

Fűtőhálózatok csőátmérőjének optimalizálása

Konzulens:

Baumann Mihály

A dolgozat készítője:

Gergely Dániel Zoltán

Budapest
2014

Bevezetés

Az első szivattyús fűtést 1925-ben készítették. Ekkor még nem volt annyira szempont a villamos áram fogyasztásának kérdése, mint napjainkban. A világ összes villamosenergia-fogyasztás 20-30%-át a szivattyúk teszik ki. 2005-ben az Európai Unióban megtermelt villamosenergia 50%-át áramlástechnikai gépek használtak (és használnak) el, melyből 30%-kal részesednek a szivattyúk. Ez 1067¹ TWh villamosenergiát jelent. Ezek a tények valamint a folyamatosan növekvő villanyárak végett fontos, hogy méretezésnél a lehető leggazdaságosabban járjunk el. A szivattyúk által fogyasztott globális villanyáram-fogyasztás csökkentése végett egyre jobban elterjedtek a kis energiafogyasztású szivattyúk. Felvetődik a kérdés, hogy a szakirodalomban közölt fajlagos súrlódási nyomásvesztésértékek az új típusú szivattyúkra is érvényesek-e, továbbá az, hogy nem függ-e ez a térfogatáramtól és a csővezetékek típusától. Jelen dolgozat célja a szivattyúzási és beruházási költségek optimalizálásának bemutatása, annak figyelembevételének lehetőségei fűtési csőhálózatok méretezésénél. Mivel a szivattyúk áramfelvétele szoros összefüggésben áll a csővezetékek súrlódási ellenállásával, a kutatók által ismertetett eredményeket a dolgozat részletesen ismerteti valamint azokat az összefüggéseket, melyek alapján a számítások készültek. Vizsgálatainkat többnyire családi- és kisebb társasház szintű méretekre végeztük.

Budapest, 2014.10.27.

Gergely Dániel Zoltán

¹ Forrás: Vinkler Károly-Kézben tartott áramlás. PI Innovációs kft, Budapest, 2012. 128.p.

Tartalomjegyzék

1	Áramlástan összefüggései	5
1.1	Kontinuitás törvény	5
1.2	Az egyszerű (vesztésmentes) Bernoulli egyenlet	5-6
1.3	Veszteséges Bernoulli egyenlet	7
1.4	Az egyenértékű (hidraulikai) csőátmérő	8
1.5	A Darcy-Weisbach-féle súrlódási törvény, avagy a súrlódási nyomásvesztés számítása	8
1.6	Reynolds-szám	9
1.7	A csősúrlódási tényező számítása	10
1.7.1	A csősúrlódási tényező egyszerűsített és a kezdetleges időkben való számítása	10
1.7.2	Lamináris áramlás kör- és nem kör keresztmetszetű csővezetékben	10-11
1.7.3	Turbulens áramlás kör- és nem kör keresztmetszetű csővezetékben	11-12
1.7.4	Nikuradse diagram	12-13
1.7.5	Moody diagram	14
1.7.5.1	Hagyományos Moody diagram	14-15
1.7.5.2	Módosított Moody diagram	16-17
1.7.6	Folyadékcsővezeték berendezések az épületgépészetben	17
1.7.6.1	Szivattyúk hasznos- és tengelyteljesítménye	17
1.7.6.2	Szivattyúk hatásfoka	17
1.7.6.3	Szabályozható szivattyúk	18-19
1.7.6.4	Szivattyúk költségei	19-20
1.7.6.5	Elektronikusan szabályozott szivattyúk által megtakarított villamosenergia	20-23
1.7.7	A gazdaságos csőátmérő	23
1.7.7.1	A gazdaságos csőátmérő elmélete	23
2	A gazdaságos csőátmérő vizsgálata	23
2.1	Csővezeték megközelített árai napjainkban az átmérő függvényében	23-24
2.2	Méretezés a gazdaságos csőátmérő figyelembevételével a szakkönyvekben foglaltak alapján	24
2.3	Vizsgálat előtti megfigyelések és kizárt tartományok	24-25
2.4	Az optimális csőátmérő, illetve fajlagos súrlódási nyomásvesztés vizsgálata	25-36
2.5	Méretezéskor ajánlott fajlagos súrlódási nyomásvesztések a csővezeték és szivattyú technológia függvényében	36-37
3	Összefoglalás	37

Alkalmazott jelölések, mértékegységek

Megnevezés	Jelölés	Mértékegység
Hidraulikai (egyenértékű) átmérő	D_e	mm (m)
Keresztmetszet	A	m^2
Hosszúság	l	m
Magasság (emelőmagasság)	h, H	m
Sűrűség	ρ	$\frac{kg}{m^3}$
Tömegáram	$\dot{m}$	$\frac{kg}{s}$
Térfogatáram	$\dot{V}$	$\frac{m^3}{s}$
Hőmérséklet	t	$^{\circ}C$
Termodinamikai hőmérséklet	T	K
Kinematikai viszkozitás	ν	$\frac{m^2}{s}$
Dinamikai viszkozitás	η	Pa·s
Reynolds szám	Re	-
Abszolút felületi érdesség	k	mm (m)
Relatív csőérdesség	$\frac{k}{D_e} \left(\frac{D_e}{k} \right)$	-
Csősúrlódási tényező	λ	-
Veszteségmagasság	h_v	m
Súrlódásból adódó veszteségmagasság	h_s	m
Szivattyú emelőmagassága	H	m
Súrlódási nyomásveszteség	Δp_s	Pa
Hidraulikai ellenállás összege	Δp_v	Pa
(Szivattyú) hasznos teljesítménye	P_h	W
Szivattyú tengelyteljesítménye	P_t	W
Nyomás (statikus)	p	Pa
Gravitációs gyorsulás	g	$\frac{m}{s^2}$
Áramlási sebesség	w, v	$\frac{m}{s}$
Hidraulikai sugár	r	m, mm
Szivattyú hatásfok	η_{sz}	- (%)
Költség	K	Ft.-
Idő	τ	s, h
Hőteljesítmény	$\dot{Q}$	kW, W
Fajlagos súrlódási nyomásveszteség	$S', \Delta p'_s$	$\frac{Pa}{m}$
Vastagság	δ	mm, m

1 Áramlástan összefüggései

1.1 Kontinuitás törvény

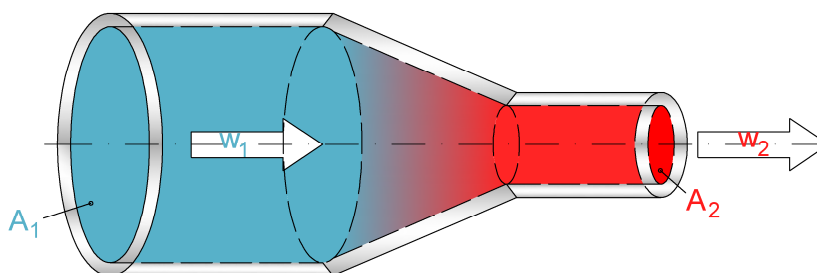
A kontinuitás törvénye az anyagmegmaradást fejezi ki. Ez alapján az áramlás lehet stacioner ($\dot{m}=\text{áll.}$) és instacioner ($\dot{m}\neq\text{áll.}$). Összenyomhatatlan, azaz állandó sűrűségű közegekre igaz, hogy:

$$\dot{V}_1 = w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2 = \dot{V}_2$$

Amennyiben a sűrűség az áramlás mentén változik, a következő egyenlet használatos:

$$\dot{m}_1 = \rho_1 \cdot w_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot w_2 \cdot A_2 = \dot{m}_2$$

Az áramlás irányába, ha a keresztmetszet csökken, a sebesség nő és fordítva. A kontinuitást mutatja a 1. ábra.



1. ábra: A kontinuitási törvény

1.2 Az egyszerű (vesztésgmentes) Bernoulli² egyenlet

A veszteségmentes Bernoulli egyenlet, ideális közege felállított törvénye alapvetően az energia megmaradást fejezi ki. Tehát ez azt jelenti, hogy stacioner és súrlódásmentes áramlás esetén a helyzeti, nyomási és mozgási energiák összege, azaz a közeg mechanikai energiája az áramvonal mentén állandó. A Bernoulli egyenlet általános alakja:

$$h \cdot g + \frac{p}{\rho} + \frac{w^2}{2} = \text{állandó}$$

$$\left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

² Bernoulli Dániel (1700-1782) Svájci matematikus és fizikus. Róla nevezték el az általa felállított egyenletet.

Az egyenletet rendezve, olyan formákhoz juthatunk, mely lehetőséget ad különböző gyakorlati alkalmazásokra:

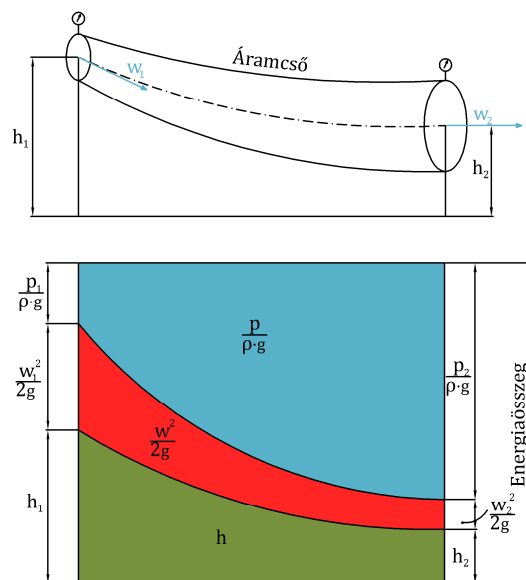
$$h + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2 \cdot g} = \text{állandó} \quad [\text{m}],$$

$$h \cdot \rho \cdot g + p + \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = \text{állandó} \quad [\text{Pa}].$$

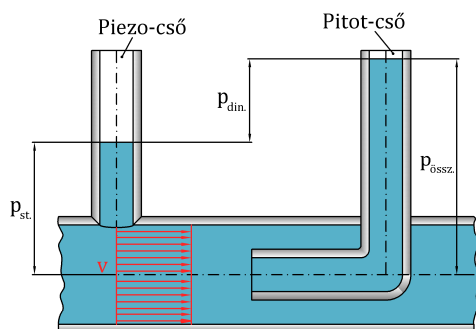
A Bernoulli törvényt ábrázolja a 2. ábra.

Ez a törvény gyakorlatilag jól alkalmazható bizonyos áramlástechnikai folyamatoknál. Ilyen például a statikus, dinamikus és össznyomás mérésére alkalmas Pitot³ és Piezo-cső, melyet a 3. ábrán láthatunk. A Piezo-csővel, tudjuk mérni a statikus nyomást, a Pitot csővel pedig a közeg össznyomását. A kettő különbségéből kapjuk a dinamikus nyomást:

$$p_{\text{össz}} = p_{\text{st.}} + p_{\text{din.}}$$



2. ábra: A veszteségmentes Bernoulli egyenlet értelmezése



3. ábra: A statikus és össznyomás mérése

³ PITOT, Henri (1695-1771) Francia hidraulikus mérnök. Pitot találmányát 1732-ben szabadalmaztatta az áramló víznek, illetve a hajók mérésére szolgáló eszközt, a Pitot-cső.

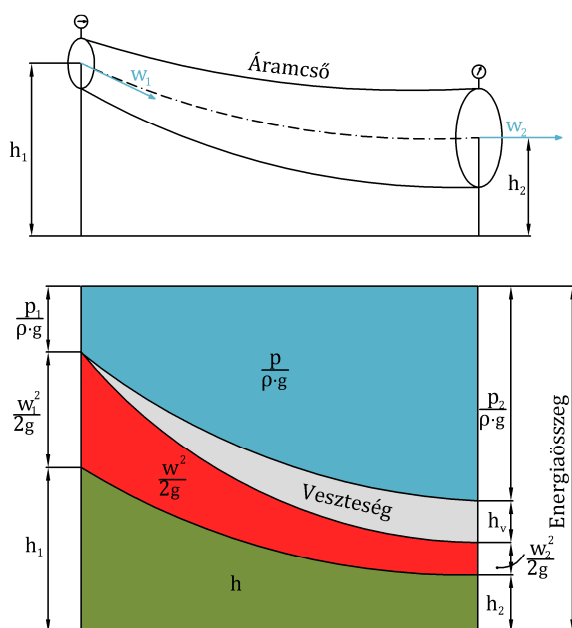
1.3 Veszteséges Bernoulli egyenlet

Valóságos fluidumok áramlásakor a csővezetékben és szerelvényekben hidraulikai ellenállás lép fel a súrlódás és egyéb, szerelvényekben kialakult örvényleés miatt. Ilyen esetben a veszteségek miatti energia veszteség nem indifferens. Például egy áramcső két pont közötti szakaszát vizsgálva, megfigyelhetjük, hogy a nyomás az áramlás irányában egyfolytában csökken, ami az áramlási veszteségeknek köszönhető. A 4. ábrán láthatjuk a veszteséges Bernoulli egyenlet ábrázolását. Tulajdonképpen az figyelhető meg, hogy a veszteségmentes egyenlet plusz egy taggal kell, hogy bővüljön:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2 \cdot g} + h_v \quad [\text{m}],$$

$$h_1 \cdot \rho \cdot g + p_1 + \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = h_2 \cdot \rho \cdot g + p_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w^2 + \Delta p_v \quad [\text{Pa}].$$

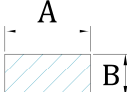
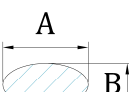
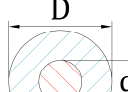
A veszteséges Bernoulli egyenlet alkalmazása azért nagyon fontos, mert a közegeket egy áramlástechnikai gép (pl.: szivattyú) segítségével kell szállítanunk, illetve fűtési rendszerek esetében, keringtessünk. Ezeknek az eszközöknek a folyadékszállító képességük és teljesítményfelvételük nagyban függ a csővezeték ellenállásától.



4. ábra: A veszteséges Bernoulli törvény értelmezése

1.4 Az egyenértékű (hidraulikai) csőátmérő

A hidraulikai csőátmérő a csővezeték belső, egyenértékű átmérője. Ennek a fogalomnak a bevezetése azért fontos, mert amint azt a későbbiek folyamán látni fogjuk, a csővezetékek súrlódásból adódó nyomásveszteségek meghatározására szolgáló képletek kör keresztmetszetű csővezetésekre értelmezendők. Amennyiben hidraulikai ellenállás számításakor, nem kör keresztmetszetű csővel van dolgunk, egyenértékű csőátmérőt kell számolnunk. Az 1. táblázat mutatja, különböző csővezeték keresztmetszetek egyenértékű átmérőjének meghatározását.

Kör	Négyzet	Téglalap	Ellipszis	Koaxiális (körgyűrű)
				
D	A	$\frac{2 \cdot A \cdot B}{A + B}$	$\frac{2 \cdot A \cdot B}{1,5 \cdot (A + B) - \sqrt{A \cdot B}}$	D-d

1. táblázat: Különböző keresztmetszetű csővezetékek egyenértékű átmérője

1.5 A Darcy⁴-Weisbach⁵-féle súrlódási törvény, avagy a súrlódási nyomásveszteség számítása

A veszteséges Bernoulli egyenletben található Δp_v - veszteség tagon belül a Δp_s meghatározására több képletet állítottak fel a kutatók, azonban közülük a Darcy-Weisbach által felállított képlet bizonyult a legjobbnak, e képlet az, mellyel a csővezetékben kialakuló nyomásveszteséget a legjobban tudjuk közelíteni, azt meghatározni. Ebből adódóan a súrlódásból adódó nyomásveszteséget a

$$\Delta p_s = \lambda \cdot \frac{l}{D_e} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad [\text{Pa}],$$

$$h_s = \lambda \cdot \frac{l}{D_e} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} \quad [\text{m}]$$

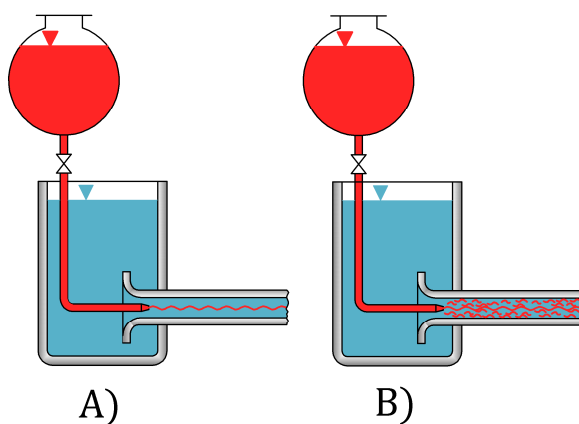
egyenletekkel számítható.

⁴ DARCY, Henry-Philibert-Gaspard (1803-1858) Francia mérnök. Darcy vezette be a súrlódási tényező jelölésére a λ -t. Darcy Weisbach-tól függetlenül határozta meg a veszteségmagasság képletét.

⁵ WEISBACH, Julius Ludwig (1806-1871) Német mérnök. Weisbach és Darcy egymástól függetlenül határozták meg a csővezetékek veszteségmagasságának képletét.

1.6 Reynolds szám

A csővezetékben történő áramlások jellegét a Reynolds⁶ szám írja le. E viszonyszám zárt csővezetékben és testek körüli áramlások esetén alkalmazható. Osborne Reynolds a XIX. század második felében végezte kísérleteit. Kutatásának célja a zárt csővezetékben történő áramlások jellegének megismerése volt. Az általa épített mérőkört az 5. ábra mutatja be, ahol a piros színnel jelölt folyadék a festéket, a kék színnel jelölt folyadék pedig a vizet szemlélteti. A festék folyadékáramlását a beépített szeleppel lehetett szabályozni. E mérőkörrel végzett kísérletei során a következőket kapta eredményül. Egy bizonyos áramlási sebességig a közeg áramlása a csővezeték falával párhuzamos, tehát vízszintes csővezeték esetében, csak x- irányú sebesség komponensek vannak. Az ilyen típusú áramlásokat lamináris (réteges) áramlásnak hívunk (5. A. ábra), ahol a $Re < Re_{krit.}$. Amikor a $Re > Re_{krit.}$, akkor turbulens (örvénylő) áramlásról beszélünk, ahol a csővezeték falával párhuzamos és merőleges folyadékmozgás történik (5. B. ábra). Az áramlások jellegének meghatározására a Re-számot, különböző testek körüli áramlása esetén is alkalmazni lehet. A $Re_{krit.} = 2320$, azonban e fölötti Re-szám esetén is lehet az áramlás lamináris, amennyiben az áramlás körülményei teljesen zavarmentesek. Amennyiben magas Re-számnál az áramlás lamináris marad, az állapot labilisnak tekinthető. Ez azt jelenti, hogy már egy kis zavar az áramlás jellegének megváltozását okozhatja, laminárisból hirtelen turbulens áramlás lehet, amit lamináris-turbulens átcsapásnak hívunk.



5. ábra: Reynolds-féle mérőkör

A) A víz nem keveredik a festékkel; B) A víz keveredik a festékkel

Képlet, mellyel a Re-szám meghatározható:

$$Re = \frac{w \cdot D_e}{\nu} = \frac{w \cdot D_e \cdot \rho}{\eta}$$

⁶ Osborne Reynolds (1842-1912) Angol származású matematikus és fizikus. A viszkózus folyadékokkal való kísérletek tették híressé. A tehetetlenségi - és súrlódó erők viszonyát kifejező számot róla nevezték el.

1.7 A csőszűrőadási tényező számítása

1.7.1 A csőszűrőadási tényező egyszerűsített és a kezdetleges időkben való számítása

A csőszűrőadási tényezőnek az értékét kezdetekben csak a cső átmérőjétől tették függővé. Ilyen egyenlet például a Weymouth⁷ által felállított összefüggés:

$$\lambda = \frac{4}{\left(11,18 \cdot D_e^{1/6}\right)^2}$$

Szakkönyvek említést tesznek továbbá állandó értékű csőszűrőadási tényező értékekről, melyeket nagy becslések esetén lehet alkalmazni, mint például az ún. Dupuit⁸-féle tényező:

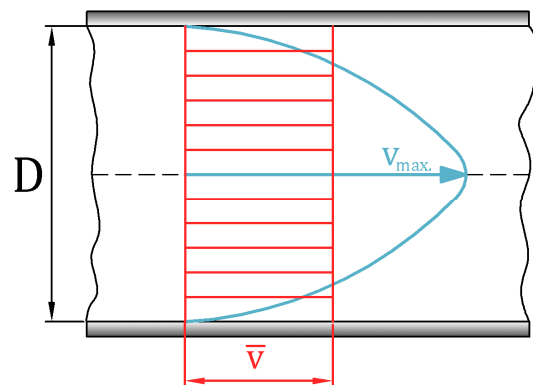
$$\lambda \approx 0,02-0,03$$

Ezek az összefüggések sajnos nem adnak pontos képet a csővezetékek súrlódási tényezőjéről, hiszen sok számos fontos dolgot figyelmen kívül hagynak. A továbbiakban láthatjuk, hogy idővel, hogy fejlődött a csőszűrőadási tényező számítására vonatkozó összefüggések.

1.7.2 Lamináris áramlás kör- és nem kör keresztmetszetű csővezetékelnél

Lamináris áramlás esetében a csőáramlás egy másodfokú parabola, melyet a 6. ábra mutat. Ebben az esetben a csőfal közelében az áramlás 0. A súrlódási tényező a csővezeték érdességétől független.

Lamináris csőáramlásnál a súrlódási veszteség okozója, a folyadékrétegek közötti csúsztatófeszültség.



6. ábra: Lamináris áramlás sebességprofilja

⁷ Weymouth egyenlete 1912-ben lett szabadalmaztatva. Ezt az összefüggést földgázhálózat méretezésénél alkalmazták.

⁸ DUPUIT, Arsène Jules Étienne Juvénal (1804-1866) Francia mérnök és közgazdász. Róla nevezték el, a gyakorlatban legtöbbet előforduló csőszűrőadási tényező közelített értékét.

Kör keresztmetszet esetén, lamináris áramláskor a következő egyenlet használatos, melyet Hagen⁹-Poiseuille¹⁰-egyenletnek hívják:

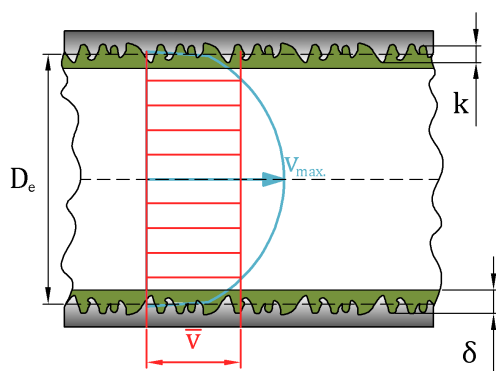
$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Ez estben tehát, a súrlódási tényező csupán a Reynolds-számtól függ. Nem kör keresztmetszetű csővezetékknél, figyelembe kell veyük a cső keresztmetszetének, kör keresztmetszettől való eltérését. Ez esetben a következő szerint alakul a λ -számítása:

$$\lambda = \varphi \cdot \frac{64}{Re}$$

Ebben az esetben egy φ - szorzóval kell ellátni az egyenletet, melynek értékeit szakkönyvekben találhatjuk meg.

1.7.3 Turbulens áramlás kör- és nem kör keresztmetszetű csővezetékknél



7. ábra: Turbulens áramlás sebességprofilja

Azoknál az áramlásoknál, ahol a sebességkomponensek nem csak a csőfalra párhuzamosak, hanem arra merőlegesek, a súrlódási tényezőt sokkal bonyolultabban tudjuk csak meghatározni. A 7. ábrán láthatjuk a sebességmegoszlást turbulens áramlás esetében. Turbulens áramlás esetén a sebességprofil egy csonka parabola. Prandtl¹¹ meghatározta annak a rétegnek a vastagságát, ahol a sebességprofil megegyezik a lamináris áramlás esetén kialakuló sebességprofillal. Ezt a következő képlet írja le:

$$\delta = \frac{34,2}{(0,5 \cdot Re)^{0,875}} \cdot D_e$$

⁹ Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen (1797-1884) német fizikus és hidraulikai mérnök volt. Poiseuille-al közösen publikálták a róluk elnevezett törvényt.

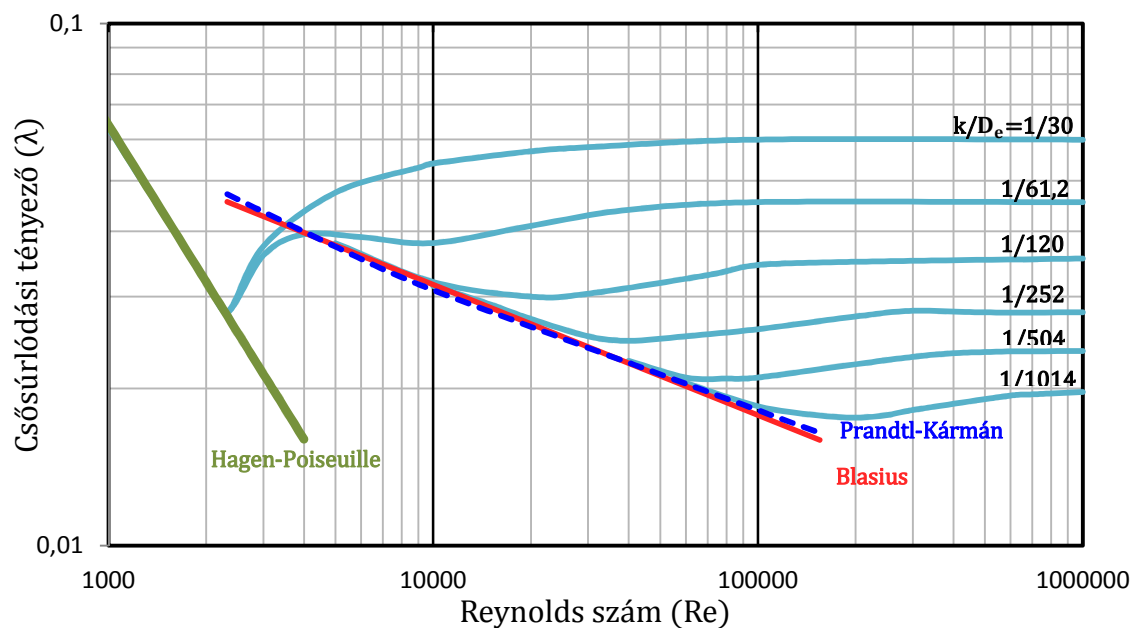
¹⁰ Jean Louis Marie Poiseuille (1797-1869) francia orvos és fiziológus volt. Az emberi vérnek az áramlása érdekelte keskeny csövekben. Gotthilf Heinrich Ludwig Haggennel írásba foglalták és publikálták a róluk elnevezett, Hagen- Poiseuille törvényt.

¹¹ Ludwig Prandtl von (1875-1953) Német áramlástan kutató. Kiemelkedő tevékenysége a határréteg elméleti megteremtése. Az áramlástan elméleti és gyakorlati megközelítése közötti kapcsolat kialakítása is az ő nevéhez fűződik.

Az első legfontosabb tényező a k - abszolút felületi érdesség. Ez az érték számadatul szolgál a csővezeték belső felületének érdességéről (kitüremkedés nagysága), melyet mm-mértékegységben szokás megadni. Ezen belül megkülönböztetünk mesterséges és természetes felületi érdességet. A csővezetékek felületi érdessége függ a csőanyagtól, gyártási technológia stb. Ezen tényeket figyelembe véve elmondhatjuk, hogy az alkalmazott csővezetékek felületi érdessége inkább „természetes” jellegű, hiszen annak mértékét alapesetben nem befolyásoljuk. Mesterséges felületi érdességet kezdetben Nikuradse¹² alkalmazott kísérletei során. Itt fontos máris bevezetnünk a homokérdesség fogalmát, mely jelen esetben egyenlő a mesterséges érdességgel.

1.7.4 Nikuradse diagram

Nikuradse kísérletei komoly előrehaladást jelentett a súrlódási tényező meghatározásának területén. Annak érdekében, hogy a felületi érdességet számszerűen figyelembe tudja venni, szitálással azonos átmérőjű homokszemcséket állított elő, melyeket aztán különböző átmérőjű csővezetékek, belső falára ragasztott. Ezután már csak hidraulikai ellenállás mérésorozatot kellett végeznie. A kapott eredményeket diagramban ábrázolta, melyet Nikuradse diagramnak hívnak, amit a 8. ábrán láthatunk.



8. ábra: Nikuradse diagram

¹² Johann Nikuradze (1894-1979) német mérnök és grúz származású. Az érdes és sima csövek kísérletivel kiemelkedő eredményeket ért el. Göttingeni Egyetemen tanult, majd befejezése után Prandtl intézetében dolgozott tanársegédként. Később Prandtl áramlástechnikai kutatóintézetének létrehozásában is részt vett. 1934-ben a Breslau-i Műszaki Főiskola Áramlástan Tanszék vezetője, majd a Aachenben emeritus professor.

A diagram x-tengelyén a Re-szám található logaritmikus léptékben és y-tengelyén pedig a λ -csőszűrlődési tényező. A relatív csőérdességtől függő görbesereg a $\frac{k}{D_e}$ függvénye.

Számos kutató állított fel egyenleteket, melyek lefedik a Nikuradse diagramot. Lamináris áramlásnál az előző fejezetben közölt képlettel számítható a λ . Turbulens áramlások esetében, hidraulikailag sima csővezetékelnél a Blasius¹³ formulával közelíthetjük a súrlódási tényező értékét. E képletnél pontosabb eredményt kapunk a Prandtl-Kármán¹⁴ képletével.

Bár itt megjegyezendő, hogy a Nikuradse diagramon, a hidraulikailag sima csőre vonatkoztatott képletek közül a Blasius-formulát és a Prandtl-Kármán képlethez hasonló függvényű, de pontosabb összefüggést szoktak ábrázolni, azonban a fent látható diagramban Prandtl-Kármán¹⁵ munkássága látható. A Nikuradse diagramot lefedő képleteket láthatjuk a 2. táblázatban.

Név	Áramkép	Képlet	Érvényességi tartomány
Blasius	Turbulens Hidraulikailag sima	$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$	$2320 < Re < 10^5$
Prandtl-Kármán	Turbulens Hidraulikailag sima	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(Re \cdot \sqrt{\lambda}) - 0,8$	$2320 < Re < 3 \cdot 10^6$
Prandtl-Kármán képleténél, nagy Re-számoknál jobban közelítő képlet	Turbulens Hidraulikailag sima	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,95 \lg(Re \cdot \sqrt{\lambda}) - 0,55$	- $(2320 < Re)$
Nikuradse	Turbulens Homokkal érdesített cső	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{r}{k} + 1,74$	- $(2320 < Re)$

2. táblázat: A Nikuradse diagram alapján a csőszűrlődési tényező számítása

¹³ Paul Richard Henrich Blasius(1883-1970).Matematikát és fizikát tanult Göttingenben. A hidraulikailag sima csővezetékerekre megadta a képletet, amivel meghatározható a csőszűrlődési tényező értéke.

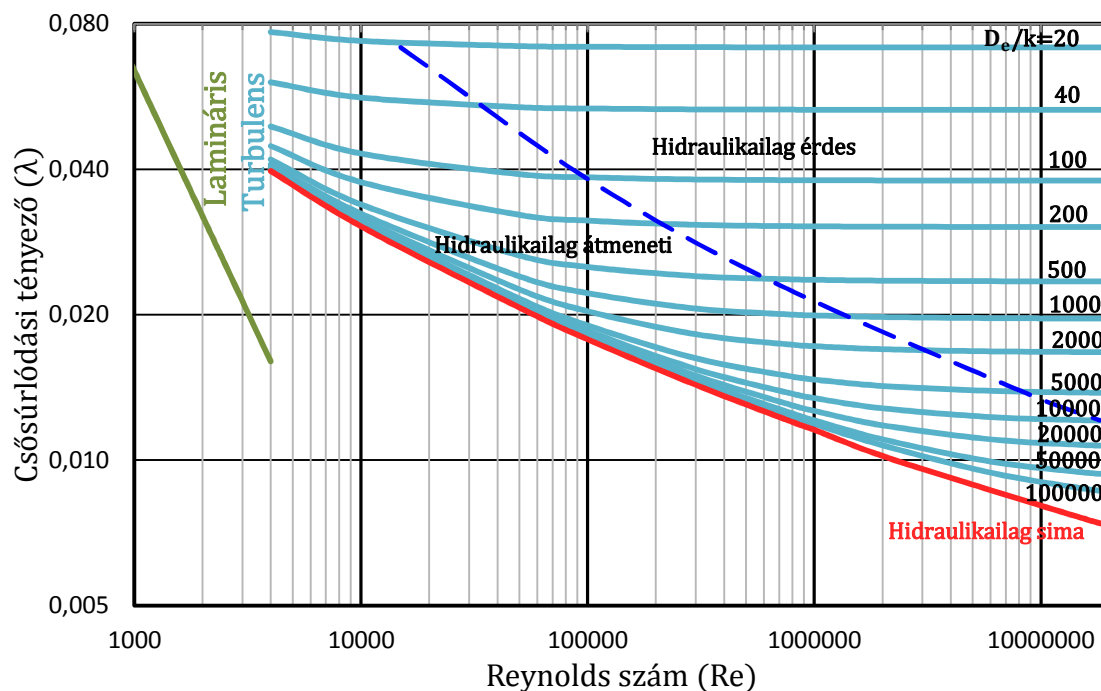
¹⁴ Kármán Tódor(1881-1963) Magyar Gépészmérnök,Budapest Műszaki Egyetemen végzett 1902-ben. 1933-ban letelepedett USA-ban és a Guggenheim Aeronautical Laboratory igazgatói állást kapott. Az ő nevéhez fűződik a Kármán-féle örvénysor.

¹⁵ Prandtl-Kármán képletének érvényességi tartományáról mindegyik szakkönyv különböző adatokkal szolgál, így valószínűleg ez az érték csak tájékoztatójellegű.

1.7.5 Moody¹⁶ diagram

1.7.5.1 Hagyományos Moody diagram

A Moody diagram egy kissé eltérő a Nikuradse diagramhoz képest. Van, ahol azt írják, hogy a Moody diagram pontosabb a Nikuradse diagramhoz képest. Ez egy kissé relatív megfogalmazás, így itt már csak azt érdemes megemlíteni, hogy az alkalmazott csővezeték sűrűlődségi tényező értékét jobban tudjuk közelíteni, ha a Moody diagramot alkalmazzuk. A Moody diagramot mutatja a 9. ábra.



9. ábra: Hagyományos Moody diagram

Itt szintén logaritmikus léptékben található x-tengelyen a Re-szám és y-tengelyen a csősűrűlődségi tényező. Itt főképpen az tűnik fel, hogy a diagram turbulens tartománya három részre oszlik, miszerint van hidraulikailag sima, hidraulikailag átmeneti és hidraulikailag érdes tartomány. A hidraulikailag sima tartomány esetében a sűrűlődségi tényező csak a Re-szám függvénye, hiszen a felületi érdesség 0-nak tekintendő. Az átmeneti tartomány számítása a legbonyolultabb, hiszen ott a csősűrűlődségi tényező a Re-szám és a relatív csőérdesség függvénye egyaránt. Hidraulikailag érdes csővezetékknél a λ csak a relatív csőérdességtől függ. Számos kutató közölt képleteket, mellyel a sűrűlődségi tényező számítható. Ezek többségében iterációs lépésekkel számítható implicit függvények, számításukhoz nem elég tudni a Re-számot, hanem ismernünk kell a relatív

¹⁶ Moody Lewis Ferry (1880-1953) Észak-amerikai mérnök. A róla elnevezett diagramot 1944-ben tette közzé, annak érdekében, hogy a mérnökök könnyebben tudják a csősűrűlődségi tényezőt számítani.

csőérdességet is. Itt egy munkát érdemes kiemelni, mégpedig a Colebrook¹⁷-White¹⁸ képletet. Colebrook-White és még sokan, képleteket adtak meg a turbulens áramlási tartományra, melyek alapján Moody elkészítette a róla elnevezett diagramot. A Colebrook-White képlettel kapcsolatosan annyit érdemes megjegyezni, hogy a szakkönyvek azt írják, hogy csak hidraulikailag átmeneti tartományra lehet alkalmazni, holott igen nagy pontossággal lehet alkalmazni ezen kívül eső tartományokon is. Kifejezetten átmeneti tartomány esetében a Prandtl-Colebrook képlet használatos, amint azt az alábbi táblázatban láthatunk, képletbeli eltérése igen csekély, viszont nem összekeverendő a két képlet!

Az évek során, kutatók által közölt képleteket láthatjuk a 3. táblázatban.

Áramkép	Név	Képlet	Érvényességi tartomány
Lamináris	Hagen-Poiseuille	$\lambda = \frac{64}{Re}$	$Re < 2320$
Turbulens Hidraulikailag sima	Blasius	$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$	$2320 < Re < 10^5$
	Prandtl-Kármán	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(Re \cdot \sqrt{\lambda}) - 0,8$	$2320 < Re < 3 \cdot 10^6$
Turbulens Hidraulikailag átmeneti	Prandtl-Colebrook	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left[\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + 0,269 \cdot \frac{k}{D_e} \right]$	$Re > 2320$
Turbulens Hidraulikailag érdes	Moody	$\lambda = 0,0055 + 0,15 \cdot \left[\frac{k}{D_e} \right]^{1/3}$	$Re > 2320$
Turbulens tartományt átfogó	Colebrook-White	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + 0,269 \cdot \frac{k}{D_e} \right]$	$Re > 2320$

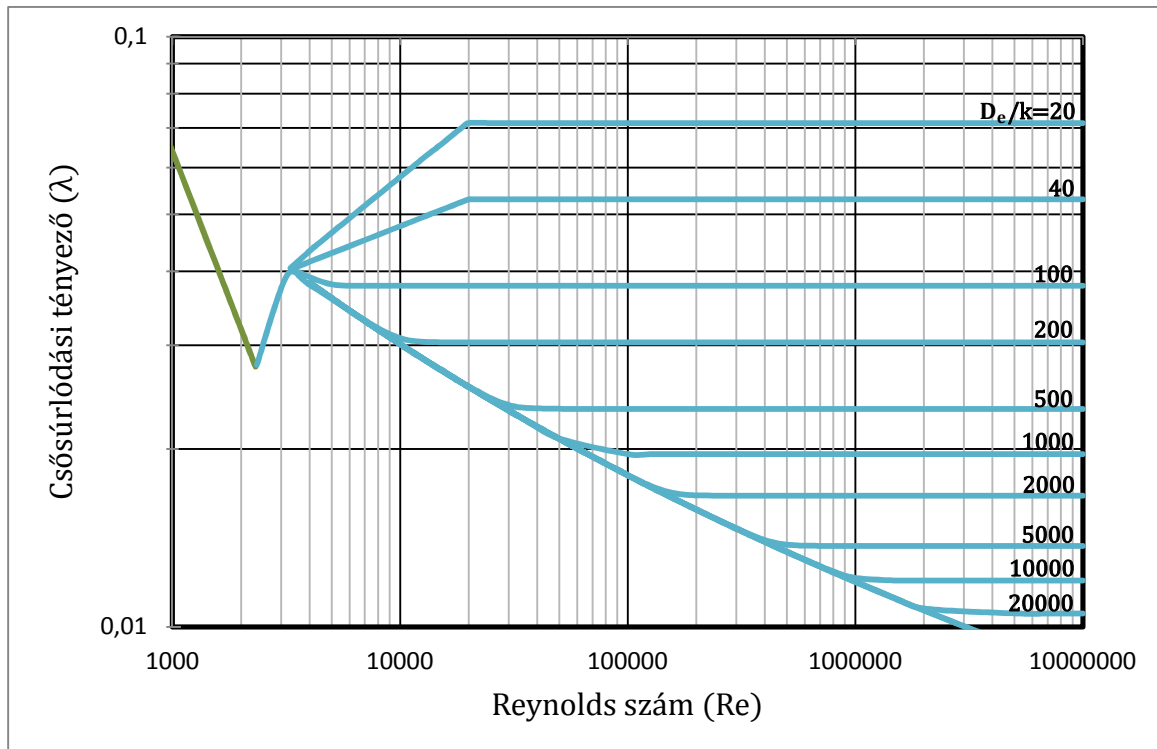
3.táblázat: A csőszűrlődési tényező számításának képletei

¹⁷ Cyril Frank Colebrook(1910-1997)brit fizikus volt.Hozzájárult a hidrodinamika megértéséhez. Cedric M.White-al együtt dolgozott. Colebrook Ludwiggal empirikus képlet-sorozatokat adtak meg, amelyekkel a csövek súrlódási tényezője határozható meg. A róluk elnevezett összefüggés angolul:Colebrook-White képlet.

¹⁸ Cedric Masey White (1898-1993)brit fizikus volt. A Nottinghami Egyetem főiskoláján végzett. Nagyban hozzájárult az alapvető hidrodinamika megértéséhez. Később tudományos asszisztens, majd lektor volt a King's főiskolán, Londonban 1933-tól pedig docens volt a londoni Imperial Főiskolán. 1994. január 20-án az "The Independently" egyik cikkében Sir Alec Skempton professzor azt írta, hogy Brian Pippard és White majdhogynem a laboratóriumban éltek.

1.7.5.2 Módosított Moody diagram

A mai kutatók eredményei azt mutatták, hogy a súrlódási tényező egy kissé eltér a Colebrook-White görbékhez képest. Legfőbbképp az átmeneti áramlás az, ahol a különbség igazán látható. Ott a függvény többnyire a hagyományos Moody diagramon, a hidraulikailag érdekes tartományhoz hasonló függvény. Persze akadnak kutatók, akik szerint a csővezetékek súrlódási tényezőjét a Moody diagramon található görbékkel lehet a legjobban közelíteni. A 10. ábra mutatja a Módosított Moody diagramot.



10. ábra: A Módosított Moody diagram

A diagram egyenlete:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -\frac{2}{U_s} \lg \left[\left(\frac{1,547}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)^{0,9445 \cdot U_s} + \left(\frac{k}{3,7 \cdot D_e} \right)^{U_s} \right],$$

ahol $U_s = 10$

A kutatók azt tapasztalták, hogy az áramlás laminárisból turbulensé való válása labilis helyen megy végbe, viszont az hirtelen, pontszerűen történik amint azt a diagramon láthatjuk. Ezt nevezik bizonytalan átmeneti tartománynak. Feltételezhetően hasonló folyamat, mint a lamináris turbulens átcsapás, azaz 2320-nál jóval magasabb Re-szám esetén is lehet az áramlás lamináris, viszont egy kisebb zavar hirtelen turbulensé változtathatja az áramlást.

Összefoglalva láthatjuk, hogy a súrlódási tényezőt sok kutató foglalkoztat és annak meghatározása igen nehéz. E dolgozat során mi a Colebrook-White képletet alkalmaztuk a számításoknál, mivel napjainkban ez a legelterjedtebb és a legtöbb szabványban is ez szerepel.

1.7.6 Folyadékszallító berendezések az épületgépészetben

1.7.6.1 Szivattyúk hasznos és tengelyteljesítménye

A szivattyúk hasznos teljesítménye az a teljesítmény, mely a közeg mozgatásához szükséges. Ezt a következő összefüggéssel tudjuk meghatározni:

$$P_{\text{hasznos}} = \dot{V} \cdot H \cdot \rho \cdot g$$

Ezzel a képlettel azonban még csak azt határoztuk meg, hogy a közeg mozgatásához mekkora teljesítményre van szükségünk. A szivattyú motorjának teljesítménye ennél várhatóan több, amit a következő összefüggéssel tudunk meghatározni:

$$P_{\text{tengely}} = \frac{P_{\text{hasznos}}}{\eta_{\text{sz.}}}$$

Innen már világosan látható, hogy a szivattyú villamos áram felhasználása függ a csőhálózat jelleggörbájátől.

1.7.6.2 Szivattyúk hatásfoka

A szivattyúk hatásfoka nagyban függ a csőhálózat jelleggörbájátől. A szivattyúk hatásfoka három fő hatásfokból tevődik össze:

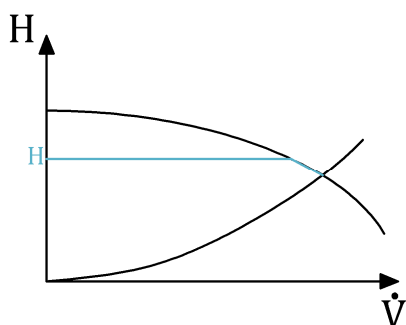
$$\eta_{\text{sz.}} = \eta_{\text{Volumetrikus}} \cdot \eta_{\text{Hidraulikai}} \cdot \eta_{\text{Mechanikai}}$$

, ahol a volumetrikus a tömítetlenségekből, a hidraulikai az áramlási veszteségek és a mechanikai a mechanikai súrlódásból adódó veszteségeket értelmezi.

1.7.6.3 Szabályozható szivattyúk

Fűtési rendszerek hőleadóit mindig az adott terület méretezési külsőhőmérséklet alapján méretezett hőszükségletre igazítják, s ehhez igazítják a szivattyúkat. Arra való tekintettel, hogy a méretezett külső hőmérséklet igen ritkán fordul elő, a szivattyúkat valamilyen úton-módon szabályozni szükséges, hiszen így tudjuk csökkenteni a folyadékszállító berendezésünk áramfelvételét. Régebbi típusú szivattyúk esetében ezt több fokozatú, de állandó fordulatszámú (tehát fokozatos fordulatszám szabályozott, állandó tömegáramú) szivattyúk esetében tudjuk megvalósítani. Napjainkban azonban egyre jobban kezdenek elterjedni a fokozatmentesen szabályozható szivattyúk, hiszen újonnan már csak ilyet építhetünk be fűtési rendszerünkbe. Ennek oka az energia felhasználás, hiszen az elektronikusan szabályozott szivattyúk áramfelvétele sokkal kedvezőbb, mint a fix fordulatszámú elődeiké. A fordulatszám szabályozott (modulációs) szivattyúk alkalmazása egyben optimális alkalmazási lehetőséget biztosít a változó tömegáramú rendszerek felé. Ez fix fordulatszámú szivattyúk esetében, önmagában nem eredményez megfelelő üzemelést, hiszen például a termosztatikus szelepek zárásakor zaj keletkezhet és egyéb nem kívánatos jelenség. Ezek megszüntetésére plusz szerelvényeket szükséges alkalmazni.

Δp -c szabályozási mód

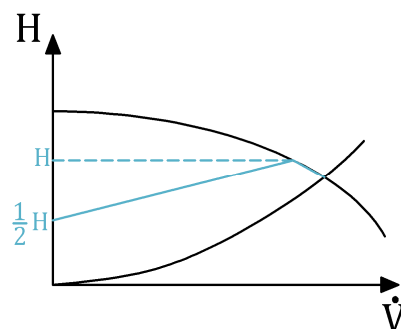


Az Δp -c szabályozás esetén, a szivattyú által létrehozott emelőmagasságot a folyadékszállító berendezés elektronikája a térfogatáram változás esetén állandó értéken tartja (11. ábra)

11. ábra: Szivattyúk Δp -c szabályozása

Δp -v szabályozási mód

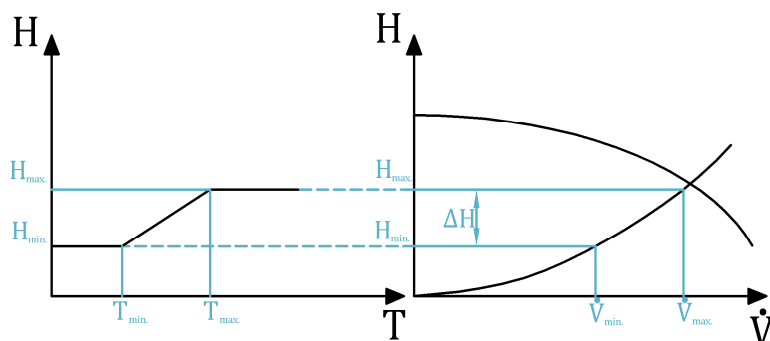
Δp -v szabályozás esetén, a szivattyú által létrehozott emelőmagasságot (H) az elektronika H és $\frac{1}{2}H$ között lineárisan változtatja a térfogatáram függvényében (12. ábra)



12. ábra: Szivattyúk Δp -v szabályozása

Δp -T szabályozási mód

A szivattyú, az általa létrehozott emelőmagasságot a mért közeg hőmérsékletétől függően változtatja.



13. ábra: Szivattyúk Δp -T szabályozása

1.7.6.4 Szivattyúk költségei

A mai korszerű szivattyúk megközelítőleg 20 éves időtartamot tudnak üzemelni. Egy szivattyú költségeit tehát 20 éves üzemelési időre szükséges nézzük. Ez idő alatt az összes költséget a következő egyenlet írja le:

$$K_{sz.,össz.} = K_{szivattyú} + K_{ü.} + K_{karb.}$$

20 éves időintervallumot nézve, az üzemelési költség az összes költségnek a ~80-85 %-át teszi ki és megközelítőleg a szivattyú ára ~10 %, a maradék pedig a várható karbantartási költségek, ami ~5-10%. Ezt figyelembe véve elég rossz döntés, ha a szivattyúválasztást a készülék ára alapján döntjük el. Ez azért egy fontos kérdés napjainkban, mert igen nehéz és lassú a fix fordulatszámú szivattyúk áttérése modulációs szivattyúkra, holott a beruházási költség közötti különbség nem annyira számottevő. Ez főként a szivattyúk beszerzési árának különbségéből adódik.

A legfontosabb számolni való, az a szivattyúzási üzemeltetési költség. Ezt a következő képlettel számíthatjuk:

$$K_{ü.} = \tau \cdot \frac{P_{tengely}}{1000} \cdot K_{villamos}$$

Ekkor már a várható karbantartási költség számítható.

Az üzemeltetési óraszám megközelítőleg a következők:

$$\tau_{\text{folyamatos üzem}} = 4500 \frac{\text{h}}{\text{év}}$$

$$\tau_{\text{szakaszos üzem}} = 2300 \frac{\text{h}}{\text{év}}$$

1.7.6.5 Elektronikusan szabályozott szivattyúk által megtakarított villamosenergia

Az elektronikusan szabályozott szivattyúk által megtakarított villamosenergia-számítást egy példán keresztül mutatjuk be.

E dolognak a számításához a következőkre van szükségünk (az adatok 2014.10.27. kerültek kiírásra):

1.Hitelkamat:

Forrás: forrás: <http://www.napigazdasag.hu/cikk/18411/>
(2014. július 23. szerda 15:56)

„A szintén a háztartásoknak nyújtott, 10 éven túli futamidejű lakáscélú forinthelek rögzített kamata 2012 augusztusában 9,15 százalék, 2013 azonos hónapjában 6,51, idén májusban pedig **6,62** százalék volt az áprilisi 5,82 százalék után. Ezen hitelek átlagos hitelköltség mutatója a kamatcsökkentés kezdetekor 10,01, tavaly augusztusban 7,18, 2014 májusában pedig 6,99 százalék volt.”

2.Infláció:

Forrás: <http://www.mnb.hu/>
(2014.szept.)

Aktuális infláció, KSH=**-0,5 %**

3.Reálkamat:

$$p_{\text{reál}} = \frac{1+p_{\text{no,min,ál}}}{1+i} - 1 = \frac{1+0,0662}{1+(-0,5)} - 1 = 0,1223 = \mathbf{12,23 \%}$$

4.Jelenlegi villamosenergia árak

Forrás: http://www.eon.hu/Aram_informaciok_arak
(2014.10.27)

Lakossági felhasználók:

Árszabás megnevezése	Áramdíjak (Ft/kWh, nettó)	Felhasználó által fizetendő rendszer- használati díjak, valamint törvény által meghatározott egyéb pénzeszközök (Ft/kWh, nettó)	ÁFA mértéke (Ft/kWh)	Áramdíjak összesen (Ft/kWh, bruttó)*
A1 - I. tömb (1320 kWh/év fogyasztásig)	13,71	14,11	7,51	35,33
A1 - II. tömb (az éves fogyasztás 1320 kWh-t meghaladó része)	15,63	14,11	8,03	37,77
A2 - csúcsidőszak	20,10	14,11	9,24	43,44
A2 - völgyidőszak	11,72	14,11	6,97	32,80
B	11,07	7,48	5,01	23,55
H	11,07	7,48	5,01	23,55

$$\text{Tehát } K_{\text{villamos}} = 35,33 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}}$$

5. Várható villamosenergia árak

Nemzetközi gyakorlatban az elfogadott energiaár-növekedés 2%, így ezt alkalmazva 20 év múlva, azaz 2034-re várható villamosenergia ára:

$$K_{\text{villamos}, 2034} = K_{\text{villamos} (2014)} \cdot (1 + 0,02)^{2034-2014} = 35,33 \cdot (1 + 0,02)^{20} = 52,5 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}}$$

$$2014-2034 \text{ között az átlagos villanyár } 43,37736 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}}.$$

6. Szivattyú-készülékek árbeli különbsége

Jelen példánkban a következő adatokat vettük alapul:

$$\dot{V} = 1,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\Delta T = 15 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = 26 \text{ kW}$$

$$H = 0,7 \text{ m}$$

Ez megközelítőleg egy családi ház szintű fűtési rendszer tulajdonságainak felel meg (nagyon leegyszerűsítve).

A beszerzési költségek megközelítőleg a következők szerint alakulnak:

Kis energiafogyasztású szivattyú:

$$K_{\text{szivattyú}} \approx 65.000. \text{ Ft}$$

Régi típusú szivattyú:

$$K_{\text{szivattyú}} \approx 25.000. \text{ Ft}$$

$$\Delta K_{\text{szivattyú}} = 65.000 - 25.000 = 40.000. \text{ Ft}$$

A különbség 40.000.Ft. A legtöbb esetben a szivattyúk összköltségét, illetve azok közötti különbségét a beszerzési költségen túlmenően nem veszik figyelembe.

Az üzemeltetési költségek megközelítőleg a következők szerint alakulnak:

Kis energiafogyasztású szivattyú áramfelvétele:

$$P_{\text{tengely}} = 8 \text{ W} \quad \rightarrow 0,008 \text{ kWh}$$

Régi típusú szivattyú áramfelvétele:

$$P_{\text{tengely}} = 35 \text{ W} \quad \rightarrow 0,035 \text{ kWh}$$

Létesítési költség:

$$\Delta K_{\text{szivattyú}} = I_{\text{többlet}} = 65.000 - 25.000 = 40.000. \text{ Ft}$$

$$a_{20} = \frac{P_{\text{reál}}}{1 - (1 + p_{\text{reál}})^{-n}} = \frac{0,1223}{1 - (1 + 0,1223)^{-20}} = 0,1358$$

Jelenérték faktor:

$$B_{20} = \frac{1 - (1 + p_{\text{reál}})^{-20}}{P_{\text{reál}}} = \frac{1 - (1 + 0,1223)^{-20}}{0,1223} = 7,363$$

A maradék 20 év után:

$$R = (1 - a_{20} \cdot B_{20}) \cdot I_{\text{többlet}} = (1 - 0,1358 \cdot 7,363) \cdot 40.000 = 4,184 \text{ Ft}$$

A megtakarított energia ára:

$$E_{\text{megtak.}} = (0,035 - 0,008) \cdot 2300 = 62,1 \text{ kWh (egy év alatt)}$$

$$K_{\text{megtakarított}} = \frac{a_{20} \cdot (I_{\text{többlet}} - R)}{E_{\text{megtak.}}} = \frac{0,1358 \cdot (40000 - 4,184)}{62,1} = 87,4626 \frac{\text{Ft}}{\text{kWh}}$$

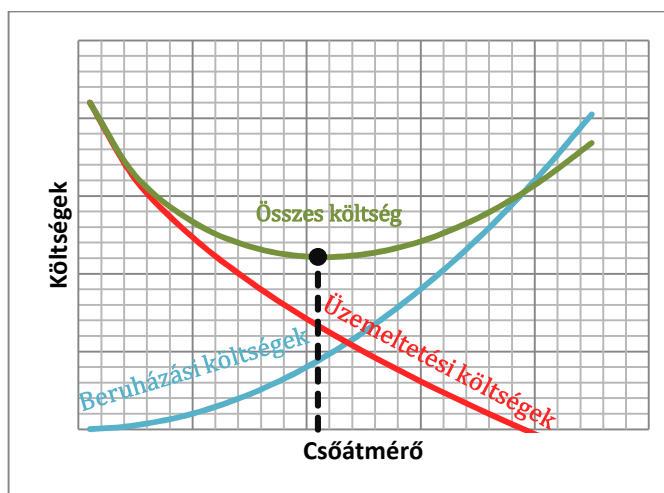
$$K_{\text{megtakarított},20} = 62,1 \cdot 87,4626 \cdot 20 = 108628 \text{ Ft}$$

Tehát 20 év alatt, ha kis energiafogyasztású szivattyút alkalmazunk a hagyományos, régi típusú helyett, 108628 Ft-ot takarítunk meg.

1.7.7 A gazdaságos csőátmérő

1.7.7.1 A gazdaságos csőátmérő elmélete

A gazdaságos csőátmérő, mint alapfogalom azt jelenti, hogy a beruházási költséget és az üzemeltetési költséget optimalizáljuk. Ennek elméleti diagramját láthatjuk a 14. ábrán. A szakkönyvek azt javasolják, hogy méretezésnél a fajlagos súrlódási veszteséget $50\text{--}200 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ re vegyük.

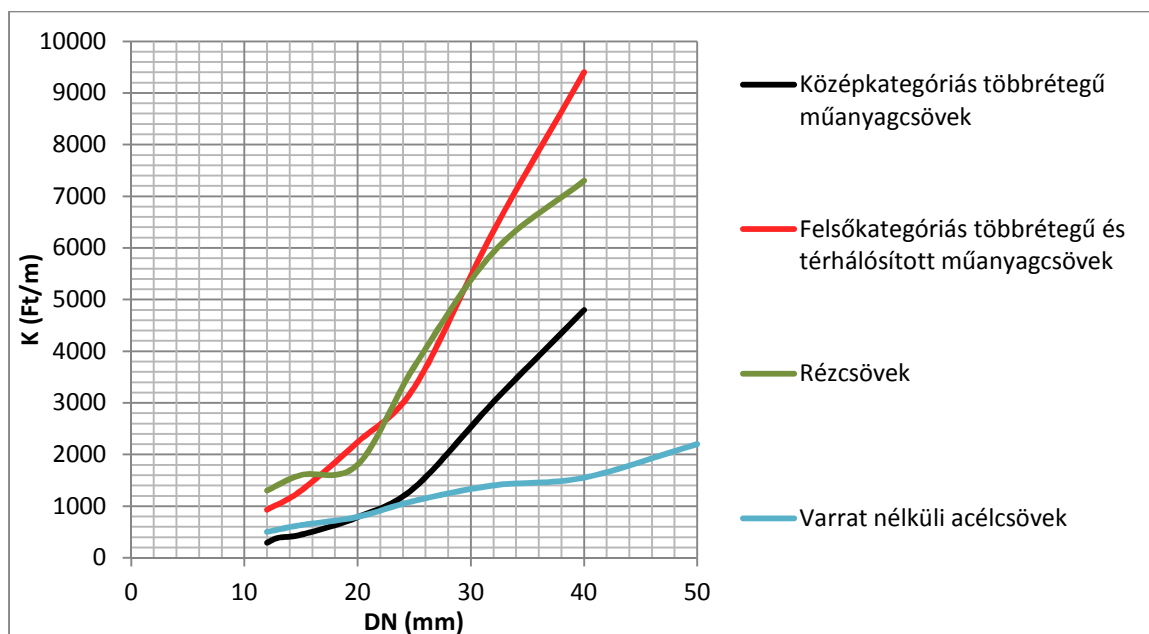


14. ábra: A gazdaságos csőátmérő

2 A gazdaságos csőátmérő vizsgálata

2.1 Csővezetékek megközelített árai napjainkban az átmérő függvényében

Hazánkban nagyon sokféle csővezeték technológiából válogathatunk, melyeknek árai igen különbözőek. A 15. ábra mutatja a csővezeték technológiák árait a névleges csőátmérő függvényében. Az árak tájékoztató jellegűek, melyek tartalmazzák az általános forgalmi adót.



15. ábra: Csővezetékek árdiagramja

2.2 Méretezés a gazdaságos csőátmérő figyelembevételével a szakkönyvekben foglaltak alapján

A szakkönyvek a fűtési csőhálózatok méretezésénél különböző, tájékoztató értékeket adnak meg az optimális méretezés érdekében. Ilyen adat például a $50\text{-}200 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ fajlagos súrlódási tényezőre való számítás, vagy a $0,25\text{-}1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ áramlási sebességre való méretezés (DN 80 méretig).

2.3 Vizsgálat előtti megfigyelések és kitűzött tartományok

Annak érdekében, hogy méretezéskor az optimumra tudjunk törekedni, sok kérdés merül fel. Ilyen például az alkalmazott csővezeték technológia, az üzemórák száma és a legaktuálisabb kérdés, hogy milyen típusú szivattyút alkalmazunk. E készülékeknek a legjelentősebb különbség, mely nagy hatással van a költségekre, a hatásfok. Vizsgálataink előtt ellenőrző számításokat végeztünk, melyeknél azt kaptuk, hogy a régi típusú szivattyúk hatásfoka $\sim 20\text{-}25\%$ (esetenként ez $\sim 10\%$ vagy annál kisebb is lehet), míg a mai korszerű szivattyúk $\sim 50\text{-}55\%$ hatásfokúak. A szakkönyvek tájékoztatóul azt írják, hogy az olyan áramlástechnikai gép, melynek hatásfoka közel 60% -os, nagyon jónak számít. Így a kapott értékeket elfogadhatónak tekinthetjük. Számításaink során a csősúrlódási tényezőt a Colebrook-White egyenlet alapján végeztük. Ennek fő oka, hogy a világon ez a legelfogadottabb és szabványokban is ezt ajánlják. A csővezetékek átmérőjét, mivel többnyire családi- és kisebb társasház méretekre esett a választás, DN

12-40 (és 50) között vettük fel. Továbbá a vizsgálatokat különböző üzemórákra végeztük, különböző térfogatáramokon, valamint 20 évre. Amit nem vettünk figyelembe, az a csővezetékek hőleadása, mivel az már túlbonyolítaná a számításokat, s az már egy másik témakör, tehát az áramlást adiabatikusnak (izotermikusnak) tekintettük. Az áramlásra és csővezetékere jellemző adatokat az 5. táblázat tartalmazza.

Közeg	Víz
t	70 °C
Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagcsövek	k=0,007 mm
Rézcsövek	k=0,0015 mm
Középkategóriás többretegű csövek	k=0,007 mm
Varratnélküli acélcsövek	k=0,06 mm
η régi típusú	25 %
η új, fordulatszám szabályozott	50 %
τ szakaszos	2300 $\frac{\text{h}}{\text{év}}$
τ folyamatos	4500 $\frac{\text{h}}{\text{év}}$

5. táblázat: Vizsgálatok során alkalmazott adatok

2.4 Az optimális csőátmérő, illetve fajlagos súrlódási nyomásveszteség vizsgálata

Megjegyzés: Vizsgálatainkat csak adott csőátmérőig végeztük és előfordulhat, hogy az összköltség-minimuma valahol ott vagy annál nagyobb csőátmérőnél van. Ilyen esetben azt piros színnel megjelöljük (persze az is előfordulhat, hogy két átmérő közé esik az optimális csőátmérő, azonban az kisebb mértékű). A táblázatok értékeit úgy is lehet értelmezni, mintha egy rendszer 1 méteres csőszakaszát vizsgálnánk, s az adott szivattyú adott hatásfokon üzemelne.

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		0,5 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	959	1063	2080	2363	3380
15	355	393	770	1993	2370
20	122	135	265	1935	2065
25	42	46	91	3746	3791
32	13	14	28	5934	5948
40	5	5	11	7305	7311
$\Delta p_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$	122 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$				
$\Delta p_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$	122 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\ddot{u}. - \text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\ddot{u}. - \text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.} - \text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.} - \text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	3316	7352	14386	8652	15686
15	1220	2705	5293	4305	6893
20	418	926	1813	2726	3613
25	143	318	623	4018	4323
32	44	98	191	6018	6111
40	17	38	74	7338	7374
$\Delta p'_{s - \text{opt.} - \text{szak.}}$	418 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				
$\Delta p'_{s - \text{opt.} - \text{foly.}}$	418 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\ddot{u}. - \text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\ddot{u}. - \text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.} - \text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.} - \text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	11657	51689	101131	52989	102431
15	4256	18873	36925	20473	38525
20	1448	6422	12564	8222	14364
25	494	2193	4291	5893	7991
32	151	670	1312	6590	7232
40	58	26	508	7326	7808
$\Delta p'_{s - \text{opt.} - \text{szak.}}$	494 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				
$\Delta p'_{s - \text{opt.} - \text{foly.}}$	151 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\ddot{u}. - \text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\ddot{u}. - \text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.} - \text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.} - \text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	41761	370352	724603	371652	725903
15	15100	133916	262009	135516	263609
20	5093	45173	88382	46973	90182
25	1727	15319	1727	19019	33673
32	524	4653	9104	10573	15024
40	202	1796	3514	9096	10814
$\Delta p'_{s - \text{opt.} - \text{szak.}}$	202 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				
$\Delta p'_{s - \text{opt.} - \text{foly.}}$	202 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	1485	1647	3222	2577	4152
15	367	407	796	1707	2096
20	125	138	271	2378	2511
25	35	39	77	3339	3377
32	11	12	24	6342	6354
40	3	4	7	9404	9407
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 367 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 367 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	5308	11769	23026	12699	23956
15	1288	2857	5590	4157	6890
20	434	963	1884	3203	4124
25	122	270	529	3570	3829
32	38	86	168	6416	6498
40	12	27	53	9427	9453
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 434 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 122 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	19499	86463	169168	87393	170098
15	4636	20557	40221	21857	41521
20	1540	6831	13365	9071	15605
25	426	1892	3703	5192	7003
32	134	595	1164	6925	7494
40	42	185	363	9585	9763
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 426 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 426 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	73576	652494	1276619	653424	1277549
15	17133	151940	297275	153240	298575
20	5602	49684	97209	51924	99449
25	1526	13533	26479	16833	29779
32	473	4199	8216	10529	14546
40	146	1297	2538	10697	11938
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$	473 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$	146 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Varrat nélküli acélcső			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	1773	1966	3846	2466	4346
15	467	518	1014	1148	1644
20	104	116	227	906	1017
25	33	37	72	1137	1172
32	8	9	18	1409	1418
40	4	4	8	1554	1558
50	1	1	3	2201	2203
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$	104 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$	104 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Varrat nélküli acélcső			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	6831	15145	29632	15645	30132
15	1770	3925	7680	4555	8310
20	387	858	1678	1648	2468
25	120	267	523	1367	1623
32	29	65	128	1465	1528
40	13	30	60	1580	1610
50	4	10	19	2210	2219
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$	120 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$	29 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$				

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Varratnélküli acélcső			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	26755	118639	232120	119139	232620
15	6855	30398	59475	31028	60105
20	1471	6523	12762	7313	13552
25	450	1998	3909	3098	5009
32	108	480	939	1880	2339
40	47	220	431	1770	1981
50	15	70	135	2270	2335
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 47 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 47 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Varratnélküli acélcső			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	105834	938565	1836324	939065	1836824
15	26934	238859	467333	239489	467963
20	5711	50650	99099	51440	99889
25	1727	15319	29972	16419	31072
32	407	3609	7062	5009	8462
40	184	1635	3200	3185	4750
50	56	504	135	2704	2335
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 56 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 56 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}}\right]$
12	1485	1647	3222	1942	3517
13	701	777	1521	1167	1911
15	367	407	796	857	1246
20	125	138	271	928	1061
25	35	39	77	1399	1437
32	11	12	24	3032	3044
40	3	4	7	4804	4807
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 367 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 125 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}}\right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	5308	11769	23026	12064	23321
13	2481	5500	10762	5890	11152
15	1288	2857	5590	3307	6040
20	434	963	1884	1753	2674
25	122	270	529	1630	1889
32	38	86	168	3106	3188
40	12	27	59	4827	4859
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 122 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 122 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	19499	86463	169168	86758	169463
13	9009	39951	78165	40341	78555
15	4636	20557	40221	21007	40671
20	1540	6831	13365	7621	14155
25	426	1892	3703	3252	5063
32	134	595	1164	3615	4184
40	41	185	363	4985	5163
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 426 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 134 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fix fordulatszámú, régi típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	73576	652494	1276619	652789	1276914
13	33623	298179	583394	298569	583784
15	17133	151940	297275	152390	297725
20	5602	49684	97209	50474	97999
25	1526	13533	26479	14893	27839
32	473	4199	8216	7219	11236
40	146	1297	2538	6097	7338
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 146 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 146 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	959	531	1040	1831	2340
15	355	196	385	1796	1985
20	122	67	132	1867	1932
25	42	23	45	3723	3745
32	13	7	14	5927	5934
40	5	2	5	7302	7305
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$355 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$122 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	3316	3676	7193	4976	8493
15	1220	1352	2646	2952	4246
20	418	463	906	2263	2706
25	143	159	311	3859	4011
32	44	48	95	5968	6015
40	17	19	37	7319	7337
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$418 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$418 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	11657	25844	50565	27144	51865
15	4256	9436	18462	11036	20062
20	1448	3211	6282	5011	8082
25	494	1096	2145	4796	5845
32	151	335	656	6255	6576
40	58	130	254	7430	7554
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$494 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$494 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Réz			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	41761	185176	362301	186476	363601
15	15100	66958	131004	68558	132604
20	5093	22586	44191	24386	45991
25	1727	7659	14986	11359	18686
32	524	2326	4552	8246	10472
40	202	898	1757	8198	9057
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 202 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 202 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	1485	823	1611	1753	2541
15	367	203	398	1503	1698
20	125	69	135	2309	2375
25	35	19	38	3319	3338
32	11	6	12	6336	6342
40	3	2	4	9402	9404
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 367 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 367 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	5308	5884	11513	6814	12443
15	1288	1428	2795	2728	4095
20	434	481	942	2721	3182
25	122	135	264	3435	3564
32	38	43	84	6373	6414
40	12	13	26	9413	9426
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 434 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 434 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	19499	43231	84584	44161	85514
15	4636	10278	20110	11578	21410
20	1540	3415	6682	5655	8922
25	426	946	1852	4246	5152
32	134	297	582	6627	6912
40	42	92	181	9492	9581
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 426 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 426 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	73576	326247	638309	327177	639239
15	17133	75970	148637	77270	149937
20	5602	24842	48604	27082	50844
25	1526	6766	13239	10066	16539
32	473	2100	4108	8430	10438
40	146	648	1270	10048	10670
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 473 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 473 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Varrat nélküli acélcső			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	1773	983	1923	1483	2423
15	467	260	507	890	1137
20	104	58	113	848	903
25	33	18	36	1118	1136
32	8	4	9	1404	1409
40	4	2	4	1552	1554
50	1	1	1	2201	2201
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 104 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 104 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Varratnélküli acélcső			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	6831	7572	14816	8072	15316
15	1770	1962	3840	2592	4470
20	387	429	840	1219	1630
25	120	133	261	1233	1361
32	29	32	64	1432	1464
40	13	15	30	1565	1580
50	4	5	10	2205	2210
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 387 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 120 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Varratnélküli acélcső			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	26755	59319	116060	59819	116560
15	6855	15199	29737	15829	30367
20	1471	3261	6381	4051	7171
25	450	1000	1954	2100	3054
32	108	240	470	1640	1870
40	47	110	215	1660	1765
50	15	34	67	2234	2267
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 108 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 47 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Varratnélküli acélcső			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	105834	469282	918162	469782	918662
15	26934	119429	233667	120059	234297
20	5711	25325	49549	26115	50339
25	1727	7659	14986	8759	16086
32	407	1804	3531	3204	4931
40	184	817	1600	2367	3150
50	56	252	493	2452	2693
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$ 184 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$ 56 $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$					

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	1485	823	1611	1118	1906
13	701	388	760	778	1150
15	367	203	398	653	848
20	125	69	135	859	925
25	35	19	38	1379	1398
32	11	6	12	3026	3032
40	3	2	4	4802	4804
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$367 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$367 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$1,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	5308	5884	11513	6179	11808
13	2481	2750	5381	3140	5771
15	1288	1428	2795	1878	3245
20	434	481	942	1271	1732
25	122	135	264	1495	1624
32	38	43	84	3063	3104
40	12	13	26	4813	4826
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$434 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$122 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többrétegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$2,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s'$ $\left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}}$ $\left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	19499	43231	84584	43526	84879
13	9009	19975	39082	20365	39472
15	4636	10278	20110	10728	20560
20	1540	3415	6682	4205	7472
25	426	946	1851	2306	3211
32	134	297	582	3317	3602
40	41	93	181	4893	4981
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$426 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p'_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$426 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

Szivattyú típus		Fordulatszám szabályozott, új típusú			
Csővezeték technológia		Középkategóriás többretegű műanyagcsövek			
$\dot{V}$		$4,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$			
DN	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{szakaszos}} \left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{ü.}-\text{folyamatos}} \left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{szakaszos}} \left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$	$K_{\text{össz.}-\text{folyamatos}} \left[\frac{\text{Ft.}}{20 \text{ év}} \right]$
12	73576	326247	638309	326542	638604
13	33623	149089	291697	149479	292087
15	17133	75970	148637	76420	149087
20	5602	24842	48604	25632	49394
25	1526	6766	13239	8126	14599
32	473	2099	4108	5119	7128
40	146	648	1270	5448	6070
$\Delta p_{s-\text{opt.}-\text{szak.}}$		$473 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			
$\Delta p_{s-\text{opt.}-\text{foly.}}$		$146 \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$			

2.5 Méretezéskor ajánlott fajlagos súrlódási nyomásveszteségek a csővezeték és szivattyú technológia függvényében

A 2.4 pontban lévő táblázat értékei alapján:

Csővezeték technológia	Réz			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	122	122	355	122
1,0	418	418	418	418
2,0	494	151	494	494
4,0	202	202	202	202

Csővezeték technológia	Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	367	367	367	367
1,0	434	122	434	434
2,0	426	426	426	426
4,0	473	146	473	473

Csővezeték technológia	Varratnélküli acélcső			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	104	104	104	104
1,0	120	29	387	120
2,0	47	47	108	47
4,0	56	56	184	56

Csővezeték technológia	Középkategóriás többretegű műanyagcsövek			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	367	125	367	367
1,0	122	122	434	122
2,0	426	134	426	426
4,0	146	146	473	146

A közölt értékek diagramba való foglalása alapján:

Csővezeték technológia	Réz			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	178	162	455	153
1,0	462	391	533	472
2,0	460	163	566	469

Csővezeték technológia	Felsőkategóriás többretegű és térhálósított műanyagok			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	401	336	481	401
1,0	462	165	621	462
2,0	417	424	530	424

Csővezeték technológia	Varratnélküli acélcső			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	114	93	183	114
1,0	113	32	325	110
2,0	61	54	98	56

Csővezeték technológia	Középkategóriás többretegű műanyagcsövek			
Szivattyú típus	Fixfordulatszámú, régi típusú		Fordulatszám szabályozott, új típusú	
Üzemeltetés	Szakaszos	Folyamatos	Szakaszos	Folyamatos
$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$	$\Delta p_s' \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right]$
0,5	356	164	439	356
1,0	218	145	451	201
2,0	388	150	432	381

3 Összefoglalás

Az optimális fajlagos súrlódási veszteség igen sok dolog függvénye. A szakkönyvekben közölt $50\text{-}200 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ – már önmagában egy igen nagy skála és nehéz eldönteni, hogy mikor, milyen értékkel számoljunk. Ennek kiküszöbölésére készült a 2.5 pontban közölt táblázat értékei. Látható, hogy tulajdonképpen a csővezeték ára, annak tulajdonságai, a szivattyú típustól és további sok dolognak függvénye. A diagramok elvégzése után a 2.5 pontban közölt táblázat adatai már jól mutatják, hogy az új típusú, kis energiafogyasztású szivattyúk alkalmazása esetén a fajlagos súrlódási nyomásveszteség értékét nagyobbra szükséges venni a régi típusú, fix fordulatszámú elődeikéhez képest. A közölt értékek azt is jól mutatják, hogy milyen összetett kérdés a megfelelő fajlagos súrlódási tényező felvétele méretezéskor. Mivel a villamosenergia és csővezeték árak folyamatosan változnak, a fűtőhálózatok méretezésénél az optimális fajlagos súrlódási nyomásveszteség értéke nem állandó. A kapott eredmények alapján felvetődhet az a gondolat, hogy az $50\text{-}200 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$ értéket lehetséges, hogy szükséges lenne átértékelni.

Irodalomjegyzék

- 1/ Gruber József, dr.- Blahó Miklós, dr.: *Folyadékok mechanikája*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1956
- 2/ Lajos Tamás. : *Az áramlástan alapjai. 4. átdolgozott és bővített kiadás*. Dr. Lajos Tamás, Budapest, 2008.
- 3/ Garbai László: *Hidraulikai számítások az épületgépészetben és az energetikában*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2007.
- 4/ Rudolf Jauschowitz: *Hidraulika a melegvízfűtés szíve*. Herz Armaturen Ges.m.b.H.,2007
- 5/ Vinkler Károly és Jávor Miklós: *Hidraulikai be szabályozás I*, IMI International Kft. kiadványa,2005
- 6/ Garbai László, Bánhidi László: *Válogatott fejezetek az elméleti fűtéstech nika köréből*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2008.
- 7/ Prof.dr. Tihanyi László: *Súrlódási tényező-a gázhálózati modellek kulcsp aramétere*, Kőolaj és Földgáz 35. évfolyam 7-8.szám, 2002. július-augusztus
- 8/ Cséki István: *Épületgépészeti tervezési segédlet rézcsöves szerelésekhez*. Magyar Rézpiaci Központ, 2008
- 9/ Vinkler Károly: *Kézben tartott áramlás*. PI Innovációs kft., 2012
- 10/ Bohl, Willi: *Műszaki áramlástan*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983
- 11/ Csoknyai István, dr.-Doholuczki Tibor: *Több, mint hidraulika*. Herz Armatura Hungária kft., 2007
- 12/ Bánhidi László, dr.: *Egycsöves vízfűtések*. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1981
- 13/ Gergely Dániel Zoltán: *Csővezetékek hidraulikai ellenállása*, VGF Épületgépészeti szaklap XIV. évfolyam 7-8. szám, 2013. július-augusztus
- 14/ Körényi Zoltán, Tolnai Béla: *Az áramlás- és hőtechnika nagyjai*. Műegyetemi kiadó, Budapest 2007