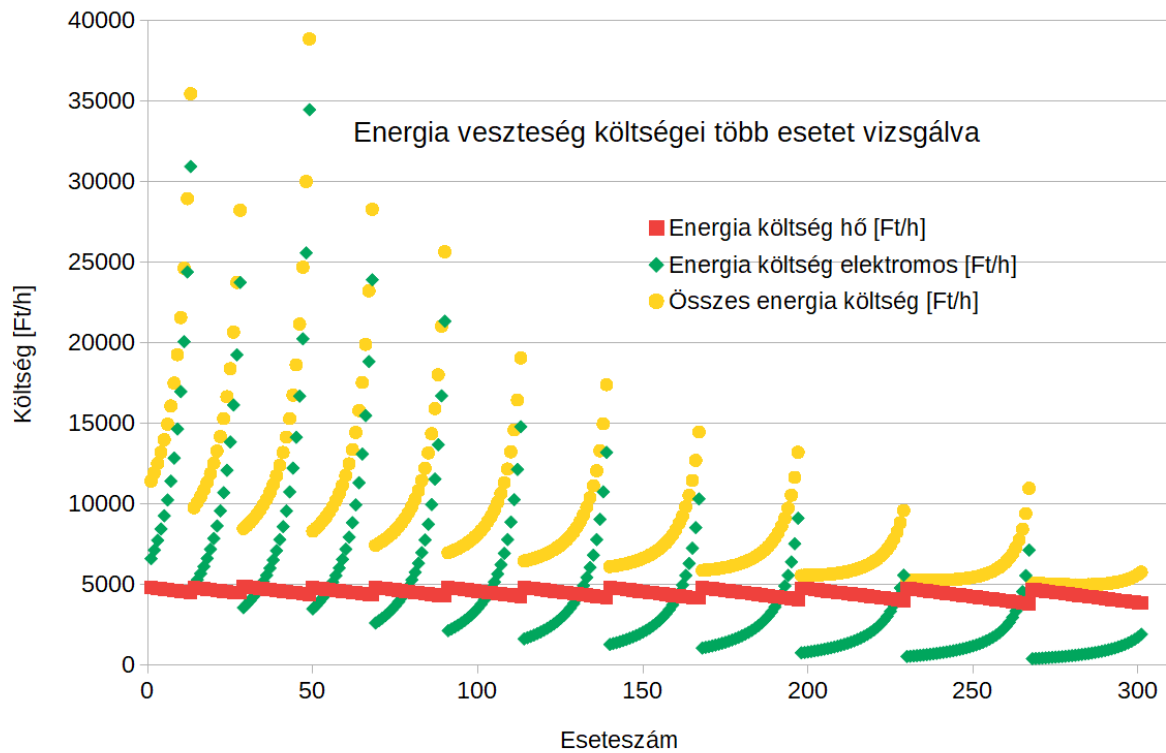
8.7.2.1 Szekszárdi hőcserélő kiválasztása

Mivel viszonylag nagy hőigény, ezért a hőcserélő is nagy lesz, ekkora méretű már kiskereskedelmi forgalomban nem kaphatóak, adatai nehezen férhetők hozzá, ezért a hőigényt a tizedére vettem. A nagyobb gyártók saját szoftvereket adnak ki, melyek segítik a méretezést, Magyarországon a Danfoss (Hexact) illetve a Swep (SSP) szoftverei ismertek – az én döntésem a Danfossra Hexact 5 nevű programra esett, mivel létezik egy Multi Kalk nevű menüpontja, amivel egy gombnyomással több paraméterrel lehet méretezést végezni. Az bemenő adatokat Excel táblában kell megadni, a kimenő adat pedig szintén egy Excel tábla lesz. Egy számítás eredménye a **14. Hőcserélő méretezés** mellékletben található.

8.7.3. Ideális keringtetési jellemzők megválasztása

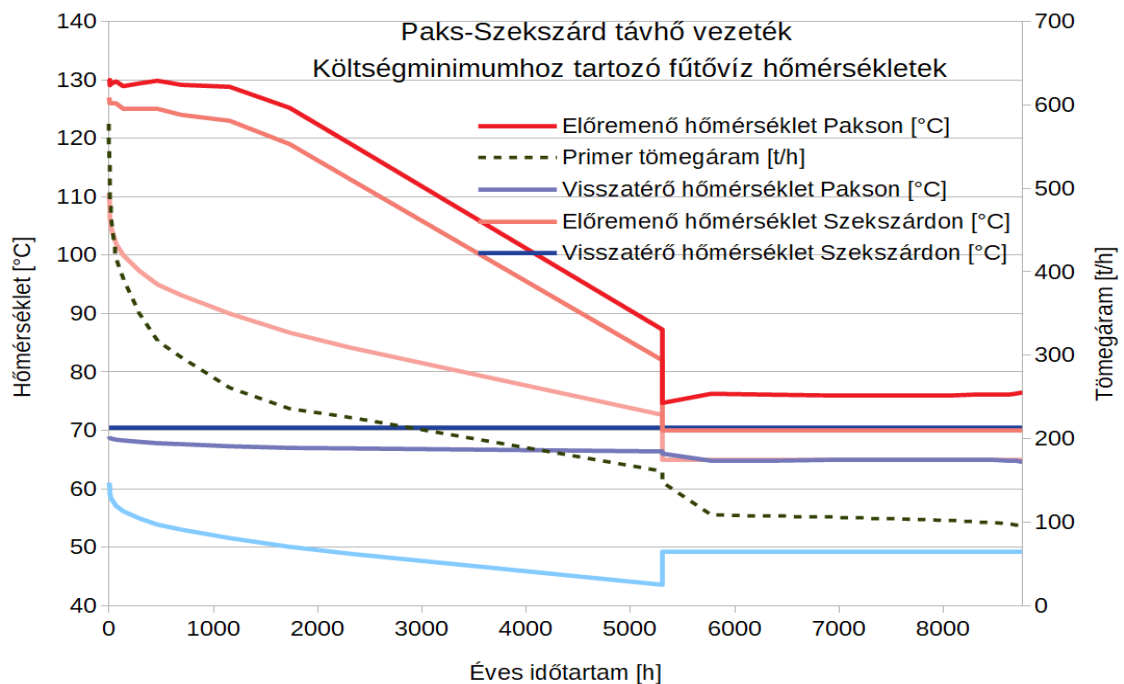
Adott esetben a hőcserélő szekunder oldalának hőmérsékletei és a hőteljesítmény adott – ez a fentebb említett 28 eset. Minden esetnél meg kell vizsgálni 127°C-ig (130 - ~3°C a hűlés mire Szekszárdra ér) primer előremenő hőmérsékletet és kiszámítani a hővesztességet, illetve a keringtetési munkát, majd annak költségarányában meghatározni a minimumot. (Tudjuk, hogy 1 egység hőenergiából 15,5% egység elektromos energia lesz.)

Az így kialakult 1226 db számítás első részét az alábbi diagram tartalmazza :



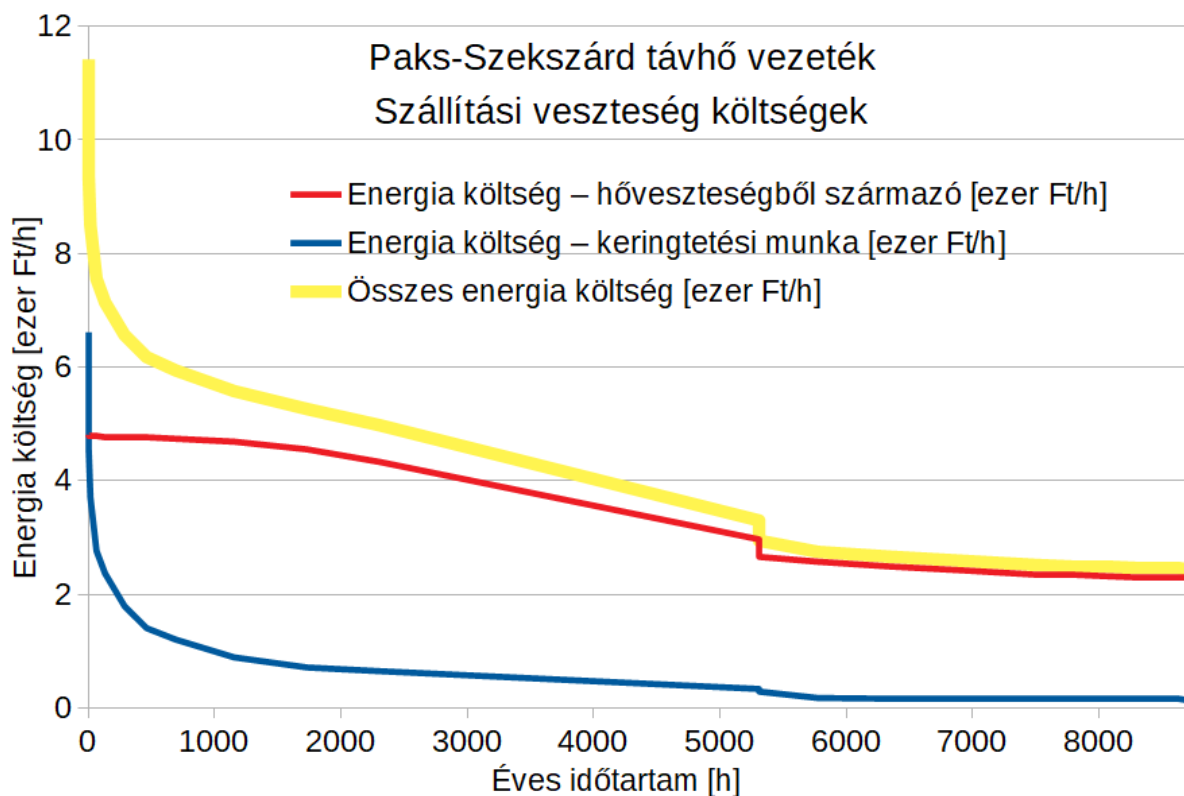
26. Ábra: Energia veszteség költségei több esetet vizsgálva

A szivattyúzási veszteség jellegzetes parabola alakja jól felismerhető, azonban az ellentétes irányú hőveszteségé nem, inkább egyenesnek mondható.



27. Ábra: Költségminimumhoz tartozó fűtővíz hőmérsékletek

Egyúttal meghatározhatóak az éves keringtetési költségek is.



28. Ábra: Szállítási veszteség költségek az éves időtartamban

9. KÖLTSÉGEK, MEGTÉRÜLÉS

A fejezet elkészítéséhez használt források [16], [17]

A vizsgált produkt fontos eleme a pénzügyi életképessége. Ez a pont tartalmazza az ezzel kapcsolatos számításokat.

9.1. BEKERÜLÉSI KÖLTSÉG

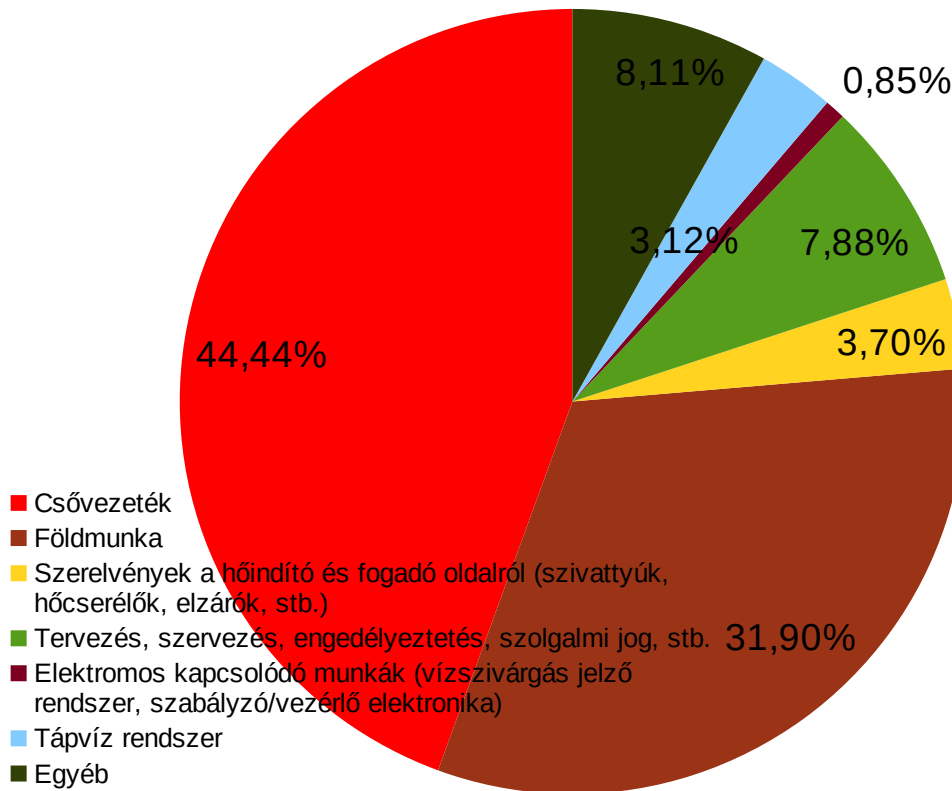
A költségbecslést a melléklet tartalmazza. Számítás során egyrészt a Magyar Államkincstár honlapján elérhető normagyűjteményt használtam, másrészt megvalósult munkákból kiollózott árakat. Pontos kivitelezői költségvetés adására ezen munka keretében nem kerülhet sor, csupán becslésre.

Támpontnak figyelembe vehetjük a miniszterelnök 2016-ban említett 10 milliárd Forintját, mint megvalósulási költséget.

A csővezeték költsége a teljes munkához képest nagyobb arányú, mint a korábban megvalósult távvezeték jellemzően 25-30% körüli értéke. Ez betudható annak, hogy nagyrészt szántóföldben kerülhet elhelyezésre a vezeték, így nincs aszfaltozás, betonozás, közmű kiváltás, a munka zavartalanul folyhat és nagymértékben gépesíthető.

A teljes költség kb. 8 880 millió Forint nettó. **15. Költségbecslés** melléklet.

Építési költségek megoszlása



29. Ábra: Építési költségek fajlagos eloszlása

9.2. ALAPADATOK

A pénzügyi számítások során az alábbi adatokat vettem fel – közelítve a feltételezett jövőhöz.

9.2.1. Szekszárd város távhő rendszere

Maximális hőteljesítmény: 40 MW_{th} (29,4 MW_{th} a 2017-es, és az azt megelőző éveké!)

Éves hőfogyasztás: 99 758 MW_{th} (Szekszárd igénye + város vezetékének vesztesége ; 2017-ben 75 215 MW_{th} volt, most 40 MW_{th} csúcsigénnyel van számolva)

Szekszárd távhővezetékének hővesztesége: 13,43% (2107-ben)

9.2.2. Paks-Szekszárd távhő vezeték

Éves hőveszteség (ideális üzemvitel esetében): 17 616 MW_{th}

Éves szivattyúzási munka (ideális üzemvitel esetében): 428 MW_{th}

Veszteségek a nem ideális üzemvitel miatt: 15-15%

Atomerőműhöz, mint hőtermelőhöz kapcsolatosan

Áram/hő termelési aránya: 0,155 (1 egység hőenergiából 0,155 egység elektromos energia lesz – Paksi Atomerőmű becslése)

Villamos energia termelői ára: 11 Ft/kWh (Erőmű által termelt elektromos áram átadási ára)

Feltételezzük, hogy az Erőmű nem szenved pénzügyi veszteséget azzal, hogy a távhőre termel – azaz a hőenergia anyagköltsége az azzal megtermelhető elektromos áram átadási ára lesz.

9.2.3. *Beruházási tőkeköltséghez kapcsolatos*

Beruházás időtartama : 4 év

Beruházás élettartama (n): 50 év

Kamatláb (vagy diszkont tényező) (r): 5 % - (nagyreszt infláció)

9.2.4. *Karbantartási költség*

Karbantartási ráfordítás (beruházás arányában): 2%

9.2.5. *Gázkazánnal kapcsolatos*

Hatásfok: 95% - éves, átlagos

Gáz fűtőérték: 34 MJ/Nm³

Gáz ára: 80,52 Ft/Nm³ - alapdíjjal együtt

9.2.6. *CO₂ költséghez kapcsolatos*

CO₂ ára: 10 Euro/t

Euro/Ft árfolyam: 320 Ft/Euro

Tüzelőanyagra vonatkoztatott fajlagos CO₂ kibocsátás: 0,22 t/MW_{th}

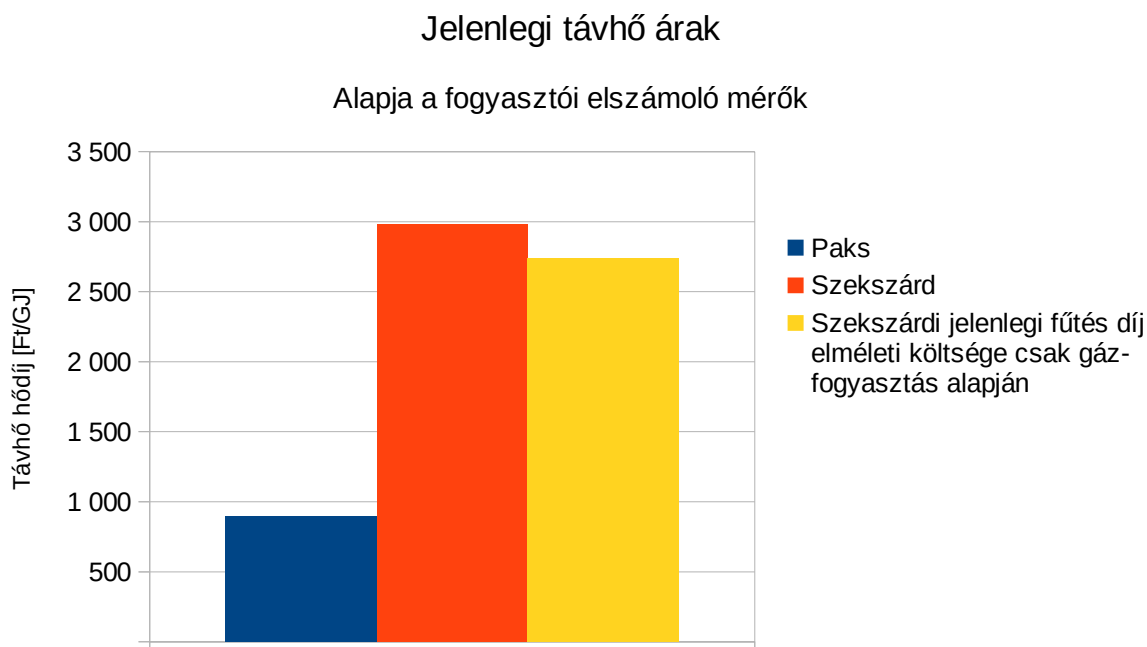
9.2.7. *Jelenlegi távhő árak*

Felmerülhet a szekszárdi lakosokban, hogyha majd ők is Paksról kapják az energiát, akkor a Pakson élőkhöz hasonlóan fizessenek távhő után. Ezért a Paksi árakkal is összehasonlítottam a költségeket.

Paksi távhő díj: 874,02 Ft/GJ – fogyasztás után fizetendő

Szekszárdon: 2981,20 Ft/GJ – fogyasztás után fizetendő

Látható, hogy a szekszárdi hő díj 3,4x-e a paksinak!



30. Ábra: Jelenlegi távhő árak

Megjegyzés: A szekszárdi tényleges hődíj bevétel ~9%-kal magasabb, mint a földgáz költsége. Az adatok a **16. Szekszárdi távhő szolgáltató eredménykimutatás 2017** mellékletben.

9.3. KÖLTSÉG SZÁMÍTÁSOK

A költségeket az egyszerűség miatt jelenértéken vizsgálom, ezenfelül, feltételezem, hogy az egyes költségek százalékos alapértékei az évek során nem változnak. Pl.: a kamatláb 5%, a karbantartási költség 2% a teljes vizsgált időszak folyamán. Ez a statikus számítás.

9.3.1. Tőke költség

Megadja a beruházás éves költségét jelenértékben.

$$C_{\text{tőke}} = \alpha * B_0 * i \text{ [M Ft / év]}$$

α = annuitási tényező (kamatos leírási tényező), [-], [%]

B_0 = teljes beruházási költség (egyszeri, kezdeti költség)

i = interkaláris tényező (beruházás kivitelezési ideje miatti többletköltség)

$$\alpha = \frac{r * (1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (17)$$

$n = 50 \text{ év}; r = 5\%$

$$i = \frac{\sum_{j=-m}^{-1} \frac{B_j}{(1+r)^{(j+0,5)}}}{\sum_{j=-m}^{-1} B_j} \quad (18)$$

$m = 4$ év; $r = 5\%$; $B_j = B_0 / m$

$C_{\text{tőke}} = 537,04$ [M Ft / év]

9.3.2. *Karbantartási költség*

$C_{\text{karbantartás}} = B_0 \times \text{éves karbantartási költségarány (2\%)} \text{ [M Ft / év]}$

Jelenértékben kapjuk meg.

$C_{\text{karbantartás}} = 177,59$ [M Ft / év]

9.3.3. *Tüzelőanyag költség atomenergia*

Feltételezzük, hogy éves szinten a kamatlábbal megegyező mértékben növekszik. Ez a költség már tartalmazza a távhővezeték hőveszteségét is.

$C_{\text{atomenergia}} = (\text{hő/áram termelési aránya}) * \text{elektromos energia átadási ára} * (\text{szekszárdi hőigény} + \text{paksi távvezeték hővesztesége})$

$0,155 [-] * 11 [\text{Ft/kWh}] * (99\,758 + 17\,616 * 1,15) [\text{MWh}_{\text{th}}] / 1000 \text{ [M Ft / év]}$

$C_{\text{atomenergia}} = 204,63$ [M Ft / év]

9.3.4. *CO₂ költség*

$C_{\text{CO}_2} = Q_{\text{Szekszárd igény}} [\text{MWh}_{\text{th}}] * k_{\text{gáz}} [\text{t/MWh}_{\text{th}}] * p_{\text{CO}_2} [\text{Ft/MWh}_{\text{th}}]$

$C_{\text{CO}_2} = 70,23$ [M Ft / év]

9.3.5. *Paks-Szekszárd távhővezeték szivattyúzási munka*

A szivattyú a Paksi Atomerőműben kerül elhelyezésre, ezért annak energiaköltsége az Erőmű belső rendszerét terheli.

$C_{\text{szivattyú}} = (P_{\text{vill}} * 1,15) * p_{\text{vill}} = (428 * 1,15) \text{ MW}_{\text{th}} * 11 [\text{Ft/kWh}_{\text{th}}] / 1000 \text{ [M Ft / év]}$

$C_{\text{szivattyú}} = 5,41$ [M Ft / év]

9.3.6. *Tüzelőanyag költség gáz energia*

Szekszárdi távhő rendszer (veszteséggel együtti) gáz energia költsége. Itt is feltételezem, hogy éves szinten a kamatlábbal megegyező mértékben növekszik.

$$C_{\text{gáz}} = Q_{\text{Szekszárd igény}} [\text{MWh}_{\text{th}}] / \eta_{\text{gázkazán}} [-] * h_{\text{gáz}} [\text{MJ}/\text{Nm}^3] * \text{gázár} [\text{Ft}/\text{Nm}^3] * 3,6/10^9 [\text{M Ft} / \text{év}]$$

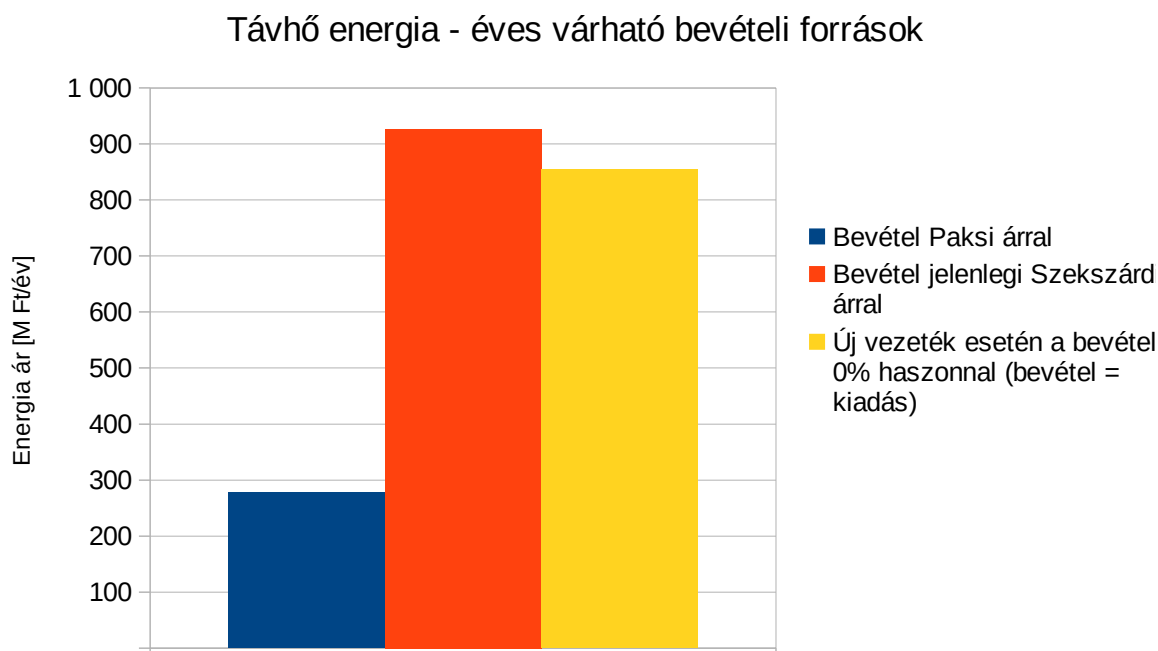
$$C_{\text{gáz}} = 895,26 [\text{M Ft} / \text{év}]$$

9.4. TÁVHŐ HŐDÍJA ATOMENERGIÁVAL ELŐÁLLÍTVA

A megvalósítandó távvezeték éves teljes költsége az alábbiak szerint alakul:

$$C = C_{\text{tőke}} + C_{\text{karbantartás}} + C_{\text{atomenergia}} + C_{\text{szivattyú}} - C_{\text{CO}_2} = 854,44 [\text{M Ft} / \text{év}]$$

A diagram tartalmazza a (magasabb, 40 MW_{th} csúcsigényhez tartozó) bevételeket.



31. Ábra : Jelenlegi bevételi források, és a várható bevétel 0% projekt haszonnal

Akkor gazdaságos a projekt, ha ezt a költséget a fogyasztók fizetik ki a távhő hő árban. A CO₂ költség az állami szemlélet miatt szükséges – az állam szempontjából előnyös, ha CO₂ semleges beruházás valósul meg egy meglévő CO₂ terhelt helyett.

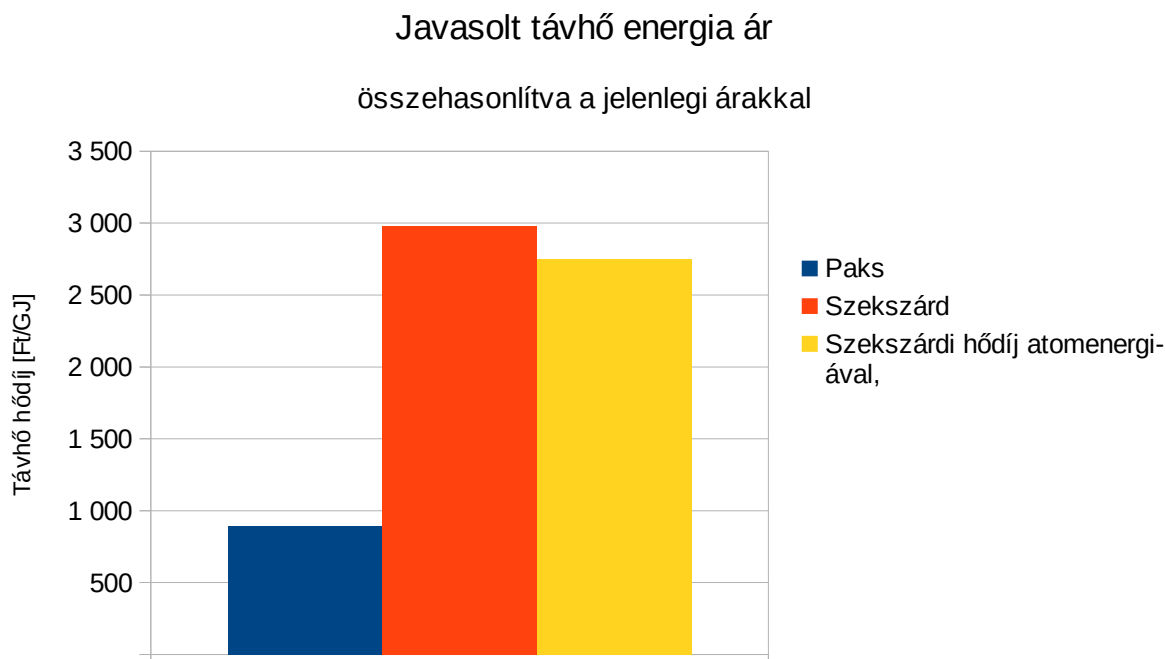
$$\text{Éves költség} = \text{Teljes kiszámlázott hőmennyiség} * \text{hőár (egységköltség)}$$

$$\text{Teljes kiszámlázott hőmennyiség} = \text{nettó szállított hőmennyiség} + \text{vezeték hővesztesége}$$

A nettó szállított hőmennyiség 97 025,36 [MWh_{th}/év] , lásd 8.7.2. 2. variáció – hőcserélő a Szekszárdi oldalon is, hőmérséklet értékek a hőcserélő hőmérséklet esése alapján.

$$\text{Egységköltség} = \text{teljes kiszámlázott hőmennyiség} / \text{éves költség} = 97\,025,36 \times (100 - 13,436)\% / 854,44 = 2\,816,56 [\text{Ft}/\text{GJ}]$$

Egységnyi (kiszámlázott) távhő hődíjakat ábrázolva:



32. Ábra : Jelenlegi távhő egységköltségek, és projekt egységköltség 0% haszonnal

10. Eredmények

A feladatom első részében megpróbáltam összegyűjteni az Európai országok nagy távolságú, városok közötti távhőellátásokat. Nem meglepő módon az északi országokban magasabb a távhő részaránya fűtési, HMV és technológiai igények kiszolgálásában, a déli országokat nem jellemzi ez. Egy grafikonban ábrázoltam az összegyűjtött adatokat, a csúcsigényt a vezeték hossz függvényében. A teljesítményt (Y tengelyen) logaritmikus léptékben ábrázolva emberi szemmel is értelmezhető jelleggörbét kapunk. Ebből látszik, hogy a tervezett Paks-Szekszárd távolság nem jelentős ugyan, ennél jóval hosszabb vezetékek is léteznek, de a szállított teljesítmény kicsi hozzá képest. Az ennél hosszabb vezetékek kiinduló pontjain szinte mind atom-, vagy geotermikus forrást találunk.

Megjegyzendő, hogy a Izland kilóg a többi Európai ország sorából, mert jelentős geotermikus energiával rendelkezik, és néhány hőforrás olyan magas hőmérsékletű, hogy még elektromos energiát is képes előállítani turbinák segítségével.

A második részben körbe jártam Szekszárd városának távhővel kapcsolatos jellemzőit. Ezek voltak a külső hőmérséklet, primer víz hőmérsékletek, keringtetés, nyomásviszonyok, hőfogyasztás. Ami feltűnt, az a kicsit magas hőfokhíd, és hogy a primer visszatérő hőmérséklet magasabb nyáron, mint a fűtési szezon elején/végén. Ennek oka, hogy a HMV hőcserélő kilépő hőmérséklet magasabb, mint az átmeneti időben a fűtési előremenő hőmérséklet. A jelenlegi csúcshőigény $29,4 \text{ MW}_{th}$, de várhatóan 40 MW_{th} lesz később.

A harmadik részben az Paksi Atomerőművet vizsgáltam meg abból a szempontból, hogy milyen lehetőség van kapcsolódni az új távhővezetési rendszerhez. Jelenleg az Erőműhöz kapcsolódóan egy kisebb rendszer szolgálja ki Paks városát, a másik (új) rendszert ez már nem képes kiszolgálni, ezért új eszközöket kell telepíteni.

A hőenergiát a turbinák megcsapolásával lehet kinyerni az erőműi szekunder körből. Számításokkal igazoltam, hogy a meglévő megcsapolási pontokról elegendő energiát lehet elvenni. Fontos, hogy ne kelljen hozzányúlni a turbinákhoz, mert ellenkező esetben nagymértékben megnehezíti a számításokat és a beruházást bonyolítja.

Az Erőműben kerülne elhelyezésre a nyomástartás, és a keringető szivattyúk is.

A negyedik részben a távhő vezetékek jellemzőit vizsgáltam meg. Első részben a nyomvonal hosszát, második részben a domborzati viszonyokat, harmadik részben a csővezeték rendszer jellegét (előre szigetelt műanyag köpenycsöves acélcső), negyedik részben meghatároztam a minimális csőátmérőt. Grafikon segítségével ellenőriztem, hogy a domborzat nem befolyásolja a csőben kialakuló nyomások maximális, illetve minimális értékét.

Ezután a hőveszteség számításokat végeztem el, a szükséges szivattyúzási munka meghatározásával együtt. Igyekeztem kellő pontossággal végigszámolni, ezért 1km-es felbontásban dolgoztam. A hőveszteség számításánál figyelembe vettem a két párhuzamosan vezetett cső egymásra gyakorolt hatását, a csővezeték rétegrendjeinek hőellenállást, talajfelszín hőmérsékletét, és azt is, hogy a víz fizikai paraméterei változnak a hőmérséklet függvényében. A teljes évet 28 különböző hosszúságú időegységre bontottam, hogy pontosan meghatározhassam az éves szállításhoz kapcsolódó energia igényeket.

Ezután a Szekszárdi hőcserélőre végeztem számításokat, mivel célszerű a különböző rendszereket szétválasztani. (Ez üzembiztonsági szempontból is elengedhetetlen.) A hőcserélővel kapcsolatos számításokat szoftverrel végeztem, mivel több száz eset volt lehetséges akkor is, ha 1 °C-os bontásban vizsgálódunk. A hőcserélő pontos vizsgálata elsősorban az ideális üzemállapotok (minimális hő + keringtetési igény) megállapítása miatt szükséges. Így meghatározható az éves ideális lefutási görbe minden paraméterre és meghatározhatóak az éves hőveszteségek, illetve keringtetési munkák.

Az utolsó részben pénzügyi számításokat végeztem a projekt megtérülésével kapcsolatban. Igyekeztem valós adatokat megadni, amennyiben ez lehetséges egy ekkor és ilyen hosszú távú befektetéssel kapcsolatban. Meghatároztam a becsült bekerülési költséget, majd a jelenértéken kiszámoltam az egyes költségeket (tőke, hőtermelés, karbantartás, szivattyúzási veszteség és CO₂ költségek) és összesítettem őket. Az így kapott eredménnyel már meghatározható az új rendszerrel Szekszárd távhő egység költsége. Pénzügyileg nem veszteséges (de nem is nyereséges) szándék esetén a távhődíj egységköltsége a mai Szekszárdi árral megegyezően alakul, azaz a helyi lakosság nem érzi meg anyagilag ennek előnyét.

11. *Javaslatok/Következtetések/Tanulságok*

Az atomenergia olcsó hőt állít elő jelentős hazai hozzáadott aránnyal. A gáz körülbelül 5-ször drágább a paksi jelenlegi atomenergiánál, nem CO₂ semleges, és jelentős az import aránya. Kézenfekvő, hogy minél több hőigény legyen az atomerőműből ellátva, ez pedig a nagyobb, koncentrált helyeken a legegyszerűbb megvalósítani, ami jellemzően a távfűtéses városokat jelenti. Korlátként jelentkezhet az atomerőműből kilépő víz hőmérséklete (130°C), ami miatt a nagy távolságban lévő városokhoz már nem jut(hat) megfelelő hőmérsékletű víz. A távolság a beruházási-, és a keringtetési költségeket is jelentősen megnöveli, ami pénzügyileg veszteséges beruházást eredményez. Nagy távolságokra csak nagy teljesítményt érdemes szállítani. A fizika működése miatt, ha 1 km-re 1 MW_{th} hőigényt gazdaságos elszállítani, akkor 2 MW_{th}-ot nem 2 km-re, hanem annál kisebb távolságra éri csak meg. A beruházási-, keringtetési, és a hőveszteség költsége nem egyenes arányban nő a szállított hőigénnyel, hanem annál kisebb mértékben.

Hátrányok:

- sérülékeny rendszer a nagy kiterjedés miatt, az üzembiztonság pár kérdést még fel fog vetni a működés során. A vezetéket érintő hiba esetén a város több órára ellátatlan maradhat, mivel a hőnek időbe telik eljutni Paksról Szekszárdra. Ez függ természetesen attól, hogy mennyire hűl le a víz a vezetékben, mennyi az elfolyt víz, de még a tápvíz hőmérsékletétől is.

Előnyök (az eddigieken kívül):

- a hő előállítását szakemberek végzik folyamatos munkarenddel (nem csak diszpécser van).
- A kiterjedt rendszerben nagy mennyiségű víz kering, ami puffernak is felfogható. Megfelelően ütemezéssel a villamos csúcsidőben le lehet választani a hőtermelést, és a hőigény a vezetékben betárolt vezetékekkel ki lehet elégíteni.

A számítások során kiderült, hogy a két város távolsága, és a csúcs hőigény akkora, hogy az erőművön belüli szivattyúállomással elég a keringtetéshez.

Ennél nagyobb távolságra történő szállítás esetén a vezeték nyomvonalán kiegészítő szivattyúk szükségesek, amik bonyolultabbá tehetnék a rendszert, és annak üzemeltetését. A nyomásviszonyok hiba esetén könnyedén elérhetik a kritikus szintet, ami ellen visszacsapó szelepekkel, és szivattyú fordulatszám szabályzó szabályzó algoritmusokkal lehet védekezni – ez itt nem szükséges.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

[1] HARRI TUOMISTO (2013)

Nuclear District Heating Plans from Loviisa to Helsinki Metropolitan Area.

https://www.oecd-neo.org/ndd/workshops/nucogen/presentations/3_Tuomisto_Nuclear-District-Heating-Plans.pdf

[2] JUN ZHANG (President) (2013)

District heating in China – now and in the future.

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwi156K0-MDcAhVDIVAKHeYVAj4QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.4dh.eu%2Fpublications-presentations%2Fpresentations%3Fdocid%3D76&usg=AOvVaw1cjrBQvn4HOIe-hJFORh0>

[3] MARKO RIIPINEN (2013)

District Heating & Cooling in Helsinki.

<http://www.iea.org/media/workshops/2013/chp/markoriipinen.pdf>

[4] DAVID ANDREWS, ANNA KROOK RIEKKOLA, EVANGELOS TZIMAS, JOANA SERPA, JOHAN CARLSSON, NICO PARDO-GARCIA, IOULIA PAPAIOANNOU (2012)

Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion

<https://setis.ec.europa.eu/system/files/1.DHCpotentials.pdf>

[5] VÖLGYES ISTVÁN (1978)

Fűtésttechnikai adatok.

[6] Dr. Varga-Haszonits Zoltán és Varga Zoltán (1999)

Agroklimatológia I. (éghajlat és növénytermesztés).

<http://wes.sze.hu/images/okt-agrmet/klim8.pdf>

[7] DR. BOBOK ELEMÉR (2014)

Hőcserélők.

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0059_SCORM_MFKGT5059/sco_12_01.scorm

[8] BIHARI PÉTER (2012)

Műszaki hőtan.

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_42_muszaki_hotan/ch06s02.html

[9] DR. BOBOK ELEMÉR (2104)

Forró vizet szállító csővezeték hőveszteségei.

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0059_SCORM_MFKGT5059/sco_10_01.scorm

[10] BAUMANN MIHÁLY (2010)

Csőhálózatok hőveszteség számítása.

http://www.bausoft.hu/leiras/Csohalozat_veszteseg_szamitasa.pdf

[11] WALLENTÉN, PETTER (1991)

Steady-state heat loss from insulated pipes.

<https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/4836934/8146384.pdf>

[12] BAUMANN MIHÁLY (2012)

Épületenergetika.

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_12_epuletenergetika/ch08.html#id499735

[13] SYEILENDRA PRAMUDITYA (2011)

Water Thermodynamic Properties.

<https://syeilendrapramuditya.wordpress.com/2011/08/20/water-thermodynamic-properties/>

[14] ORBÁN TIBOR (2009)

Táv hővezeték hővesztesége, a szigetelésvastagság-növelésének energetikai-gazdasági elemzése.

<http://slideplayer.hu/slide/11598496/>

[15] METZ REZSŐ (2009)

A hőszigetelés elmélete.

http://www.immotherm.hu/_user/file/Hasznos%20inform%C3%A1ci%C3%B3k/H%C5%91szigetel%C3%A9s%20elm%C3%A9lete.pdf

[16] DR. KORÉNYI ZOLTÁN (2017)

Megtérülési számítások módszertana.

[17] GÁCS IVÁN (2012)

Energetika II.

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_34_energetika_2/ch01s02.html

SUMMARY

The nuclear power is highly discussed matter from the beginning, the benefits of nuclear energy have always been debated. At the start it was highly accepted, people had considered it as cheap energy source and tactical (strategic) weapon. This situation has changed by now, many sees danger and afraid from radiation. The extend of lifetime of the Paks Nuclear Power Station, the construction of the second plant, Fukushima nuclear plant disaster and the spread of the renewable energy all make the citizens change their mind mainly against nuclear power. On the other hand, political decision-makers regard nuclear power as a proper energy source allowing highly stable electric network system and reducing the import of electric power and natural gas. In this situation the politicians have to defend this kind of energy. One of the evidences of it was the public speech of the prime minister who had said the city of Szekszárd district network would be connected to the Paks Nuclear Plant. I have tried to prove the vitality of this project.

In first session I have presented public data available on the internet related to district heating supplied from a high distance heat source. Many can be found mainly in the northern region of Europe, but only some in the south. This forecasts the fact that high distance heating power transfer acceptable only in large quantity. The other perception is that only nuclear and that kind of geothermal energy are suitable which ones are relatively cheap and has high temperature sources. Where pump is needed, it's a big advantage the source is capable to produce electric energy – in the country of Island some long range district heating tube system contains only one tube (no return pipe), and there is no pump (the hot water comes down from mountains to the seaside towns) .

In the second part I took a look at a special town's (Szekszárd) district heating system's power and temperature demands and other technical parameters related to the power supply. It is actually provided by natural-gas boilers not capable to produce electric energy.

The next part I examine the nuclear power plant's (in the town Paks) steam system, especially the aspect whether the already built heat-exchangers, connected pipes and components can satisfy the heating power demands.

After that I examined the length and vertical changing of a supposed pipeline between the two town. Using these datas and the maximum heating power demand I have calculated the minimum diameter of the pipe.

All along the year demands gets the all the year heating losses in the pipe system and the electrical needing of circulation pumps. I made calculations on ideal forward pipe

heat temperature regarding to the heat loss and circulation energy. The higher the forward temperature, the higher the heat loss but less the pump work.

At the end I analyzed the costs of the project. I estimated the capital and maintaining cost of pipe system, determined the, the power, CO₂ and heatlosses costs. I gathered data about the actual gas boilers energy consumption, the company's incomes and costs.

Keywords: *long distance, district heating, heat transfer, nuclear heating power supply.*

MELLÉKLETEK

12. *Példák nagy távolságú távhőszállításra az EU országokban*

Város (Ország)	Megvalósult	Vezeték hossza [km]	Hőteljesítmény [MW _{th}]	Erőmű típusa (N=nukleáris; B=biomassza; F=gáz/olaj; H=hulladék; SZ=szén; G=geotermikus; X=egyéb)	Megjegyzés
Beznau – Birr +Oberrohrdorf+ Dietikon + Urdorf (Svájc)	N	60	270	N	Több fűtőmű összekapcsolása, 270 MW _{th} alapteljesítmény a Beznai atomerőműből. Becsült költsége 6,5-8,4 SFR(1986)/kWh . 4 város összekapcsolása, közel egy sorra felfűzve.
Gösgen – Olten + Aarau (Svájc)	N	20	175	N	150 MW _{th} alapteljesítmény a Gösgeni atomerőműből. Becsült költsége 6,5-8,2 SFR(1986)/kWh _{th} . 2 város összekapcsolása, az erőmű a két város közt van.
Gösgen – Schönenwerd (Svájc)	I	4	57	N	Gösgeni atomerőműből 2 különböző papírgyár teljesítményigénye gőz oldalról (12-15bar). Ezen felül 12 MW _{th} forróvíz igényt elégít ki Niedaramt város lakossági célú fűtés ellátására.
Leibstadt – Rheinfelden + Bázeli (Svájc)	N	100	792	N	396 MW _{th} alapteljesítmény a Leibstadti atomerőműből. Becsült költsége 7,5-10,5 SFR(1986)/kWh _{th} . 2 város összekapcsolása az erőművel, sorba fűzve egy egyenesen.
Beznau-i távfűtési	I	31	76	N	Beznai atomerőműből 15 település ellátása távhővel sugaras szerkezetben.

rendszer (Svájc)					
Mühleberg (Svájc)	I	3	1	N	Mühleberg-i atomerőmű és a város közti vezeték.
Koppenhága (Dánia)	I	160	3000	B+F+ H+X	Koppenhága és elővárosainak távhő ellátása a föld egyik legnagyobb rendszerében, az épületek 98%-a van a távhőre kötve. Hőtermelők: - 1 kapcsolt erőmű Amagerværket-ben ~500 MW_{th} (2019-ben áll át szénről biomasszára) - 1 kapcsolt erőmű Avedøreværket-ben ~330 MW_{th} (szén + olaj tüzelés, a föld legmagasabb hatásfokú kapcsolt energia termelő erőműve) - 1 kapcsolt erőmű (biomassza) gőzellátásra, ami 2014-ben kapcsolódott a nagy távhő rendszerre, - 3 kapcsolt erőmű (hulladék tüzelő anyaggal) - geotermikus hő - ipari hulladékhő (pl. pektingyár (5MW_{th})) - hőszivattyúk - számos (~50) csúcs fűtőmű gáz és olaj tüzeléssel Az éves hőeladás ~30 PJ. A rendszer tulajdonosa a 21 érintett önkormányzat és Dánia legnagyobb hulladék hasznosító műve. Több puffer is található a távvezeteki rendszerben, a hőtermelés és felhasználás optimalizációja érdekében.
Østerby (Dánia)	I	9	2	F	Kis rendszer (276 lakás) távfűtése a közeli erőműből. Eredetileg gázkazánnal, illetve olajjal fűtött a lakosság. Az erőmű kapcsoltan működik, 1%-ban tartalék gáz-, és olajkazánnal.
Rudersdal (Dánia)	I	9	40	H+X	Kis rendszer (~4000 lakás) távfűtése a közeli erőműből. Éves CO2 megtakarítás 3,14 tonna lakásonként, összesen 13500 t. Eredetileg gázkazánnal fűtött a lakosság. A hőtermelés Koldingban történik részben hulladék égetéssel, részben az olajfinomító hulladék hőjével.
Lunderskov (Dánia)	I	25	8	H	Kis rendszer (800 lakás) távfűtése a közeli erőműből.
Linköping Mjölby (Svédország)	I	56	25	H	
Lindesberg	I	25	36	X	Ipari hulladékhő papírgyárból.

(Assi Domän Carton AB, Frövi) (Svédország)					
Sizewell- London (Anglia)	N	140	2200	N	Tervezett távvezeték
Melnike- Prága (Szlovákia)	I	67	200	SZ	A Melnik-i erőműből a fővárost ellátó távvezeték. A cső nagyrészt földfelszín felett van vezetve, néhol a természetes vizeket alul keresztezi. Csőátmérő: 1,2m.
Yelizovo - Mutnovskaya (Oroszország)	I	140	70	G	
Aarhus (Dánia)	I	130	900	H+B	Dánia másik nagy távhőrendszere
Helsinki (Finnország)	I	40	580	SZ+F	Jelentősnek mondható (~170 MW _{th}) távhűtési rendszer (növekvő tendencia, 2030-ra 280 MW _{th} -ot becsülnék). Hűtési energia előállítási forrásai (1/3 arányokban) tengervíz, hőszivattyú, távhőből (abszorpciós elven) [2] A három erőmű (Salmisaari, Hanasaari, Vuosaari) összes beépített teljesítménye 3600 MW _{th} . A Vuosaari erőmű a várossal egy 30km hosszú alagúttal van összekapcsolva, ami Európa leghosszabb távfűtési célú alagútja.
Turku (Finnország)	I	25	300	B	
Geertruidenb erg- Breda, Tilburg	I	25	170	F	Az erőmű egyetlen 9-es számú blokkját be szeretnék zárni, hogy a klímavédelmi célokat teljesíthessék, de egy új széntüzelésű erőmű építésének ötletét elvetették. Az erőmű bezárásának egyetlen akadály, hogy a két város távhőellátását ez biztosítja. [4]
Loviisa – Helsinki (Finnország)	N	150	1000	N	[5] A Fortum vállalat készítette tanulmány alapján az éves szállított hőenergia 12TJ lenne, amit Helsinkiben, és egy a tervezett távvezeték melletti városban használnának fel. Ez körülbelül az éves hőigény fele, a fennmaradó részt helyi termelési hulladékégetővel, illetve egyéb CO ₂ semleges kapcsolt erőművel állítanának elő. A hőhordozó közeg szállítására több

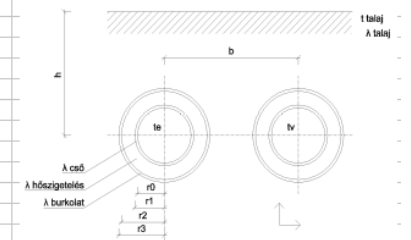
					alternatívát vizsgáltak - csővezeték kőbe vájt alagútban (30m² keresztmetszet) - előreszigetelt csővezeték közel a földfelszínhez - tartályokban, hajóval szállítva
Húsavík (Izland)	I	15	25	G	Magas forrásvíz hőmérséklet (az egyik >120°C, egy másik 100°C). Egy vezetékes rendszer, szivattyú csak Aðaldalur helység rendszeréhez szükséges, a többi rendszerhez (70-80%) szükségtelen. A hő felhasználása elsősorban lakások fűtésére és HMV előállításra történik, de üvegházat, halas-, és úszó tavat (lagúna) is melegítenek vele. Eredeti rendszer 1970-2000-ig: Szigeteletlen! azbeszt vezeték. A távvezeték elején a forróvíz gáztalanító hűtőn halad keresztül, az induló hőmérséklet 100 °C alá hűl. A hőmérséklet esés ezután még 15°C a vezetéken. Új rendszer 2000-től: 2MW_e turbina telepítése a magasabb hőmérsékletű forrásra → kapcsolt energiatermelés. Az erőműből kilépő hőmérséklet 80°C. Egy A vezetékeket kicserélték szigetelt acélcsőre, így a hőmérséklet esés 3°C-ra csökkent. Az éves kitermelt hőnek 2004-ben (+4°C feletti hőtartalomra vonatkoztatva) csupán csak a 29%-át értékesítik távhőként. A fennmaradó részből 39% megy el lagúna melegítésére (a turbináról lelépő vízzel), 17% a távhő vezeték vesztesége, és 15% az elengedett víz (nincs visszatérő vezeték).
Reykholt - Borgarnes + Akranes (Izland)	I	62	60	G	A teljes rendszernek három üzemeltetője van: 1 - forrás és a távvezeték 2+3 – a két városon belüli távhő rendszer Két darab puffer van a két városhoz rendelve, így csőtörés esetén néhány órás kiesést még nem érződik a szolgáltatásban. Csővezeték anyaga azbesztcement, részben szigetelve, felszín felett vezetve. Induló hőmérséklet 96°C, a távolabbi városba érkező víz 72,5°C. A gerincvezetékre több egy kisebb forrás csatlakozik, mindkét forrásnál egy-egy szivattyúval. A vezeték többi részén még három szivattyú van, így összesen öt szivattyú

					található. Ez a vezeték feltehetőleg a föld leghosszabb geotermikus fűtési távvezetéke. Egy vezetékes rendszer.
Nesjavellir – Reykjavik (Izland)	I	27	300	G	A főváros távhőellátásában ez az egyedüli kapcsolt energia termelő hőforrás. Egy vezetékes rendszer, alumínium burkolatos kőzetgyapot hőszigetelésű acélvezeték, felszín felett vezetve. Induló hőmérséklet 85°C, hőmérséklet esés 3°C.

13. Távhő vezetékek hő-, és nyomásvesztésének számítása

A táblázat adott környezeti, és indulási hőmérsékletek alapján számolja a csőhálózat hővesztését, és nyomásvesztését. Az A1 cellában egy táblázatra történő hivatkozás található, ami alapján kitölti a az induló adatokat (hőigény, átmérő, csőadatok, stb.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	1		Sorszám				Képlettel Másolni !!!!!								
2	-16,40	°C	Külső hőmérséklet				-16,4	-16,4							
3	129,69	°C	Előremenő hőmérséklet Pakson				0,00000	0,00							
4	68,98	°C	Visszatérő hőmérséklet Pakson				0,00000	0,00							
5	127,00	°C	Előremenő hőmérséklet Szekszárdon				110,5862	127,00							
6	70,41	°C	Visszatérő hőmérséklet Szekszárdon				61,0804	70,41							
7	110,59	°C	Előremenő szekunder hőmérséklet Szekszárd városában				110,5862	110,59							
8	61,08	°C	Visszatérő szekunder hőmérséklet Szekszárd városában				61,0804	61,08							
9	40,00	MW	Hasznos hőteljesítmény				40	40,00							
10	-0,27	°C	Talaj felszínének hőmérséklete				-0,27284986	-0,27							
11	577	t/h	Primer tömegáram				#NÉV?	577,31							
12	676	t/h	Szekunder tömegáram				#NÉV?	675,57							
13	-1	[-]	Irány (1= Paks-Szekszárd; -1 = Szekszárd-Paks)				1								
14	450	mm	Cső átmérő												
15	1,2	10E-5/K	Hasznoscső lineáris hőátviteli együtthatója												
16	20	°C	Cső hőmérséklete névleges átmérőnél												
17	437	mm	r0												
18	457	mm	r1												
19	695,6	mm	r2												
20	710	mm	r3												
21	1	m	h												
22	0,85	m	b (= 0,4 + r3*2)												
23	55,2	W/mK	Hasznoscső hővezetési ellenállása (λ)												
24	0,027	W/mK	Hőszigetelés hővezetési ellenállása (λ)												
25	0,4	W/mK	Védőcső hővezetési ellenállása (λ)												
26	1,6	W/mK	Talaj hővezetési együtthatója (λtalaj)												
27	2,485	mK/W	Cső hővezetési ellenállása (Rλ)												
28	0,087	mK/W	Talaj hővezetési ellenállása (Rt)												
29	0,108	mK/W	A két cső egymásra hatását kifejező ellenállás (R1,2)												
30	0,02	mm	Csőördesség												
31	0,5	m	Alaki ellenállás 1db ív												
32	28,47		Ívek száma 1000 méterenként+20% biztonsági tartalék												
33	100		Hőközpontok alaki ellenállása												
34	51	%	Szivattyú hatásfoka												
35	129,69	°C	Előremenő hőmérséklet Pakson												
36	68,98	°C	Visszatérő hőmérséklet Pakson												
37															



Eredmény:
2,82&1948,82&-16,4&129,69&68,98

Hővesztés	2,82	MW
Nyomásvesztés	1948,82	kPa
Külső hőmérséklet	-16,4	°C
Előremenő hőmérséklet Pakson	129,69	°C
Visszatérő hőmérséklet Pakson	68,98	°C
Előremenő hőmérséklet Szekszárdon	127	°C
Visszatérő hőmérséklet Szekszárdon	70,41	°C
Előremenő szekunder hőmérséklet Szekszárd városában	110,59	°C
Visszatérő szekunder hőmérséklet Szekszárd városában	61,08	°C
Hasznos hőteljesítmény	40	MW
Talaj felszínének hőmérséklete	-27	°C
Primer tömegáram	577,31	t/h

9	Előremonó											831	Visszatérő											825
0	Távolság Szekszárdtól	Víz hőm- mérséklet	Sűrűség	Fajhő	Cső kereszt- metszet	Sebesség	Hővesztés 1db csőre	φ módosító tag	Fajlagos hővesztés	Hőenergia a váltás	ΔT talaj	dp	Víz hőm- mérsék- let	Sűrűség	Fajhő	Cső kereszt- metszet	Sebesség	Hővesztés 1db csőre	Fajlagos hővesztés	Hőenergia a váltás	ΔT talaj	dp		
1	[m]	[°C]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m²]	[m/s]	[W/m]	[-]	[W/m]	[kJ]	[°C/km]	[Pa/km]	[°C]	[kg/m³]	[kJ/kgK]	[m²]	[m/s]	[W/m]	[W/m]	[kJ]	[°C/km]	[Pa/km]		
2	0	127,00	993,64	4,28610	0,15945	1,07998	49,49054	0,58367	48,31	48,31	0,0701	70,41	977,64	4,18837	0,15924	1,03137	27,48530	25,65	-26,24	-0,038				
3	1000	127,07	993,57	4,28636	0,15945	1,08006	49,51780	0,58309	48,34	48,34	0,070	70,37	977,67	4,18835	0,15924	1,03134	27,47047	25,63	-26,23	-0,038				
4	2000	127,14	993,50	4,28663	0,15945	1,08014	49,54507	0,58251	48,37	48,37	0,070	70,33	977,69	4,18833	0,15924	1,03132	27,45565	25,62	-26,22	-0,038				
5	3000	127,21	993,43	4,28689	0,15945	1,08022	49,57236	0,58194	48,39	48,39	0,070	70,30	977,71	4,18830	0,15924	1,03130	27,44083	25,60	-26,21	-0,038				
6	4000	127,28	993,36	4,28715	0,15945	1,08030	49,59966	0,58136	48,42	48,42	0,070	70,26	977,73	4,18828	0,15924	1,03127	27,42603	25,59	-26,19	-0,038				
7	5000	127,35	993,29	4,28742	0,15945	1,08038	49,62698	0,58079	48,45	48,45	0,070	70,22	977,75	4,18826	0,15923	1,03125	27,41123	25,58	-26,18	-0,038				
8	6000	127,42	993,23	4,28769	0,15945	1,08046	49,65431	0,58021	48,48	48,48	0,070	70,18	977,78	4,18823	0,15923	1,03123	27,39644	25,56	-26,17	-0,038				
9	7000	127,49	993,16	4,28795	0,15945	1,08054	49,68165	0,57964	48,50	48,50	0,070	70,14	977,80	4,18821	0,15923	1,03120	27,38166	25,55	-26,16	-0,038				
0	8000	127,56	993,09	4,28822	0,15945	1,08062	49,70901	0,57907	48,53	48,53	0,070	70,11	977,82	4,18819	0,15923	1,03118	27,36689	25,53	-26,14	-0,038				
1	9000	127,63	993,02	4,28849	0,15945	1,08070	49,73639	0,57850	48,56	48,56	0,070	70,07	977,84	4,18816	0,15923	1,03116	27,35212	25,52	-26,13	-0,038				
2	10000	127,70	992,95	4,28876	0,15945	1,08078	49,76377	0,57792	48,59	48,59	0,070	70,03	977,86	4,18814	0,15923	1,03114	27,33736	25,51	-26,12	-0,038				
3	11000	127,77	992,88	4,28903	0,15945	1,08086	49,79117	0,57735	48,62	48,62	0,071	69,99	977,89	4,18812	0,15923	1,03111	27,32261	25,49	-26,11	-0,038				
4	12000	127,84	992,81	4,28930	0,15945	1,08094	49,81859	0,57678	48,64	48,64	0,071	69,95	977,91	4,18810	0,15923	1,03109	27,30787	25,48	-26,10	-0,038				
5	13000	127,91	992,74	4,28957	0,15945	1,08102	49,84602	0,57621	48,67	48,67	0,071	69,92	977,93	4,18807	0,15923	1,03107	27,29313	25,47	-26,08	-0,038				
6	14000	127,98	992,67	4,28984	0,15945	1,08110	49,87346	0,57564	48,70	48,70	0,071	69,88	977,95	4,18805	0,15923	1,03104	27,27841	25,46	-26,07	-0,038				
7	15000	128,06	992,60	4,29011	0,15945	1,08118	49,90091	0,57508	48,73	48,73	0,071	69,84	977,97	4,18803	0,15923	1,03102	27,26369	25,44	-26,06	-0,038				
8	16000	128,13	992,53	4,29039	0,15945	1,08126	49,92839	0,57451	48,76	48,76	0,071	69,80	977,99	4,18800	0,15923	1,03100	27,24898	25,42	-26,05	-0,038				
9	17000	128,20	992,46	4,29066	0,15945	1,08134	49,95587	0,57394	48,78	48,78	0,071	69,76	978,02	4,18798	0,15923	1,03097	27,23428	25,41	-26,03	-0,038				
0	18000	128,27	992,40	4,29093	0,15945	1,08142	49,98337	0,57337	48,81	48,81	0,071	69,73	978,04	4,18796	0,15923	1,03095	27,21958	25,40	-26,02	-0,038				
1	19000	128,34	992,33	4,29121	0,15945	1,08150	50,01088	0,57281	48,84	48,84	0,071	69,69	978,06	4,18794	0,15923	1,03093	27,20489	25,38	-26,01	-0,038	21 699			
2	20000	128,41	992,26	4,29149	0,15945	1,08158	50,03841	0,57224	48,87	48,87	0,071	69,65	978,08	4,18791	0,15923	1,03091	27,19021	25,37	-26,00	-0,038				
3	21000	128,48	992,19	4,29176	0,15945	1,08166	50,06595	0,57168	48,90	48,90	0,071	69,61	978,10	4,18789	0,15923	1,03088	27,17554	25,36	-25,99	-0,038				
4	22000	128,55	992,12	4,29204	0,15945	1,08174	50,09350	0,57111	48,92	48,92	0,071	69,58	978,13	4,18787	0,15923	1,03086	27,16088	25,34	-25,97	-0,038				
5	23000	128,62	992,05	4,29232	0,15945	1,08182	50,12107	0,57055	48,95	48,95	0,071	69,54	978,15	4,18785	0,15923	1,03084	27,14622	25,33	-25,96	-0,038				
6	24000	128,69	991,98	4,29260	0,15945	1,08191	50,14865	0,56999	48,98	48,98	0,071	69,50	978,17	4,18782	0,15923	1,03081	27,13157	25,32	-25,95	-0,038				
7	25000	128,76	991,91	4,29288	0,15945	1,08199	50,17625	0,56942	49,01	49,01	0,071	69,46	978,19	4,18780	0,15923	1,03079	27,11693	25,30	-25,94	-0,038				
8	26000	128,83	991,84	4,29316	0,15945	1,08207	50,20386	0,56886	49,04	49,04	0,071	69,43	978,21	4,18778	0,15923	1,03077	27,10230	25,29	-25,92	-0,038				
9	27000	128,91	991,77	4,29344	0,15945	1,08215	50,23149	0,56830	49,06	49,06	0,071	69,39	978,23	4,18776	0,15923	1,03075	27,08767	25,27	-25,91	-0,038				
0	28000	128,98	991,70	4,29372	0,15945	1,08223	50,25913	0,56774	49,09	49,09	0,071	69,35	978,25	4,18773	0,15923	1,03072	27,07306	25,26	-25,90	-0,038				
1	29000	129,05	991,63	4,29400	0,15945	1,08231	50,28678	0,56718	49,12	49,12	0,071	69,31	978,28	4,18771	0,15923	1,03070	27,05845	25,25	-25,89	-0,038				
2	30000	129,12	991,55	4,29429	0,15945	1,08239	50,31445	0,56662	49,15	49,15	0,071	69,27	978,30	4,18769	0,15923	1,03068	27,04385	25,23	-25,88	-0,038				
3	31000	129,19	991,48	4,29457	0,15945	1,08248	50,34213	0,56606	49,18	49,18	0,071	69,24	978,32	4,18767	0,15923	1,03066	27,02925	25,22	-25,86	-0,038				
4	32000	129,26	991,41	4,29486	0,15945	1,08256	50,36982	0,56550	49,20	49,20	0,071	69,20	978,34	4,18764	0,15923	1,03063	27,01467	25,21	-25,85	-0,037				
5	33000	129,33	991,34	4,29514	0,15945	1,08264	50,39753	0,56494	49,23	49,23	0,071	69,16	978,36	4,18762	0,15923	1,03061	27,00009	25,19	-25,84	-0,037				
6	34000	129,40	991,27	4,29543	0,15945	1,08272	50,42525	0,56439	49,26	49,26	0,071	69,12	978,38	4,18760	0,15923	1,03059	26,98552	25,18	-25,83	-0,037				
7	35000	129,48	991,20	4,29572	0,15945	1,08281	50,45299	0,56383	49,29	49,29	0,071	69,09	978,40	4,18758	0,15923	1,03057	26,97096	25,17	-25,82	-0,037				
8	36000	129,55	991,13	4,29602	0,15945	1,08289	50,48074	0,56327	49,32	49,32	0,071	69,05	978,43	4,18756	0,15923	1,03054	26,95640	25,15	-25,80	-0,037				
9	37000	129,62	991,06	4,29630	0,15945	1,08297	50,50851	0,56272	49,35	49,35	0,071	69,01	978,45	4,18753	0,15923	1,03052	26,94185	25,14	-25,79	-0,037				
0	38000	129,69										68,98												

14. Hőcserélő méretezés

Az alábbi táblázat egy darab méretezési eredményt tartalmaz, Danfoss Multi Kalk segítségével véges számú hasonló táblázat hozható létre egy gombnyomással.

Heat exchanger

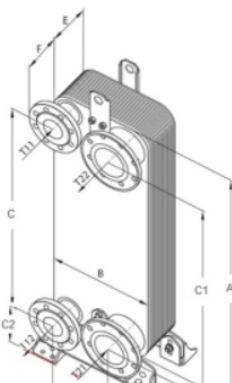
XB70H-1-140

Danfoss kód

004B2020

Units in

1 (Párhuzamos)



Járatok száma:	1	Lemezszám:	140
Lemez anyagminőség:	EN1.4404(AISI316L)		
Csatlakozás :	Flange unlined	Csatlakozás Méret:	DN 65/100
Csatlakozás T11	1-es oldal Belépő	Csatlakozás T22	2-es oldal Kilepő
Csatlakozás T12	1-es oldal Kilepő	Csatlakozás T21	2-es oldal Belépő
Súly (kg)	250,00		
Méret A (mm):	990	Méret B (mm):	365
Méret C/C1/C2/C3 (mm):	861/816/180/203	Méret D (mm):	214
Méret E (mm):	388	Méret F (mm):	90

Note: Measures only to be used for your reference and not to be used for engineering or construction purposes.

Heat exchanger	XB70H-1-140	Danfoss kód	004B2020	Units in	1 (Párhuzamos)
Számított paraméterek	Egység	1-es oldal	Ellenáram	2-es oldal	
Áramlás típus			4000		
Terhelés	kW				
Bemenő hőmérséklet	°C	127,4		61,1	
Kimenő hőmérséklet (Meghatározott)	°C	--		110,6	
Kimenő hőmérséklet (Pillanatnyi)	°C	70,24		--	
Tömeg Térfogatáram	kg/h	59618,3		69135,3	
Térfogatáram Térfogatáram	L/min	1059,58		1171,598	
Teljes nyomásesés	kPa	40,75		41,01	
Nyomásesés - csonkon	kPa	8,88		1,87	
Teljes felület	m ²		43,61		
Túlméretezés	%		0		
LMTD	K		12,58		
HTC(Rendelkezésre álló / Igényelt)	W/m ² -K		7291/7290		
Csonk sebesség	m/s	4,24		1,94	
Nyírófeszültség	Pa	49,9		61,3	
A folyadék tulajdonsága	Egység	1-es oldal		2-es oldal	
Folyadék		Víz		Víz	
Dynamic viscosity	mPa-s	0,2881		0,3324	
Sűrűség	kg/m ³	960		968,9	
Fajhő	kJ/kg-K	4,215		4,201	
Hővezetés	W/m-K	0,679		0,671	
Műszaki	Egység	1-es oldal		2-es oldal	
Csatorna nyomásesés	kPa	31,87		39,15	
Csatorna sebesség	m/s	0,31		0,35	
Reynolds szám	---	4693		4650	
Film együttható	W/m ² -K	17589,4		18641,6	
Fal viszkozitás	mPa-s	0,306		0,3128	
Referencia hőmérséklet	°C	98,82		85,85	
Átl. Fal hőmérséklet	°C	93,18		91,18	
Térfogat	L	37,95		49	

15. Költségbecslés

	Távolság	32000		
	Nyomvonal hossza	38000		
	Vezeték hossza	76000		
	Ellenőrző aknák száma	15		
	U kompenzátor	225		
M n	Megnevezés	Db/fm	Egység	Ref
	PURECON - PUR hab emelt szigetelésű, jelzőeres, hossz- illetve spirálvarratos fekete acélcső KPE köpenyben DN 1 450 / Do 630 mm L=12m	6021	12fm	91 552 Ft
	PURECON - PUR hab emelt szigetelésű, jelzőeres fixponti 1 idom KPE köpenyben DN 450 / Do 630 mm, fixponti idom, PURECON - PUR hab emelt szigetelésű, jelzőeres, 90°-os fekete acél, st. szárhossz ívidom KPE köpenyben DN 450 / 1 Do 630 mm L=1,5x1,5m,	901	db	676 684 Ft
	PURECON - PUR hab emelt szigetelésű, jelzőeres, elzáró szerelvény (gömbcsap) KPE köpenyben DN 450 / Do 630 1 mm	1250	db	439 924 Ft
	PURECON - Zsugorkarmantyú szerelési anyagokkal és PUR 1 habbal Do 560 mm köpenycsőre, k-560	30	db	5 367 919 Ft
	PURECON - Végkarmantyú szerelési anyagokkal és PUR habbal Do 560 mm köpenycsőre (földben történő ideiglenes 1 végpont kialakítására), vk-560	11021	db	86 885 Ft
	Előreszigetelt csővezetékek falátvezető 1 idomainakelhelyezése,	72	db	86 885 Ft
	PURECON - Falátvezető gumigyűrű Do 630 mm 1 köpenycsőre (csapadékvíz elleni védelemre), ggy-630	72	db	4 050 Ft
	PURECON - Zsugorvégsapka Do 630 mm köpenycsőre, vs- 1 630	72	db	8 711 Ft
	PURECON - Tágulási párna 360 x 40 x 1000 mm, tp-360	72	db	23 482 Ft
	PURECON - Tágulási párna 480 x 40 x 1000 mm, tp-480	1000	db	1 890 Ft
	PURECON - Mérődoboz (a jelzőrendszeren történő mérési 1 pont kialakítására), jmd	2900	db	2 520 Ft
	PURECON - Aktív felügyeleti rendszer, 2 csatornás ellenőrző műszer (jelzőrendszer folytonos ellenőrzése, 5 szakadás vagy beázás esetén jelez), jmm-2	15	db	6 300 Ft
	PURECON - Aktív felügyeleti rendszer, 4 csatornás ellenőrző műszer (jelzőrendszer folytonos ellenőrzése, 5 szakadás vagy beázás esetén jelez), jmm-4	2	db	207 900 Ft
	PURECON - Nagy teherbírású polisztirol hab párnafa 1 (csövek alátámasztására) 100 x 100 x 1000 mm, pf-1000+	4	db	311 850 Ft
	ISG UNIBALL csapágyazott gömbcsap, teljes átömlésű, karimás, szénacél, PN 25 DN 500; 2db PN 25 DN 500 ellenkarima, szénacél; 2db tömítés; 40db M33 x 110 1 kötőelem készlet, Cikkszám: UBT-F/F-500-25-1-E	15052	db	2 836 Ft
	MVV-ISG WKC1A gömbcsap szénacélból, karimás, vízre, 1 PN 40 DN 32	30	db	3 551 382 Ft
	Melegen hengerelt, varrat nélküli acélcső, MSZ 29-86, A 37X, 3 323,9x8,0 mm	60	db	23 914 Ft
	ROCKWOOL Klimafix alufólia kasírozású lamell, 5000x1000 3 mm, vtg: 50 mm	500	fm	64 379 Ft
	Humuszos termőréteg, termőföld leszedése, terítése gépi 2 erővel, 18%-os terephajlásig, bármilyen talajban, szállítással,	5000	m2	6 940 Ft
		152000	m2	561 Ft

Munkagödör földkiemelése épületek és műtárgyakhelyén			
2 bármely konzisztenciájú, I-IV. oszt. talajban,	266000	m3	3 075 Ft
Humusztérítés 20 cm vastagságig gépi erővel, kiegészítő			
2 kézi munkával	152000	m2	239 Ft
2 Tükrökészítés tömörítés nélkül,	104880	m2	345 Ft
2 Tömörítés bármely tömörítési osztályban gépi erővel,	266000	m3	333 Ft
2 Fejtett föld felrakása szállítóeszközzel,	30400	m3	267 Ft
2 Fejtett föld tolása és elteretése,	24320	m3	372 Ft
2 Osztályozott homok, OH 0/4, KŐKA, Pécsvárad	69540	m3	6 275 Ft
Vasbetonfal készítése, X0v(H), XC1, XC2, XC3 környezeti			
osztályú, kissé képlékeny vagy képlékeny konzisztenciájú			
2 betonból,	1000	m3	20 700 Ft
2 Aszfalt felbontás, visszajavítás	1500	m3	240 000 Ft
3 Hőcserélő Danfoss XB70H-1-140	10	db	3 613 000 Ft
3 Szivattyú Grundfos CR 64-8-1 A-F-A-E-HQQE	10	db	5 510 060 Ft
3 Indító állomás hkp	1	rdsz	53 000 000 Ft
3 Fogadó állomás hkp	1	rdsz	63 000 000 Ft
1 Út/híd alatti/feletti átvezetés	10	db	15 000 000 Ft
4 Szolgalmi jog vezetékre	533520	m2	100 Ft
4 Kisajátítás (szántóföld)	59280	m2	500 Ft
4 Tervezési díj	1	db	400 000 000 Ft
2 Felvonulási épületek	1	rdsz	155 000 000 Ft
4 Szükséges engedélyek beszerzése	1	rdsz	100 000 000 Ft
6 Tápvíz rendszer kiépítése	1	rdsz	204 000 000 Ft
5 Elektromos szivárgásfigyelési rendszer kiépítése	1	rdsz	42 000 000 Ft
5 Elektromos berendezési tárgyak bekötése	1	rdsz	19 000 000 Ft
2 Közmű kiváltások	1	rdsz	100 000 000 Ft
1 Hegesztés vizsgálat	2000	db	35 000 Ft
2 Hulladék lerakási járulék	2000	t	7 056 Ft
6 Nyomástartás	1	rdsz	27 000 000 Ft
2 Vizsgáló akna	15	db	3 800 000 Ft
2 Daruzási szállítási költség	15200	óra	8 000 Ft
7 Szekszárd városában vezetett csővezeték többletköltsége	1	rdsz	600 000 000 Ft
Összesen			7 399 528 687 Ft
Összesen			7 399 528 687 Ft
Project vezetési költség	10,00%		739 952 869 Ft
Biztonsági tartalék	10,00%		739 952 869 Ft
Összes költség			8 879 434 425 Ft

Az előző két üzleti évben távhőszolgáltatással elért eredmény-kimutatások - Szekszárd

Sor- szám	Megnevezés	Mérték- egység	2015	2016.08.01-től 2016.12.31-ig	2017
1.	A fűtési időszak átlaghőmérséklete	°C	n.a.	4,76	5,03
2.	Lakossági felhasználók számára értékesített fűtési célú hő	GJ	n.a.	55 109	114 673
3.	Lakossági felhasználók számára értékesített használati melegvíz felmelegítésére felhasznált hő	GJ	n.a.	55 109	58 832
5.	Egyéb felhasználók számára értékesített hő	GJ	n.a.	22 152	60 888
6.	Értékesített villamos energia mennyisége,	MWh	n.a.	0	0
7.	Lakossági felhasználók legalacsonyabb éves fűtési hőfogyasztással rendelkező tizedének átlagos éves fajlagos fogyasztása	MJ/légm ³	n.a.	0,1208	0,1212
8.	Lakossági felhasználók legmagasabb éves fűtési hőfogyasztással rendelkező tizedének átlagos éves fajlagos fogyasztása	MJ/légm ³	n.a.	0,2277	0,2285
9.	Lakossági felhasználók számára kiszámlázott fűtési célú hő értékesítéséből származó fűtési alapidj	ezer Ft	n.a.	78 007	187 128
10.	Lakossági felhasználók számára kiszámlázott használati melegvíz alapidj	ezer Ft	n.a.	13 744	33 012
11.	Lakossági felhasználóktól származó, fűtési célra értékesített hő mennyiségétől függő árbevétel	ezer Ft	n.a.	49 939	341 795
12.	Lakossági felhasználóktól, használati melegvíz értékesítésből származó, az értékesített hő mennyiségétől függő árbevétel, víz- és csatornadíj nélkül	ezer Ft	n.a.	66 040	175 389
13.	Egyéb felhasználóktól, hő értékesítésből származó, az értékesített hő mennyiségétől független árbevétel	ezer Ft	n.a.	58 338	121 128
14.	Egyéb felhasználóktól, hő értékesítésből származó, az értékesített hő mennyiségétől függő árbevétel	ezer Ft	n.a.	111 240	221 485
15.	Villamosenergia-értékesítésből származó árbevétel	ezer Ft	n.a.	-	-
16.	A távhőszolgáltató nevében nyilvántartott, vízmérőn mért víz- és csatornadíjból származó árbevétel	ezer Ft	n.a.	-	-
17.	Központi költségvetésből származó állami támogatások	ezer Ft	n.a.	49 939	128 567
18.	Helyi önkormányzattól kapott támogatások	ezer Ft	n.a.	1 368	2 898
19.	Egyéb támogatások	ezer Ft	n.a.	-	-
20.	Egyéb árbevétel és egyéb bevétel	ezer Ft	n.a.	-	-
21.	Árbevétel és egyéb bevétel összesen	ezer Ft	n.a.	-	-

**Az előző két üzleti évben távhőszolgáltatás költségeire
vonatkozó információk**

Sor- szám	Megnevezés	Mérték- egység	###	.08.01-től 2016.12.3	2017
1.	Felhasznált energia mennyisége összesen:	GJ	n.a.	119 676	270 774
2.	Saját tulajdonú berendezésekkel kapcsoltan termelt hő	GJ	n.a.	0	0
3.	Saját kazánokból származó hő	GJ	n.a.	112 333	254 351
5.	Egyéb forrásból származó saját termelésű hő (pl. geotermikus alapú)	GJ	n.a.	0	0
6.	Távhőszolgáltató által előállított hő mennyisége összesen	GJ	n.a.	112 333	254 351
7.	Távhőszolgáltató által vásárolt hő mennyisége összesen	GJ	n.a.	0	0
8.	Távhőszolgáltató által hőtermelésre felhasznált összes energiahordozó mennyisége	GJ	n.a.	119 676	270 774
9.	Felhasznált földgáz mennyisége	GJ	n.a.	119 676	270 774
10.	Felhasznált szénhidrogén mennyisége	GJ	n.a.	0	0
11.	Felhasznált megújuló energiaforrások mennyisége	GJ	n.a.	0	0
12.	Felhasznált egyéb energia mennyisége	GJ	n.a.	0	0
13.	Saját termelésű hő előállításának hőtermelésre eső költsége összesen:	ezer Ft	n.a.	232 987	641 284
14.	Felhasznált gáz teljesítmény díja	ezer Ft	n.a.	44 350	82 733
15.	Felhasznált gáz gázdíja	ezer Ft	n.a.	202 535	558 551
16.	Nem földgáztüzelés esetén a felhasznált energiahordozó összes költsége	ezer Ft	n.a.	0	0
17.	Saját termelésű hő előállításának egyéb elszámolt költsége	ezer Ft	n.a.	0	0
18.	Saját termelésű hő előállításának költsége összesen	ezer Ft	n.a.	277 337	641 284
19.	Vásárolt hő költsége összesen:	ezer Ft	n.a.	0	0
20.	Vásárolt hő teljesítménydíja	ezer Ft	n.a.	0	0
21.	Vásárolt hő energiadíja	ezer Ft	n.a.	0	0
22.	Hálózat üzemeltetés energia költsége összesen:	ezer Ft	n.a.	-	-
23.	Hálózat üzemeltetéshez felhasznált villamos energia költsége	ezer Ft	n.a.	-	-
24.	A távhőszolgáltatás energián kívüli költségei összesen:	ezer Ft	n.a.	-	-
25.	Értéksökkenés	ezer Ft	n.a.	-	-
26.	Bérek és járuléakai	ezer Ft	n.a.	-	-
27.	Távhőszolgáltatást terhelő nem felosztott költségek	ezer Ft	n.a.	-	-
28.	Távhőszolgáltatást terhelő pénzügyi költségek	ezer Ft	n.a.	-	-
29.	Egyéb költségek	ezer Ft	n.a.	-	-