



POLIETILÉN KPE

NYOMÓCSÖVEK ÉS NYOMÓCSŐ

RENDSZEREK ÉPÍTÉSE



Polietilén KPE nyomócsövek és nyomócső rendszerek építése

2. átdolgozott kiadás

*Debrecen
2008. január*

Kérjük, ha kérdése van forduljon munkatársunkhoz:

Jakab János
termékmenedzser
Pipelife Hungária Kft.
4031 Debrecen, Kishegyesi út 263.
Mobil: 30/9679-570
Tel.: 52/510-742
E-mail: janos.jakab@pipelife.hu

Debrecen, 2008.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETŐ.....	6
2. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK.....	7
2.1. Az alapanyagok.....	7
2.2. A csőgyártás.....	8
2.3. A cső vizsgálata és minősítése.....	10
2.4. A csövek fizikai jellemzői.....	13
2.5. A csövek kémiai jellemzői.....	15
3. ALAPFOGALMAK A FELHASZNÁLÁSHOZ.....	16
3.1. Fogalmak és jelölések.....	16
3.2. Csőszabványosítás és méretezés.....	17
3.3. Alkalmazási feltételek, méretsorok a tervezéshez.....	18
3.3.1. Vízellátás.....	19
3.3.2. Szennyvízelvezetés.....	22
3.3.3. Gázellátás.....	25
3.4. Szállítás, megrendelés.....	26
4. PE CSŐIDOMOK és CSŐKÖTÉSEK.....	29
4.1. Kötések rendszerezése.....	29
4.2. Oldható – mechanikus – kötések.....	29
4.2.1. Karimás kötés.....	30
4.2.2. Szorítókötések és idomrendszerek.....	30
4.3. Oldhatatlan – hegesztett – kötések.....	33
4.3.1. Elektrofúziós hegesztés.....	34
4.3.2. Tompahegesztés.....	36
4.4. Egyéb kötések.....	41
5. TERVEZÉS.....	42
5.1. Nyomvonal- és szerkezeti tervezés.....	42
5.2. Hidraulikai méretezés.....	44
5.3. Nyomócsövek erőtanai méretezése.....	46
5.3.1. Terhelések meghatározása.....	48
5.3.2. Méretezés feszültségekre.....	52
5.3.3. Méretezés alakváltozásra és stabilitásra.....	55
5.3.4. Hőtágulás és annak hatásai.....	55
6. KIVITELEZÉS.....	57
6.1. Csövek tárolása, szállítása és mozgatása a munkahelyen.....	57
6.2. Munkaárok kialakítása.....	59
6.3. Az ágyazatkészítés előírásai.....	62
6.4. A csőfektetés.....	64
6.5. Földvisszatöltés.....	66
6.6. Nyomáspróba.....	66
6.6.1. Terhelések meghatározása.....	66
6.6.2. A nyomáspróba lefolytatása.....	67
6.6.2.1. Feltöltés és légtelenítés.....	67
6.6.2.2. Előzetes vizsgálat.....	67
6.6.2.3. Nyomás ejtés vizsgálat.....	67
6.6.2.4. Fő nyomáspróba vizsgálat.....	68
7. EGYÉB RENDELETETÉSŰ NYOMÓCSÖVEK.....	70
7.1. Technológiai csővezetékek.....	70
7.2. Rekonstrukció.....	70
8. MELLÉKLETEK:.....	71
1. melléklet: PE csövek kémiai ellenálló-képessége.....	71
2. melléklet: Hidraulikai méretező táblázatok.....	81
9. TÁRSASÁGUNK ÁLTAL GYÁRTOTT ÉS FORGALMAZOTT FŐ TERMÉKCSOPORTOK.....	90
10. IRODALOM ÉS SZABVÁNYOK.....	91

1. BEVEZETŐ

A Polietilén KPE nyomócsövek és nyomócső rendszerek építése c. alkalmazástechnikai kézikönyv 1. kiadását a **Pannonpipe Kft.** 1996-ban jelentette meg. A kiadvány célkitűzése a gáz-, illetve vízi közmű rendszerek építésének elősegítése volt a PE cső felhasználók körében, a kornak megfelelő műszaki ismeretek átadásával. A kézikönyv kiadását indokolta a kemény polietilén csövek hazai műszaki szabályozási környezete, amelynek következtében a különböző felhasználási területekre vonatkozóan, jelentősen eltérő színvonalú, - és szellemű - szabályok voltak érvényben. Ezen helyzetből adódó ellentmondások feloldására és az iránymutatás szándékával elkészített kézikönyvünk az elmúlt 10 évben több ezer példányban jutott el a tervezőkhöz, és a kivitelezőkhöz. Reményeink szerint ezzel is hozzájárultunk a polietilén cső hazai elterjedéséhez, valamint a hagyományos anyagú csővezetékekhez képest eltérő szemléletet igénylő tervezési – méretezési – és építéstechnológiai ismeretek elterjesztéséhez.

Az első kiadás óta eltelt időszakban – több vonatkozásban is – olyan jelentős változások történtek, amelyek az alkalmazástechnikai kézikönyv 2007-es átdolgozását és kiadását indokolják.

Egyrészt Magyarország a CEN (Európai Szabványügyi Bizottság) teljes jogú tagjává vált, melynek következményeként minden hatályos EN szabvány, kötelező érvénnyel bevezetésre került – és kerül a jövőben is – magyar nemzeti szabványként. Ez természetesen a polietilén csövek szabályozásában is új fejleményeket eredményezett, bevezetésre kerültek – angol és részben magyar nyelven – az:

- MSZ EN 1555 Plastics Piping system for the supply of gaseous fuels – Polyethylene (PE) és az
- MSZ EN 12201 Plastics piping system for water supply – Polyethylene (PE)

c. szabványsorozatok.

Másrészről átalakult cégünk tulajdonosi szerkezete, amelynek természetes folyamatként a cég életében is változások következtek be. 2005-ben a Pipelife International korábbi 50%-os részesedését 100%-ra növelte, így cégünk **Pipelife Hungária Műanyagipari Kft.** néven még inkább bekerült egy dinamikusan fejlődő európai vállalatcsoport vérkeringésébe. A Pipelife Európa egyik vezető műanyagipari gyártója és fejlesztője, így a hazai felhasználók számára is közvetlenül állnak rendelkezésre a legújabb termékek és fejlesztések.

Vevőkapcsolataink, működésünk minősége és az eredményesség terén a korábbiaknál is magasabb követelményszintnek kívánunk megfelelni, és a Pannonpipe Kft. hagyományait követve piacainkon az első számú értéktérítővé szeretnénk válni. Ezt a célt szolgáljuk, amikor a tudomány és a műszaki szabályozás jelenlegi állásának megfelelő, korszerű ismereteken alapuló kézikönyvet nyújtunk át minden régi és új kedves ügyfelünknek. Szándékunk szerint ezzel – hagyományainkhoz híven – továbbra is segítjük a PE csővezeték-építés megvalósítási folyamatát – a tervezéstől a kivitelezésig –, és színvonalának emeléséhez is hozzájárulunk. Ezen törekvésünket a kézikönyv: gazdag ábra anyaga, a táblázatok, a hidraulikát és a csőstatikát támogató összeállítások és számpéldák, közreadásával támogatja.

A termékvalaszték fejlesztésében és bővítésében is jelentős előrelépések történtek. A jelen kézikönyv nem tartalmazza részletesen a PE csőrendszer teljes termék- és méretválasztékát, valamint néhány, időben permanensen változó ismeretet és az árinformációkat. Ezekről továbbra is az aktuális:

- web oldalunkon (www.pipelife.hu),
 - a katalógusokból és
 - az árjegyzékből
- tájékozódhatnak.

A kézikönyv eredményes használatához szerezzék be a fenti kiadványainkat is; központunkban, raktárházainkban, illetve keressék a termék- és területi menedzsereinket, vezetőinket, akik változatlanul és készséggel állnak ügyfeleink rendelkezésére.

Szeretnénk és kívánjuk, hogy a hazai csővezetékek tervezésében és kivitelezésében **Alkalmazástechnikai kézikönyvünk** segítségével kifogástalan létesítmények valósuljanak meg a társadalmi és gazdasági fejlődés folyamatosságának elősegítése érdekében és partnereink megelégedésére.

Debrecen, 2007. november hó

2. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK

Az ember a természetes anyagok nyújtotta választékot és lehetőségeket – különböző okokból – új és kedvező tulajdonságokkal rendelkező anyagok előállításával bővítette. A mesterséges anyagok létrehozása az emberiség történetében több ezer évre nyúlik vissza, hiszen a fémek ötvözetei, a papír stb. is annak tekinthetők. A fémes szerkezetű-, valamint a kismolekulájú anyagoktól azonban alapvetően különböznek az óriásmolekulájú anyagok. Ezek a természetben is előfordulnak, ilyen molekulaszerkezete van például a cellulóznak. Az emberiség a XX. században mesterségesen, ipari méretekben is képessé vált előállítani szerves makromolekulás anyagokat (polimereket), amelyeket **műanyagoknak** nevezünk.

A kezdetben pótanyagként használt műanyagok napjainkban a hagyományos anyagokat (fémek, fa, kerámiák, stb.) az élet számos területéről kiváltották. Csekély önsúlyuk, kiváló korrózió- és vegyszerállóságuk, jó elektromos-, hő- és hangszigetelő képességük mellett az egyszerű alakíthatóság, valamint az automatizálható, hulladékmentes tömeggyártásuk segítette elő széleskörű elterjedésüket.

A műanyagtermelés legfontosabb nyersanyagbázisát a szénhidrogének – földgáz, a kőolaj és a kőszén – energetikai célokra felhasznált mennyiségének mintegy 5-10%-a adja.

A műanyagok hőhatással szembeni viselkedésük alapján két nagy csoportra oszthatók:

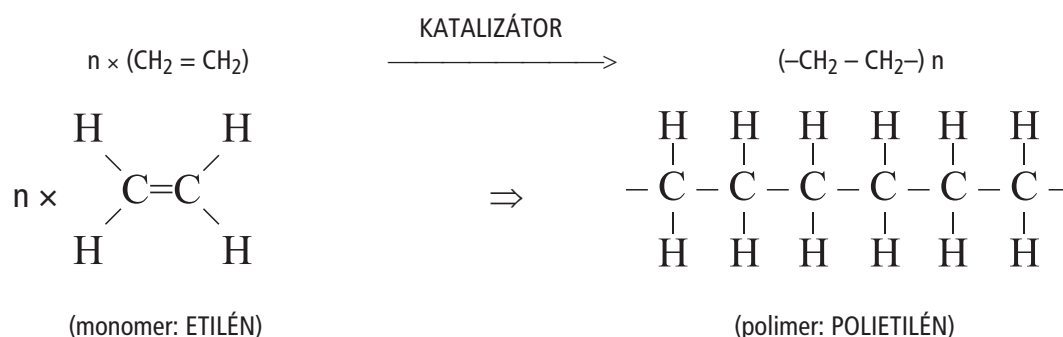
- hőre lágyuló (termoplaszt) és
- hőre keményedő (duroplaszt)

típusokat különböztetünk meg. A polietilén (PE) – valamint a polipropilén (PP) és poli(vinil-klorid) (PVC) – a hőre lágyuló műanyagok körébe tartozik. A PE az egyik legjelentősebb műanyag, melyből évente, különböző célokra, a világon több millió tonna kerül felhasználásra. A PE - termékek a környezetvédelem szempontjából is kedvező tulajdonságokkal rendelkeznek, mivel:

- újra újrafeldolgozásuk és így újrahasznosításuk technikailag megoldott, továbbá
- a megsemmisítésük égetéssel is lehetséges, melynek során széndioxid és víz keletkezik.

2.1. Az alapanyag

A polietilén csövek alapanyagát – a PE granulátumot – az **etilén (etén) polimerizációjával** állítják elő. Az etilént kőolajból – desztillációval és egyéb finomítási eljárásokkal – nyerik. Az etilénmolekula szén és hidrogén atomokból épül fel (C_2H_4), telítetlen szénhidrogén, szobahőmérsékleten és légköri nyomáson gáz halmazállapotú. A polimerizáció folyamata – az ipari méretű polietilén-gyártás – fém katalizátor jelenlétében kis- vagy közepes nyomáson megy végbe:

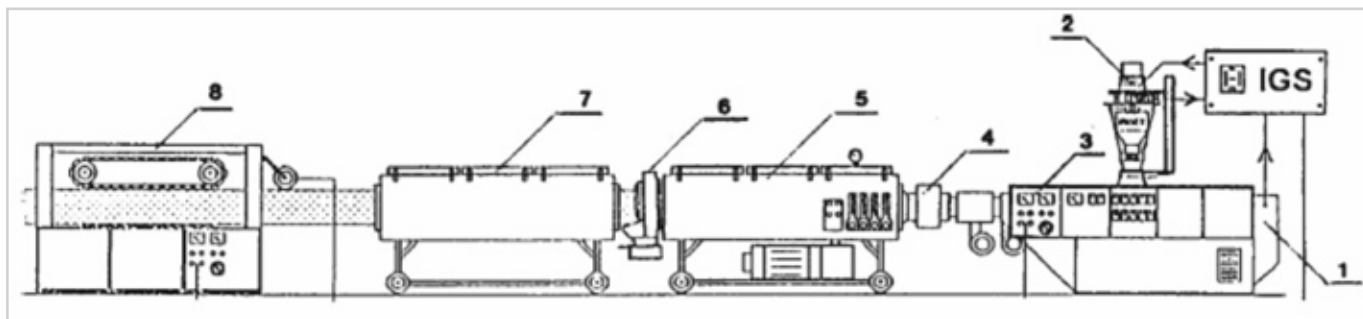


A polimerizációval létrehozott óriás láncmolekulák szerkezete megváltoztatható más **monomer(ek)** beépítésével. Ezzel a módszerrel – bizonyos határok között – az anyag tulajdonságai is módosíthatók a felhasználás igényéhez igazodva (pld: nagyobb szilárdság, ellenállás a repedéssel szemben, stb.). A polietilén **polimer** vázába – általában – HEXÉN molekulát építenek be. Ilyen típusú copolimert állít elő a hazai alapanyaggyártó a TVK (Tiszai Vegyi Kombinát) Rt. is, amelyből cégünk is jelentős mennyiségben használ fel PE csőtermékeihez.

Az alapanyagra vonatkozó konkrét követelményeket a termékszabványok írják elő. Cégünk kizárólag olyan alapanyagokat használ fel, amelyek minden jellemzőjükben kielégítik a szabványi előírásokat.

2.2. A csőgyártás

A polietilén csöveket a fémcsővezetékek gyártásában is alkalmazott és ismert eljárással, az **extrudálással** állítjuk elő. Az extruder sor elvi felépítését az **1. ábra** mutatja be.



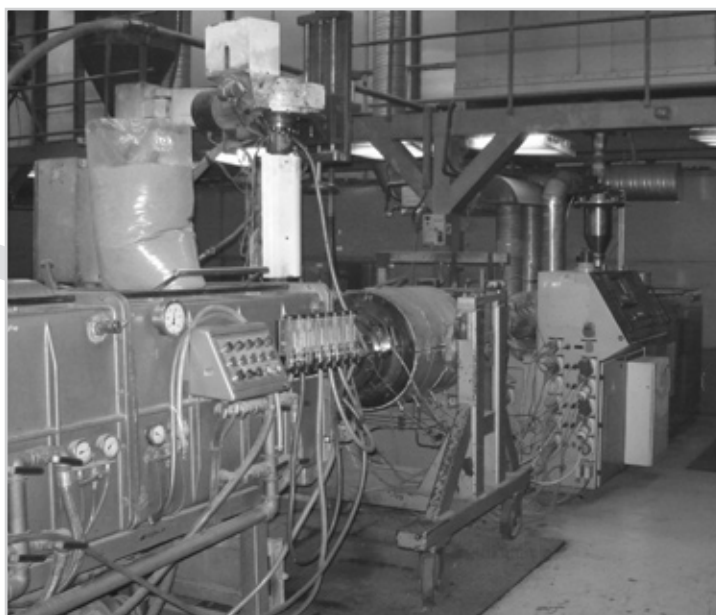
1. ábra: Csőextrudáló sor elvi egységei

1 meghajtó szerkezet, 2 súlymérő adagoló, 3 csigaház, vezérlő egység, 4 extruder fej, 5 vákuumos hűtő, kalibráló egység, 6 ultrahangos jeladó egység, a falvastagság kalibrálásához, 7 hűtő egység, 8 lehúzó

Az alapanyagként használt alap-polimerhez 5-8 %-ban egyéb anyagféléseket szükséges adagolni a feldolgozhatóság, hegeszthetőség, és az élettartam biztosítása érdekében. A csőgyártásban felhasználásra kerülő anyag, granulátum formájú

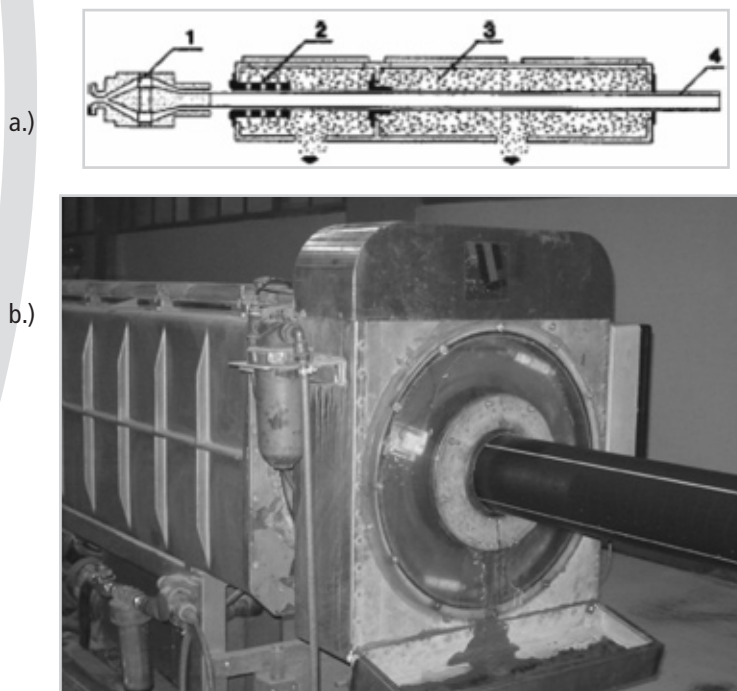
A feldolgozást – gyártást – **viasz-szerű** anyagok hozzáadása könnyíti, ezek közismertebb néven a **csúsztatók**. Magas hőmérsékleten, valamint napsugárzás hatására a polietilén, bomlást szenved. Ennek megakadályozására alkalmazott szerek; a **hő-** ill. **fény stabilizátorok**. Az egyik legfontosabb adalékanyag a korom (2-3%), amelynek színező és fénystabilizáló szerepe is van. A PE keverékek összetételét rendszeres laboratóriumi mérésekkel ellenőrizzük.

A feldolgozásra kész PE granulátum (keverék) az adagoló tölcseréből a fűtött csigaházba kerül, ahol képlékeny állapotba jut. A csiga a lágy anyagot keverés és tömörítés mellett az extruder szerszámba továbbítja. Az anyag átsajtolódik a körgyűrű formájú extruder-szerszámon és felveszi az alakját (lásd: **2. ábra**).



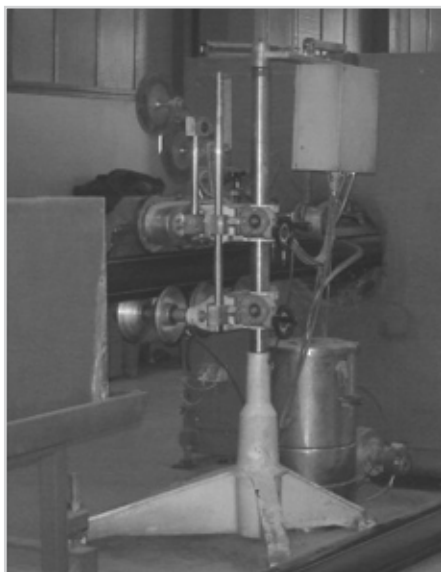
2. ábra: Gyártósor részlete az adagolóval és az extruderrel

A cső méretét a **kalibráló** szerkezet adja meg. A kalibrálás történhet túlnyomással és vákuummal. A Pipelife Kft. debreceni gyárában minden csőméretet vákuummal kalibrálnak. A kalibráló egység elvi működését a **3. ábra** szemlélteti. Ugyancsak a **3. ábrán** látható a gyártósorban a kalibráló után elhelyezkedő ultrahangos falvastagság-mérő és jeladó berendezés.

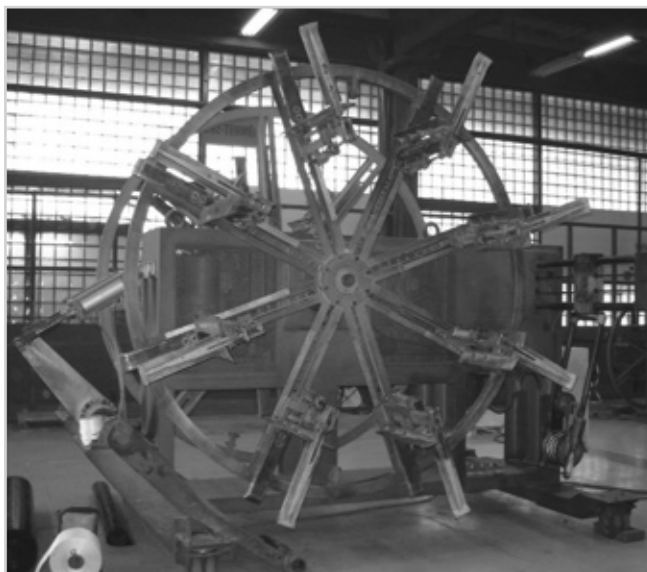


3. ábra: Csövek kalibrálása és méretellenőrzése: a.) vákuumos kalibráló elvi felépítése, b.) ultrahangos falvastagságmérő a kalibráló után
Jelölések: 1 extruderfej, 2 kaliber, 3 vákuumos hűtőtank, 4 PE cső

A kalibrálással egyidejűleg a hűtési folyamat is elkezdődik és folytatódik a hűtővályúban. A hűtésszabályozás alapelve, hogy a lehúzó-szerkezetbe kerülő cső belső felületi hőmérséklete a 85°C -t nem haladhatja meg. A gyártósorban a hűtővályú és a lehúzó között helyezkedik el a csövek feliratozását ellátó jelölő berendezés, amelyet a 4. ábra szemléltet. A lehúzó-szerkezet után a darabolás vagy tekercselés/és darabolás művelete következik. A tekercselő berendezésünket az 5. ábra mutatja be.



4. ábra: Jelölő berendezés



5. ábra: Csőtekercselő

A gyártósor egységeinek összehangolt működése – a lehúzási, hűtési sebesség optimalizálása – az alapja az egyenletesen jó minőségű cső előállításának. Az irányítási és ellenőrzési folyamat gyártósorainkon **automatizáltan** valósul meg. A számítógépes rendszer biztosítja a csövek falvastagságának és külső átmérőjének folyamatos méretpontosságát, továbbá szabályozza a gyártás összes technológiai paraméterét. A vezérlő automatikát és a folyamatos falvastagság ellenőrzés vizuális megjelenítő egységét a 6. és 7. ábrák mutatják be. (Megjegyzés: A fejezetben bemutatott képek debreceni gyártóüzemünkben készültek.)



6. ábra: Vezérlő automatika



7. ábra: Falvastagság ellenőrző egység monitora

A gyártástechnológia egyes műveletei – alakítás, hűtés – közismerten "feszültséget" visznek be a csőfalba. A jelenség teljes mértékben nem kerülhető el, de optimalizált folyamatszabályozással ez is minimális szinten tartható.

2.3. A csövek vizsgálata és minősítése

A Pipelife Hungária Műanyagipari Kft. nagy gondot fordít termékei minőségére, amelyet a minőségbiztosítási rendszer működtetésén és a rendszeres minőség-ellenőrzésen keresztül valósít meg. Cégünknel több mint egy évtizede bevezetésre került az ISO 9002 szerinti minőségirányítási rendszer (MIR), amelyet folyamatos működtetünk és megújítunk. A szabvány változásait követve váltottunk az ISO 9001 rendszerre, amely szerinti tanúsítványunk másolatát a kézikönyv is tartalmazza. A bevezetés során a minőség értelmezését kiterjesztettük valamennyi, a termék minőségét befolyásoló folyamatra, az anyagkiválasztástól a termékfejlesztésig, a megrendelés fogadástól a gyártás-programozásig, a gyártástól a végminősítésig és a kiszolgálásig.

Rendszeres belső és külső minőségügyi auditokkal szondázzuk működésünket, annak minőségét és ezzel teremtjük meg a továbblépés alapjait.

A PE csövek- és csőidomok vizsgálata és minősítése a termékszabványokban rögzített **műszaki követelményekre** épül. A termék-szabványok (MSZ EN 12201, MSZ EN 1555) előírják a vizsgálandó jellemzőket, a vizsgálati gyakoriságot- és a módszert; közvetlenül, vagy konkrét vizsgálati szabványokra történő utalással. A vizsgálatok kiterjednek:

- az alapanyagra, azaz a keverékre (compound), valamint
- a késztermékre.

A vizsgálatok igen szerteágazók, jellegüknel fogva – a késztermékek vonatkozásában – az alábbi fő csoportba sorolhatók:

- fizikai-kémiai jellemzők vizsgálata:
 - szakadási nyúlás
 - folyási index (MFR)
 - oxidációs indukciós idő (OIT)
- mechanikai jellemzők vizsgálata:
 - belső nyomásállóság 20°C-on
 - belső nyomásállóság 80°C-on
- geometriai jellemzők vizsgálata:
 - falvastagság
 - átmérő
 - ovalitás és
 - hossz.

(A PE-compoundokat – keveréket – számos további vizsgálatnak kell alávetni, amelyeket az alapanyaggyártók végeznek. Ezek ismertetésétől itt eltekintünk.)

A fenti vizsgálatokat és méréseket saját korszerűen felszerelt laboratóriumunkban végezzük, melyek részét képezik a jogszabályok által előírt belső termékátviteli és a megfelelőség igazolási eljárásnak. A 8-10. ábrák a minőségellenőrző laboratóriumunkból mutatnak be néhány vizsgáló berendezést.



8. ábra: Folyási – MFR – szám vizsgáló készülékek



9. ábra: Húzó- és nyomóvizsgálatok elvégzésére alkalmas berendezés, számítógépes vezérléssel és adatrögzítéssel

10. ábra: Konstans hőmérsékletet biztosító, zárt rendszerű vizsgálókádák belső nyomásállósági (víz a vízben) vizsgálatokhoz

A Pipelife Kft. PE csöveit és csőidomait a felhasználási terület szerint illetékes, akkreditált intézetekkel vizsgáltatja, és a felügyelő hatóságokkal engedélyezteteti. Ezeket az engedélyeket – a hozzájuk tartozó műszaki specifikációval (MF) együtt – megrendelőink kérésére rendelkezésére bocsátjuk.

[Megjegyzés: A 3/2003. (I.25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet új feltételeket vezetett be az engedélyezésben, így a jogszabály hatályba lépését követően ÉME engedélyek kerülnek kibocsátásra.]

Az ivóvízellátás céljára gyártott termékeink rendelkeznek a kijelölt szakhatóság, az ÁNTSZ engedélyével.

Megemlítjük, hogy a Pipelife a minőségi termékek előállításával mellett a környezetet is alapvető és megóvandó értéknek tekinti. Az ISO 14001 szerinti környezetirányítási rendszer bevezetése és működtetése, a munkafolyamatok szabályozottsága a természeti környezet megóvását szolgálják.



2.4. A cső fizikai tulajdonságai

A hőre lágyuló műanyag csövek fizikai tulajdonságai jelentős eltéréseket mutatnak a hagyományos csőanyagokhoz képest. A fizikai-, mechanikai jellemzőik a felhasználási hőmérséklet tartományban, **hőmérséklet- és időfüggők**. Ezt a sajátos tulajdonságot a PE csövek tervezésében és építésében is figyelembe kell venni.

A PE csövek és csőidomok általános jellemzője:

- a csekély önsúly (a térfogattömege kisebb, mint a vízé),
- a nagyfokú rugalmasság (amely az időben nem állandó),
- a könnyű megmunkálhatóság,
- a jó hegeszthetőség,
- az átlagosnál fokozottabb hőtágulási hajlam,
- érzékenység az ultraibolya sugarakkal szemben.

A hőre lágyuló műanyagok – és így a PE csövek is – molekulaszervezetüknél fogva rossz hővezetők, tehát jó a hőszigetelő képességük. Az elektromos áramot nem vezetik – szigetelők –, de hajlamosak az elektromos feltöltődésre.

A polietilén cső alaptulajdonságait elsősorban a felhasznált alapanyag – alap polimer – jellemzői határozzák meg. Az egyes jellemzők értékét a vizsgálati próbatestek előállításának módja és alakja is jelentősen befolyásolhatja. Ezért az egyes tulajdonságok vizsgálati körülményeit és módszereit – általában – szabványok rögzítik. A termékszabványok megadnak néhány anyagfizikai- és termékjellemzőt, vagy azok minimum értékeit, azonban nem rögzítenek számos olyan fizikai jellemzőt, amelyek a tervezők számára fontosak lehetnek. Ezeknek a szabványos jellemzőknek az értékét, kiegészítve az általunk fontosnak ítélt jellemzők szakirodalmi forrásokra alapozott adataival az **1.táblázatban** foglaljuk össze.

1.táblázat

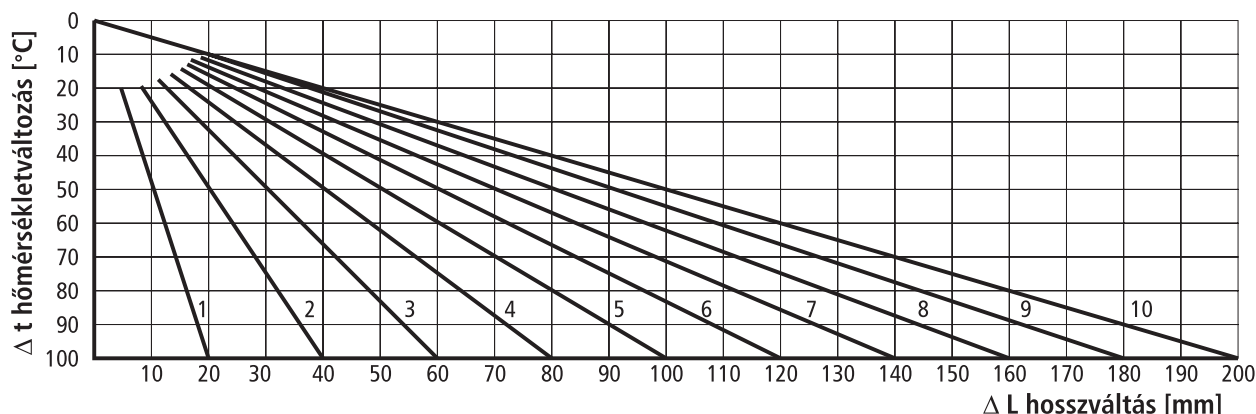
TULAJDONSÁG		MÉRTÉKEGYSÉG	JELLEMZŐ ÉRTÉK
Sűrűség		kg/m ³	≥ 930
Szakadási nyúlás		%	≥ 350
Rugalmassági modulus kezdeti	kezdeti	MPa; N/mm ²	600-900*
	50 évre		200-300*
Lineáris hőtágulási együttható		1/°K	1,3 - 2,0×10 ⁻⁴
Folyási szám (MFR)	keverék	g/10 min	0,2 – 1,4
	cső		Változás ± 20%
Oxidációs indukciós idő (OIT) (200°C-on)		min. (perc)	≥ 20
Hegeszthetőség		MSZ EN 1555-1 és MSZ EN 12201-1 szerint	

*Tájékoztató érték, az erőtantervezés során az 5.3 fejezetben, az anyagminőség függvényében rögzített, értékpárokat javasoljuk alkalmazni.

A **rugalmassági modulus** valós – vagy ahhoz közelítő – értékének az ismerete és alkalmazása a csővezetékek erőtantervezésekor rendkívül fontos tényező. A hőre lágyuló műanyagok mechanikai tulajdonságai – mint ezt már hangsúlyoztuk a fejezet bevezetésében – hőmérséklet-, és időfüggők. A Hooke-törvényt (tehát, hogy a feszültségek arányosak a megnyúlásokkal) csak korlátozott feszültségtartományban követik. A rugalmassági modulusuk, amely a feszültség-megnyúlás görbe iránytangenseként értelmezhető, az életkor és terhelés (feszültség) függvényében változik. A szakirodalmi források értékei ezért nem egységesek ennek a jellemzőnek a vonatkozásában. Az erőtantervezéshez az 5.3 fejezetben, az anyagminőség – szilárdsági osztály – függvényében megadott értékpárokat javasoljuk figyelembe venni.

A csövek **hőmérséklet- terhelhetőség- és élettartam** összefüggéseit a 3.fejezet ismerteti.

Figyelmet érdemel a **lineáris hőtágulási együtthatónak**, a hagyományos csőanyagokéhoz képest, magasabb értéke. Az anyagnak ezt a tulajdonságát – a fektetési körülmények ismeretében – az erőtantervezés során figyelembe kell venni, mivel a gátolt hőmozgásból jelentékeny tengelyirányú feszültségek keletkezhetnek a csőben. Ha hőmérsékletváltozásból eredő mozgás nem gátolt – például kiinjektálás nélküli csőbélése esetén – akkor a **11. ábra** szerinti hosszváltozások jönnek létre.

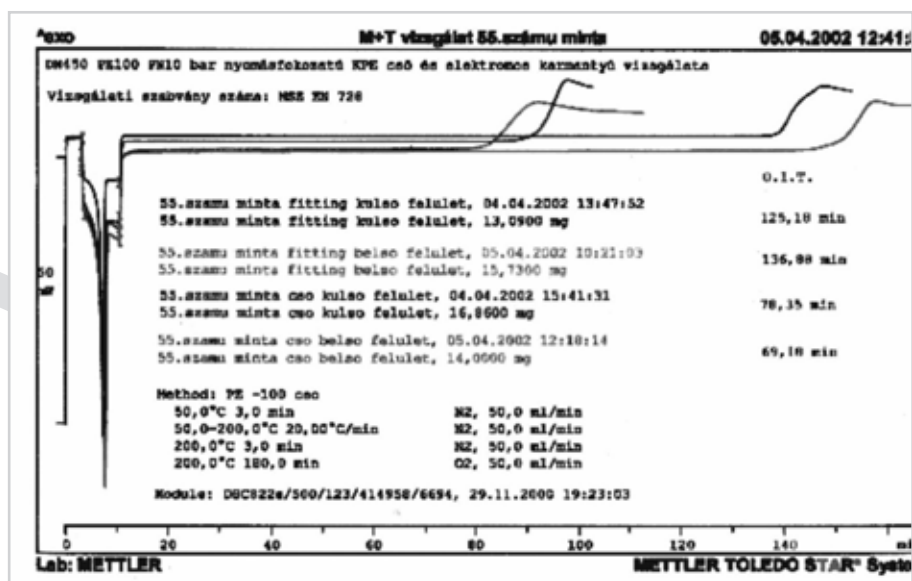


11. ábra: PE csővezeték hosszváltozása a hőmérséklet különbség függvényében.

Példa: $t = 60^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet különbség – 0°C fektetési hőmérséklet és 60°C közeghőmérséklet – 10 m hosszon 120 mm hosszváltozást szenved. [Megjegyzés: Az ábrában a lineáris hőtágulási együttható 2×10^{-4} ($1/^{\circ}\text{C}$ -ban)]

A folyási szám (MFR) a hőre lágyuló műanyagok – elsősorban a PE és PP anyagok – fontos mutatószáma, amellyel az anyag viszkozitási tulajdonsága jellemezhető. A szabványos, 190°C -on történő mérés mutatószáma – az MFR-szám – jó alapot képez például különböző alapanyagból készült csövek és csőidomok hegesztési kompatibilitásának vizsgálatához, mintegy kiegészítő információként a próbahegesztéshez.

A hőre lágyuló műanyagokat tartós ultrabolya sugárzásnak nem célszerű kitenni. Ez fokozottan érvényes a sárga színű csövekre. A fekete színű PE csövek – a színezőként használt korom stabilizáló hatása miatt – kevésbé veszélyeztetettek ebből a szempontból. Tartós szabadtéri tárolás esetén takarással javasoljuk megvédeni a csöveket a közvetlen napvénytől. A csövek anyagának maradék stabilizátor tartalmára és ezzel az öregedésére – a molekulaszervezet stabilitására – ad tájékoztatást az oxidációs indukciós idő (OIT), amely jellemzőnek a vizsgálatát az új EN szabványok is kötelezővé teszik.



12.ábra: Oxidációs indukciós idő (OIT) mérési görbéi PE-fitting és PE csővizsgálatáról. A vízszintes tengelyen az idő percben

Laboratóriumunkban minden beérkező alapanyag- és csőgyártási tételre OIT meghatározást végzünk a felhasznált alapanyagok és a késztermékeink minősítésére. Tájékoztató jelleggel a 12. ábrán bemutatunk néhány jellemző OIT-görbét. Az 1. táblázatban feltüntetett, szabvány által megkövetelt ≥ 20 perc értéket a Pipelife gyáraiból kikerülő termékek jellemzői többszörösen is meghaladják.

2.5. A csövek kémiai jellemzői

A PE kémiai ellenállása a különböző vegyszerekkel szemben – különösen a hagyományos, cementkötésű, vagy fémes anyagú csövekhez képest – kiemelkedő. A polietilén közömbös a szervesen sók vizes oldataira, az ásványi savak és lúgok többségére. Ez még nagy töménység és viszonylag magas (max.+60°C) hőmérséklet esetében is érvényes. Erősen oxidáló hatású vegyszerek, mint például:

- a tömény salétromsav,
- a füstölő kénsv (oleum),
- a klór-szulfonsav,
- a krómkénsv,
- a halogének és
- a halogént leadó vegyületek

már szobahőmérsékleten is megtámadják. Klórtartalmú alifás és aromás oldószerekben, aromás tartalmú olajokban, benzolban illetve származékaiban kisebb – nagyobb mértékben duzzad. Az oxidációs folyamatok, valamint az oldószerek hatására bekövetkező duzzadás az eredeti tulajdonságokat károsan befolyásolja.

A vizek tisztításában alkalmazott klór halmazállapota és töménysége függvényében szintén veszélyes lehet a PE csőre. Ezzel kapcsolatban szintén sok kísérlet volt – és van folyamatban – az egész világon.

A műanyag csövek különböző töménységű vegyszerekkel szembeni ellenálló-képességére az ISO/TR 10358 „Műszaki Jelentés” (Technical Report) tartalmaz részletes összeállítást, több mint 400 kémiai anyag – vegyület – hatásait vizsgálva a közeg hőmérsékletének függvényében. A PE termékszabványok is erre a nemzetközi dokumentumra támaszkodnak a kémiai ellenálló-képesség tekintetében. Az ISO/TR-t a MSZ EN szabványokhoz hasonlóan kizárólag a Magyar Szabványügyi Testület forgalmazhatja, az érdeklődők ennél a forgalmazásra jogosult szervezetnél szerezhetik be a jelzett szabványt. Tájékoztató jelleggel **1. mellékletként** csatoltunk egy összeállítást, amely a fontosabb – gyakorlatban leginkább előforduló - vegyületek polietilénre gyakorolt hatásait dolgozza fel, a hőmérséklet függvényében.

Különleges, vagy bizonytalan összetételű, esetleg több vegyületből álló szállítandó közeg esetében – tehát elsősorban ipari alkalmazásoknál – javasoljuk az előzetes konzultációt. Munkatársaink készséggel állnak rendelkezésre.

A PE – mint valamennyi szerves anyag – éghető. Láng hatására meggyullad, gyenge fényű lánggal égve folyékonyvá válik, és égve lecsepeg. Égésekor széndioxid és víz keletkezik, egészségre ártalmas, korrozív gázok ne szabadulnak fel.

3. ALAPFOGALMAK A FELHASZNÁLÁSHOZ

A PE csövek kiválóan alkalmasak folyadékok és gázok szállítására. A közművesítés számos területén, így:

- a vízellátásban,
- vízvezetésben, és
- a gázellátásban

egyenként kihasználhatók előnyös tulajdonságai. Ezek az alábbiak:

- a kiváló korrózióállóság,
- a kis önsúly,
- a rendkívüli rugalmasság,
- a tökéletes vízzárás,
- a – terhelés és hőmérsékletfüggő – magas élettartam,
- az időben stabil és alacsony csőfal-érdesség,
- a kedvező üzemeltetési feltételek (alacsony fajlagos hibatartalék),
- a sokoldalú – minden feladat megoldásához alkalmas csőkötés-technika, valamint
- a viszonylag egyszerű építéstechnológia és így nagy napi vezetéképítési teljesítmények kis élőmunka igényvel.

A gyakorlati tapasztalatok és a teljes körű értékelemzések azt igazolják, hogy speciális körülmények – pl.: rossz altalaj, kedvezőtlen talaj-víz viszonyok, nehezen megközelíthető terep stb. – esetében az egyetlen reális műszaki alternatíva. Felhasználóink az elmúlt évtizedekben megtapasztalhatták a fenti megállapítások valóságosságát, mint ahogyan azt is, hogy nem volt egységes szabályozás a különböző rendeltetésű PE csövek-, csőidomok vonatkozásában. Csatlakozásunk a CEN-hez (az Európai Szabványügyi Bizottsághoz) ezt a helyzetet jelentősen megváltoztatta. Egymás után kerültek bevezetésre a különböző felhasználási területekhez a PE csőrendszer szabványok – igaz, egy részük angol nyelven – MSZ EN-ként. A kézikönyv tárgyát képező nyomócsőrendszerekre az alábbi rendszerszabványok vannak érvényben:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - MSZ EN 1555-ös szabványsorozat: | Műanyag csővezetékrendszerek éghető gázok szállítására. Polietilén (PE) |
| - MSZ EN 12201-es szabványsorozat: | Plastics piping system for water supply – Polyethylene (PE) |
| - MSZ EN 13244-es szabványsorozat: | Plastics piping systems for buried and above-ground pressure systems for water for general purposes, drainage and sewerage – Polyethylene (PE) |

Ismeretes ugyan, hogy a szabványok alkalmazása önkéntes, illetve a Felek megállapodásán alapszik. Cégünk alkalmazza a fenti szabványokat. Termékeinken minden esetben feltüntetésre kerül, hogy melyik szabvány szerint gyártottuk. Ez egyben azt is jelenti, hogy kielégíti a szabványban rögzített követelményeket. (Megállapodás alapján nem szabványos termékek – csövek – gyártására is van lehetőség.)

A fenti szabványok – néhány, az alkalmazási területtel összefüggő eltéréstől eltekintve – egységes fogalom és jelölésrendszert alkalmaznak, amelyek ismerete nem nélkülözhető a későbbi hivatkozások és az egységes műszaki nyelvhasználat érdekében.

3.1. Fogalmak, jelölések

A **geometriai meghatározások** legfontosabb jelölései és értelmezésük:

- DN** - névleges méret,
 d_n - a névleges külső átmérő [mm]
 e_n - névleges falvastagság [mm]
 e_{min} - falvastagság legkisebb értéke ($e_n = e_{min}$) [mm]
 e_{max} - falvastagság legnagyobb értéke [mm]

- A **szabványos méretarány (SDR)** szintén geometriai meghatározás, a csősorozatok számszerű megnevezése egy kerekített számmal:

$$SDR \cong \frac{d_n}{e_n}$$

- A geometriai meghatározások közül a felhasználók számára is fontossággal bír az **ovalitás (a körtől való eltérés)** fogalma, amelyet a szabvány egy cső vagy csővég ugyanazon keresztmetszetén mért legnagyobb és legkisebb külső átmérő közötti különbségeként határoz meg.

Az anyagjellemzőkre vonatkozó meghatározásként az alábbi fogalmakat célszerű értelmezni:

- A **legkisebb elvárt szilárdság**, az **MRS** alapján történik a PE anyagok osztályba sorolása. Az MRS szabványos vizsgálatok alapján, a tartós hidrosztatikai szilárdság alsó megbízhatósági határa (LCL) alapján meghatározott feszültség értéket jelölő szám MPa-ban kifejezve.
- Az **általános üzemeltetési (tervezési) tényező** vagy **biztonsági tényező (C)**, amelynek értéke függ az felhasználási területtől. A biztonsági tényező figyelembe veszi az üzemeltetési feltételeket, és a csőrendszer tulajdonságainak – anyagjellemzőinek – megbízhatóságát.
- A **tervezési feszültség** (σ_s) a megengedett feszültség, amely a legkisebb elvárt szilárdságból (**MRS**) vezethető le, az adott felhasználási körülmények alapján meghatározott **C** biztonsági tényező beiktatásával:

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Az **üzemi feltételekre vonatkozó meghatározások**:

- A **maximális üzemi nyomás (MOP)** a csővezetékrendszerben lévő közegnek a folyamatos használat során megengedett legnagyobb, tényleges nyomása bar-ban kifejezve:

$$MOP = \frac{20 \times MRS}{C \times (SDR - 1)}$$

A víz nyomóvezetékeknél szerepel még:

- a **névleges nyomás (PN)** és
- **megengedett üzemi nyomás (PFA)**

fogalma is. Ezek értelmezésére az alkalmazási terület szerinti ismertetéseknél térünk ki.

3.2. Csőszabványosítás és méretezés

Az ISO (International Standardization Organization) Technical Committee 5/SC 6 albizottságában egyeztek meg a műanyagcsövek külső átmérőjében. A PE csöveknek az SDR osztálytól és nyomásfokozattól függetlenül a külső átmérőjük (d_n) azonos, a falvastagság függvényében a belső átmérőjük, tehát a szállítási keresztmetszet változik. A szabványok a külső átmérőt és falvastagságot – és annak tűréseit – rögzítik, így a mérettáblázatokban is ezek a paraméterek kerülnek feltüntetésre. A falvastagságok – a nyomásfokozat függvényében – az egyszerűsített Kazan – formulával kerültek meghatározásra:

$$\sigma = \frac{P}{10} \cdot \frac{d_m}{2e}$$

A képletben:

- σ - összehasonlító feszültség [Nmm⁻²]
- P** - belső nyomás [bar]
- d_m** - a cső középtátmérője; a fentebb bevezetett jelölések alapulvételével: $d_m = d_n - e_n$ [mm]
- e** - a falvastagság, amely az új jelölési rendszerben e_n -nek felel meg [mm].

A „ σ ” összehasonlító feszültség meghatározására nagyszámú kísérletet végeztek és végeznek napjainkban is. A hosszabb időtávokra a szilárdságokat extrapolációval állapították meg, amelyeket az eddigi – több évtizedes – tapasztalatok igazoltak. A magasabb hőmérsékleten végzett rövidebb idejű kísérletek alapján extrapoláltak az alacsonyabb hőmérsékletre és hosszú időre. Másik megfogalmazva; meghatározásra, előjelzésre került egy átlagos szilárdság, amely a tartós hidrosztatikus szilárdság 97,5%-os alsó megbízhatósági határa **T** hőmérsékletre, **t** ideig. Ebből meghatározott szabályszerűség szerint képezik a **legkisebb elvárt szilárdságot (MRS)**. A 13. ábra különböző szilárdsági tulajdonságú PE anyagok tartós szilárdsági görbéit mutatja be, amelyen egyértelműek a **feszültség**-, az **élettartam** és a **hőmérséklet** összefüggései. A vonatkoztatási alapok a 20°C hőmérséklet és az 50 év, amelyhez:

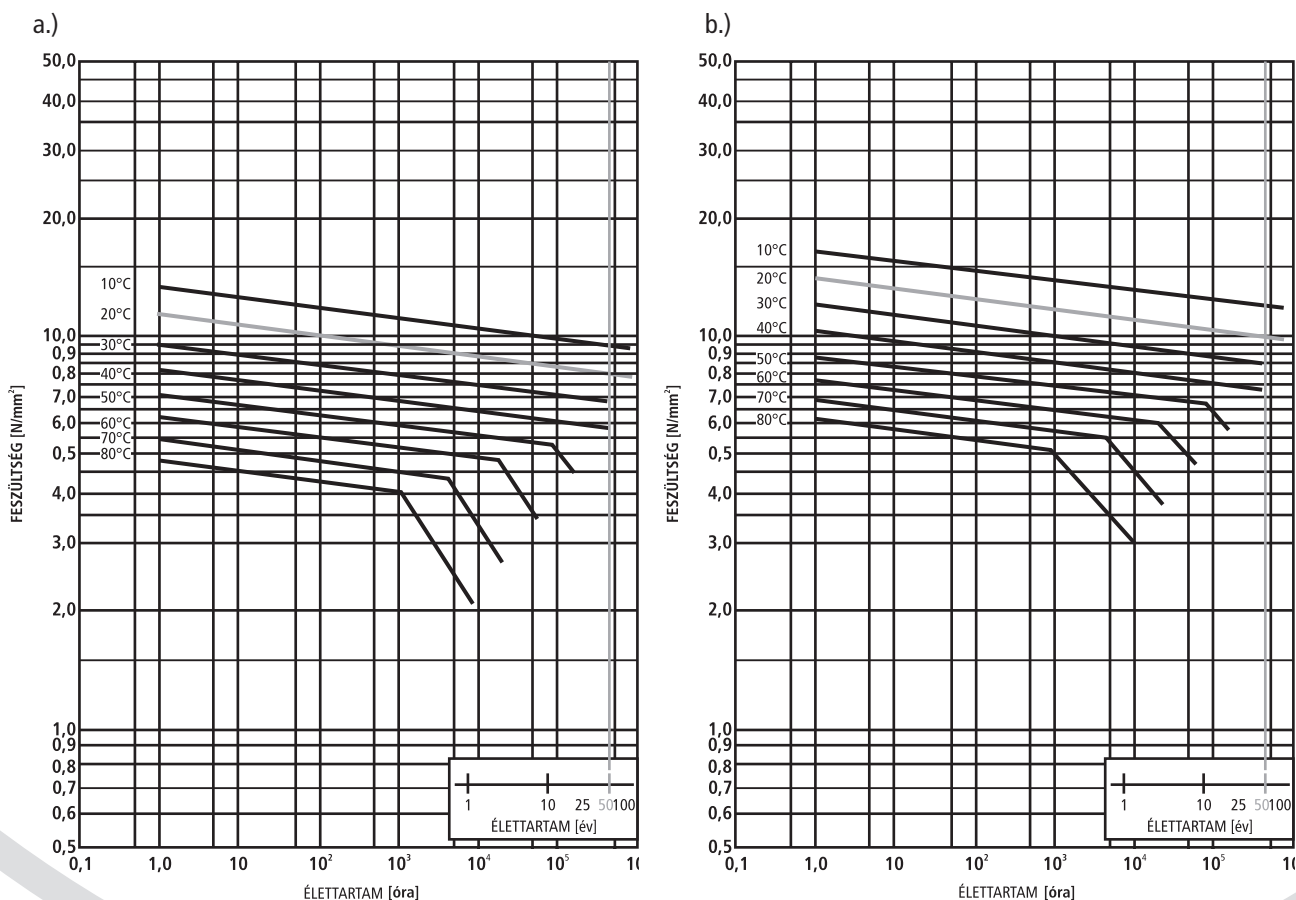
- a PE 80-as anyagoknál $MRS = 8 \text{ MPa [N/mm}^2]$
- a PE 100-as anyagoknál $MRS = 10 \text{ MPa [N/mm}^2]$

legkisebb elvárt szilárdság társul. Ebből egy „C” biztonsági tényező beiktatásával határozták meg azt a feszültséget, amely egyrészt a tervezési feszültség (σ_s) maximális értéke lehet, másrészt ebből kerültek kiszámításra a Kazán-formulával az en falvastagságok. A „C” biztonsági tényező minimális értéke a cső felhasználási területének a függvénye:

- gázszállítási csőrendszereknél:
- vízellátási- és szennyvízelvezetési csőrendszereknél:

$$C = 2,0$$

$$C = 1,25$$



13.ábra: PE tartóssági görbék a feszültség-élettartam és hőmérséklet összefüggéseinek bemutatására, a 20°C, mint vonatkoztatási hőmérséklet és az 50 év várható élettartam megjelölésével: a.) PE 80 alapanyag szilárdsági jellemzői (MRS = 8,0 MPa), b.) PE 100 alapanyag szilárdsági jellemzők (MRS = 10 MPa)

A fenti összefüggések alapján a különböző alkalmazási területek egyedi szempontjainak figyelembevételével – pl.: biztonság – meghatározhatók a külső átmérőkhöz rendelt falvastagságok, és így a szabványos méretsorok.

3.3. Alkalmazási feltételek és méretsorok a tervezéshez

A Pipelife Hungária Kft. több felhasználási területre gyárt PE csőrendszereket, amelyekre külön szabványok és részben eltérő követelmények vonatkoznak. Ezért szükséges, hogy:

- a víz-
- a szennyvíz- és
- az éghető gázok

szállítására alkalmazható csőrendszereinkről külön-külön is áttekintést adjunk.

3.3.1. Vízellátás

A 2003-ban hatályba lépett – angol nyelven közzétett – MSZ EN 12201 szabványsorozat szabályozza a vízellátási rendeltetésű (ivóvíz és kezeletlen nyersvíz szállítására alkalmazandó) PE csőrendszerek – csövek, csőidomok, szelepek és kötések – gyártási, alkalmazási feltételeit, az alábbi felhasználási paraméterek mellett:

- a legnagyobb üzemi nyomás (**MOP**) – méretaránytól függően - és
- az üzemi hőmérséklet – mint hivatkozási hőmérséklet – +20°C.

Az MSZ EN szabvány lényeges változásokat tartalmaz a területet korábban szabályozó – és több szempontból is elavult – MSZ 7908/1-84. szabványhoz képest.

Az egyik leglényegesebb változás az $C = 1,25$ -ös biztonsági tényező bevezetése, amellyel csövek falvastagsága némileg csökkent. (Ezt az alapanyagok minőségének folyamatos fejlődése és megbízhatósága tette lehetővé.) A teljes szabványos méretsort a **2. táblázat** tartalmazza, az általunk is gyártott mérettartományt – csőválasztékot – keretezéssel jelöltük meg.

A szabvány rögzíti, hogy a fenti feltételek – szempontok – alapján a csősorozatból a vevő, vagy a tervező felelőssége a **választás** az egyedi követelmények, beépítési gyakorlat és a vonatkozó nemzeti szabályozások figyelembevételével. A Pipelife Hungária – mint egyike a legnagyobb PE csőgyártóknak – ehhez a választáshoz kíván a felhasználóknak segítséget nyújtani.

A szabványos kínálatból – mint a táblázat szemlélteti – nem gyártunk csöveket az alacsony szilárdságú alapanyagokból. A hazai vízellátási rendszerekben uralkodó nyomásviszonyok nagyobb anyagszilárdságú (MRS 8 és MRS 10) csöveket kívánnak meg.

Az MSZ EN 12201 szabványban a 3.1. fejezetben ismertetett fogalmakon kívül a **csősorozat (S)** is használatos kategória. Az egyes csősorozatok megjelölése mértékegység nélküli számmal történik, az alábbiak szerint:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

illetve a cső közvetlen geometriai jellemzőivel kifejezve:

$$S = \frac{d_n - e_n}{2 \cdot e_n}$$

Felismerhető az **S** fenti kifejtésében, hogy az, lényegében azonos a Kazán képlet szorzatában a második taggal, tehát az alábbi összefüggés állítható fel a nyomás (vagy névleges nyomás), a feszültség (tervezési feszültség) és a csősorozat között:

$$PN = \frac{10 \cdot \sigma_s}{S}$$

[Megjegyzés: A további behelyettesítésekkel megkapjuk a MOP – maximális üzemi nyomás – 3.1. fejezetben ismertetett képletét is.]

2. táblázat

	Pipe series (Csősorozat)																					
	SDR 6 S 2,5		SDR7,4 S 3,2		SDR 9 S 4		SDR 11 S 5		SDR13,6 S 6,3		SDR 17 S 8		SDR17,6 S 8,3		SDR 21 S 10		SDR 26 S 12,5		SDR 33 S 16		SDR 41 S 20	
	Nominal pressure (Névleges nyomás) PN in bar																					
PE 40	-		PN 10		PN 8		-		PN 5		PN 4		-		PN 3,2		PN 2,5		-		-	
PE 63	-		-		-		PN 10		PN 8		-		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3,2		PN 2,5	
PE 80	PN 25		PN 20		PN 16		PN12,5		PN 10		PN 8		-		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3,2	
PE100	-		PN 25		PN 20		PN 16		PN12,5		PN 10		-		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4	
Nom. size	Wall thicknesses (Falvastagságok)																					
	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}
16	3,0	3,4	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3,4	3,9	3,0	3,4	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	4,2	4,8	3,5	4,0	3,0	3,4	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	5,4	6,1	4,4	5,0	3,6	4,1	3,0	3,4	2,4	2,8	2,0	2,3	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
40	6,7	7,5	5,5	6,2	4,5	5,1	3,7	4,2	3,0	3,5	2,4	2,8	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-
50	8,3	9,3	6,9	7,7	5,6	6,3	4,6	5,2	3,7	4,2	3,0	3,4	2,9	3,3	2,4	2,8	2,0	2,3	-	-	-	-
63	10,5	11,7	8,6	9,6	7,1	8,0	5,8	6,5	4,7	5,3	3,8	4,3	3,6	4,1	3,0	3,4	2,5	2,9	-	-	-	-
75	12,5	13,9	10,3	11,5	8,4	9,4	6,8	7,6	5,6	6,3	4,5	5,1	4,3	4,9	3,6	4,1	2,9	3,3	-	-	-	-
90	15,0	167	12,3	13,7	10,1	11,3	8,2	9,2	6,7	7,5	5,4	6,1	5,1	5,8	4,3	4,9	3,5	4,0	-	-	-	-
110	18,3	20,3	15,1	16,8	12,3	13,7	10,0	11,1	8,1	9,1	6,6	7,4	6,3	7,1	5,3	6,0	4,2	4,8	-	-	-	-
125	20,8	23,0	17,1	19,0	14,0	15,6	11,4	12,7	9,2	10,3	7,4	8,3	7,1	8,0	6,0	6,7	4,8	5,4	-	-	-	-
140	23,3	25,8	19,2	21,3	15,7	17,4	12,7	14,1	10,3	11,5	8,3	9,3	8,0	9,0	6,7	7,5	5,4	6,1	-	-	-	-
160	26,6	29,4	21,9	24,2	17,9	19,8	14,6	16,2	11,8	13,1	9,5	10,6	9,1	10,2	7,7	8,6	6,2	7,0	-	-	-	-
180	29,9	33,0	24,6	27,2	20,1	22,3	16,4	18,2	13,3	14,8	10,7	11,9	10,2	11,4	8,6	9,6	6,9	7,7	-	-	-	-
200	33,2	36,7	27,4	30,3	22,4	24,8	18,2	20,2	14,7	16,3	11,9	13,2	11,4	12,7	9,6	10,7	7,7	8,6	-	-	-	-
225	37,4	41,3	30,8	34,0	25,2	27,9	20,5	22,7	16,6	18,4	13,4	14,9	12,8	14,2	10,8	12,0	8,6	9,6	-	-	-	-
250	41,5	45,8	34,2	37,8	27,9	30,8	22,7	25,1	18,4	20,4	14,8	16,4	14,2	15,8	11,9	13,2	9,6	10,7	-	-	-	-
280	46,5	51,3	38,3	42,3	31,3	34,6	25,4	28,1	20,6	22,8	16,6	18,4	15,9	17,6	13,4	14,9	10,7	11,9	-	-	-	-
315	52,3	57,7	43,1	47,6	35,2	38,9	28,6	31,6	23,2	25,7	18,7	20,7	17,9	19,8	15,0	16,6	12,1	13,5	9,7	10,8	7,7	8,6
355	59,0	65,0	48,5	53,5	39,7	43,8	32,2	35,6	26,1	28,9	21,1	23,4	20,1	22,3	16,9	18,7	13,6	15,1	10,9	12,1	8,7	9,7
400	-	-	54,7	60,3	44,7	49,3	36,3	40,1	29,4	32,5	23,7	26,2	22,7	25,1	19,1	21,2	15,3	17,0	12,3	13,7	9,8	10,9
450	-	-	61,5	67,8	50,3	55,5	40,9	45,1	33,1	36,6	26,7	29,5	25,5	28,2	21,5	23,8	17,2	19,1	13,8	15,3	11,0	12,2
500	-	-	-	-	55,8	61,5	45,4	50,1	36,8	40,6	29,7	32,8	28,3	31,3	23,9	26,4	19,1	21,2	15,3	17,0	12,3	13,7
560	-	-	-	-	-	-	50,8	56,0	41,2	45,5	33,2	36,7	31,7	35,0	26,7	29,5	21,4	23,7	17,2	19,1	13,7	15,2
630	-	-	-	-	-	-	57,2	63,1	46,3	51,1	37,4	41,3	35,7	39,4	30,0	33,1	24,1	26,7	19,3	21,4	15,4	17,1
710	-	-	-	-	-	-	-	-	52,2	57,6	42,1	46,5	40,2	44,4	33,9	37,4	27,2	30,1	21,8	24,1	17,4	19,3
800	-	-	-	-	-	-	-	-	58,8	64,8	47,4	52,3	45,3	50,0	38,1	42,1	30,6	33,8	24,5	27,1	19,6	21,7
900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,3	65,4	51,0	56,2	42,9	47,3	34,4	38,3	27,6	30,5	22,0	24,3
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,6	62,4	47,7	52,6	38,2	42,2	30,6	33,5	24,5	27,1
1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,2	63,1	45,9	50,6	36,7	40,5	29,4	32,5
1400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,5	59,0	42,9	47,3	34,3	37,9
1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61,2	67,5	49,0	54,0	39,2	43,3

[Megjegyzés: A táblázatban az MSZ EN 12201 – angol nyelvű – szabvány kifejezéseit és annak magyar, nem hivatalos fordításból eredő megfelelőjét is feltüntettük.]

A tervezési feszültség (σ_s) maximális értékét a $C = 1,25$ biztonsági tényező figyelembevételével a szabvány, mint keverékekre (compound) jellemző anyagtulajdonságot a **3. táblázat** szerint határozza meg.

3. táblázat

Anyag megnevezés	Minimális elvárt szilárdság (MRS) [MPa]	σ_s tervezési feszültség [MPa]
PE 100	10,0	8,0
PE 80	8,0	6,3
PE 63	6,3	5,0
PE 40	4,0	3,2

[Megjegyzés: az általunk gyártásra használt anyagok keretezéssel kiemelve.]

Megjegyezésként azonban rögzíti, hogy a **C** magasabb értékkel is figyelembe vehető (például $C = 1,6$ és MRS 8 esetén a tervezési feszültség 5,0 MPa), illetve magasabb **C** érték – tehát biztonság – érhető el egy magasabb PN osztály választása esetén is. Ezt úgy kell értelmezni, hogy például a **2. táblázat**ból kiválasztott PE 80 alapanyagú és PN 10 nyomásfokozatú PE cső erőtan ellenőrzése során a σ_s feszültség 6,31 MPa-ra adódik, akkor célszerűbb a PE 80 alapanyaghoz, a PN 12,5 nyomásfokozatú csövet választani. Ugyanez a gyakorlat követhető akkor is ha a $\sigma_s = 6,3$, de a tervezésben nagy az általajjal kapcsolatos bizonytalanság, vagy egyéb probléma merül fel. Ilyen esetekben szintén, a PN 12,5 nyomásfokozatú cső választása ajánlható.

A tervezőnek – felhasználónak – tehát mérlegelési lehetősége van a biztonsági tényező megválasztásában. Ezt minden esetben az építési körülmények, illetve a tervezési adatok bizonytalanságának függvényében javasoljuk megtenni, a fentiek szerint.

A szabvány a **megengedett üzemi nyomás (PFA)** fogalmát is bevezeti, amelyen azt a legnagyobb hidrosztatikus nyomást érti, amelynek egy alkotóelem – a csővezetékrendszerben – képes üzemelés közben folyamatosan ellenállni, és az alábbi egyenlet szerint határozható meg:

$$PFA = f_T \times f_A \times PN$$

ahol:

- f_T - nyomást redukáló tényező a hőmérséklet függvényében
- f_A - alkalmazástól függő csökkentő vagy növelő tényező (vízszállítás esetén $f_A = 1,0$) és
- PN - a névleges nyomás

Az f_T tényező értékeit – a szabvány alapján – a **4. táblázat** tartalmazza. A közbenső hőmérsékleti értékekhez tartozó csökkentő tényezők lineáris interpolációval előállíthatók.

4. táblázat

Hőmérséklet	f_T tényező
20°C	1,00
30°C	0,87
40°C	0,74

Ezek a tényezők lényegében a **13. ábrával** reprezentált **feszültség – hőmérséklet – élettartam** összefüggések alapján lettek meghatározva. A szabvány tehát nem a tervezési feszültség (σ_s) oldaláról közelíti meg a vonatkoztatási hőmérséklettől eltérő körülmények hatásait, hanem a belső – hidrosztatikus – nyomásállóság felől. Mivel a Kazán-képletben a nyomás és az ennek hatására létrejövő fal-feszültség arányosak, így a **4. táblázat** szerinti f_T tényezők az MSZ EN 1295 szabvány elveihez igazodó feszültség alapú méretezési-módszer alkalmazásánál a megengedett tervezési feszültség (σ_s) csökkentésére is felhasználhatók. [Megjegyezzük, hogy az 12201-es szabványsorozat az emberi fogyasztásra szánt víz és annak vízkezelés előtti állapotára, tehát ivó- és nyersvíz szállítására vonatkozik, ezért 40°C-nál magasabb hőmérsékletű közeget ezen a felhasználási területen nem feltételez. Az egyéb alkalmazásoknál lehetséges a **13. ábra** elvei szerint magasabb hőfokú közegek szállítása is.]

Az f_A alkalmazástól függő tényezőről – annak alkalmazási feltételeiről – a szabvány nem ad kifejtést. Valószínű, ezt az MSZ EN-ként még nem bevezetett további kötetek fogják tartalmazni. Csökkentő tényezőként javasolt és indokolt bevezetni agresszív közeg szállítása esetén – lásd: a kémiai ellenálló-képességre vonatkozó **1. mellékletet** –, de ez elsősorban ipari-, technológiai csővezetékknél és nem ivóvíz-szállításnál merül fel. Növelő tényezőként a **13. ábra** elvei szerint rövid élettartamra tervezett vezetékknél jöhet szóba az f_A alkalmazása. [Megjegyzés: A 12201-es szabványsorozat a CEN tervei szerint 7 részből áll. Eddig kiadásra került 5 rész, 1-5-ig. A 6. rész feltehetően nem kerül kiadásra és a 7. fejezet úgynevezett ENV formátumban látott napvilágot, amely bevezetése nem kötelező a tagországok számára és ezért az MSZT nem vezeti be.]

A vízellátási célra gyártott csöveink külső megjelenésüket tekintve fekete színűek, kék csíkozással. (A szabvány lehetőséget ad kék színű csövek gyártására is, de ezek kevésbé állnak ellen az UV sugárzásnak.) A csövek felirata – alapkövetelményként – az alábbi adatokat tartalmazza:

- szabványszám,
- a gyártó megnevezése,
- a csőméret: $d_n \times e_n$
- szabványos méretarány, vagyis SDR-szám
- anyag megnevezése és osztálya (PE ...)
- nyomásosztály bar-ban kifejezve (PN ...)
- gyártási időszak (dátum vagy kód)

Felhívjuk szíves felhasználóink figyelmét, hogy csövek feliratát minden esetben ellenőrizték, mivel a széles palettájú csőválaszték miatt az fenti adatok birtokában kaphatnak egyértelmű információt a cső rendeltetéséről és szilárdsági tulajdonságairól.

3.3.2. Kényszeráramlású szennyvízelvezetés

Az MSZ EN 13244 szabványsorozat szintén 2003-ban került bevezetésre és közzétételre angol nyelven. A szabvány alkalmazási területe a PE anyagú kényszeráramlású nyomás alatti vízelvezető rendszerek (alagcsővezés és csatornázás), valamint a vákuumos szennyvízgyűjtő rendszerek. A szabvány vonatkozik a PE- csövekre és csőidomokra, szelepekre és kötéseikre az alábbi feltételek mellett:

- földbe fektetve,
- vízbe fektetve (a tengeri, tehát sósvízi bevezetések is),
- föld feletti vezetés, beleértve a hidakra való felfüggesztést,
- a legnagyobb üzemi nyomás (**MOP**) legfeljebb 25 bar,
- 20°C-os üzemi hőmérséklet, mint hivatkozási – vonatkoztatási – hőmérséklet

A teljes szabványos méretsort az **5. táblázat** tartalmazza, az általunk is gyártott mérettartományt – csőválasztékot – a vízellátási fejezethez hasonlóan keretezéssel jelöltük meg.

5. táblázat

	Pipe series (Csősorozat)																					
	SDR 6 S 2,5		SDR7,4 S 3,2		SDR 9 S 4		SDR 11 S 5		SDR13,6 S 6,3		SDR 17 S 8		SDR17,6 S 8,3		SDR 21 S 10		SDR 26 S 12,5		SDR 33 S 16		SDR 41 S 20	
	Nominal pressure (Névleges nyomás) PN																					
PE 63	-	-	-	-	PN 10		PN 8		-		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3,2		PN 2,5			
PE 80	PN 25		PN 20		PN 16		PN12,5		PN 10		PN 8		-		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3,2	
PE100	-	PN 25		PN 20		PN 16		PN12,5		PN 10		-		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4		
Nom. size DN/OD	Wall thicknesses (Falvastagságok)																					
	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}	e _{min}	e _{max}
32	5,4	6,1	4,4	5,0	3,6	4,1	3,0	3,4	2,4	2,8	2,0	2,3	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
40	6,7	7,5	5,5	6,2	4,5	5,1	3,7	4,2	3,0	3,5	2,4	2,8	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-
50	8,3	9,3	6,9	7,7	5,6	6,3	4,6	5,2	3,7	4,2	3,0	3,4	2,9	3,3	2,4	2,8	2,0	2,3	-	-	-	-
63	10,5	11,7	8,6	9,6	7,1	8,0	5,8	6,5	4,7	5,3	3,8	4,3	3,6	4,1	3,0	3,4	2,5	2,9	-	-	-	-
75	12,5	13,9	10,3	11,5	8,4	9,4	6,8	7,6	5,6	6,3	4,5	5,1	4,3	4,9	3,6	4,1	2,9	3,3	-	-	-	-
90	15,0	16,7	12,3	13,7	10,1	11,3	8,2	9,2	6,7	7,5	5,4	6,1	5,1	5,8	4,3	4,9	3,5	4,0	-	-	-	-
110	18,3	20,3	15,1	16,8	12,3	13,7	10,0	11,1	8,1	9,1	6,6	7,4	6,3	7,1	5,3	6,0	4,2	4,8	-	-	-	-
125	20,8	23,0	17,1	19,0	14,0	15,6	11,4	12,7	9,2	10,3	7,4	8,3	7,1	8,0	6,0	6,7	4,8	5,4	-	-	-	-
140	23,3	25,8	19,2	21,3	15,7	17,4	12,7	14,1	10,3	11,5	8,3	9,3	8,0	9,0	6,7	7,5	5,4	6,1	-	-	-	-
160	26,6	29,4	21,9	24,2	17,9	19,8	14,6	16,2	11,8	13,1	9,5	10,6	9,1	10,2	7,7	8,6	6,2	7,0	-	-	-	-
180	29,9	33,0	24,6	27,2	20,1	22,3	16,4	18,2	13,3	14,8	10,7	11,9	10,2	11,4	8,6	9,6	6,9	7,7	-	-	-	-
200	33,2	36,7	27,4	30,3	22,4	24,8	18,2	20,2	14,7	16,3	11,9	13,2	11,4	12,7	9,6	10,7	7,7	8,6	-	-	-	-
225	37,4	41,3	30,8	34,0	25,2	27,9	20,5	22,7	16,6	18,4	13,4	14,9	12,8	14,2	10,8	12,0	8,6	9,6	-	-	-	-
250	41,5	45,8	34,2	37,8	27,9	30,8	22,7	25,1	18,4	20,4	14,8	16,4	14,2	15,8	11,9	13,2	9,6	10,7	-	-	-	-
280	46,5	51,3	38,3	42,3	31,3	34,6	25,4	28,1	20,6	22,8	16,6	18,4	15,9	17,6	13,4	14,9	10,7	11,9	-	-	-	-
315	52,3	57,7	43,1	47,6	35,2	38,9	28,6	31,6	23,2	25,7	18,7	20,7	17,9	19,8	15,0	16,6	12,1	13,5	9,7	10,8	7,7	8,6
355	59,0	65,0	48,5	53,5	39,7	43,8	32,2	35,6	26,1	28,9	21,1	23,4	20,1	22,3	16,9	18,7	13,6	15,1	10,9	12,1	8,7	9,7
400	-	-	54,7	60,3	44,7	49,3	36,3	40,1	29,4	32,5	23,7	26,2	22,7	25,1	19,1	21,2	15,3	17,0	12,3	13,7	9,8	10,9
450	-	-	61,5	67,8	50,3	55,5	40,9	45,1	33,1	36,6	26,7	29,5	25,5	28,2	21,5	23,8	17,2	19,1	13,8	15,3	11,0	12,2
500	-	-	-	-	55,8	61,5	45,4	50,1	36,8	40,6	29,7	32,8	28,3	31,3	23,9	26,4	19,1	21,2	15,3	17,0	12,3	13,7
560	-	-	-	-	-	-	50,8	56,0	41,2	45,5	33,2	36,7	31,7	35,0	26,7	29,5	21,4	23,7	17,2	19,1	13,7	15,2
630	-	-	-	-	-	-	57,2	63,1	46,3	51,1	37,4	41,3	35,7	39,4	30,0	33,1	24,1	26,7	19,3	21,4	15,4	17,1
710	-	-	-	-	-	-	-	-	52,2	57,6	42,1	46,5	40,2	44,4	33,9	37,4	27,2	30,1	21,8	24,1	17,4	19,3
800	-	-	-	-	-	-	-	-	58,8	64,8	47,4	52,3	45,3	50,0	38,1	42,1	30,6	33,8	24,5	27,1	19,6	21,7
900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,3	65,4	51,0	56,2	42,9	47,3	34,4	38,3	27,6	30,5	22,0	24,3
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,6	62,4	47,7	52,6	38,2	42,2	30,6	33,5	24,5	27,1
1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,2	63,1	45,9	50,6	36,7	40,5	29,4	32,5
1400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,5	59,0	42,9	47,3	34,3	37,9
1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61,2	67,5	49,0	54,0	39,2	43,3

A falvastagságok – a vízellátási csövekhez hasonlóan – itt is $C = 1,25$ biztonsági tényezővel lettek meghatározva.

A 20°C-nál magasabb tartós üzemi hőmérséklet esetén, de maximum 40°C-ig a **4. táblázatban** megadott f_T csökkentő tényezőket kell alkalmazni. Minden más fogalom, megállapítás és jellemző (C , σ_s , stb.) is a 3.1.1. fejezet szerint érvényes erre a felhasználási területre is.

Új fogalom – a gravitációs csövek jellemzésére szolgáló – cső- vagy **gyűrűmerevség**, amelyet a vákuumos szennyvízgyűjtő rendszerben felhasznált csövekre vezet be a szabvány. A követelmény a csövek számított kezdeti gyűrűmerevségére vonatkozik, az alábbiak szerint:

$$S_{calc} \geq 4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

A gyűrűmerevséget nem vizsgálatokkal kell igazolni, hanem az alábbi egyenlettel, számítással kell meghatározni:

$$S_{calc} = \frac{E \cdot I}{(d_n - e_n)^3} = \frac{E}{96[S]^3}$$

ahol:

- S_{calc} - számított kezdeti gyűrűmerevség [kN/m²]
- E - hajlítási rugalmassági modulus [MPa]
- I - a keresztmetszet inercianyomatéka 1 fm csőhosszra vonatkoztatva: $I = \frac{1,0 \cdot e_n^3}{12}$
- $[S]$ - csősorozat (mértékegység nélkül)
- d_n, e_n - korábbi értelmezés szerint

A számítással járó gondoktól megkíméli a felhasználót a szabvány, mivel közöl egy táblázatot az egyes csősorozatok kezdeti gyűrűmerevségi értékeire, a rugalmassági modulus (E) függvényében, amelyet a **6. táblázat**ként a közreadunk.

6. táblázat

SDR	Csősorozat S	E-modulus [MPa]			
		600	800	1000	1200
		S_{calc} - kezdeti gyűrűmerevség [kN/m ²]			
41	20	0,75	1,0	1,3	1,6
33	16	1,5	2,0	1,5	3,1
21	12,5	3,2	4,3	5,3	6,4
26	10	6,2	8,3	10,4	12,5
17	8	12,2	16,3	20,3	24,4
13,6	6,3	25,0	33,3	41,7	50,0
11	5	66,5	88,7	83,3	100,0
9	4	97,7	130,2	162,8	195,3
4,7	3,2	190,7	254,3	317,9	381,5
6	2,5	400,0	533,3	668,7	800,0

A szabvány nem ad eligazítást, hogy a 4-féle E-modulus közül mikor melyiket lehet, vagy kell alkalmazni, de megmondja, hogy az E-modulus értékét az EN ISO 178 szerint kell meghatározni. A Pipelife Hungária e szabvány szerint gyártott PE csöveire:

- PE 80-as alapanyag esetén: $E_0 = 600 \text{ MPa}$,
- PE 100-as alapanyag esetén: $E_0 = 800 \text{ MPa}$

hajlítási modulus értékeket javasol figyelembe venni a gyűrűmerevségi számításokhoz. Ezen feltétel alapján a keretezéssel megjelölt SDR tartománnyal és E-modulussal jellemzett csövek használhatók fel a gyűrűmerevségi kritérium alapján a vákuumos rendszerekben.

A szennyvíz elvezetési célra gyártott csöveink külső megjelenésüket tekintve fekete színűek, barna – narancsbarna – csíkozással. A csövek feliratozása megegyezik a vízcsöveknél ismertetett adatokkal.

A szabad kifolyással rendelkező szennyvíz nyomóvezetékek tervezőinek felhívjuk figyelmét, a körültekintő tervezésre. A rendelkezésre álló tapasztalatok szerint a magassági vonalvezetés és a szerelvényezés – légtelenítő, légbeszívó – függvényében jelentős indító nyomás és a szivattyú leállásakor, vákuum léphet fel. Ez utóbbi a magas pont térségében szokásos jelenség. Szélsőséges esetben értéke az 1,0 bar értéket is elérheti.

3.3.3. Gázellátás

A területet szabályozó MSZ EN 1555-ös szabványsorozat szintén 2003-ban került bevezetésre angol nyelven. A szabvány egyes kötetei 2005-ben magyar nyelvű változatban ismételtlen közzétételre kerültek.

A szabványsorozat alkalmazási területe a PE anyagú csővezetékrendszerek éghető gázok szállítására, amely vonatkozik a PE csővekre, csőidomokra, szelepekre és kötésekre az alábbi feltételek mellett:

- a legnagyobb üzemi nyomás (MOP) legfeljebb 10 bar,
- az üzemi hőmérséklet – mint hivatkozási hőmérséklet – +20°C.

E szabvány is rögzíti, hogy más üzemi hőmérséklet esetén csökkentő tényezőt kell alkalmazni, amelyet a szabvány 5. része ismertet. Az éghető gáz is definiálásra kerül, mely szerint annak tekinthető bármely 15°C hőmérsékleten, légköri nyomáson gázhalmazállapotban lévő fűtőanyag.

A szabványos méretsort – a keretézéssel megjelölve a Pipelife Hungária által gyártott csőválasztékot – a **7. táblázat** tünteti fel.

7. táblázat

Névleges méret DN/OD (DN/OD = d _n)	Minimális falvastagság e _{min} (e _{min} = e _n)	
	SDR 17,6	SDR 11
16	2,3	3,0
20	2,3	3,0
25	2,3	3,0
32	2,3	3,0
40	2,3	3,7
50	2,9	4,6
63	3,6	5,8
75	4,3	6,8
90	5,2	8,2
110	6,3	10,0
125	7,1	11,4
140	8,0	12,7
160	9,1	14,6
180	10,3	16,4
200	11,4	18,2
225	12,8	20,5
250	14,2	22,7
280	15,9	25,4
315	17,9	28,6
355	20,2	32,3
400	22,8	36,4
450	25,6	40,9
500	28,4	45,5
560	31,9	50,9
630	35,8	57,3

A táblázatból látható, hogy a méretség csak az SDR-rel van jellemezve. Ezt a megoldást valószínűleg a CEN tagországokban alkalmazott C biztonsági tényező különbözőségei indokolják. Az általános üzemeltetési (tervezési) tényező értéke a szabvány szerint:

$$C \geq 2$$

legyen, a **nemzeti törvényi szabályozásnak** megfelelően. Tehát a tagországok az jogszabályban, vagy alsóbbrendű – ágazati-, szakmai, stb. – szabályozásukban rendelkezhetnek $C > 2$ tényező alkalmazásáról. A σ_s tervezési feszültség értéke a C tényező nagyságától függően alakul. Vagyis az, hogy a meghatározott SDR-számú csősorozat milyen maximális nyomásra vehető igénybe, a C tényezőnek a nemzeti szabályozásban meghatározott értékétől függ. A gázszállítási célú csövek alapanyagával szemben támasztott szilárdsági követelmények alapján az anyagválaszték korlátozottabb, mint a vízellátási csöveknél. Az osztályba sorolást a **8. táblázat** tünteti fel.

8. táblázat

Anyag megnevezése	Osztályba sorolás MRS szerint [MPa]
PE 80	8,0
PE 100	10,0

A fentiek alapján a szabvány meghatároz egy-egy maximális tervezési feszültséget az $\frac{MRS}{C}$ összefüggésből:

- PE 80 anyagú csövekre: $\sigma_{s(max)} = 4,0 \text{ MPa}$
- PE 100 anyagú csövekre: $\sigma_{s(max)} = 5,0 \text{ MPa}$

A felhasználóknak tehát mindenkor a hatályos, nemzeti szabályozás szerint kell eljárni, illetve célszerű egyeztetni a területileg illetékes gázszolgáltatóval – üzemeltetővel – is a megkívánt biztonsági tényező értékéről.

Az MSZ EN 1555-2 szabvány a csőválaszték mellett – a mérettáblázatban feltüntetett átmérő és falvastagság értékek egyben a minimális méretek is – tartalmazza a falvastagság-eltérés, a körtől való eltérés megengedett értékeit (ovalítás), valamint a **maximális átlagos külső átmérőt** ($d_{em, max}$). Ez utóbbi paraméter kapcsán megemlíthetjük, hogy a szabvány d_n 280 mm-től kétféle minőséget – toleranciát – kínál fel. Az „A” minőség nagyobb, a „B” minőség kisebb értékekkel jellemezhető, vagyis a „B” jellel ellátott csöveknek szigorúbb méretpontossági követelményeknek kell megfelelni. (A d_n 16-250 mm mérettartományban nincs ilyen megkülönböztetés, a „B” értéksornak kell megfelelni.) A csövek feliratozásában megjelenő „A” vagy „B” jelzés tehát a fenti tulajdonságot jeleníti meg. A gázcsövek feliratozása – adatközlése – némileg eltér a „vizes” csövektől, minimálisan az alábbi információk kerülnek feltüntetésre:

- szabványszám,
- a gyártó megnevezése,
- a cső paraméterei:
- $d_n \leq 32 \text{ mm}$ esetén: a külső átmérő és a falvastagság névleges értékei ($d_n \times e_n$)
- $d_n > 32 \text{ mm}$ esetén: a külső átmérő és a szabványos méretarány (d_n és SDR-szám)
- tolerancia osztály: A vagy B minőség
- anyag megnevezése és osztálya (PE ...)
- gyártási információk (dátum, gyártási kód, stb.)
- belső közeg (gáz)

A csövek megjelenési formája fekete alapszín, sárga – hosszirányú – csíkozással.

Az MSZ EN 1555-ös szabványsorozat 7 részből áll, ezek részletes ismertetése meghaladja a kézikönyv kereteit, de felhasználóinknak javasoljuk ezek tanulmányozását.

3.4. Szállítás, megrendelés

A PE csöveket az átmérő függvényében szálaban és/vagy tekercsben gyártjuk. A tájékoztató adatokat a **9. táblázat** tartalmazza. A tekercs- és szálhosszúságok tekintetében, illetve a csomagolási módnál a táblázatban közöltek a standard lehetőségek, ettől eltérni – a fizikai és közlekedési korlátok figyelembevételével – külön megállapodás esetén lehetséges.

9. táblázat

Jellemzők:	Tekercsben gyártott cső	Szálban gyártott cső
dn csőátmérő [mm]:	20-160	63-315 mm
Csőhossz [m]:	100-300	6,00; 12,00; 18,00
Csomagolási egység:	Mag nélküli tekercs (ϕ 1400-3200 mm)	Egységgrakat: - fakeretes - könnyített (pántoló szalagos)

A csövek tekercselhetőségét a hajlítási sugár minimális értéke és az ebből adódó tekercsátmérő korlátozza. A 12201-2 szabvány (vízellátás) legalább $18 \times d_n$ hajlítási sugarat ír elő a tekercseléshez, például a lokális deformációk megelőzése céljából. Tekercselő-berendezésünk a gyártási folyamatot bemutató fejezetben, az **5. ábrán** látható. A tekercsek megjelenési formáját a **14. ábra** szemlélteti. A csőtekercsekhez – a **14. ábrán** jól láthatóan – rögzítve van egy úgynevezett ellenőrző darab, amely a csőtekercs végéről származik, annak anyag- és gyártási tulajdonságait hordozza, így a felhasználó esetleges későbbi vizsgálatokhoz etalonként megőrizheti. Javasoljuk, hogy éljenek is ezzel a lehetőséggel.



4. ábra: Tekercsben gyártott „csőegységek” szállításra kész állapotban

A **15. ábra** képei a szálcsövek rakatozási folyamatát szemléltetik az üzemben. A csövek darabolását követően azok egyesével egy acél gyámszerkezetbe kerülnek, fagerenda alátétekre, majd pántoló-szalagos – vagy másik lehetőségként fakeretes – rögzítéssel egységgrakatot képeznek. A rakatok a képek bal szélén figyelhetők meg. A felhasználókhoz – vagy megrendelőkhöz – ezen egységgrakatokban történik a szállítás.



15. ábra: Szálban gyártott csövekből egységgratok készítése a gyártóüzemben

Felhasználóink a fenti lehetőségek közül választhatnak a megrendelésnél, illetve jelezhetik ettől esetleges eltérő igényeiket. További fontos megrendelési információk:

- a cső alkalmazási területe (pl.: víz, szennyvíz, gáz), szabványszám megadása,
- az átmérő (d_n), valamint
- a további paraméterek együttes megadásával lehet egyértelműen meghatározni a csőválasztékból egy konkrét csövet:
 - az anyagfajta mellett: a névleges nyomás, az SDR szám vagy a falvastagság (pl.: PE 80 és PN 10) a vízi – közműves csöveknél,
 - anyagfajta és szabványos méretarány a gázcsöveknél (pl.: PE 100, SDR 11)

Bizonyos korlátok között lehetőség van nem szabványos csövek megrendelésére, egyedi megállapodás alapján.

4. PE CSŐIDOMOK és CSŐKÖTÉSEK

A nyomócsőrendszer lényeges elemei a **csőidomok**, amelyeket általában fröccsöntéssel, konfekcionálással – illetve egyéb műanyag-feldolgozási eljárásokkal – állítanak elő, és alapvetően az alábbi típusait különböztetjük meg:

- csővégű csőidomok,
- elektrofúziós – fűtőszálas – tokos csőidomok és
- mechanikus csőidomok.

A 3. fejezetben tárgyalt vizes, szennyvizes és gázos szabványok alapvetően – a funkcióból adódó és ahhoz igazodó árnyalásokkal – ezeket az idomfajtákat tartalmazzák, és követelményeket fogalmaznak meg.

A PE csövek sajátos-, és fontos jellemzője a **hegeszthetőség**, amely tulajdonságra részben a felsorolt idomok és kötőelemek is épülnek, ezért a PE-idom rendszerek és a kötéstechológiák ismertetése értelem szerűen összefonódik, egymástól nehezen elkülöníthető témakör. A polietilén csövek sajátos jellemzői között az egyik meghatározó elem az egyedülálló CSŐKÖTÉSTECHNIKAI lehetőség és kínálat. A Pipelife ezen a területen is széles palettával áll felhasználói rendelkezésére a csőkínálatával azonos mérettartományokban. A fentebb elmondottakra tekintettel azonban saját termékeink bemutatása mellett szükségesnek és hasznosnak véljük a PE csövek lehetséges kötésmódjainak áttekintését, elvi rendszerezését, a műszaki-gazdasági szempontok vizsgálatát, annak érdekében, hogy hozzásegítsük Önöket az adott feladatnak és körülményeknek legmegfelelőbb, optimális kötéstechnika kiválasztásához.

[Megjegyezzük, hogy a különböző kötésfajták nem "konkurenciái" egymásnak. A vezeték funkciója, az építési körülmények és a rendelkezésre álló segédberendezések ismeretében választható ki az OPTIMÁLIS kötésmód.]

4.1. Kötések rendszerezése

A kötésmódok több szempont szerint rendszerezhetők, például:

- homogenitás a csőanyaggal,
- statikai megítélés szerint (felnyíló, önzáró),
- oldhatóság

stb. Kézikönyvünkben az utóbbi osztályozási módot választottuk az alkalmazható kötések elvi bemutatására. Az **oldható kötések** csoportjában a **mechanikus kötések**et:

- a karimás és
- a szorítókötések,

a **nem oldható kötések** csoportjába hegesztett kötések:

- az elektrofúziós hegesztést és a fűtőszálas csőidomokat, valamint
- a tompahegesztést és a kötéstechnológiához leggyakrabban felhasznált „csővégű” csőidomokat, továbbá
- a tokos kötést

mutatjuk be. Egy rövid fejezet erejéig kitérünk a 4. fejezet bevezetőjében felsorolt „szabványos” kötések mellett néhány egyéb kötés- és idomféleségre.

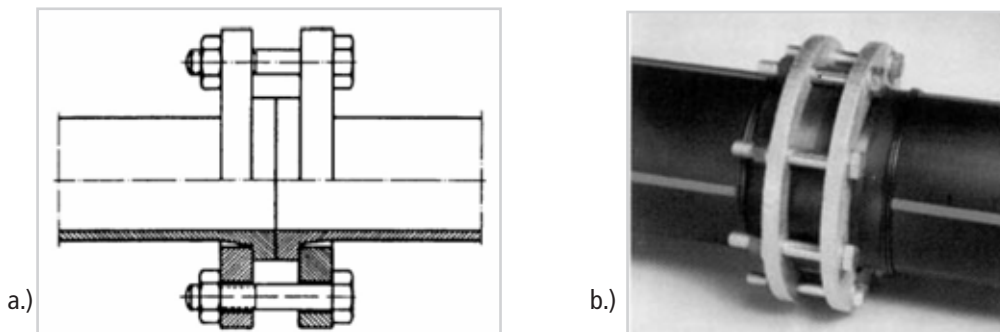
4.2. Oldható – mechanikus – kötések

A csővezetékek építésénél és elsősorban javításánál fontos szempont lehet a kötések oldhatósága, roncsolás-mentes megbontása, esetleges újrahasznosítása. Az oldható kötések további előnye, hogy általában egyszerű eszközökkel és módszerekkel, segédberendezések nélkül szerelhetők. A PE csövek oldható kötései a mechanikus kötések:

- a karimás kötés (amely hegesztőtoldatos kötőgyűrű beiktatásával oldható meg) és
- a szorítókötések és idomrendszerek különböző fajtái.

4.2.1. Karimás kötés

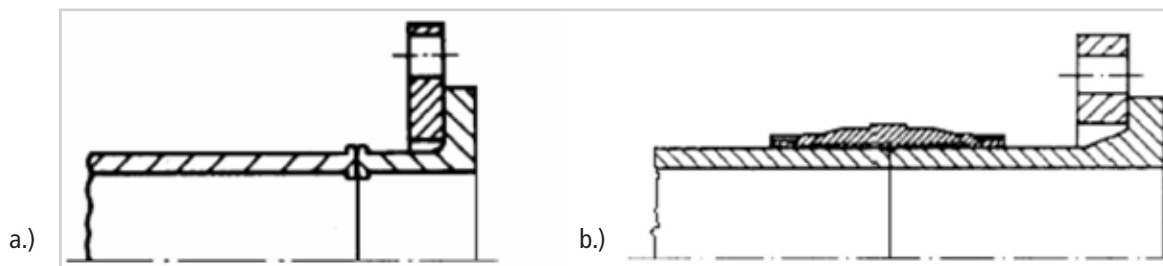
A karimás kötések beiktatása a nyomóvezeték-rendszerekbe a szerelvények csatlakoztatásához ill. technológiai okokból elkerülhetetlen. A polietilén vezetékhez a leggyakrabban alkalmazott karimás kötés az úgynevezett, hegtoldatos lazakarimás csőkapcsolat. A kötés szerkezetét és gyakorlati megjelenését a **16. ábra** szemlélteti.



16. ábra: Hegtoldatos lazakarimás kötés PE vezetékhez:
a.) a kötés szerkezete metszetben és nézetben, b.) egy megvalósult kötés

A hegtoldatos kötőgyűrű rövid és hosszított kivitelben is készül. A **16/b. ábrán** rövid kivitelű idomokból készült kötés látható, azonban előnyösebben használhatóak – különösen építéshelyszíni hegesztésnél – a hosszított kivitelű idomok, mivel ezek problémamentesen befoghatók és rögzíthetők a hegesztőgépbe. A Pipelife a csőméret-választékának megfelelő átmérettartományokban (d_n 20 - d_n 315 mm) **hosszított kivitelű** hegtoldatos idomokat ajánl, illetve kínál felhasználóinak.

A hegtoldatos idomot a csővégre tompahegesztéssel (**17/a. ábra**) vagy elektrofúziós hegesztéssel (**17/b. ábra**) is lehet csatlakoztatni.



17. ábra: Hegesztőtoldatos lazakarimás kötőgyűrű illesztése a csőhöz
a.) tompahegesztett kötéssel, b.) elektrofúziós hegesztéssel.

A lazakarimás kötések tömítettségét, vízzáróságát nagymértékben befolyásolja az összeszerelés szakszerűsége. A karimás kötések problémája a karima és a csavarok korrózióérzékenysége, a csővel nem egyenértékű élettartam.

A karimás kötések létrehozhatók speciális szorítókötéssel kapcsolható kettős karimával ellátott idomokkal is, ezek átmérőfüggő és költségesebb megoldások.

4.2.2. Szorítókötések és idomrendszerek

A polietiléncsövek egyesítésének legegyszerűbb módja a mechanikus szorítóidomokkal történő szerelés. Ezzel a kötésmóddal nagy hatékonysággal és gazdaságosan építhetők az – esetenként – több száz méteres tekercsben előállított csőszálakból megvalósuló vezetékhalozatok. (A – viszonylag magasabb árfekvésű – kötőidomok vezeték-folyóméterre vetített bekerülési költsége ilyen esetekben elenyésző.)

A felhasználási területe igen széleskörű, hiszen a szorítókötések általában d_n 16-110 mm mérettartományban állnak rendelkezésre, de néhány típusból a felső alkalmazhatósági határ a d_n 160 mm. A külső közművek mellett az épületgépészeti és technológiai csővezetékek kötéseként is célszerűen alkalmazható. [Megjegyzés: A nagy átmérők gazdaságosságáról megoszlanak a vélemények. Általában csak különleges esetekben kerül sor a felhasználásukra.] A szorítókötések gyakori felhasználási területe a **HIBAEHÁRÍTÁS**.

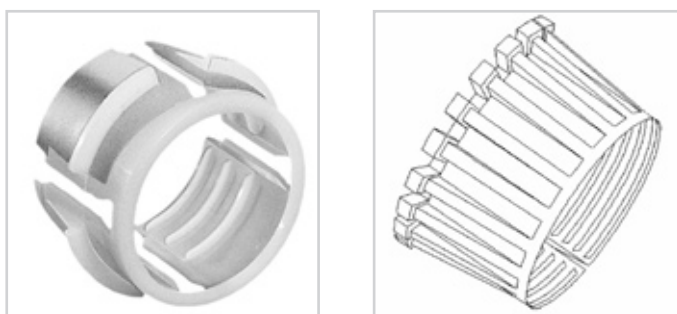
A szorítókötések több típusa ismert és elterjedt. A külső megjelenésben megnyilvánuló különbségek mellett lényeges jellemzők:

- az anyagminőség és homogenitás,
- a szorítógyűrű anyaga – keménysége – és hatékony szorítófelülete,
- a tömítés – gumigyűrű – elhelyezése és elmozdulás-mentességének biztosítása,

illetve a fenti jellemzők által is befolyásolt:

- nyomásállóság.

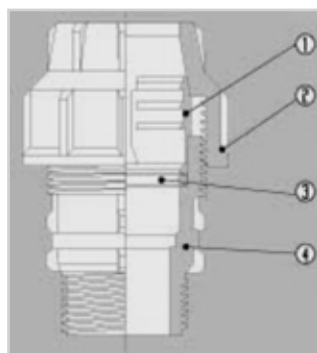
A **18. ábra** szorítógyűrűk különbözőségére mutat be példát. A **18/b. ábra** lényegesen nagyobb szorítófelülettel rendelkezik és fogazata is hatékonyabb, mint az **a.)** ábrarészen bemutatott típus. Nagyobb átmérőkhöz és magas nyomásértékeknél a **b.)** típusú kialakítás nyújt megfelelő biztonságot.



18. ábra: Szorítógyűrűk:

a.) több alkotó mentén felhasított elem, b.) egy alkotó mentén felhasított, erősen fogazott szorítógyűrű

A **19. ábra** egy általános kötőelem fő részeit, szerkezeti felépítését illusztrálja.



19. ábra: Mechanikus szorítókötés és szerkezeti felépítése, nézet és metszet

Jelölések: 1 szorítógyűrű, 2 menetes fej, 3 tömítőgyűrű, 4 test

A szorítókötések funkcionális kialakításukat tekintve lehetnek:

- egyenes összekötők,
- leágazó idomok:
 - T- egal és szűkített kivitelben,
 - 45°-os leágazással,
- ívdomok (általában 45° és 90°),
- szűkítők,
- javító – hibaelhárító – idomok,
- menetes kialakításúak más csőanyaghoz való csatlakozásra, valamint

külön csoportot alkotnak az utólagos rákötéshez alkalmazható:

- megfúró idomok (bilincsek)

A fenti idomféleségekből a **20. ábra** mutat be néhányat, a teljesség igénye nélkül. A Pipelife Hungária d_n 20-110 mm átmérőtartományban forgalmazza a gyorskötő idomrendszert. A teljes méret és típusválasztékot az aktuális katalógusaink tartalmazzák. A szorítókötéseink a d_n 20-63 mm mérettartományban 16 bar nyomásig, a d_n 75-110 mérettartományban 10 bar nyomásig vehetők igénybe.



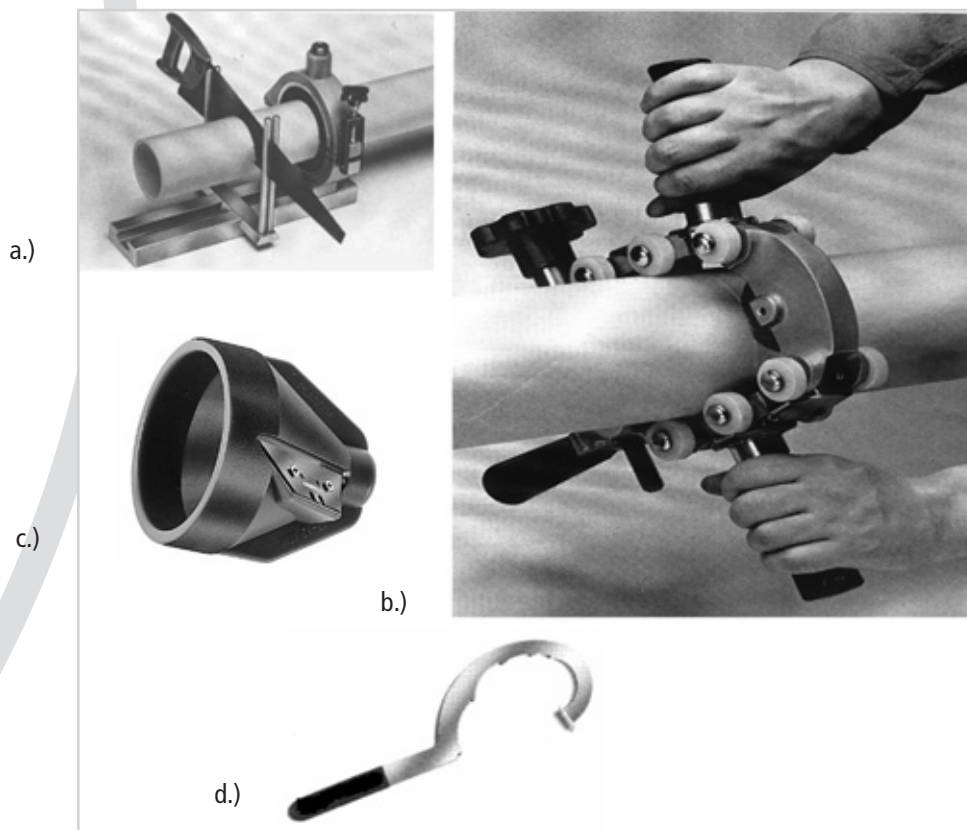
20. ábra: Különböző funkciójú szorítókötés PE csövekhez:

a.) egyenes összekötő, b.) belső menetes összekötő, c.) javítóidom (hosszított), d.) T-egal idom, e.) 90°-os ívidom, f.) 90°-os ívidom külső menettel, g-h.) megfúró idomok utólagos rákötésekhez, belső menetes csatlakozással

A gyorskötő-idomok alkalmazásának előfeltétele a csatlakozó csővégek megfelelő előkészítése:

- a merőlegesség biztosítása,
- a csővégek rézselése és
- a csővég tisztítása.

A merőlegesség gyári csővégek esetén biztosított. Egyéb esetben a csővégeket vágással kell merőlegessé tenni, amely művelet elvégzéséhez a csőátmérő függvényében többféle eszköz is alkalmazható. A **21. ábra** két lehetőséget mutat be. Ugyancsak a **21. ábra** szemlélteti a csővég rézselés praktikus eszközét.



21. ábra: Segédeszközök szorítókötések előkészítéséhez:

a.) befogóállvány és róka farkú fűrész a cső merőleges vágására, b.) speciális, görgőkkel megvezetett csővágó, c.) csővég rézselő, d.) szerelőkulcs a nagyobb átmérőkhöz

A Pipelife kínálatában szerepelnek és rendelkezésre állnak a szorítókötések szakszerű elkészítését elősegítő segédeszközök. A célszerszámok használata megkönnyíti a kivitelezést, és biztonságosabbá teszi a kötést.

A mechanikus gyorskötőket gázálló tömítő gumigyűrűvel is gyártják. Az EU egyes országában a gáziparban is alkalmazzák a gyorskötőket. A hazai gyakorlat ezek alkalmazását a gáziparban nem preferálja.

4.3. Oldhatatlan – hegesztett – kötések

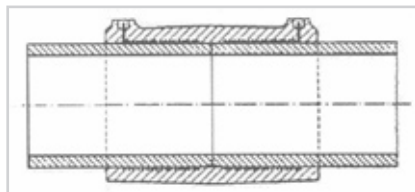
Az oldhatatlan kötések családjába a különféle hegesztési eljárással – idommal-, vagy anélkül – létrehozott kötésfajták sorolhatók. [Megjegyzés: Léteznek mechanikus szorítóidomok is, amelyek utólagosan nem bonthatóak meg, de véleményünk szerint ez a jellemzőjük inkább hátrányukra szolgál, ismertetésükre nem térünk ki.]

A korszerű, nyomóvezetékek építésénél nagy biztonsággal alkalmazható hegesztett kötésmódok:

- az **elektrofúziós hegesztés**, amely fűtőszálas csőidomok – elektrofűtő – által hozható létre és
- a **tompahégesztés**, amely csőszálak, illetve csőszálak és idomok összekötésére egyaránt szolgál.
- tokos, polifúziós kötés

4.3.1. Elektrofúziós hegesztés

Az elektrofúziós – fűtőszálás – hegesztés egy speciális idommal (elektrofíting) létrehozott csőkapcsolat (lásd: 22. ábra).



22. ábra: Elektrofúziós kötés metszete

Az elektrofítingek geometriai, anyagminőségi és egyéb (pl.: vizsgálati) követelményeit a különböző rendeltetésű PE csöveknél ismertetett rendszerszabványok (MSZ EN 1555, MSZ EN 12201, és MSZ EN 13244) 3. kötetei tartalmazzák. Javasoljuk ezen dokumentumok beszerzését és tanulmányozását, különösen ha nagy volumenű és nagy átmérőjű csővezetékéről kell döntést hozni. Érdemes például összevetni a csövekre és a csőidomokra a szabványban rögzített, megengedett mérettűréseket (ovalitást). A csövek és csőidomok ovalításának különbözőségei – elsősorban a tokos szerkezeti kialakítás miatt – a nagyátmérőjű elektrofúziós kötésekénél jelenthetnek problémát. A Pipelife által kínált csőátmérő-tartományban ez a szempont kevésbé hangsúlyos, mivel megfelelő célszerszámokkal a d_n 315 mérethatárnál az ovalítás jól korrigálható.

A fűtőszálás idomok választéka a szorítókötésekéhez hasonló, a kínálatban megtalálhatók:

- az egyenes összekötők (építésre- és hibaelhárításra),
- az ívidomok (45° és 90°),
- szűkítők,
- T-idomok,
- megcsapoló, megfúró idomok valamint
- a menetes végű kivitelek is.

Az elektrofúziós kötőelemek ugyancsak többféle szempont szerint osztályozhatók. A leginkább szokásos megkülönböztetés a fűtőszálak beépítésén alapul. Ez szerint megkülönböztetünk:

- fedett fűtőszálás,
- süllyesztett fedett és
- süllyesztett, fedetlen fűtőszálás elektrofúziós kötőelemeket és idomokat.

A fentiek közötti különbségekről, előnyökről és hátrányokról a szakma véleménye megoszlik. A fedetlen és süllyesztett fűtőszálak esetében az ellenzők véleménye a zárlatveszélyre összpontosul.

A Pipelife d_n 20-315 mm csőátmérőkhöz – általában SDR 11 és SDR 17 kategóriákban, és MRS 10 anyagminőséggel – kínál fedett fűtőszálás idomokat gázipari és vízepítő-ipari felhasználásra egyaránt.

[Megjegyzés: Egyes típusokból d_n 400 mm átmérőig forgalmazunk fittingeket.] Részletes elemválasztékunkat aktuális katalógusaink tartalmazzák.

A szabványok megengedik a nem azonos osztályba sorolt PE anyagú csövek és idomok összehegesztését, a 10. táblázat szerinti falvastagság-összefüggések kielégítése esetén, a PE 80 – PE 100 anyagok vonatkozásában. (Azonos anyagminőség esetén az idom falvastagsága egyenlő, vagy nagyobb kell, legyen a cső minimális falvastagságánál.)

10. táblázat

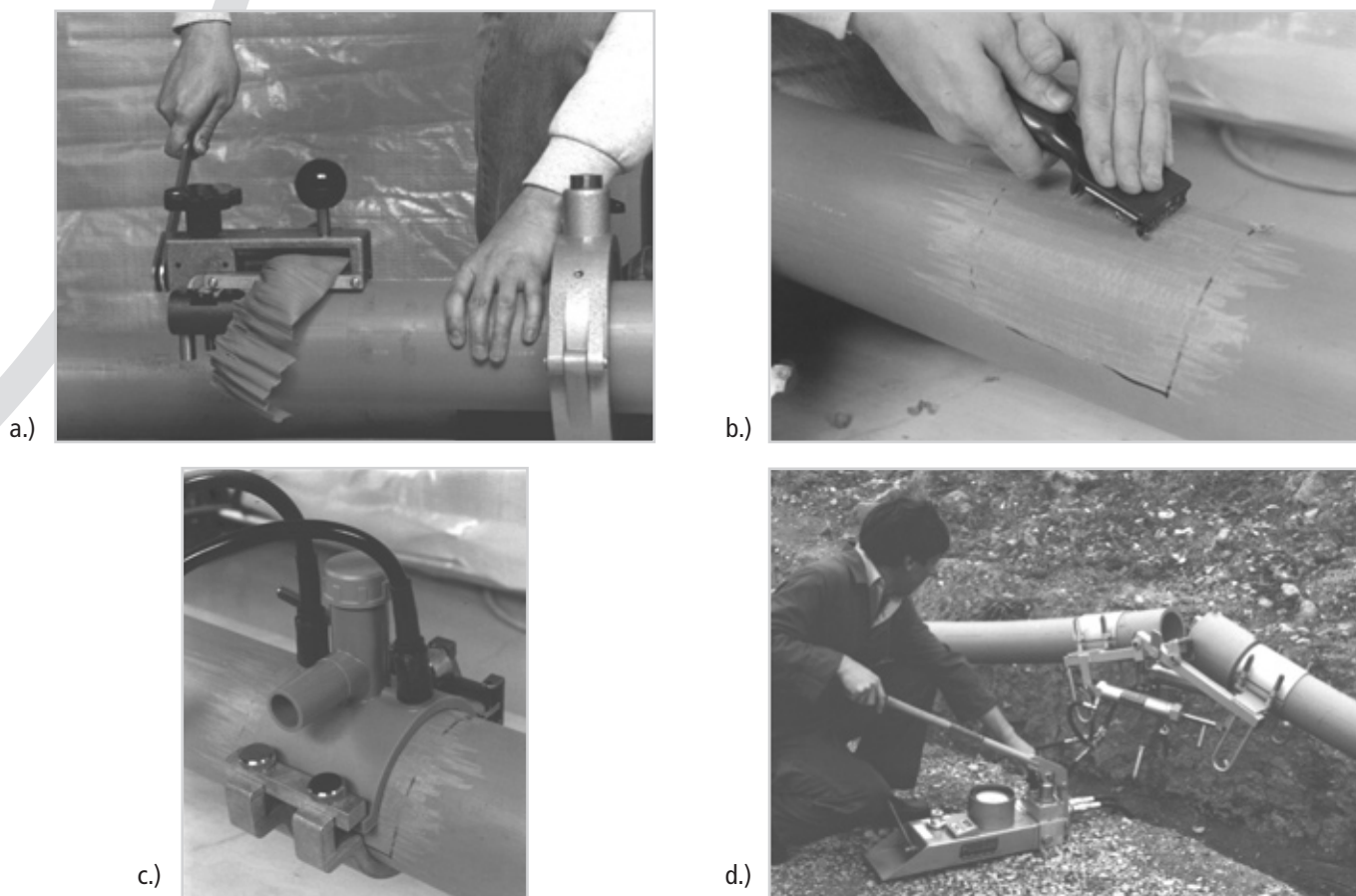
ANYAG		Kapcsolat a csőidom falvastagsága (E), és a cső falvastagsága (e_n) között
CSŐ	IDOM	
PE 80	PE 100	$E \geq 0,8e_n$
PE 100	PE 80	$E \geq e_n/0,8^*$

* A „vizes” szabvány $E \geq 1,25e_{min}$ –t ír elő, ami lényegében ugyanazt a kritériumot jelenti.

A gyakorlatban a nyomás alatti PE vezetékekhez szinte kizárólag PE 100-as anyagból állítanak elő elektrofúziós kötőelemeket, mivel ezek az ismertetett szabályszerűség alapján megfeleltethetők a szabványos követelményeknek. Ezzel magyarázható, hogy termékválasztékunkban elsőbbséget élveznek a PE 100 anyagú elektrofittingek.

A elektrofúziós idomok **hegesztés-technológiája** napjainkban teljesen automatizált. A korszerű hegesztési rendszerek az "emberi tényezőt" szinte teljes mértékben kiküszöbölik. A kötőidomok vonalkóddal vannak átlátva, amely tartalmazza az idomhoz rendelt hegesztési paramétereket. Az általában kis befoglaló méretű hegesztő-berendezések a leolvasott vonalkód alapján, automatán végzik a hegesztési műveletet. Az egyes cégek hegesztő berendezései eltérőek abban a tekintetben, hogy kizárólag saját idomrendszerrel működnek, vagy más gyártmányok meghegesztésére is képesek.

Az automatizált technikában a kezelőszemélyzetnek – hegesztőnek – a hegesztési felületek szakszerű előkészítésében van fontos szerepe. A kötés jószágát ez a művelet, döntően befolyásolja. A csővégek merőlegességének biztosítására a szorítókötéseknél már ismertetett vágóeszközöket és módszereket lehet alkalmazni. Alapvető kívánság a hegesztendő felületek tisztasága, és a cső felületének oxidmentesítése, valamint a csatlakozó csővégek tengelyközponthoz illesztése. A segédeszközök és célszerszámok használata ennél a kötéstechnikánál sem nélkülözhető. Ezekből mutat be néhányat a 23. ábra.



23. ábra: Elektrofúziós hegesztés segédszervei és segédberendezései:

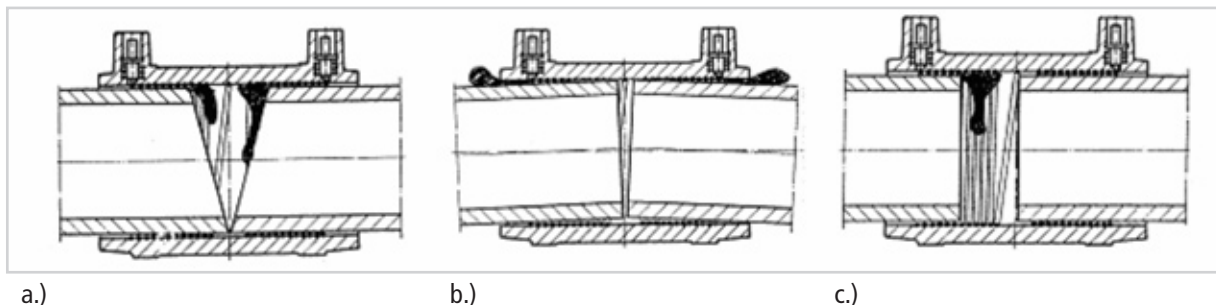
a.) befogóállvány és állítható méretű hántoló a felület oxidmentesítésére, b.) csőkaparó nyeregídomok illesztési felületének oxidmentesítésére, c.) nyeregídom rögzítő, d.) hidraulikus működésű csőösszehúzó és központozító

A Pipelife az elektrofúziós kötőelemekhez:

- hegesztő berendezést,
- célszerszámokat és
- segédberendezéseket

egyaránt forgalmaz.

Az elektrofúziós kötés, annak ellenére, hogy a kötéstechnika teljesen automatizált, a nem megfelelő előkészítéssel, a segéd- és célszerszámok használatának mellőzésével, tehát „hegesztőfüggő” munkával elrontható. A gyakoribb hibákat a **24. ábra** tünteti fel.



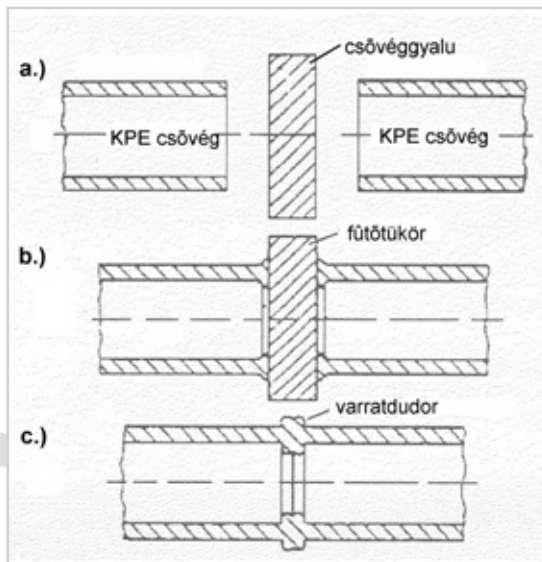
24. ábra: Típushibák elektrofúziós kötéseknel:

a.) csővégek nem merőleges levágása, b.) tengelyközponthiány, c.) nemkívánatos hézag az illesztendő csövek között.

Az elektrofúziós kötési rendszerek a technológiai előírások betartása esetén az általunk forgalmazott mérettartományban rendkívül megbízhatóak, alacsony hibaráta eredményeznek. Gazdaságosságuk az átmérő növekedésével általában kedvezetlenül alakul az egyéb kötésekkel – elsősorban a tompahegesztéssel – szemben. Kedvező alternatívát jelentenek hibaelhárításoknál, elsősorban a belső határoló nélküli, áttolható típusú fittingek előnyöire erre a célra.

4.3.2. A tompahegesztés

Az oldhatatlan csőkötések legáltalánosabb és leggazdaságosabb fajtája a tompahegesztés. A módszer lényegét – egyszerűsített és sematizált formában – a **25. ábra** mutatja be.



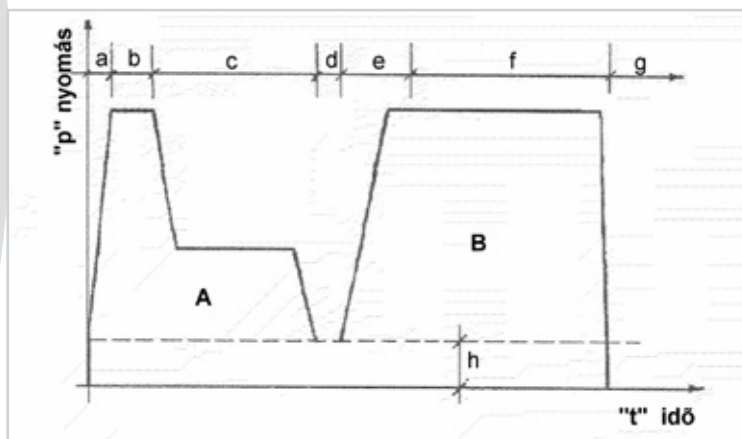
25. ábra: A tompahegesztés egyszerűsített elvi sémája:

a.) előkészítés: a csővégek merőlegesítése gyalulással, b.) dudorképzés: a felmelegített fűtőtűkör a hozzányomott csőfelületeken dudort képez, c.) varratképzés: a csővégek összenyomásával a képlékeny állapotú dudorok összehegedve varratot képeznek

A tompahegesztési művelet részletes előírásait és szabályait technológiai utasításban írják elő a pontos hegesztési paraméterek – nyomás, idő, hőmérséklet – megadásával.

[Megjegyzés: A gáziparban kiadásra került technológiai utasítások sorozatában (ITU) a hegesztési paramétereket is rögzítették, a vízi-közműveknél azonban ismereteink szerint nincs ilyen ágazati műszaki dokumentum.]

Egy általános – elvi – tompahegesztési **nyomás-idő** diagramot, a hegesztési folyamat részműveleteinek megnevezésével a **26. ábra** mutat be.



26. ábra: A tompahegesztés elvi nyomás - idő diagramja (MRS 8)

Jelölések: A.) csővégek felmelegítése és olvadékgyűrű képzés, B.) csővégek illesztése és összehegesztése:
a - csővég felmelegítése, b - olvadékgyűrű képzés, c - hűtőtartás, d - fűtőtűkör kiemelése, e - csővégek illesztése,
f - pihentetés (hűlési idő), g - a cső kiemelése a berendezésből, h - a csőszál vontatásának nyomás szükséglete.

A különböző MRS osztályú alapanyagok hegesztési paramétereinek azonos vagy eltérő voltáról a szakmában megoszlanak a vélemények. A Pipelife ebben a kérdésben nem kíván állást foglalni. Felhasználóinak azt tanácsolja, hogy új anyag, vagy új hegesztő-berendezés vagy bármilyen kétség esetén végezzenek az alkalmazni kívánt paraméterekkel néhány próbahegesztést, és azt vessék alá szemrevételezéses és laboratóriumi vizsgálatoknak, ahogy az a vonatkozó termékszabványban a kötésekre elő van írva, (szakítópróba, hajlító-próba, makrometszet vizsgálat) egyaránt.

Megjegyezzük, hogy a PE 80-as anyagok hegesztésével több évtizedes tapasztalatok állnak rendelkezésre, az ezekre vonatkozó adatok és kifejlesztett technológiák teljességgel kiforrottak és megbízhatóak, a varratényező $> 1,0$ -nél. A 27. ábra képei az 1990-es évek hazai gázhálózat-fejlesztése keretében megvalósult tömeges PE vezeték-építéseket idézik fel. Ezek a nagy többségében PE 80-as anyagból és tompahegesztett kötésekkel létesített vezetékek alátámasztják és megerősítik a technológia megbízhatóságát.

Tájékoztatásul jelezzük, hogy a korábbiakban többször hivatkozott termékszabványok is előírják a PE csövek, illetve a csövek előállítására felhasznált keverékek **hegeszthetőségének** vizsgálatát és hegesztési összeférhetőségének kritériumait. A hegeszthetőség vizsgálatánál egy ISO – tehát nemzetközi – szabványra történik utalás az alkalmazandó hegesztési paramétereket illetően. Ez az ISO 11414:1996 szabvány kizárólag határértékeket rögzít és nem konkrét csőtípusokra kidolgozott paramétereket. Természetesen erre alapozva kell és lehet meghatározni a konkrét átmérőkhöz, falvastagságokhoz rendelt paramétereket a külső körülmények figyelembevételével. A határértékeket a szabvány alapján a 11. táblázat tünteti fel.

11. táblázat

Feltétel	Környező hőmérséklet		Hegesztési hőmérséklete, T	Hegesztési nyomás, p
	jel	érték °C	°C	N/mm ²
Minimum	T _{min}	-5 ₋₂ ⁰	205 ± 5	0,15 ± 0,02
Maximum	T _{max}	40 ± 2	230 ± 5	0,21 ± 0,02



27. ábra: PE vezetéképítés az 1990-es években, tompahegesztett kötésekkkel

A **hegesztési kompatibilitásra** vonatkozóan a termékszabványok (MSZ EN 1555, 12201, 13244) úgy foglalnak állást, hogy egymással összehegeszthetőnek kell tekinteni mindazon PE anyagokat, amelyek a szabványokban meghatározott anyag – keverék – jellemzőknek megfelelnek. Ezen lényeges jellemzőket és követelményeket a **12. táblázat** tünteti fel. (A különböző színű keverékre pigment és koromeloszlási követelmények is meg vannak határozva, amelyek a táblázatunkban nem kerültek feltüntetésre).

12. táblázat

JELLEMZŐ	KÖVETELMÉNY
Sűrűség	$\geq 930 \text{ kg/m}^3$
Oxidációs indukciós idő (OIT)	$\geq 20 \text{ perc}$
Folyási mutatószám (MFR)	0,2 – 1,4 g/10 perc
Illóanyag-tartalom	$\leq 350 \text{ mg/kg}$
Víztartalom	$\leq 300 \text{ mg/kg}$

A tompahegesztéshez:

- manuális,
- félautomata és
- automata

berendezések egyaránt használatosak. A tompahegesztési technológia általában d_n 63 mm fölött alkalmazható. (Az egyes közműágazatokban eltérhet az alsó mérethatár.)

A tompahegesztett varrat az egyik legbiztonságosabb kötésformává vált az automata hegesztőgépek megjelenésével. A hegesztési művelet automatizálása megteremtette a feltételeit az egyenletesen jó minőségű hegesztési varrat készítésének. A jól képzett kezelőszemélyzet ezekhez a berendezésekhez is nélkülözhetetlen, de szerepe inkább ellenőrző jellegű. Fő feladatai:

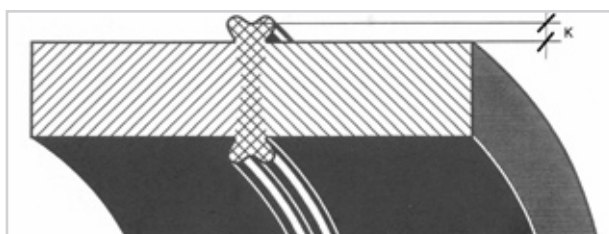
- a cső típus és a hegesztési paraméterek egyeztetése, jóváhagyása,
- a csővégek megtisztítása,
- a csővégek pontos illeszkedésének elősegítése és kontrolálása,
- az elkészült varratdudor alakjának, méretének és felületének ellenőrzése.

Az automata gépek minősítik és bizonylatolják is a hegesztést, ezzel hozzájárulnak:

- a varratok azonosíthatóságához,
- az utólagos ellenőrzések megkönnyítéséhez (adatszolgáltatás),
- a vezeték minősítéséhez és dokumentálásához a műszaki átadás-átvételnél.

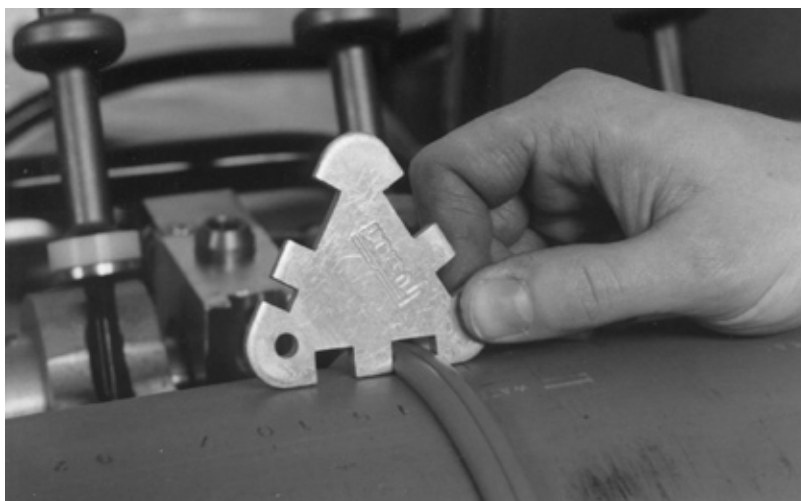
A manuális és félautomata berendezések is megbízhatóak, de a varratminőség nagyobb szórást mutat. Igényesebb hegesztési feladatokhoz célszerűbb előnyben részesíteni az automata gépeket.

A tompahegesztés megfelelőségét a varratdudor reprezentálja. A dudor méreteit és a csontszélességet – a csőátmérő és a falvastagság függvényében – előírások rögzítik. Egy manuális hegesztési varrat alakot mutat be a **28. ábra**. Az automata hegesztéssel készült varratok esetében a **28. ábrához** képest a csont keskenyebb és a dudor nem szív-, hanem inkább félkörhöz hasonló alakot vesz fel (ez a vízi-közműveknél lényeges hidraulikai viszonyokat kedvezően befolyásolja).

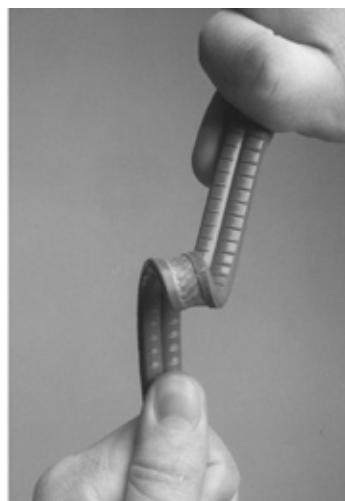


28. ábra: Manuális hegesztés varratalakja

Egyes országokban megkívánják az elkészült varratdudor **optikai** – szemrevételezéses – és **fizikai** vizsgálatát. A **29/a. ábra** egy egyszerű segédeszközzel végzett méretellenőrzést, a **29/b. ábra** pedig egy lemunkált varratdudor csavaró vizsgálatát szemlélteti. A külső varratdudor lemunkálása a hazai gyakorlatban nem szokásos, pedig nagy volumenű munkáknál szűrő-próbaszerűen alkalmazva hasznos „információkat” szolgáltat és „bizonylatként” is megőrizhető. (A varratdudor lemunkálásához szükséges célszerszámok kereskedelmi forgalomban kaphatók és kis költségáfordítással beszerezhetők.)



a.)



b.)

29. ábra: Hegesztési varrat ellenőrzése:

a.) dudorméretének ellenőrzése sablonnal, b.) lemunkált külső varrat csavaró próbája

A tompahegesztéssel természetesen nemcsak csőszálak egyesíthetők. A kötéstechológiához u.n. „csővégű” csőidomok állnak rendelkezésre az általunk kínált csőméret-tartományban minden feladat megoldásához. Az idomok készülhetnek fröccsöntéssel, konfekcionálással esetleg csőből hajlítással formázva. Az idomok – funkció és méret – választékát aktuális katalógusaink részletesen tartalmazzák (T-idomok, ívidomok, szűkítők, hegtoldatos kötőgyűrűk, stb.). A **30. ábra** korszerű – hosszított-, és a feszültséggyűjtő helyeken megerősített fallal előállított – idomokat szemléltet. A hosszított idomok megkönnyítik a befogást a hegesztőgépbe és így építéshelyszíni hegesztéssel is biztonságosan alkalmazhatók.



30. ábra: Korszerű fröccsöntött ívidomok a feszültséggyűjtő helyek megerősítésével

A csővégű csőidomok anyagtulajdonsági, geometriai, mérettűrési előírásait ugyancsak a már többször hivatkozott termékszabványok 3. kötetei tartalmazzák.

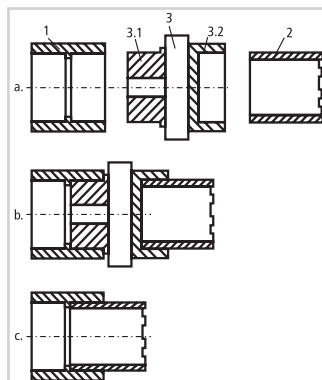
A tompahegesztés – több évtizedes tapasztalatokkal alátámaszthatóan – az egyik legmegbízhatóbb kötésforma, és gazdaságossági szempontból is a legkedvezőbb alternatívát nyújtja a vezetéképítésben.

4.4. Egyéb kötések

Tokos – polifúziós – hegesztés

A polifúziós hegesztés szintén hőközlés hatására tokos összekötéssel létrehozott csőkapcsolat. A hőt ebben a technológiában a tok belső – illetve a cső külső palástfelületéhez illeszkedő profilú fémszerkezet közvetíti. Az elvi sémát a **31/a. ábra** vázolja.

A tokos – polifúziós – idomok d_n 20-110 mm átmérő tartományban állnak rendelkezésre. Polifúziós technológiával nyeregídomok – leágazások – is kivitelezhetők d_n 63-315 mm gerincvezeték átmérők között. Hazai viszonylatban az alacsonyabb beruházási költségigénye miatt ez a technológia igen elterjedt, annak ellenére, hogy a hegesztési folyamat nehezen kézben tartható, nem automatizálható.



31/a. ábra: POLIFÚZIÓS- tokos hegesztés sematikus műveleti ábrázolása:

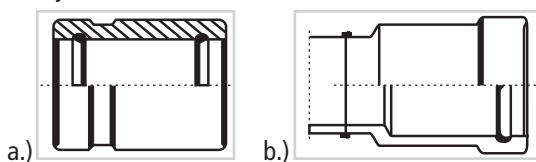
- a. Csatlakozó felületek előkészítése, hegesztőprofilok felmelegítése. b. Csatlakozó KPE cső- és tokfelületek felmelegítése, hőntartás.
c. Az idom(tok) és a cső összetolása, illesztése. 1 tokos idom, 2 cső, 3 fűtőelem: 3.1 dugós profil, 3.2 hüvelyes profil

A 4.2. és a 4.3. fejezetekben ismertetett kötésmódok és idomrendszerek mellett ismertek egyéb technikák is. A „vizes” szabvány például mellékletében megemlíti a tokos hegesztésű idomokat (más szóhasználat szerint polifúziós hegesztés), a gázos szabvány azonban egyáltalán tartalmazza ezt az idomrendszert. A hegesztési folyamat nehezen kézben tartható, nem automatizálható, az összetolásnál gyakoriak az olvadék begyűrődések a belső felületen (lásd: **31. ábra**). A tokos – polifúziós – idomok, illetve a kötéstechnológia d_n 125 mm átmérőig alkalmazható.



31. ábra: Tokos hegesztés: a technológiából adódó tipikus kötészhiba

A mechanikus kötések közül megemlítjük a **tokos – gumigyűrűs – kötést** (lásd: **32. ábra**), amelyről az említett szabványok szintén nem tesznek említést. Külföldön használatos kötésforma elsősorban kábelvédő csövekhez, de vízi-közművekhez is. Hátránya a szorítókötésekkel szemben, hogy felnyíló kötést eredményez.



32. ábra: Gumigyűrűs tömítésű – tokos – kötőidomok PE csövekhez:

- a.) áttoló karmantyú, b.) üzemben felhegesztett hosszított tok

Ismertek a csővel nem homogén – fémes – anyagú mechanikus kötőelemek (kuplungok) is. Ezeket eltérő merevségük és egyéb tulajdonságuk miatt nem javasoljuk a PE csövekhez felhasználni. Szükséghelyzetben, hibaelhárítási feladatokhoz jelenthetnek alternatívát.

5. TERVEZÉS

A nyomócsőrendszerek tervezésének alapelveit – a mérnöki tudományokra és műszaki ismeretekre alapozva – a nemzeti-, ágazati és szakmai szabványok, továbbá jogszabályok (kormányrendeletek, miniszteri rendeletek, stb.) határozzák meg.

Kézikönyvünk megjelenésének időszakában a műszaki szabályozási rendszer már az EU-s elveknek megfelelően átalakult. A CEN szabványok MSZ EN-ként történő bevezetésével egyidejűleg az annak ellentmondó – nemzeti, ágazati, szakmai – szabványok visszavonásra kerültek. A vízi-közművek területén jelenleg egy átmeneti időszak van, az új MSZ EN-ek közzétételre kerültek, de a szabályozás alsóbb szintjén az ezekkel összhangban lévő, egymásra épülő részletes szabályokat tartalmazó műszaki dokumentumok kiadása – bár ismereteink szerint az átdolgozás folyamat van – még nem történt meg. Ezen helyzetre való tekintettel a tervezési fejezetben elsősorban a vízi-közműveket tekintjük át, hivatkozással az MSZ EN szabványokra, és esetenként az alsóbb szintű – **nem hatályos, de érvényes** jogállású MSZ, MI, ME, stb. – műszaki dokumentumokra, illetve a szabályozás hiányosságaira is felhívjuk egyes területeken a felhasználóink figyelmét.

A PE közművezetékek tervezési szempontjait és kívánalmait az alábbi témacsoportokra bontva foglaljuk össze:

- nyomvonal- és szerkezeti tervezés,
- hidraulikai tervezés,
- erőtani méretezés.

5.1. Nyomvonal- és szerkezeti tervezés

A vízi-közművek föld alatti elrendezésére az **MSZ-7487 Közmű és egyéb vezetékek elrendezése közterületen** c. szabványsorozat rendelkezéseit célszerű irányadónak tekinteni a többszintű szabályozási folyamat jelenleg még nem lezárt rendszerében. Ez a szabvány szabályozza a közműrendet, a közművek egymástól, illetve épületektől való távolságát.

A közművek elrendezése kapcsán külön meg kell említeni a távhőellátó vezetékek és a hőre lágyuló műanyag csővezetékek viszonylatát, mivel a nagyobb városaink területén jelentős mennyiségben vannak jelen a távfűtés- és melegvízellátás földalatti létesítményei. Ezek meghibásodásaiból eredően a talajba kikerülő, magas hőmérsékletű víz a hőre lágyuló műanyag – így a PE – csővezetékek tönkremenetelét idézheti elő. Ezért törekedni kell olyan közműrend kialakítására, hogy a PE anyagú vezetékek a lehető legtávolabb kerüljenek a hőenergiát szállító vezetékektől. (Amennyiben erre nincs lehetőség, a PE vezeték mechanikai védelmét védőcső, vagy betonburkolat beépítésével lehet biztosítani.)

A **123/1997. (VII.18) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről** a vízszállító és elosztó vezetékek védősávjára tartalmaz előírásokat. Rendelkezik az ivóvízvezetékkel párhuzamosan vezetett, illetve keresztező szennyvízcsatornák magassági helyzetének és a talajvízszint függvényében az ivóvízvezeték védelmének a módjáról. E rendeletet szintén figyelembe kell venni, és be kell tartani az ivóvízvezetékek nyomvonalának megtervezésekor, mivel a szabványokkal ellentétben – amelyek alkalmazása önkéntes – a jogszabályok kötelező érvényűek. A rendeletnek az ivóvízvezetékek és szennyvízcsatornák nyomvonalvezetését befolyásoló előírásait a **13. táblázatban** foglalja össze.

Az ivóvízvezetékek földtakarására irányadónak kell tekinteni a **14. táblázat** értékeit. A minimum értékek meghatározása elsősorban a fagyveszélyesség figyelembevételével történt. Erőtani megfontolásból – közlekedési terhek – a nagyobb átmérőjű vezetékek esetében sem javasolunk 1,00 m-nél kisebb takarásokat tervezni. Ha ez elkerülhetetlen, akkor egyéb intézkedésekkel kell a csővezeték állékonyságát biztosítani (pl.: védőcső, különleges ágyazat, stb.). Nagy terhelésű közutak alatt 1,00 -1,5 m-es földtakarások esetén is kívánatos legalább 30 cm vastag útpályaszerkezet megléte a tehereloszlás biztosítására.

Megjegyezzük, hogy a hőre lágyuló műanyag csövekre vonatkozóan nemzetközi kutatás keretében vizsgálták a járműterhek hatásait. Ezek a vizsgálatok is azt támasztják alá, hogy a 1,00 m-nél kisebb takarások esetén a járműterhek fokozott igénybevételt jelentenek a csővezetésekre. Ezek a javaslatok a szennyvíz nyomócsövek esetében is megszívlelendők.

13. táblázat

VEZETÉK MEGNEVEZÉSE, HELYZETE	VÉDŐSÁV MÉRETE és a VÉDŐINTÉZKEDÉSEK
Földbe fektetett vízvezeték	A védősáv határa a vezeték felett a föld felszínéig, alatta 1 m mélységig, kétoldalt 2-2 m távolságig terjed
Párhuzamosan haladó vízvezetékek és szennyvízcsatornák:	
- ha a szennyvízcsatorna magasabban fekszik, mint a vízcső, vagy ha mélyebben fekszik, de a vízvezeték talajvízben, vagy annak közelében van	A védősáv szélessége a vízcső mindkét oldalán vízszintes irányban mért 1-1 m; 2 m-nél kisebb tengelytávolságú két vezeték esetében megfelelő állékonyságú szennyvíz-csatorna alkalmazásával
- ha a szennyvízcsatorna mélyebben fekszik, mint a vízcső és a vízcső száraz talajban van	A védősáv szélessége a vízcső mindkét oldalán vízszintes irányban mért 0,5-0,5 m
- nyomás alatti szennyvízcsatornacső esetében	A védősáv szélessége a vízcső mindkét oldalán vízszintes irányban 2-2 m
Szennyvízcsatorna és vízvezetékcső kereszteződése:	
- ha a szennyvízcsatorna magasabban fekszik, mint a vízcső	A szennyvízcsatorna elhelyezése a keresztezési ponttól számított 2-2 m hosszúságú vízáró védőcsőben vagy fedett vasbeton vályúban a közúti terhelés mértékének megfelelő állékonysággal
- ha a szennyvízcsatorna mélyebben fekszik, mint a vízcső és a két vezeték közötti szintkülönbség 0,5 m-nél kisebb	A vízcső megépítése a kereszteződési ponttól mindkét irányban mért 2-2 m, összesen tehát 4 m hosszúságon belül csökkentés nélkül, a szennyvízcsatorna építése a keresztezési ponttól mindkét irányban mért 1-1 m, összesen tehát 2 m hosszban, legalább 10 cm vastag betonburkolattal
- ha a szennyvízcsatorna mélyebben fekszik, mint a vízcső és a két vezeték közötti szintkülönbség 0,5-1 m között van	A vezetékek építésére az előző bekezdésben a szennyvízcsatornára vonatkozóan foglaltak irányadók

14. táblázat

A vezeték átmérője [mm]	Földtakarás [m]	
	min.	max.
80-300	1,20	3,00
> 300	0,80	3,00

A nyomvonal megközelítőleg kövesse a terep lejtéviszonyait, de túl sok magas- illetve mélypont létesítése nem célszerű. A PE csövek a nyomásfokozat – csőosztály – és a hőmérséklet függvényében meghatározott hajlítási sugárral (lásd: **15. táblázat**) ívben is fektethetők. [Megjegyzés: Jelenleg a különböző országokban és szakmai szabványokban eltérő hajlítási sugár értékek találhatók. A hazai szabályozás hiányában a [] irodalom ajánlásait vettük figyelembe.] Ezt a tulajdonságát a nyomvonal megtervezésekor szintén célszerű figyelembe venni, mivel így, hidraulikailag kedvezőbb állapot hozható létre, mint a kissugarú ívdomok és többlet csőkötések alkalmazásával.

15. táblázat

SDR	Minimális hajlítási sugár		
	20°C-nál	10°C-nál	0°C-nál
17	20×d _n	35×d _n	50×d _n
11	20×d _n	35×d _n	50×d _n

A kényszeráramlású szennyvízrendszerek nyomvonaltervezésénél természetesen figyelembe kell venni a vonatkozó szabványokat:

- MSZ EN 1091: Települések vákuumos szennyvízelvezető rendszerei
- EN 1671: Druckentwässerungssystem ausserhalb von Gebäuden (amely valószínűleg már MSZ EN-ként is bevezetésre került).

Ezekben a csővezetékrendszer funkciójának megfelelően rögzítve vannak a lejtések minimális értékei, a csőcsatlakozások magassági- és vízszintes elrendezésének szempontjai, stb. A vákuumos szennyvízelvezető rendszerek nyomvonal kialakításának speciális szabályait a fenti – MSZ EN 1091 – szabvány rögzíti.

A PE vezeték szerkezeti tervezéséhez – az elmúlt évtizedekben a csőeink beépítésével szerzett felhasználói tapasztalatok birtokában – néhány praktikus tanácsot szeretnénk megfogalmazni és figyelmükbe ajánlani. Ezek az alábbiak:

- A földbe fektetett csővezetékknél, a tranziens folyamatok kézbentartása és a statika (rendszermerevség) szempontjából egyaránt, az automata tompahegesztés a legjobb megoldás.
- A szerelvényeket csak kivételesen indokolt esetben helyezték el műtárgyban. Ilyen megoldásnál a csatlakozó csővégek alátámasztásáról és azok rögzítéséről gondoskodni kell.
- A kisebb átmérőtartományokban, az elzáró szerelvényeknél a homogén rendszer alapelve a hőre lágyuló műanyag elzárók alkalmazásával biztosítható. Ezek alátámasztását és maradéktalan beágyazását szintén biztosítani kell.
- A nagyobb – $d_n > 50$ mm – átmérőknél a PE csőcsatlakozáshoz kifejlesztett elzárók alkalmazása javasolt. A szerelvény alátámasztására a kemény – lépésálló – polisztirol alátétek alkalmazása és a szerelvény kifogástalan beágyazása célszerű.
- Az egyéb szerelvények beépítésénél a hosszított hegesztőtoldatos lazakarimás kötés az egyetlen reális alternatíva. A csővezeték és a hosszított hegesztőtoldal kapcsolatához az elektrofúziós kötőelem jobb változat, a szerelvény térségében szokásos nagyobb mechanikai igénybevételek miatt.
- Az eltérő csőanyagok találkozásánál a PE csőre a hegesztőtoldatos kötőgyűrűt csak elektrofúziós kötőelemmel javasoljuk csatlakoztatni. Ha a csőanyag változás elágazásnál van, úgy a beépítendő „T” idom PE anyagú legyen és az eltérő anyagú cső csatlakozási pontját az idomtól legalább egy csőszálnyira – 12,00 m – célszerű eltolni.

A fenti ajánlások betartása, szavatolja a szilárdságilag homogén rendszert, és jelentősen hozzájárul a tranziens folyamatok kézbentartásához, kezeléséhez.

5.2. Hidraulikai méretezés

A csővezeték hidraulikai méretezésének az a feladata, hogy jól áttekinthetően meghatározza az egyenes csővezeték szakaszokban a folyadék szállításakor fellépő súrlódási veszteségeket.

Ismeretes, hogy állandó folyadékmennyiség szállításakor a cső mentén:

$$h_v = \lambda \cdot \frac{v^2 \cdot l}{2g \cdot d_i}$$

fajlagos nyomásvesztés lép fel, permanens áramlás esetében. A képletben:

- | | | |
|-----------|---|-------------------------------|
| λ | - | ellenállási tényező, |
| v | - | áramlási sebesség, |
| l | - | a vizsgált csőszakasz hossza, |
| g | - | nehézségi gyorsulás, |
| d_i | - | a csővezeték belső átmérője |

A gyakorlatban leginkább előforduló örvénylő (turbulens) vízmozgásnál a λ értékét a Colebrook-White formulával számoljuk az IWSA ajánlásaival összhangban:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{k}{3,7 \cdot d_i} + \frac{2,5 \cdot l}{R_e \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

A képletben:

k - a csővezeték érdessége [mm]

R_e - Reynolds szám:

$$R_e = \frac{v \cdot d_i}{\nu}$$

ahol:

ν - a szállított folyadék kinematikai viszkozitása.

A k értéke függ a csővezeték anyagától és állagától, a nyomvonal horizontális kialakításától, a szerelvényezéstől, a csőkötések gyakoriságától és kialakításától, stb. A PE csővezetékeknek az **16. táblázatban** megadott k értékek használatát javasoljuk.

16. táblázat

A CSŐVEZETÉK FUNKCIÓJA	„ k ” a CSŐVEZETÉK ÁTMÉRŐJE szerint [mm]	
	$d_n \leq 110$ mm	$d_n > 110$ mm
Táv- és fővezetékek*	-	$k = 0,05$
Elosztóhálózat	$k = 0,1$	$k = 0,05$

*Megjegyzés: Ha a fogyasztók közvetlenül a fővezetékhez vannak rákötve, akkor a $k = 0,1$ mm

A fenti értékeknél a gyakorlati számításokban nem javasolunk korrekciós tényezőt (n) az alábbi kötésmódok esetén:

- elektrofúziós kötés,
- mechanikai szorítókötés,
- hosszított tokos kötés és
- az automatikus tompahegesztésnél MRS 8-as anyag esetén min. 12,0 m-es varrat távolságnál.

A manuális és félautomata hegesztésnél, különösen MRS 10-es alapanyagánál: $n = 1,05-1,25$ korrekciós tényező használatát javasoljuk a táblázatban megadott érdességi tényezők növelésére a hidraulikai számításokban, a $d_n = 90 - 250$ mm átmérőtartományban [].

A **nyomásveszteségek (h_v)** meghatározásához több általános érvényű tervezői hidraulikai méretező segédlet áll rendelkezésre. Az ilyen jellegű segédanyagok használatánál:

- az érdességi tényező és
- a belső átmérő

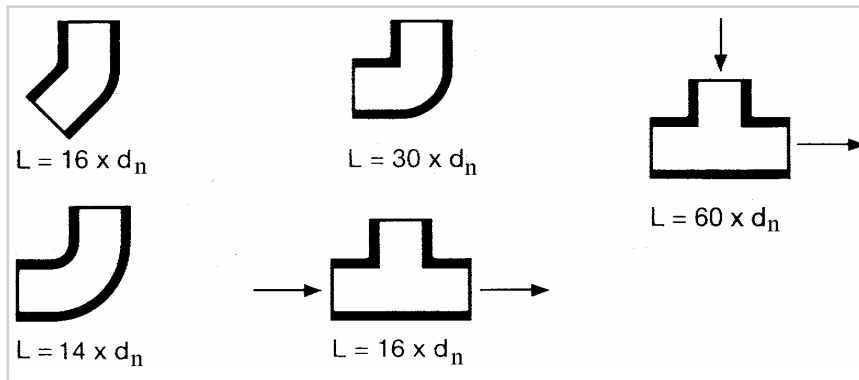
értelmezése, a tervező felelőssége. A jelzett hidraulikai méretező táblázatok többsége a hagyományos csőanyagoknál használatos névleges átmérő (NA) rendszerén alapul, amely nem egyezik meg a hőre lágyuló műanyag – így a PE – csövek d_n méretével, amely minden esetben külső átmérőt jelöl. Az azonos átmérőjű PE csövek belső átmérőjét befolyásolja az MRS-, és az SDR osztály (nyomásfokozat) is. A felsorolt körülményekre való tekintettel a Pipelife Hungária az általa kínált PE csővezeték tartományokra kidolgoztatta a közvetlenül és egyszerűen használható **hidraulikai méretező táblázatokat**, amelyek a kézikönyv **2. mellékletét** képezik. A táblázatokban a „ h_v ” **nyomásveszteségek** a fentebb leírt hidraulikai összefüggések alapján lettek meghatározva. A méretező táblázatokban „ k ” **érdességi tényezőnek** a **16. táblázatban** feltüntetett 0,05 és 0,1 értékei mellett – kedvezőtlenebb hidraulikai viszonyokkal működő csőrendszereket is feltételezve – 0,4 értékével is számoltunk. A „ v ” **szállítási sebesség** 0,5 és 1,3 m/s között – 0,05 m/s-os lépcsőkben – lett figyelembe véve. A táblázatok használatát az alábbi egyszerű számítási példán mutatjuk be:

Egy $d_n 200$ mm, PN = 6,5 induló nyomással üzemelő csővezetéken $Q = 20$ l/s vízmennyiséget szállítva mekkora nyomásveszteség lép fel, és mekkora lesz a sebesség?

- A $d_n 200$ átmérőket tartalmazó táblázatból először ki kell választani a nyomásfokozatnak megfelelő belső átmérőjű csövet. Esetünkben a 6,5 bar induló nyomású rendszerhez – a föld-, jármű terheket is figyelembe véve – PN 10 baros csövet célszerű választani. A csőválasztékból a **2. táblázat** alapján a 10 bar SDR 13,6 csőosztálynak felel meg PE 80-as anyagú cső esetén. Tehát a méretező táblázatból a **DN 200 SDR 13,6**-ra vonatkozó adatsort kell alkalmazni. A „ k ” érdesség értéke 0,05-re vehető fel.

- A táblázatban a keresetthez legközelebb esik: $Q = 19,81$ l/s vízszállítás
Így: $v = 0,9$ m/s sebesség mellett $h_v = 4,67$ m/km nyomásveszteség adódik.

A városi ivóvízhálózatoknál a különböző idomok helyi nyomásvesztéseit általában figyelmen kívül hagyják. A PE csővezeték-építésben, ha a csomópontoknál fröccsöntött idomokkal képezték, mérlegelni célszerű az egyenértékű csőhosszak számítását a 33. ábra szerint, a [] irodalom alapján.



33. ábra: Fröccsöntött PE csőidomok egyenértékű csőhosszai hidraulikai számításokhoz (L: az egyenértékű csőhossz, d_n : a cső külső átmérője)

Napjainkban általánossá vált a számítógépek használata a tervezésben. Léteznek hidraulikai méretező programok is, amelyek alkalmazásánál szintén célszerű szem előtt tartani a fenti megfontolásokat.

A túlnyomásos szennyvízvezetékek hidraulikai méretezéséhez a 2. melléklet táblázatait csak közelítő méretezésre javasoljuk alkalmazni, abban az esetben, ha egy – pl.: átemelő és szennyvíztisztító telep közötti – vezetékszakaszt kell megméretezni. A kényszeráramlású szennyvízgyűjtő rendszerek hidraulikai méretezésének ismertetése meghaladja a kézikönyv célkitűzéseit és kereteit.

A gázhálózatok méretezésére ugyancsak többféle méretező diagram és táblázat áll rendelkezésre. A csőfal érdesség a légnemű közeg szállítása esetében is fontos paraméter. A PE vezetékek e tulajdonságára vonatkozó fentebb tett megállapítások értelemszerűen a gázvezetésekre is érvényes.

5.3. Nyomócsövek erőtani méretezése

A témakörben több új MSZ EN szabvány került bevezetésre, amelyek közvetve, vagy közvetlenül kihatnak az erőtani számításokra. Ezek az alábbiak:

- MSZ EN 1295-1 Földbe fektetett csővezetékek statikai számítása különböző terhelési feltételek esetén. 1.rész: Általános követelmények
- MSZ EN 1610 Zárt vízelvezető csatornák fektetése és vizsgálata,

mely a nyomás alatt üzemelő csővezetékek kivitelezésére is vonatkozik, és az ágyazati kérdéseket – amelyek a hőre lágyuló műanyag csövek esetében nagy fontossággal bírnak – szabályozza. Mindkét szabvány a kizárólag a vízgazdálkodás területén érvényes. [Megjegyzés: A gáziparban a vezetékek statikai állékonyságát más szempontok szerint vizsgálják. Ezt indokolja például a PE gázcsövekre előírt minimum $C = 2,0$ tervezési biztonsági tényező.]

Az erőtani méretezés szempontjából az MSZ EN 1295-1-es szabvány az elsődleges. Ez a szabvány egy szabványsorozat első része, amely általános követelményeket fogalmaz meg. A szabvány kimondja, hogy együttesen kell alkalmazni a különböző csövek termékszabványait; esetünkben tehát az MSZ EN 12201-es és 13244-es szabványokkal. Mivel a csőstatika – különös tekintettel a rugalmas csövekre – egy fejlődésben lévő tudományág, ezért az MSZ EN 1295-1 szabvány a bevezetésében lévő alábbi szöveggel jellemezhető:

„Habár számos azonosság van az egyes CEN-tagországokban kifejlesztett és bevezetett számítási eljárások között, de különbségek is vannak, amelyek olyan hatásokat tükröznek vissza, mint a geológiai és éghajlati eltérések, illetve a különböző fektetési- és munkamódszerek.

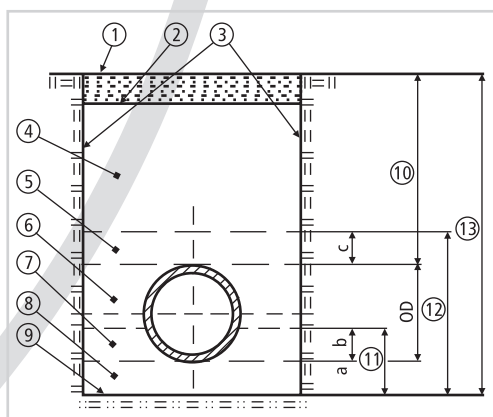
Tekintettel ezekre a különbségekre és egy olyan közös számítási eljárás kifejlesztésének időszerűségletére, amely a mindenkori nemzeti eljárások különböző megfontolásait visszatükröznék, ennek az európai szabványnak a kidolgozásánál kétlépcsős kiindulást választottak.”

A szabvány tartalmilag két jól elkülöníthető részből áll:

- az első részben a statikai számítással szembeni követelményeket foglalja össze,
- a második részben a CEN tagországokban bevezetett számítási eljárásokról ad áttekintést.

A szabvány a méretezési eljárásokat részleteiben nem ismerteti, hanem a szabványban felsorolt nemzetileg bevezetett számítási eljárásokhoz fűz megjegyzéseket. A tervezőnek kell eldöntenie, hogy a „B” mellékletben felsorolt számítási eljárások valamelyike alkalmazható-e egy adott csővezetékre. A csővezeték jövőbeni tulajdonosa megnevezhet egy megfelelő számítási eljárást! A „B” melléklet felsorolásában hazai nemzeti számítási eljárás nem szerepel, mert ilyen nem áll rendelkezésre.

Célszerű megismerni az MSZ EN 1295-1 szabvány néhány alapvető – az erőtan számítás befolyásoló – előírását illetve kitételét, valamint – az MSZ EN 1610-es szabvánnyal összhangban – bevezetett fogalom-meghatározásokat a csővezeték munkaárok keresztmetszetének részeire vonatkozóan (lásd: 34. ábra).



- 1 a felszín
 - 2 az út- vagy pályaszerkezet alsó szintje, ha van ilyen
 - 3 árokfalak
 - 4 visszatöltés
 - 5 a csőzóna csőtető feletti része
 - 6 a csőzóna cső melletti része
 - 7 felső ágyazati réteg
 - 8 alsó ágyazati réteg
 - 9 árokfenék
 - 10 csőtető mélysége
 - 11 ágyazat vastagsága
 - 12 csőzóna
 - 13 árokmélység
- a: az alsó ágyazati réteg vastagsága
b: a felső ágyazati réteg vastagsága
c: a csőzóna csőtető feletti részének vastagsága

34. ábra: Csőárok és jellemzői az MSZ EN 1295 és MSZ EN 1610 alapján

A fontosabb kitételek a következők:

- Külső teherként figyelembe kell venni; a földterheket, a felszíni terheket, a közlekedési terheket és más terheket, mint például a cső önsúlya, vagy a csőben lévő víz súlya, amennyiben a nagyságuk befolyásolja az eredményt.
- Az atmoszférikus nyomásnál nagyobb belső csővezetéki nyomást a külső terhekkal együttes terhelésnek kell tekinteni.
- A cső- és a környező talaj merevségének kölcsönhatását figyelembe kell venni.
- Figyelembe kell venni az árokszerkezetet, a talajvizet és az időben változó hatásokat.
- A számításokkal kell igazolni a megfelelőséget:
 - feszültségre (hajlító-nyomaték és normálerő) gyűrű- és hosszirányban,
 - instabilitásra (pl.: horpadás),
 - gyűrű irányú alakváltozásra.
- Hosszirányú igénybevételek hajlító nyomatékok, nyíró- és húzóerők által keletkeznek, amelyeket az egyenetlen ágyazat és a hőmérsékletváltozások okozhatnak, illetve nyomócsöveknél a keresztirányú elmozdulás és az iránytöréseknél, vagy a keresztmetszet változásánál fellépő nyíróerők.
- A belső nyomás nem csak további feszültségeket és gyűrű irányú nyúlásokat okoz, hanem a rugalmas- és az átmeneti tartományba tartozó csövek, alakváltozásait is megváltoztathatja.

- Különös figyelmet kell szentelni azoknak a csővezetéknek, amelyek nyomáslengéseknek vannak kitéve. Általában nem követelmény ezeket a közlekedési terhekkel együtt számítani.

- A nyomócsövek erőtani méretezése során meg kell határozni:

- a számítási nyomást (DP – a legnagyobb üzemi belső nyomás a rendszerben, vagy a tervező által vizsgált szelvényben, a jövőbeni fejlesztések figyelembevételével, de tranziens nélkül),
- a legnagyobb számítási nyomást (MDP – mint előző pontnál, de dinamikus hatásokkal) és
- a rendszer vizsgálati nyomását (STP – próbanyomás).

- A nyomott csővezeték nyomásmentes állapotra is vizsgálni kell, hogy a fektetés és az üzembe helyezés közötti időre, illetve a karbantartás időszakára is kielégítsék a statikai követelményeket.

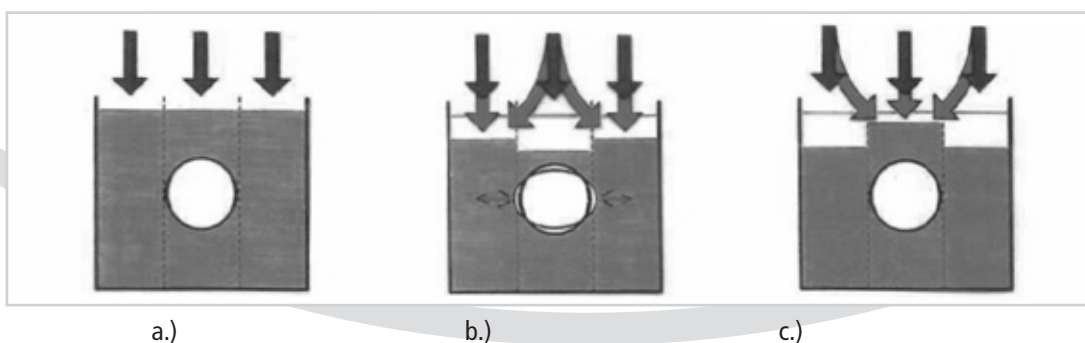
- Azokban a csővezetékben, amelyekben nyomáslengések vannak – például szakaszos üzem – vákuum is kialakulhat. Ezt az állapotot a számításnál figyelembe kell venni, és a vákuum nagyságára megbízható becslést kell adni.

A fentiek alapulvételével, de nemzeti csőstatikai szabvány hiányában a PE víznyomócsövek méretezéséhez felhasználóinknak javaslatot teszünk egy biztonságos számítási eljárás alkalmazására.

5.3.1. Terhelések meghatározása

A terhelések nagyságát a cső és a körülötte lévő talaj – ágyazat – kölcsönhatása befolyásolja. A cső és a talaj kölcsönhatásának alap-eit a **35. ábra** szemlélteti. Az ábrázolt viselkedési modelleket alapulvéve:

- **rugalmasnak** tekintünk egy csövet, ha annak alakváltozása nagyobb, mint a környező talajé (lásd: **35/b. ábra**),
- **merev** csőről beszélünk, ha a talaj összenyomódása nagyobb mértékű, mint a cső alakváltozása (lásd: **35/c. ábra**),
- **átmeneti- vagy félmerev** kategóriába sorolhatók azok az esetek, amikor a cső és talaj megközelítőleg azonos alakváltozást szenvednek (lásd: **35/a. ábra**); valamint ebbe a kategóriába sorolhatók azok a PE csövek is, melyek az időben változó rugalmassági modulus miatt eltérő merevségűek rövid és hosszú távon.



35. ábra: Az ágyazat és a cső kölcsönhatásai a teherviselés szempontjából:

a.) A cső és az ágyazat összenyomódása közel azonos, a terhelés megoszlás felületarányos.

b.) A cső összenyomódása nagyobb, mint az ágyazaté, a függőleges terhek itt sem felületarányosak, ezek döntő többségét az ágyazat viseli. [Megjegyzés: A függőleges terhelés hatására a cső alakváltozást szenved, melynek eredményeként az átmérő a vízszintes tengely irányában megnövekszik, ezáltal többlet vízszintes földnyomásokat aktivál.]

c.) A cső összenyomódása kisebb, mint az ágyazaté, a cső tehát merevebb a környező ágyazatnál, a teherviselés nem felületarányos, nagymértékben függ a munkaárok mélységétől és szélességétől, a függőleges terhek viselése nagyrészt a csőre hárul.

A PE nyomócsövek az alkalmazott ágyazati anyag függvényében a rugalmas, illetve félmerev kategóriába tartozhatnak. A rendszermereségi kategóriák **VOELLMY képletének** módosított alakjával az alábbiak szerint a számszerűsíthetők:

$$n = \frac{2}{3} \frac{E_{cső}}{E_{talaj}} \cdot \left(\frac{e_n}{d_n - e_n} \right)^3$$

ahol:

- n - a rendszermerevség értéke
- $E_{cső}$ - a cső rugalmassági modulusa*
- E_{talaj} - a talaj – ágyazat – összenyomódási modulusa
- e_n - a cső falvastagsága
- d_n - a cső külső átmérője

ha:

- $n < 0,083 \Rightarrow$ **rugalmas** (c. ábrarész)
- $n \approx 0,083 \Rightarrow$ **átmeneti kategória** (a. ábrarész)
- $n > 0,083 \Rightarrow$ **merev** (b. ábrarész)

[***Megjegyzés:** Hőre lágyuló műanyag csövek sajátos jellemzője, hogy mechanikai, fizikai tulajdonságai **időben változóak**. Ezért a rugalmassági modulus kezdeti és hosszú távra – 50 évre – vonatkozó értékével is el kell végezni a számításokat.]

Az „ n ” rendszermerevséget alapvetően befolyásolja a talaj összenyomódási modulusa (E_t). A talaj – ágyazati anyag – összenyomódási modulusát meg lehet határozni talajmechanikai laborvizsgálatokkal. Ez időigényes és költséges feladat, az elérhető eredmény megbízhatósága nincs összhangban a ráfordításokkal. Ezért a különböző európai országok nemzeti szabványai úgynevezett típustalajokat határoznak meg, és a talajmechanikai jellemzőket táblázati értékekkel veszik figyelembe. Az 1-4 jelű típustalajok jellemzőit a **17. táblázat** foglalja össze.

17. táblázat

TALAJFAJTA		TÉRFOGAT-TÖMEG γ [kNm ⁻³]	SÚRL. Φ [°]	a T_{ry} függvényében [Nmm ⁻²]		
jele	megnevezés			85 %	90 %	95 %
1	kavics, murva	20,0	35	2,5	6,0	16,0
2	homok	20,0	32,5	1,2	3,0	8,0
3	kötött, vegyes	20,0	25	0,8	2,0	5,0
4	kötött (iszap, agyag)	20,0	20	0,6	1,5	4,0

A talajok (ágyazat) összenyomódási modulusa – mint az a táblázatból is nyomon követhető – tömörségfüggő. A táblázati értékek egyes kutatók véleménye szerint időben is változnak, növekednek. Pontosabb adatok hiányában a tömörödés mértéke 2,5%-ra becsülhető.

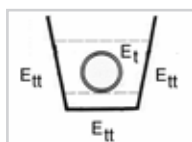
A PE csövek erőtanai számításához az 1 és 2 jelű talajfajta – $T_{ry} = 85$ %-os relatív tömörséggel – javasolható ágyazatként. [**Megjegyzések:** A 85%-nál nagyobb tömörséggel azért nem célszerű számolni, mert a csőzónában csak kézi tömörítés megengedett, a lehetőségek és a hőre lágyuló műanyag csövek sérülékenysége, továbbá az alakváltozási képessége miatt.]

A cső beágyazásához természetesen egyéb keverék talajféleségek, vagy a munkaárokba kitermelt talajok is felhasználhatók. Az ágyazat megtervezése fontos feladat, mivel az részt vesz a teherviselésben. Alapszabály, hogy az ágyazat E_t értéke 1,00 Nmm⁻² értéknél lehetőleg ne legyen kisebb. A tervezés és kivitelezés összhangjának biztosítása az ágyazati anyag minőségének, vastagságának és tömörségének a tekintetében rendkívüli jelentőséggel bír, amelyet az MSZ EN 1295-1 szabvány is kiemelt követelményként fogalmaz meg.

A gyakorlatban sokszor előfordul, hogy a cső fektetési síkjában rossz minőségű talajok (feltöltés, szerves talajok, ártéri öntéstalajok és különböző nedvességtartalmú, de általában kemény agyagtalajok) találhatók. Ez a városok közigazgatási területére különösen érvényes. Ilyen esetben az ágyazat E_t számításánál korrekciós tényezőt (α) alkalmazunk, az „in situ” talaj összenyomódási modulusának (E_{tt}) becslésével.

$$E'_t = \alpha \cdot E_t \quad \text{és} \quad \alpha = \frac{1}{0,4 + 0,6 \cdot \frac{E_t}{E_{tt}}}$$

A jelölések értelmezését a **36. ábra** tünteti fel. Az α tényező; az alábbi korlátozással használható: $0,75 \leq \alpha \leq 1,35$



36. ábra: Értelmezés az ágyazati modulus korrekciós tényezőjének meghatározásához

A terhek meghatározásánál alapesetben:

- a függőleges és vízszintes földterhet,
- a járműterhet és
- a hidrosztatikus terhelést

kell figyelembe venni. Az MSZ EN 1295-1 elveivel összhangban az alábbi teherállapotok vizsgálata javasolt, a feszültségek és alakváltozások ellenőrzésénél:

- I. Üzemi nyomás (DP) + legnagyobb takarásból földteher + járműteher
- II. Üzemi nyomás (DP) + legkisebb takarásból földteher + járműteher
- III. Tranziensekkel növelt üzemi nyomás (MDP) + átlagos földteher
- IV. Próbanomás (STP) kisebb értéke + átlagos földteher 2/3-a
- V. Az $SDR > 17$ osztályú csővezeték ellenőrzni kell alakváltozásra és horpadásra:
 - a legnagyobb takarásból: földteher + járműteher
 - a legkisebb takarásból: földteher + járműteher

[Megjegyezzük, hogy egy tervezési feladaton belül – ha a járműteher a teljes nyomvonal mentén állandó – a különböző takarási mélységekhez felrajzolható föld- és járműteher változás görbéinek metszéspontja kijelöli a mértékadó vezetékmélységet, melyre a számítást el kell készíteni. A hazai tapasztalatok és az üzemeltetési körülmények miatt az első két pontnál is az MDP használata javasolható.]

A földteher függőleges és vízszintes összetevőjének nagyságát a rugalmas és átmeneti kategóriában az ágyazat kialakítás befolyásolja. A rugalmas és átmeneti kategóriákba tartozó csöveknél a **37. ábra** szemlélteti az ágyazás két lehetséges megoldását. Európában több nemzeti szabvány az **a.) ábra** szerinti kialakításra (ATV) építi fel a méretezési eljárását. Mivel a hazai gyakorlatban a műanyag csövek termett talajba történő beágyazása nem jellemző (az altalajviszonyok és a kivitelezés realitásai miatt), így a **b.) ábra** szerinti teljes beágyazást és tehereloszlási modellt indokolt alapul venni. Ebben az esetben a P_v a geosztatikus földteherből számítható:

$$P_v = \gamma \cdot H$$

A fenti képletben:

- γ - a talaj térfogattömege [kNm^{-3}]
- H - a takarás (cső tetővonalától a térszintig terjedő távolság) [m]

[Megjegyzés: A függőleges földterhek munkaárok méreteitől függő értékeinek meghatározásához is állnak rendelkezésre elméletek. Nyomócsövek esetében ezek alkalmazása nem indokolt.]

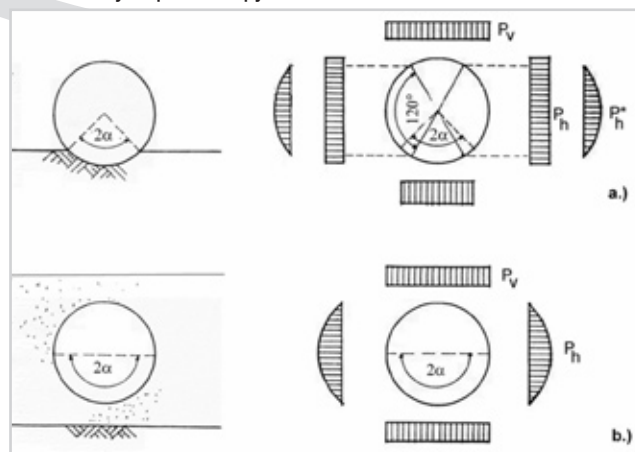
A P_h értéke a P_v -ből határozható meg:

$$P_h = k \cdot P_v$$

ahol:

$$k = \frac{0,074}{n + 0,06}$$

és az „n” a rendszermerevség értéke Voellmy képlete alapján.

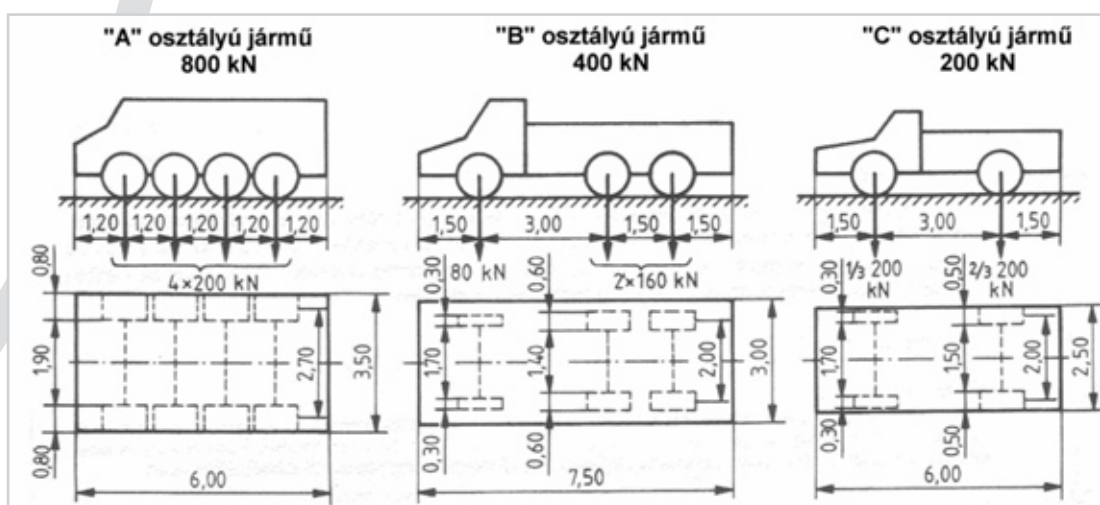


37. ábra: Rugalmas-, és átmeneti merevségi kategóriákba tartozó csövek ágyazási lehetőségei:
a.) beágyazás termett talajba, b.) teljes beágyazás

Az **esetleges terhek** csoportjában a **járműteher** a meghatározó. Irányadónak tekintendő az „MSZ-07-3701/ 86: Közúti Hidak erőtni számítása” szabvány, amely jelenleg is érvényben van. A teherosztályok járműsúlyait és méretadatait a **38. ábra** és a **18. táblázat** mutatja be.

[Megjegyzés: Az MSZ-07-3701-86 által meghatározott járműterhek és teherosztályok nincsenek összhangban a vonatkozó európai szabványokkal, ezért ennek átdolgozása valószínűsíthető. A hivatkozott szabvány „A” teherosztálya a különleges nagyterhelésű kamionokra és a katonai járművekre jellemző. Az európai nemzeti szabványok legnagyobb járműterhe SLW = 600 kN értékű.]

A fentebb hivatkozott szabvány szerint: „ha szerkezet felett legalább 0,5 m vastag teherelosztó réteg van, a járműteher hatását a jármű fajlagos terhéből (a jármű alapterületével osztott járműsúlyból) 45°-os eloszlás alapulvételével szabad számítani.” Továbbá: „elhanyagolható a hasznos teherből származó földnyomás többlet függőleges és vízszintes értelemben is, ha a cső tetőpontja felett legalább 3,0 m vastag teherelosztó réteg van.”

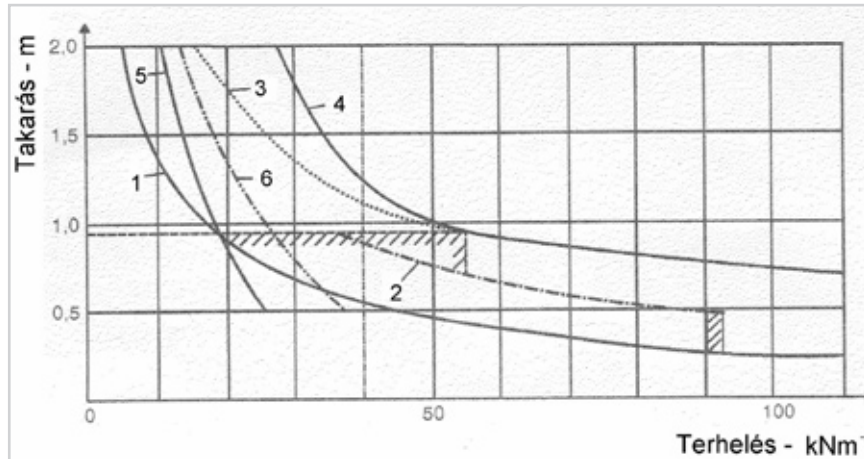


18. táblázat

JÁRMŰ		ELSŐ TENGELY		TÖBBI TENGELY	
OSZTÁLY	ÖSSZSÚLY [kN]	keréksúly [kN]	kerék felfekvési szélesség [m]	keréksúly [kN]	kerék felfekvési szélesség [m]
"A"	800	100	0,80	100	0,80
"B"	400	40	0,30	80	0,60
"C"	200	100/3	0,30	200/3	0,50
A kerék felfekvése a haladás irányában 0,20 m					

A járműteher dinamikus hatását dinamikus tényezővel (μ) kell figyelembe venni. A dinamikus tényező maximális mértéke: $\mu_{\max} = 1,4$; ez 0,5 m vastagságú teherelosztó réteghez tartozó érték. Ha a teherelosztó réteg – földtakarás – legalább 2,0 m, akkor a dinamikus tényező $\mu = 1,0$. (A közbenső értékek lineáris interpolációval állíthatók elő.)

A járműterhek hatásának megítélésében különböző álláspontok alakultak ki, és több elmélet ismert a járművek okozta feszültségek eloszlásáról a talajban. A **39. ábra** az eltérő feszültség-eloszlási modellek szerint mutatja be a járműteher nagyságát a takarási mélység függvényében. A „Közúti Hidak erőtni számítása” szerint a csővezetékekre alkalmazható egyszerűsítő feltétel az 5. görbének felel meg. Az MSZ EN 1295-1 szabvány például a **Boussinesq** szerint javasolja figyelembe venni a kerékterhet, amelyet a 4. görbe szemléltet. Mint látható ez adja a legnagyobb járműterhelést.



39. ábra: Közúti "A" teherből számított járműteher a takarási mélység függvényében különböző tehereloszlási módszerek esetén:
 1 kerekenként 45°-os tehereloszlással: q , 2 egyszeres teherhalmazódással: $2q$, 3 kétszeres teherhalmazódással: $3q$,
 4 Boussinesq szerint, 5 a jármű alapterületével osztott jármű-súlyból, 45°-s tehereloszlással,
 6 a szélső kerékfelületek által bezárt négyszöggel osztott járműsúlyból, 45°-os tehereloszlással.

Az elmúlt évek tapasztalatai és mérési eredményei azt mutatták, hogy a járműteher hatásai 1,0 m-nél kisebb takarás esetén intenzívek. Így az 1,0 m-nél **kisebb** takarási mélységek esetén a 39. ábra 4 görbéjével jellemzett terhelés, az 1,0 m feletti takarások esetén a 6 görbével jellemzett terhelés alkalmazását javasolható. (A 6. görbe a szélső kerékfelületek által bezárt négyszög alapterületével osztott járműsúlyból és 45°-os tehereloszlással adja meg a terhelést.)

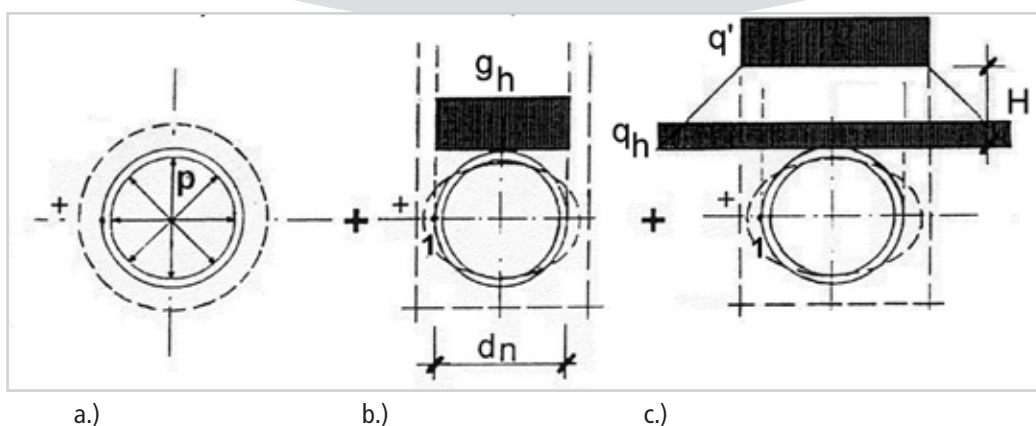
A hidrosztatikus terhelés – a „ p ” belső nyomásból keletkező terhelés – meghatározásakor szükséges vizsgálni és számítani az alábbi állapotokat:

- legnagyobb belső üzemi nyomás a rendszerben vagy a tervező által meghatározott szelvényben a jövőbeni fejlesztések figyelembevételével, de nyomáslengés nélkül – számítási nyomás (DP)
- legnagyobb belső üzemi nyomás a rendszerben vagy a tervező által meghatározott szelvényben a jövőbeni fejlesztések figyelembevételével, ideértve nyomáslengést (tranzienseket) is – legnagyobb számítási nyomás (MDP)
- a rendszer vizsgálati (próba) nyomása – STP

[Megjegyzés: Vákuummal terhelt vezetékeknél a vákuum maximális értékét célszerű figyelembe venni a számításoknál.]

5.3.2. Méretezés feszültségekre

A mértékadó igénybevételek és feszültségek meghatározásánál a szuperpozíció elvének érvényességéből kell a 40. ábra szerint kiindulni.



40. ábra: A feszültségek halmazódása nyomócsöveknél:

a.) belső túlnyomás (vákuummal történő szállításnál a vákuumterhelés) b.) földteher, c.) felszíni-, vagy járműteher

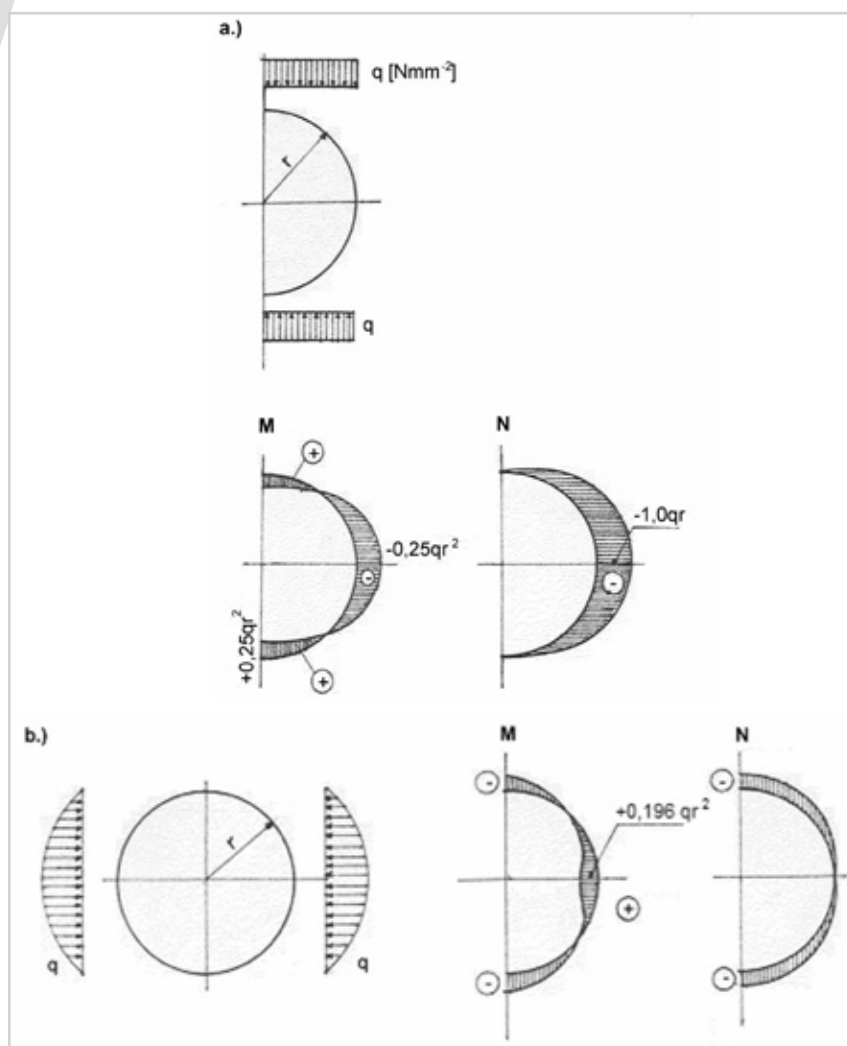
A föld- és járműterhek esetében az egytengelyű – gyűrű irányú – feszültségek a:

$$\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{K}$$

képlettel határozhatók meg, ahol:

- σ - gyűrű irányú feszültség a vizsgált keresztmetszetben [Nmm⁻²]
- N - normálerő a vizsgált keresztmetszetben [N]
- M - nyomaték a vizsgált keresztmetszetben [Nmm]
- F - egységnyi csőfal felület [mm² /mm]
- K - keresztmetszeti tényező [mm³ /mm]

Az N és M igénybevételek számításához – a teljes beágyazás (lásd: **37/b. ábra**) tehermodellje alapulvételével – a szorzótényezők a mértékadó keresztmetszetben **41. ábráról** leolvashatók.



41. ábra: Nyomatéki és normálerő ábrák:

a.) függőleges megoszló teherből a cső teljes szélességében, b.) a teljes szelvény mentén vízszintesen megoszló parabolikus teherből.

Jelölések értelmezése:

- normálerőnél: + húzás, - nyomás

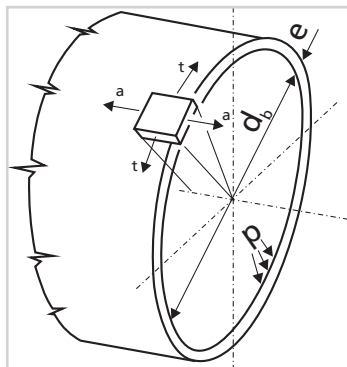
- nyomatéknál: + húzás a csőfal belső oldalán, - húzás a csőfal külső oldalán

q : vízszintes illetve függőleges megoszló teher

$$r: \text{a cső középsugara} = \frac{D_n - e_n}{2}$$

[Megjegyzés: A horizontális teherből a nyomaték szorzótényezője a különböző szakirodalmakban eltérő, értékeként $m_h = + 0,220$ is figyelembe vehető a számításokban.]

A belső nyomás igénybevételei a csőfalban két-, vagy háromtengelyű feszültségeként jelentkeznek. A 42. ábra a hidrosztatikus terhelés (belső túlnyomás) hatására létrejövő kéttengelyű feszültségállapotot szemlélteti.



42. ábra: Feszültségek a csőfalban hidrosztatikus nyomásból:
 σ_a a tengelyirányú-, σ_t a gyűrű irányú feszültség

A vékonyfalú csövek kéttengelyű feszültségei a KAZAN-formula segítségével határozhatók meg:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot (d_n - e_n)}{2 \cdot e_n}$$

illetve:

$$\sigma_a = \frac{p \cdot (d_n - e_n)}{4 \cdot e_n}$$

A cső vékony-, vagy vastag falúvá minősítése a SZÁNTAY-féle összefüggés segítségével számítható. Ha:

$$e_n < 0,045 d_n$$

akkor a cső vékonyfalú és a KAZAN-formulával kellő pontossággal számíthatók a csőfal feszültségei. Megjegyezzük, hogy a magasabb nyomásfokozatú MRS 8 és MRS 10-es csövek egyaránt a Szántay képlet szerint elvégzett számításokban vastag falú – tehát háromtengelyű feszültségállapotban lévő – csőként viselkednek. [Megjegyzés: A vastag falú csöveknél a feszültségek számítása összetettebb feladat, a háromtengelyű σ_t , σ_a és σ_r -feszültség állapot miatt. Jó közelítéssel a PE csöveket **kéttengelyű feszültségállapotban** számíthatjuk.]

A síkbeli és térbeli feszültségeket a Huber – Mises – Hencky féle redukált feszültségekkel lehet meghatározni:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_t^2 - \sigma_a \cdot \sigma_t}$$

A képletben szereplő σ_a és σ_t feszültségek a korábbiak szerint értelmezendők.

A betervezett PE cső feszültségre megfelel, ha a korábban részletezett négy tehercsoportosításból számított tényleges redukált feszültségek (σ_r) és a megengedett (σ_s) feszültségek vonatkozásában teljesül az alábbi feltétel:

$$\sigma_r \leq \sigma_s$$

A megengedett tervezési feszültség (σ_s) értéke a tervezési biztonsági tényező (C) és az MRS osztály függvénye a 3. fejezetben részletezettek szerint. Megfontolandó azonban a $C = 1,25$ termékbiztonsági tényezővel gyártott – tehát az MSZ EN 12201 és 13244 szabvány szerinti „vizes” – PE nyomócsöveknél a $\sigma_r = \sigma_s$ (redukált = megengedett) egyszerűsítés alapján történő méretezés. Ezenél a csöveknél célszerű, és megfontolható a σ_s -nek **határfeszültségként** való értelmezése, így a külső terhek **biztonsági tényező**kkal növelt értékeinek a figyelembe vételét a számításokban, az alábbiak szerint:

- az állandó terhekre (földteher): 1,1
- az esetleges terhekre (járműteher): 1,2
- a hidrosztatikus terhelésekre biztonsági tényezőt nem, de **tranzienseket** figyelembe kell venni!

A másik lehetőség – amelyet a termékszabvány is javasol – a $C = 1,25$ tervezési biztonsági tényező értékének megemelése és így a σ_s tervezési feszültség csökkentése. A $C = 1,6$ -os tervezési biztonsági tényező alkalmazása esetén a σ_s megengedett feszültségként, a terhek pedig biztonsági tényező nélkül vehetők figyelembe. (Ugyancsak magasabb C érték, tehát biztonság érhető el akkor is, ha a **3. táblázatból** – termékválaszték $C = 1,25$ termékbiztonsági tényezővel – egy magasabb PN osztályt választunk.)

A gázipari rendeltetésű csövek vonatkozó szabvány eleve $C = 2$ -es tervezési biztonsági tényezőt ír elő minimumként, amely a nemzeti szabályozás keretében tovább növelhető.

5.3.3. Méretezés alakváltozásra és stabilitásra

A nyomócsöveket nyomásmentes állapotban alakváltozásra is javasoljuk ellenőrizni $SDR \geq 17$ – tehát a vékonyabb falú, alacsony nyomásosztályú – csövek esetén. Ezt a méretezés a gravitációs csatornacsöveknél megszokott módon és eljárással lehet és célszerű elvégezni. Az alábbi feltétel teljesülése igazolandó:

$$\frac{x}{d_m} \leq 0,05$$

ahol:

- x - alakváltozás [mm]
- d_m - a közepes csőátmérő [mm]

Tehát az alakváltozás üres – nyomásmentes állapotban – ne haladja meg az 5%-ot, ahol a terhelést az 5.3.1. fejezet szerinti V. tehercsoportosítás szerint javasoljuk figyelembe venni. Az elméleti háttérrel ismertetésétől eltekintünk, az érdeklődők a PVC-U alkalmazástechnikai kézikönyvünkben részletesen tanulmányozhatják ezt a témakört. A módosított Spangler eljárás szerint az alakváltozás az alábbi képlettel számítható:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{n + 0,06} \cdot \frac{\Sigma P_v}{E_t}$$

ahol:

- n - rendszermerevség Voellmy szerint (lásd: 5.3.1. fejezet)
- ΣP_v - összes függőleges teher az V. tehercsoportosításból
- E_t - az ágyazat összenyomódási modulusa

A helyi horpadás elsősorban akkor veszélyezteti az üres – nyomásmentes állapotú – földbe fektetett rugalmas csöveket, ha talajvíznyomás is hat. Nyomóvezetékek esetében a magassági vonalvezetésből adódóan ez nem általános jelenség. A hazai ivóvízhálózatban véleményünk szerint $SDR 17$ -nél nagyobb méretarányú cső alkalmazása sem igazán jellemző, ezért az üres állapotban, földben lévő PE csövek horpadás – stabilitás – ellenőrzését csak igen kivételes esetekben kell elvégezni.

A **vákuumos szennyvízelvezetésnél** a káros alakváltozás és a helyi stabilitás (horpadás) vizsgálata sokkal inkább indokolt, mivel a szívóhatás erősíti ezen folyamatok kialakulását. Javasoljuk a számítási eljárást a fentebb már említett PVC-U alkalmazástechnikai kézikönyvünk alapján elvégezni. Megjegyezzük, hogy vákuumos csőrendszerek erőtani tervezése egyébként is nagy körültekintést igényel, hiszen a 0,75 bar induló vákuumértékkel (ez 4 bar túlnyomásnak megfelelő terhelés) üzemelő rendszerek kezdeti szakaszain a PN 6-os csövek a jármű- és közlekedési terhek szuperponálásával nem felelnek meg!

5.3.4. Hőtágulás és annak hatásai

Korábban a 2.4. fejezetben foglalkoztunk a PE csövek hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező sajátos tulajdonságaival, amely jelentős hossz-változásban nyilvánul meg a megszokott csőanyagokhoz képest. Ennek megfelelően a hőmérsékletváltozás lehetséges hatásait – fektetési hőmérséklet, legkisebb és legnagyobb üzemi hőmérséklet – minden esetben vizsgálni kell.

Az első lépés minden esetben a Δt meghatározása, amelynek segítségével az 1,0 fm-re jutó fajlagos hossznövekedés, a Δl számítható. (Példaként a $\Delta t = 18^\circ\text{C}$ és ebben az esetben a $\Delta l = 3,6$ mm). A Hooke törvény segítségével – célirányos átalakításokkal – a csőben keletkező tengelyirányú erő és a cső felületének ismeretében a keletkező tengelyirányú feszültségek gátolt hosszváltozás esetén meghatározhatók. Az alapképlet:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

összefüggésből meghatározható, ahol:

- α - a feszültség,
- F - tengelyirányú erő,
- A - csőfal keresztmetszeti felülete.

A fenti alapösszefüggésből a lehetséges átalakítások figyelembevételével:

$$F = \alpha \times E \times A \times \Delta t \text{ és } \sigma = \alpha \times E \times \Delta t$$

csőhossztól független tengelyirányú erő és feszültség számítható.

A képletben:

- α - a hőtágulási együttható,
- E - a rugalmassági modulus
- Δt - a hőmérsékletkülönbség

A fentiekből a tengelyirányú húzó-, vagy nyomófeszültségek fontosak, melyeket a korábban részletezett kéttengelyű feszültségállapotban lévő cső normál igénybevételeiből számítható feszültségeihez – Δt -hez – hozzá kell adni. Amennyiben a σ_t érték magas, úgy a gátolt hosszváltozás feszültségeit a számításnál figyelembe kell venni. (σ_s határfeszültségként történő értelmezése esetén legalább 1,1-es biztonsági tényezőt javasolunk figyelembe venni hőfeszültség számításánál.)

A csővezeték elmozdulását megakadályozó határhossz:

$$n \times \alpha \times E \times A \times \Delta t \leq \mu \times G_t \times L_h$$

A képletben a fentebb már értelmezett tényezőkön túlmenően:

- n - biztonsági tényező, értéke: 1,5-2,0 között tervezői mérlegelés szerint változhat
- μ - a cső és a talaj közötti súrlódási tényező és
- G_t - a csőre ható függőleges földteher, biztonsági tényező nélkül

A fenti képletből L_h értéke kifejezhető, meghatározható. Ennek szokásos mértéke ivóvízhálózatok esetében 25-35 m között adódik. Ez alapján megállapítható, hogy a földbe fektetett és átlagos kivitelezési feltételekkel épített ivóvízhálózatoknál a gátolt hosszváltozás érvényesül, és a csőfalban, tengelyirányban számottevő húzó-, vagy nyomófeszültségek nem lépnek fel. Ennek ellenére ezeket a számításokat minden esetben célszerű elvégezni.

6. KIVITELEZÉS

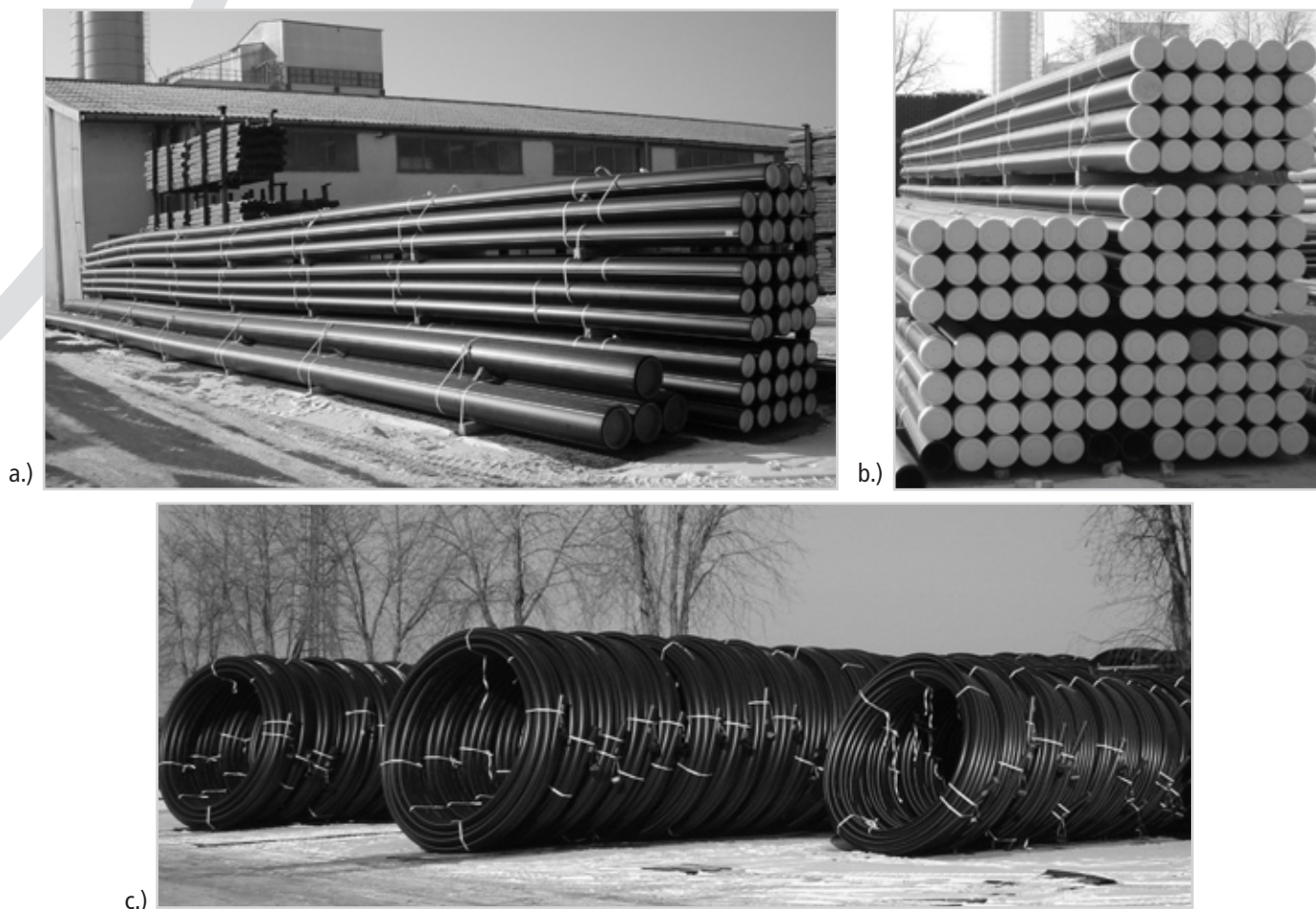
A földbefektetett nyomás alatt üzemelő PE csővezetékek építésének irányelveit annak figyelembevételével foglaltuk össze, hogy azok – általában 50 évre – tervezett élettartamuk során megfelelő használati értékkel rendelkezzenek. Ennek egyik lényeges feltétele; a tervezés és a kivitelezés összhangjának biztosítása. Ebből a szempontból fontossággal bír, hogy:

- a betervezett anyagminőségű és osztályú cső kerüljön beépítésre (a széles csőválaszték miatt a csőtípust egyértelműen kell megjelölni a tervben és a megrendeléseknél is),
- az egyéb beépítési paraméterek (munkaárok, ágyazat, fektetési mélység, csőkötés technika) is a tervnek megfelelőek legyenek,
- a tervtől való eltérés csak a tervező engedélyével, beleegyezésével eszközölhető.

A csőfektetés szabályait az **MSZ EN 1610 Zárt vízelvezető csatornák fektetése és vizsgálata** c. szabvány – amely a nyomás alatt üzemelő csővezetékek kivitelezésére is vonatkozik – rendelkezéseinek értelemszerű alkalmazásával és szükséges kiegészítésével határoztuk meg. A kivitelezési fejezetben foglalkozunk továbbá a próbanyomással, a próbanyomás célszerű értékével is.

6.1. A csövek üzemi és munkahelyi tárolása, szállítása és mozgatása

A hőre lágyuló műanyag csövek sajátos fizikai-, kémiai- és mechanikai tulajdonságuk miatt a szállítás, tárolás- és anyagmozgatás terén is eltérő feltételek biztosítását igénylik, mint a hagyományos csőanyagok. A PIPELIFE nagy gondot fordít a PE csövek és csőtekercek szak-szerű tárolására (lásd: **43/a-c. ábrák**) és mozgatására.



43. ábra: PE csövek gyártóművi tárolása:

a.) és b.) szálcsövek tárolása egységgrakatban, c.) tekercselt csövek tárolása állítva

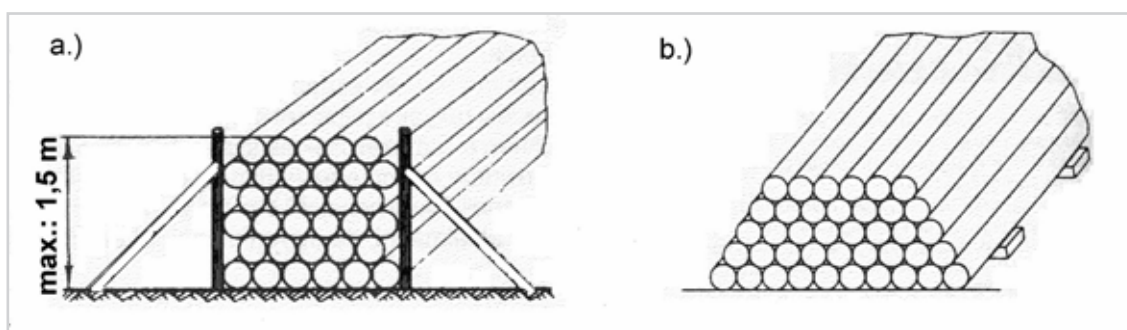
A **szálban gyártott csöveket** a Pipelife pántoló-szalagos egységgratokban tárolja és szállítja a megrendelőknek. A csöveknek a megrendelőknél is ez a legcélszerűbb tárolási módja, és szállítani is ezen egységcsomagokban praktikus a csöveket. A rakatok soronként lebontható egységeket képeznek a talpfához illeszkedve. A talpfák biztosítják a sérülés- és alakváltozás mentes szállítást, mozgatást és tárolást. A könnyített – pántoló-szalagos – csomagolással készített egységgratokból maximum 3 db-ot lehet egymásra rakni. Az egység rakatok

tárolása sima, egyenletes felületen történjen. A lehetőleg szilárd burkolatú tárolóterek csapadékvíz elvezetését és a közlekedési pályák kijelölését meg kell oldani.

A **tekercsben lévő** csöveket tárolhatók állva vagy fektetve is. **Állítva** történő tárolásnál (lásd: **43/c. ábra**) a tekerccsel megegyező magasságú támfalhoz állítva, egymás után rakhatók a csőtekercek. A támfal tekerccsel érintkező része sima fa, műanyag (pl. PE cső), vagy gumiborítású lehet. Az egymás után rakható tekercek számát a támfal teherbíró képessége határozza meg. A támfalhoz állított csövek alatt homokágyynak, vagy gumiszőnyeg borítású talajnak kell lennie, amely megakadályozza csőtekercek elcsúszását, illetve sérülését.

Fektetett tárolásnál a tekerceket a homlokfelületükkel sima, egyenletes, éles kövektől mentes homokágyra, raklapra, vagy gumiszőnyeggel borított talajra lehet fektetni. Az egymásra rakott tekercek magassága maximum 1,5 m lehet.

A munka- és építéshelyi tárolásnál az egységakat meg kell bontani. A szálcsöveket ebben a helyzetben a **44. ábra** szerinti módon javasoljuk tárolni. A tárolási felületre a fentebb leírtak értelemszerűen érvényesek.



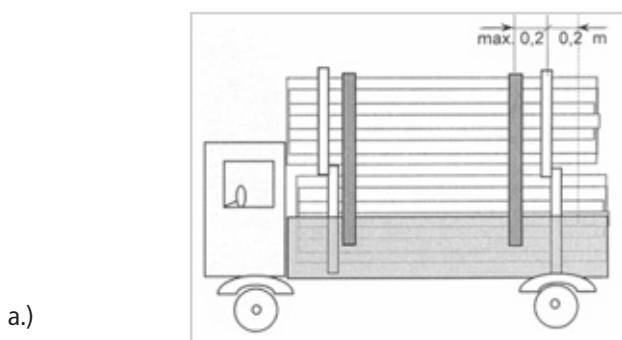
44. ábra: Csövek munkahelyi tárolása

a.) megtámasztással, a rakat magassága max. 1,5 m, b.) oldalsó megtámasztás nélküli csődepónia, párnafákkal alátámasztva

A csövek felületét óvni kell a karcosodástól és egyéb sérülésektől. Éles tárgyak (eszközök, szerszámok) használata a csövek rögzítéséhez a tárolás, szállítás vagy mozgatás során kerülendő. A csöveket úgy kell tárolni, hogy kereszt- és hosszirányú deformációk egyaránt elkerülhetők legyenek. Ez a csőszakatok magasságának megfelelő megválasztásával (átmérő és falvastagság függvényében), illetve vízszintes és függőleges megtámasztásával és egyenletes felfekvésével biztosítható.

A **szállításnál** ügyelni kell arra, hogy a jármű rakfelülete elegendő hosszúságú legyen a rakatok biztonságos felfekvéséhez. A rakfelület idegen anyagokat nem tartalmazhat és az alsó csősor maradéktalan felfekvését biztosítsa. A rakatok csúsztatása a gépjármű rakfelületén tilos! A csőtekercek állítva, vagy homlok felületükre döntve is szállíthatók. A megtámasztó szerkezeteket védőburkolattal kell ellátni. A szállítmányokat a rakfelülethez hevederezéssel rögzíteni kell. A hevederek meghúzásánál ügyelni kell arra, hogy azok deformációkat ne okozzanak a csőszálakon és csőtekerceken.

Az optimális szállítást jeleníti meg a **45/a. ábra** szálcsövek esetére, a **45/b. ábra** pedig a csőtekerceknek. A **45/c. ábra** szerinti szállítás nem megengedhető, mert a csövek felfekvése és megtámasztása nem garantálja a sérülés és alakváltozás mentes szállítást. Szigorúan tilos a csövek túlnyújtása a **45/d. ábra** szerint, mert súlyos károsodásokat idéz elő! Az utóbbi negatív példákat kizárólag azért jelenítjük meg a kézikönyvben, hogy felhívjuk a figyelmet azok káros hatásaira, amelyek végeredményben a csövek teherbírásának és élettartamának csökkenéséhez vezetnek.

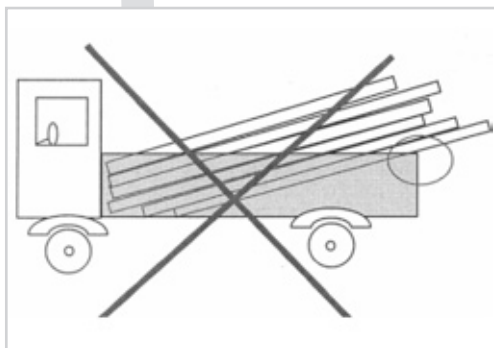


a.)



b.)

c.)



d.)



45.ábra: Csövek szállítása:

a.) csőrakatok szállítása optimális felfekvéssel és rögzítéssel, b.) csőtekerccs szállítása „puha” oldalsó megtámasztással, c.-d.) rövidplatójú teherautón sem csőszálak, sem csőrakatok szállítása nem megengedett, mivel azok a csövek sérülését idézik elő!

A legtöbb külső sérülés forrása a csövek szakszerűtlen **mozgatása** a szerelésnél és szállításnál egyaránt. Az egyszerűbb mozgatási feladatok a deponáláshoz és a szállításhoz kapcsolódnak. Tekercselt csöveknél a legbiztonságosabb mozgatási lehetőséget a **targoncák** alkalmazása teszi lehetővé. A csőtekerccs munkahelyi kifestetése sok probléma és sérülés forrása lehet. A kézi erővel történő letekerés gyakori velejárója a szál maradós csavaró alakváltozása.

A csőtekerccsek **daruval** is jól kezelhetők egy egyszerű himba alkalmazásával. A kalodázott csőrakatok és a szálcsövek emeléséhez, illetve mozgatásához a különböző daruk alkalmazása javasolható. Az optimális megfogási pontok a szálhossz 1/4-1/3 távolságaiban adódnak. Szálcsövet egy ponton emelni és mozgatni szilárdsági és munkavédelmi okok miatt tilos! A drótkötél, vagy lánc emelő a csőfallal közvetlenül nem érintkezhet, filc-, vagy gumilemez alátéteket kell a megfogásnál alkalmazni.

A rakatok, tekerccsek és csőszálak dobálása tilos!

6.2. Munkaárok kialakítás

A munkaárok kialakításában – a keresztmetszeti paraméterek meghatározásában – több tényezőre kell tekintettel lenni. A munkaárkot úgy kell méretezni és kialakítani, hogy az a csővezeték szakszerű és biztonságos beépítését biztosítsa. A munkaárok szélességét műszaki szempontok, a rendelkezésre álló munkaterület, továbbá a balesetmentes munkavégzés feltételei határozzák meg. A munkaárok készülhet:

- függőleges- és
- rézsűs árokkal, illetve
- dúcolt- és
- dúcolatlan kialakítással.

A vízi-közművezetékek építésénél az MSZ EN 1610 előírásait kell irányadónak tekinteni. A szabvány a minimális árokszélességeket egyrészt:

- a munkaárok kialakítás és a csőátmérő (lásd: 19. táblázat)

másrészt:

- az árokmélység (lásd: 20. táblázat)

függvényében határozza meg.

19. táblázat

DN [mm]	Legkisebb árokszélesség (OD+x) [m]		
	Dúcolt árok	Dúcolatlan árok	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
≤ 225	OD+0,40	OD+0,40	
$>225 \leq 350$	OD+0,50	OD+0,50	OD+0,40
$>350 \leq 700$	OD+0,70	OD+0,70	OD+0,40
$>700 \leq 1200$	OD+0,85	OD+0,85	OD+0,40
>1200	OD+1,00	OD+1,00	OD+0,40

Az OD+x adat esetén az x/2 a cső és a munkaárok fala, illetve a dúcolat közötti legkisebb szélességnek felel meg, ahol:
 OD a cső külső átmérője [m]
 β a dúcolatlan árok rézsűszöge a vízszinteshez képest

[Megjegyzés: a táblázatban keretezéssel jelöltük a csőválasztékunkhoz alkalmazható minimális méreteket.]

20. táblázat

Árokmélység [m]	Legkisebb árokszélesség [m]
$< 1,00$	nincs megadva
$\geq 1,00 \leq 1,75$	0,80
$> 1,75 \leq 4,00$	0,90
$> 4,00$	1,00

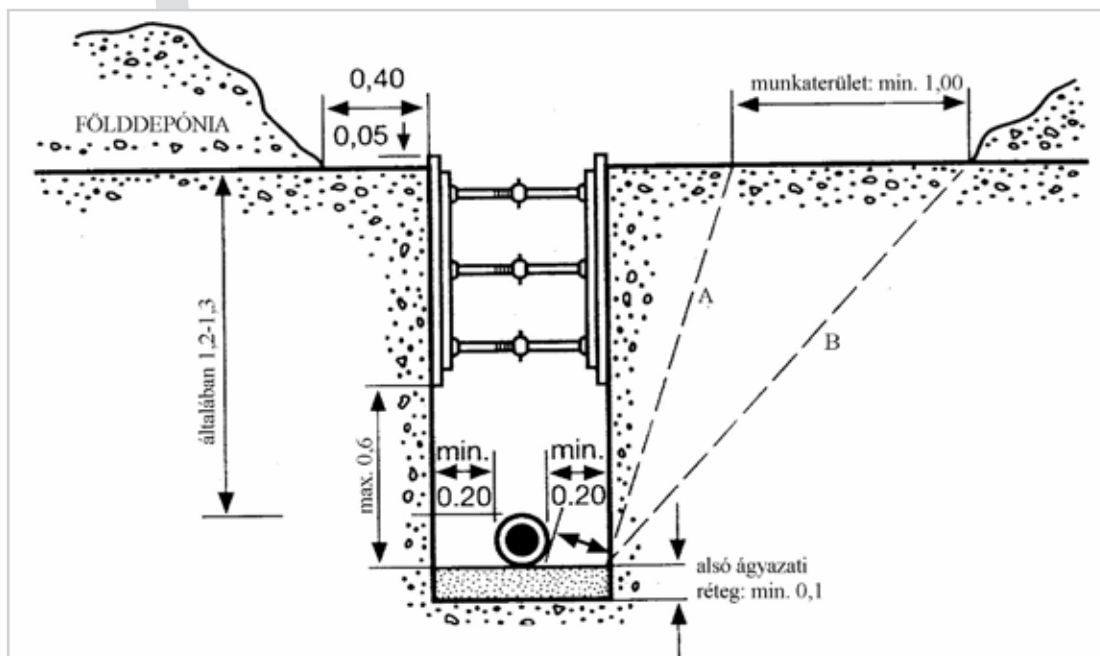
Dúcolás-, vagy egyéb földpart megtámasztás igénye esetén a dúcolat szerkezeti vastagságát a fenti méretekhez hozzá kell adni. Az 1,0 m-nél kisebb munkaárok mélységeknél az árokszélesség nincs korlátozva. A minimális árokszélesség értékeitől el lehet térni:

- ha az árokba nem kell lemenni (pl: automatizált fektetési technika esetén),
- szűk építési terület és elkerülhetetlen körülmények esetén,

azonban a **19. táblázat** szerint értelmezett x/2 értéke csak olyan mértékig csökkenthető, hogy az, tegye lehetővé a cső oldalsó beágyazását, és betömörítését. A PE vezetékek szerelése – az alkalmazott kötéstechnikától és a vezeték funkciójától függően – általában a terepszinten történik. Ezt a tulajdonságát a munkaárok szélesség meghatározásában érvényesíteni lehet.

Az építési körülmények ismeretében a minimális árokméreteket **munkavédelmi** és **balesetelhárítási** szempontból tervezői-, és kivitelezés irányítói hatáskörben növelhetők. Ha a helyi viszonyok csak dúcolat melletti munkavégzést tesznek lehetővé, úgy annak méreteit is számításba kell venni. Ez nem csak azt jelentheti, hogy a dúcolat kétoldali vastagságát hozzáadjuk a táblázat értékeihez. A dúcolás alkalmazása ugyanis további munkavédelmi problémákat vethet fel, melyek kiküszöbölése helyigénnyel jár. Egy célszerű munkaárok sémát a **46. ábra** szemléltet. Az ábra szerinti dúcolásnál a csőágyazat elkészíthető, a dúcolat visszanyerése nem lazítja fel az ágyazatot.

Az MSZ EN 1610 rendelkezik a közös munkaárokba fektetett csövek közötti legkisebb vízszintes távolságról is, amely DN 700 csőméretig 0,35 m. [Megjegyzés: Ez a hazai vákuumos szennyvízrendszereknél gyakran előforduló szituáció, mivel egy vákuumszelep aknára több ingatlan van felfűzve gravitációs vezetékkel, amelyet egy munkaárokba helyeznek a vákuumos PE vezetékkel.]

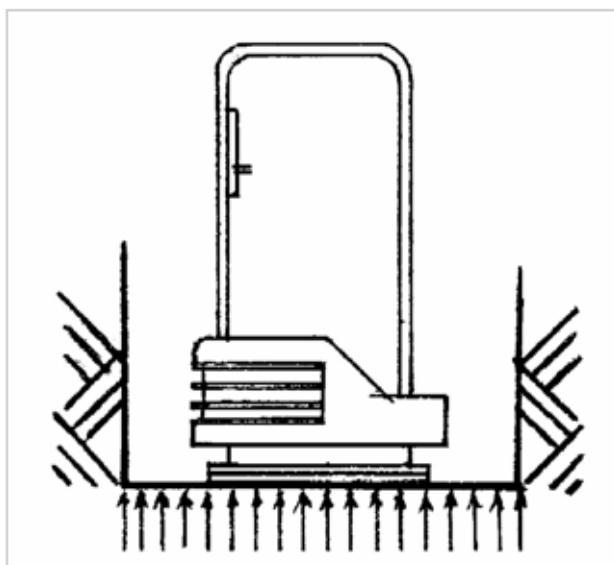


46. ábra: Dúcolt munkaárok kialakítás sémája ívvezetékhez [43]

[Jelölések: méretek: m-ben, A: megközelítési határvonal, B: 4/4-es részü]

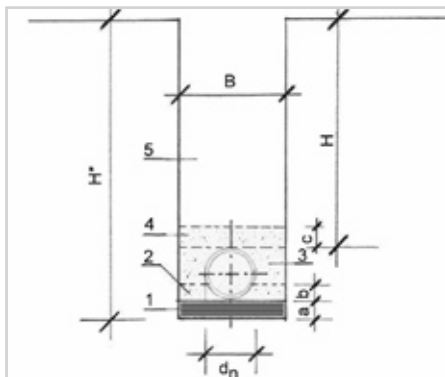
A földmunkagépek új generációi előnyös feltételeket biztosítanak az optimális árokkialakításban. Ezáltal érvényesíthető az a lényeges szempont, hogy a megtervezett árokszélességhez legyen kiválasztva a megfelelő munkagép és kanálszélesség, és ne a munkaárok mérete legyen alárendelve a munkagép adottságainak.

A gépi földkiemelésnél a munkaárok alsó, legalább 10 cm vtg. rétegét kézi erővel célszerű kiemelni, tükörképzéssel. Ha a tervezett fenékszinten az altalaj laza, úgy azt megfelelő tömörítő-eszközzel – hazai viszonylatban általában lapvibrátorral – min. T_{ry} 85-90%-ra be kell tömöríteni (lásd: 47. ábra).



47. ábra: Munkaárok fenéksíkjának tömörítése

A munkaárok fenék anyaga, tömörsége (teherbíró képessége), lejtése feleljen meg a tervben előírtaknak. A munkaárokkal kapcsolatos fogalmakat és szokásos jelöléseket a későbbi hivatkozások miatt a statikai fejezet 34. ábrájával összhangban a 48. ábra tünteti fel.



48. ábra: A munkaárok és csőzóna jellemzői (MSZ EN 1295-1:2000)

Jelölések; a: alsó ágyazati réteg vastagsága, b: felső ágyazati réteg vastagsága, c: csőzóna csőtető feletti részének vastagsága, H: a csőtető mélysége (földtakarás), H*: árokmélység, B: árokszélesség (a földkiemelés teljes szélessége), 1 alsó ágyazati réteg, 2 felső ágyazati réteg, 3 csőzóna cső melletti része, 4 csőzóna csőtető feletti része, 5 visszatöltés

6.3. Az ágyazatkészítés előírásai

A cső teherbírását és alakváltozását az ágyazat minősége alapvetően befolyásolja.

Az ágyazat hozzájárul a csővezeték teherbírásához, így annak vastagságát, anyagminőségét (szemszerkezetét) és tömörségét az erőtani számítás alapján kell kivitelezni. A kivitelezés során teljes mértékben be kell tartani az ágyazatra vonatkozó előírásokat.

Az ágyazatnak fontos szerepe van a csővezeték „megfogásában” is. A jó minőségben elkészített ágyazat a köpenysúrlódás révén képes megakadályozni a hőmozgást.

Minden esetben meg kell vizsgálni, hogy a munkaárok fenéksíkjában lévő termett talaj alkalmas-e a cső fogadására. [Megjegyzés: Különböző esetekben, nem állékony talajoknál – pl.: feltöltés – a talaj cseréje is szükségessé válhat.] Amennyiben az árokfenék talaja nem alkalmas a cső fogadására és egyenletes alátámasztására (pl.: szikla, törmelékeny talaj, feltöltés, kemény agyag és iszap, $D_{max} > 20$ mm kavics tartalmú talajok esetén), akkor alsó ágyazati réteget kell beépíteni.

Alsó ágyazati réteg vastagsága általában $a = 10$ cm (értelmezést lásd: 48. ábra), sziklás, vagy erősen kötött talajoknál, továbbá törmelékeny feltöltéseknél az alsó ágyazati réteg 15-20 cm is lehet.

A csőzónában-, illetve az ágyazatként felhasználható építőanyagokkal szemben támasztott követelményeket az **MSZ EN 1610** írja elő. Az ágyazati anyagnak – a szabvány szerint – általában az alábbi feltételeket kell kielégíteni:

- biztosítsa a csővezeték tartós állékonyságát és teherbírását,
- ne legyen (káros) hatással a csőre, csőanyagra és a talajvízre,
- fagyott anyag nem használható,
- legyen összhangban a terv előírásaival,
- ne tartalmazzon olyan anyagrészeket, amelyek mérete > 22 mm ($DN \leq 200$), illetve > 40 mm ($200 < DN \leq 600$).

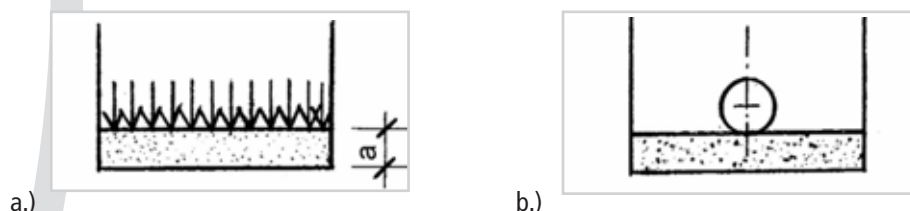
Ágyazati anyag lehet:

- a helyszíni talaj (ha megfelelő) vagy
- az alábbi beszállított építőanyagok:
- szemcsés, nem kötött anyag (pl.: homok, vegyes szemcséjű keverék, zúzalék, stb.)
- vízzel kötött építőanyag (pl.: cementtel stabilizált talaj, soványbeton, vasbeton, stb.)

A részletes előírások a szabvány mellékletében vannak rögzítve az egyes CEN tagországok nemzeti előírásainak megfelelően. A mellékletben nincs magyar hivatkozás.

Tekintettel a fentiekre és a hazai talajviszonyokra, a PE nyomóvezetékhez ágyazati anyagként szemcsés szerkezetű, max. 10% agyag-, iszap tartalmú, $D_{max} = 20$ mm maximális szemcseátmérőjű talajok vagy talajkeverékek alkalmazását javasoljuk. Hasonlóan kiváló ágyazási lehetőséget kínálnak a jól graduált homoktalajok, legfeljebb 10% agyag – iszap tartalommal. Ezen jellemzőknek megfelelő talaj alsó ágyazatként és a csőzóna további részein egyaránt alkalmazható.

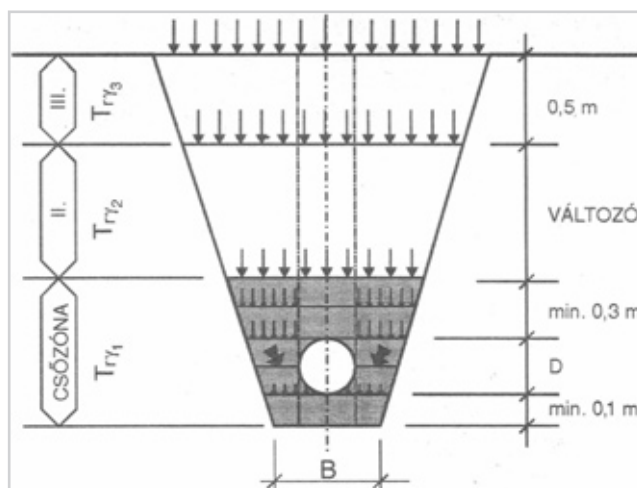
Az alsó ágyazatot terv szerinti értékre – általában $T_{ry} = 90\%$ -ra – be kell tömöríteni, melynek feltételei (gépi tömörítés) az **49. ábra** szerint általában adottak. A tömörített alsó ágyazatra kell elhelyezni csavarodás-mentesen – a többnyire előszerelt – csőszálakat. (A csőszerezést lásd: a következő fejezetben.)



49. ábra: Munkafolyamatok sorrendje:

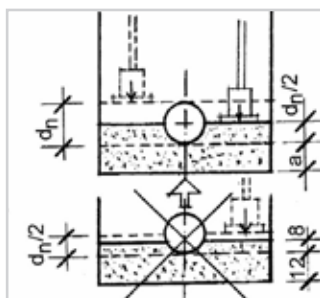
a.) alsó ágyazati réteg elkészítése és tömörítése, b.) cső elhelyezése a munkaárok tengelyében a tömörített alsó ágyazatra

Az ágyazati anyag bejuttatása a munkaárokba csak kézi erővel – lapátolással – történhet, max. 20 cm-es rétegekben. Hőre lágyuló műanyag csövek esetén gyakorlatilag a teljes csőzónát (lásd: **48. ábra**) ágyazatnak tekintjük. A felső ágyazati réteg „b” vastagsága és tömörsége a szilárdsági számításnak megfelelő legyen. A csőzónában az ágyazati rétegek elrendezését és javasolt szerkezeti vastagságát az **50. ábra** szemlélteti. A tömörítés irányát és intenzitását nyilak jelzik.



50. ábra: A munkaárok övezetei

A csőzónában az oldalsó ágyazati rétegek tömörítéséhez megfelelő célgépek jelenleg nem állnak rendelkezésre. A tárgyalt ágyazati részen kizárólagosan fa, vagy könnyűfém kézi tömörítő-eszközök alkalmazhatók. Szokásos kivitelezési technológia még az ágyazat begyúrása lábbal, melynél az egyenletes ágyazati tömörség általában nem biztosítható. A kisebb ($DN \leq 200$) PE csőátmérő tartományokban az oldalsó csőzóna tömörítésénél fennálló csőfelúszási veszélyt az **51. ábra** szerinti megoldással lehet kiküszöbölni.



51. ábra: Tömörítés az oldalsó csőzónában

[Megjegyzés: Az ábrán szaggatott vonallal a csőzónába betöltött ágyazat síkja van jelölve. A centiméterben feltüntetett ágyazati méretek $d_n = 200$ PE csőre vonatkoznak.]

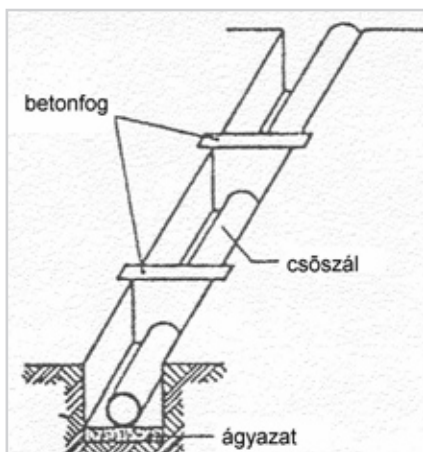
A csőzónában a kézi erővel történő tömörítés miatt reálisan $T_{ry} = 85\%$ -os tömörség kivitelezhető. Amennyiben az erőtanai számítás szerint ennél tömörebb ágyazat szükséges, akkor javított ágyazatot kell készíteni homok-cement 6:1 – 5:1 arányú száraz keverékéből,

amellyel legfeljebb 90%-os relatív tömörséget lehet elérni. A PE csővezeték építésben is előnyösen alkalmazható a hidraulikus ágyazatépítő technológia.

A csőzónában – amely hőre lágyuló műanyag csövek esetében az **50. ábra** szerint a cső extradosa felett 30 cm-ig terjed – a talaj (ágyazati anyag) betöltését kézi erővel – lapátolással – kell végezni. Tilos a döntéssel földvisszatöltés, mivel az a cső elmozdulását és deformációját okozhatja!

A csőzónát különleges körülmények – altalaj- és talajvízviszonyok – esetén meg kell védeni, a védelmet minden esetben egyedileg kell megtervezni.

Az MSZ EN 1610 felhívja a figyelmet azokra a járulékos erőkre is, amelyek például **meredek szakaszokon** felléphetnek, illetve hatnak a csővezetékre. A szabvány szerint ezeket figyelembe kell venni, és a csővezetékét például betonágyazat-, körülbetonozás kiképzésével vagy keresztelzárásokkal biztosítani kell, amely megoldás az ágyazat kimosódása ellen is védelmet nyújt. A konkrét műszaki megoldást minden esetben a helyszíni viszonyok ismeretében kell kidolgozni. Szakirodalmi forrásokra alapozott ajánlásunk, hogy a tereplejtések vonatkozásában a 10% tekinthető olyan határértéknek, amely felett a betonfogak (keresztelzárások) beépítése kb. 50 m-ként megfontolandó. A betonfogak célszerű szélességi mérete 20 cm, melyeket az árok szelvényén kívül a termett talajba 25-30 cm-t kell bekötni. Ez munkaárok fenéksíkjára is vonatkozik (lásd: **52. ábra**). A beton minőségét az altalaj és talajvízviszonyok – pH, szulfáttartalom, stb. – függvényében kell megtervezni.



52. ábra: Betonfog beépítés a cső és az ágyazat védelmére – elvi séma

6.4. A csőfektetés

Korábbi fejezeteinkben már többször is kiemeltük a PE csővel történő vezetékepítés sajátosságát: a terepszinten megvalósítható csőszelést. A csőszálak akár több km-es hosszúságban előszerelhetők, a tekercselt csövek és szálcsövek egyesítésével (lásd: a **24. ábra** képeit) egyaránt.

A csőszál-egyesítés és csőfektetés organizációjára több – a gyakorlatban bevált – módszer létezik. A helyi adottságok, az időjárás, a csőátmérő, a csőkötés technika, stb. függvényében választható ki az optimális technológia:

- Az egyik lehetséges megoldás a csőszálak előszerelése helyhez-kötötten, a hegesztőgép fix letelepítésével. Ebben az esetben a "cső-kígyó" vontatással kerül a beépítés helyére. A biztonsággal vontatható folyamatos csőszál hossza (L):

ahol:

$$L = \frac{\sigma_{red} \cdot n}{\gamma \cdot \mu}$$

- | | | |
|----------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------|
| σ_{red} | - | a megnyúlás miatt 3,0 N/mm² értékre javasolt korlátozott feszültség |
| n | - | biztonsági tényező (javasolt értéke: 1,2) |
| γ | - | PE cső testsűrűsége |
| μ | - | súrlódási tényező (a csúsztatási felület – talaj függvényében – értéke: 0,4-0,6) |

- A másik lehetséges technológia az előre kiemelt csőárok melletti csőszelés a hegesztőgép és személyzete folyamatos előrehaladásával, vándorlásával. Az emberek és a szükséges gépi berendezések mozgatása a nyomvonal mentén kishaszon-járművel megoldható.
- A harmadik lehetőség a kiemelt árokban történő összeszerelés. Ez megoldás nem célszerű tompahegesztett kötéstechnika esetén.

A csőszálak árokba helyezésére is több lehetőség kínálkozik. A tekercsben gyártott csövek pld. közvetlenül a csődobról is fektethetők folyamatos árokkiemelés mellett. A nagyobb átmérőjű egyesített csőszálak több ponton való megfogással földmunkagépekkel beemelhetők az ágyazatra, vagy az árok fölé keresztben elhelyezett támaszokra. Ez az utóbbi módszer talajvíz esetén célravezető. A támaszok folyamatos eltávolításával a cső leereszthető az árokba. A csövek és csőszálak sérülésmentes vízszintes mozgását a súrlódási erő csökkentése által elősegítik a görgős csőtámaszok.

Hangsúlyozottan fontos az összeszerelt csőszál csavarodás-mentes lehelyezése a **49/b. ábra** szerinti árok középvonalra, a jó beágyazás feltételeinek biztosítására. Az **53. ábrán** feltüntetett aszimmetrikus csőelhelyezéssel az egyenletes beágyazás és csőmegtámasztás nem lehetséges.



53. ábra: Csőfektetés: a cső aszimmetrikus árokba helyezésével nem érhető el megfelelő beágyazás!

Az igényesebb gépi csőkötés-technikáknál, a csőkötés folyamatát a felszálló portól fóliaterítéssel kell megvédeni (lásd: **54. ábra**).



54. ábra: Védelem a hegesztőtűkör kiemelésakor felszálló homokszemcsék ellen fóliaterítéssel

Az elektrofúziós és az automatikus tompahegesztés időjárás érzékeny, a tűző naptól és a csapadéktól a berendezéseket, a munkaterületet és a csőfelületet védeni kell. Erre a célra könnyen le- és áttelepíthető fóliasátor megfelelő lehet. Különösen vonatkozik a fokozott védelem igénye a 0°C körüli hőmérsékleten végzett csőszerelési munkákra.

A csőfektetésben a gyakorlatban – valószínűleg – kialakultak és használatosak más módszerek is, mint amelyek a fentiekben megemlíttésre kerültek. A további lehetséges alternatívák taglalása helyett néhány javaslattal kívánjuk elősegíteni a szakszerű munkavégzést:

- A csőszálak görgetése nem megengedhető, a cső (és a varratok) csavaró igénybevétele miatt.
- A nagy megfogási távolságok káros megnyúlásokat idézhetnek elő, ezért a beemelés nagy körültekintéssel történjen.
- A csővezeték mozgatásakor a súrlódási erők görgők alkalmazásával csökkenthetők.
- A megfogási pontokon a csövet védeni kell rugalmas alátétekkel a sérülésektől, mivel ezek később a vezeték meghibásodását okozhatják.
- A cső végleges elhelyezésekor ügyelni kell arra, hogy az, az árokfallal ne érintkezzen.

6.5. Földvisszatöltés szabályai

A csőágyazat fölött a földvisszatöltést és a tömörítést a tervezési előírások szerint kell elvégezni. A visszatöltés általában a helyi – kitermelt – talajjal történhet, amennyiben a tervben előírt tömörségi fok biztosítható az adott talajjal.

Ebben a zónában is réteges visszatöltést és tömörítést kell végezni, de a kézi tömörítő eszközök felválthatók kis- vagy közepes súlyú gépi döngölőkkel. Javasolt tömörségi értékeket a **21. táblázat** tünteti fel az **50. ábra** II. és III. jelű csőzóna feletti övezeteire való utalással.

21. táblázat

FELSZÍNI TERHELÉS	T _{ry} TÖMÖRSÉGI ÉRTÉK [%]	
	II. ZÓNA	III. ZÓNA
Főútvonalak	90	95
Mellékútvonalak	85	90
Gyalogjárdák	80	85
Zöldterületek	80	80

Ezek a javasolt értékek a hazai általajviszonyok által biztosított lehetőségekkel összhangban vannak. A táblázatban feltüntetett 90 – 95%-os tömörségi értékek, csak jól graduált kavicsos-homok, homokos - kavics talajokkal biztosíthatók.

A polietilén cső nyomvonalának utólagos felderíthetőségét biztosítani kell. A cső fölött alumínium jelzőkábel fektetésével ez megoldható. Az ágazati előírások – általában – feliratozott műanyag szalag felszín-közi elhelyezését is megkövetelik.

6.6. Nyomáspróba

A PE (PP)csövek esetében a nyomáspróbának – a hagyományos csőanyagokkal szemben – vannak speciális vonatkozásai, nincs hatályos és egységes nemzeti-, vagy ágazati szabályozás, ezért indokoltnak látjuk ebben a kérdésben a részletesebb tájékoztatást.

A próbanyomás értékek +20 °C cső és közeghőmérséklet esetén érvényesek.

A nyomáspróba értékével és lefolytatásával kapcsolatban a PE nyomócsöveknél a múltban sem volt egységes gyakorlat. Többnyire az egyéb csőanyagok esetében a hazai gyakorlat szerint szokásos volt a munkaárokba lefektetett és 2/3 részben betöltött nyomvonalnál a:

$$P_p = 1,5 \times P_{\bar{u}} \text{ bar alkalmazása.}$$

- P_p - a próbanyomás értéke,
 $P_{\bar{u}}$ - a tervezett üzemi nyomás értéke

Az európai szabványok átvételével ebben a kérdéskörben is végleges megoldás várható. Az MSZ EN 805 a műanyag csövekre is alkalmas eljárást tartalmaz a nyomáspróba lefolytatására. A PE (PP)csöveknél az európai gyakorlat a DIN 4279 8.része szerint jár el nyomócsöveknél.

6.6.1. A próbanyomás "STP" értékének meghatározása

A próbanyomás meghatározására az MSZ EN 805 az alábbi meghatározást számítási módszert írja elő:

-Rövid, 100m-nél nem hosszabb $DN \leq 80\text{mm}$ átmérőjű vezetékek esetében elegendő az üzemeltetési nyomás alkalmazása a rendszer vizsgálati nyomásaként.

$$P_p = STP = MDP$$

-Általános esetben

$$P_p = STP = MDP_c + 100 \text{ kPa},$$

Amennyiben a nyomáslökések (tranziens sebességek) értékét a tervező számítja, illetve az alábbi képletekkel számított értékek közül az alacsonyabb kiadódó értéket kell figyelembe venni:

$$P_p = STP = MDP_a \times 1,5, \text{ vagy}$$

$$P_p = STP = MDP_a + 500 \text{ kPa}$$

Az alkalmazandó vizsgálati nyomás és a vizsgálati eljárás meghatározása a csővezeték tervezőjének a feladata.

6.6.2. A nyomáspróba lefolytatása

A nyomáspróba lefolytatása az alábbi fő lépésekből áll:

- Feltöltés, légtelenítés
- Előzetes vizsgálat
- Nyomásejtés vizsgálat
- Fő nyomáspróba vizsgálat

6.6.2.1. Feltöltés és légtelenítés

A szakma szabályai szerint kell elvégezni különös figyelmet fordítva a légzsákok kialakulásának megelőzésére.

6.6.2.2. Előzetes vizsgálat

A sikeres elővizsgálat a feltétele a fő vizsgálat megkezdésének. A vizsgálat célja, hogy a vezeték felvegye a a nyomás és hőmérséklet-függő térfogati változásokat.

-A csővezetékét öblítés és légtelenítés után feszíteni kell légköri nyomáson és legalább 60 percig pihentetni kell, hogy a nyomás okozta feszültségek leépüljenek. Ügyelni kell arra, hogy a rendszer ne levegősödjön meg.

-A pihentetés után a csőrendszert folyamatosan és gyorsan(kevesebb, mint 10 perc) a vizsgálati nyomás (STP) alá kell helyezni. A vizsgálati nyomást folyamatos, vagy szakaszos utánnyomással 30 percig fenn kell tartani és közben a rendszer tömörségét ellenőrizni kell.

-A félóra elteltével a rendszert további utántöltés nélkül zártan pihentetni kell egy óra hosszáig. A pihentetés végén a maradó nyomás értékét fel kell jegyezni.

A pihentetés végén mért nyomás csökkenés értéke nem lehet nagyobb, mint a próba nyomás értékének 30%-a.

6.6.2.3. Nyomás ejtés vizsgálat

A fő nyomáspróba csak akkor lehet értékelhető, ha a rendszerbe zárt levegő mennyisége kifejezetten kicsi. Ezért a levegő mennyiségének meghatározása ugyancsak fontos lépése a sikeres nyomáspróbának, ami az alábbi eljárással oldható meg:

- A rendszer elővizsgálat végén mért nyomását 10-15%-al gyorsan csökkenteni kell.

- A kiengedett víz mennyiségét pontosan meg kell mérni ΔV

Ezt a térfogatot össze kell hasonlítani az MSZ EN 805 A.27.4 pontjában adott képlet által kiadódó eredményekkel. A mért térfogatnak kisebbnek kell lennie a számított értéknél. Ellenkező esetben a vizsgálatot a rendszer légtelenítésével újra kell kezdeni.

6.6.2.4. Fő nyomáspróba vizsgálat

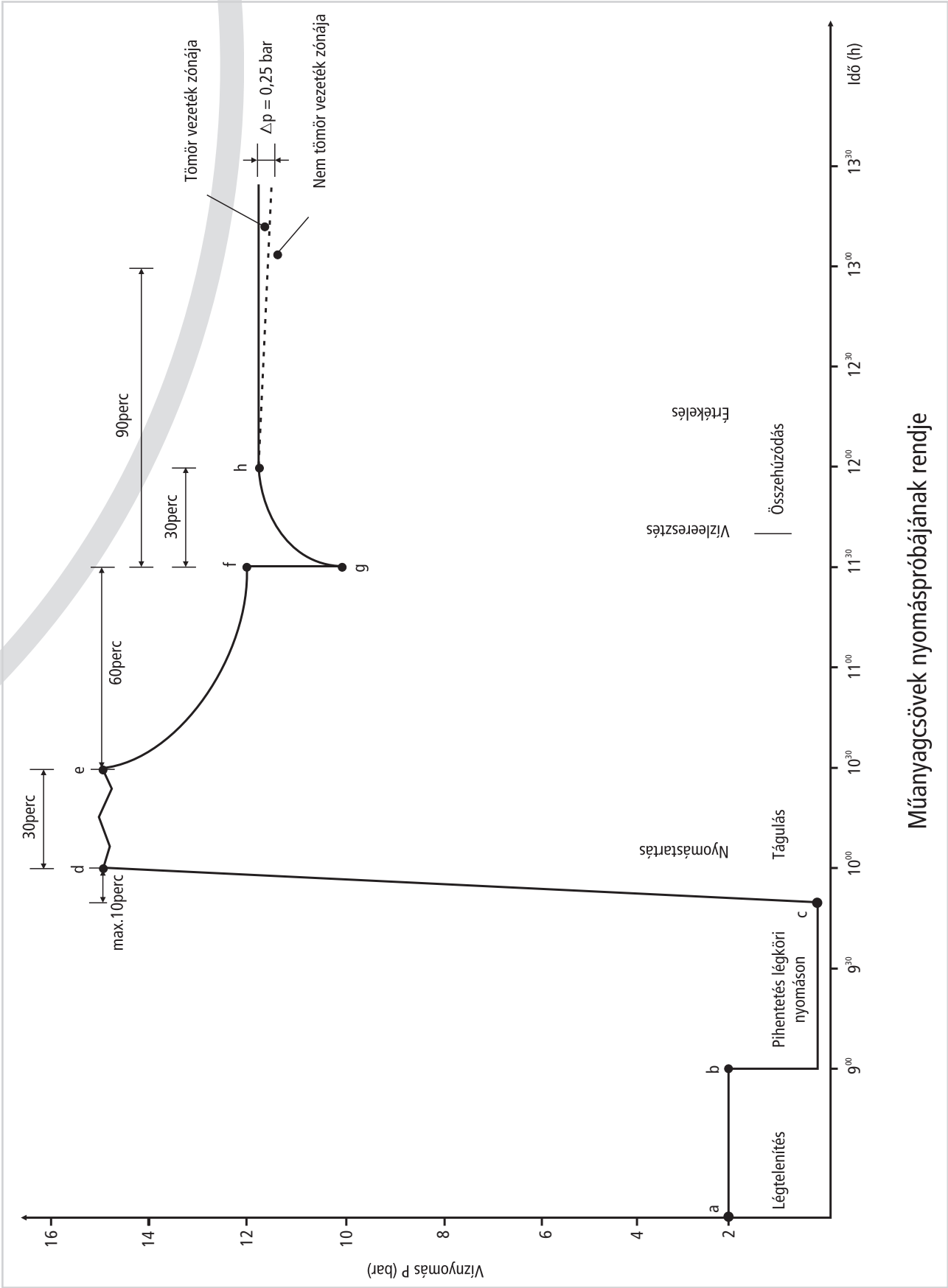
A nyomás ejtés után a rendszert ismét zárttá kell tenni. A csővezeték a hirtelen nyomás esésre a cső anyagának viszko-elasztikus tulajdonsága miatt az időben késéssel reagál, ami nyomás emelkedésben nyilvánul meg.

A nyomás változását 30 percig kell figyelemmel kísérni ezalatt az idő alatt a nyomásnak folyamatosan emelkedni kell. Ha az emelkedés megállapítása kétséges, vagy nem egyértelmű, a vizsgálatot másfél órára kell meghosszabbítani. A nyomásejtés után másfél órával a mért maradó nyomás értéke nem lehet 0,25 bar –tól (25 kPa) nagyobb mértékben kevesebb a nyomásejtés után mérhető legnagyobb értéktől. A nyomáspróba nem megfelelő minősítése esetén, a javítások után a teljes folyamatot ismételt el kell végezni.

Javasoljuk, hogy minden hőre lágyuló műanyag csőnél a fentiek szerint történjen meg a nyomáspróba végrehajtása, mivel az eljárás figyelembe veszi az anyag tulajdonságait. Természetesen a statikai méretezésnél is ezt az értéket kell figyelembe venni a teherszámításoknál. A nyomás-ingadozások regisztrálásához a gáziparban használt próbanyomás regisztráló (PTT) alkalmazása célszerű. Ezek előnye, hogy a próbanyomás teljes folyamatát idő-nyomás összefüggésében regisztrálják, és az eredményt dokumentálják.

A vákuumos vezetékek nyomásvesztéseit az MSZ EN 1091 alapján javasoljuk elvégezni. A szabvány a vizsgálat időtartamát-, a vákuum értékét és a megengedett nyomásvesztést is rögzíti.

A nyomáspróba lefolytatásának módját – pl.: a fenti ajánlás szerint – rögzíteni kell egyrészt a tervezési- és engedélyezési eljárásban az üzemeltetővel, a megvalósítási folyamatban pedig a vállalkozási szerződésnek az átadás-átvétel feltételeit tartalmazó mellékletében.



Műanyagcsövek nyomáspróbájának rendje

55. ábra: PE cső próbanyomásának végrehajtása MSZ EN 805 szerint

7. EGYÉB RENDELTETÉSŰ NYOMÓCSÖVEK

7.1. Technológiai csővezetékek

A polietilén csövek vegyszer- és korrózióállóságuk miatt előnyt élveznek más csőanyagokkal szemben a technológiai vezetékek létesítésében.

Ezeknél a vezetékeknél természetes igény a szabadon való szerelés lehetősége. A polietilén alkalmas ilyen feladatok megoldására is, ha megfelelően gondoskodnak az alátámasztásáról, megfogásáról (hőmozgás!).

Napsugárzásnak kitett vezetékszakaszokon a cső védelmét – pld. burkolással – meg kell oldani. Ennek elmulasztása az élettartam jelentős megrövidülését vonja maga után.

A technológiai csővezetékek egyedi-, sajátos területe a **távközlés**, ahol a PE cső védőszerkezetként kerül felhasználásra. A fénykábelek védelmében a polietilén teljes választékot biztosít, a cső, és a csőkötés vonatkozásában egyaránt. Ez utóbbit a **46. ábra** mutatja be.

A PE cső hasonlóan speciális – mondhatnánk konkurencia nélküli – területe az **öntözés**. A telepített – és mobilizálható rendszerek csőhálózatai, mechanikus gyorskötői és szórófejei szintén a polietilén korábban részletezett előnyös tulajdonságai felismerésének eredményei.

7.2. Rekonstrukció

A PE csövet jellemző tulajdonságai különösen alkalmassá teszik:

- földbefektetett csövek kitakarás nélküli és
- paneles (vagy egyéb) épületek szerelőaknában lévő vezetékeinek

rekonstrukciójához. PE csőveinket ezen feladatok megoldására is ajánljuk felhasználóink figyelmébe.

Új termékünk ezen a területen a **ROBUST** megnevezésű PE cső (lásd: **56. ábra**), amely PE 100-as anyagból készül és minimum 3 mm vtg. habosított PE bevonattal – védőréteggel – van ellátva. A külső bevonat megvédi a csövet a csőbehúzásos rekonstrukciós eljárásoknál a sérülésektől, különösen ajánlott csőroppantásos technológia esetén, ahol fokozottan fennáll a bélelő cső sérülésének a veszélye.



a.)



b.)

56. ábra: ROBUST PE csövek védőbevonattal, extrém fektetési körülményekhez és rekonstrukciós feladatokhoz
a.) gázellátási célra, b.) vízi-közművekhez

[Megjegyzés: A PE cső és a bevonat között rézhuzal van elhelyezve, a föld alatti nyomvonal-követhetőség érdekében.]

A ROBUST csövek d_n 32-225 mérettartományban, SDR 11-es és SDR 17-es osztályban állnak jelenleg rendelkezésre. Kérjük kísérjék figyelemmel aktuális termékválasztékunkat, honlapunkon illetve a katalógusainkban.

8. MELLÉKLETEK

1. MELLÉKLET

PE csövek kémiai ellenálló-képessége

A táblázat az ISO/TR 7474 és 10358 Műszaki Jelentések és irodalmi adatok és gyakorlati adatok alapján készült.

Adatok a kémiai ellenállóképességhez

A cső alapanyagának és az áthaladó közegnek az érintkezése során különböző folyamatok léphetnek fel, mint pl. a folyadék abszorpciója (duzzadás), oldható anyagrészek extrakciója (zsugorodás) és kémiai reakciók (hidrolízis, oxidáció és egyéb), amelyek bizonyos körülmények között a csövek és csővezetékreszek tulajdonságainak megváltozását okozhatják. A csövek és csővezetékreszek viselkedése az áthaladó közeggel szemben az alábbi csoportokra osztható fel:

- ellenálló: a cső alapanyagát általánosságban alkalmasnak értékelik
- ⦿ feltételesen ellenálló: a cső alapanyagát meg kell vizsgálni az adott felhasználáshoz, szükség esetén további vizsgálatokat kell végezni
- nem ellenálló: a cső alapanyagát általánosságban alkalmatlannak ítélik
- nincsenek adatok a kémiai ellenállóképességre vonatkozóan

[Megjegyzés: Eltérő koncentráció, vagy hőmérséklet, továbbá a táblázatban nem szereplő vegyületekhez központunk megkeresése szükséges konzultáció céljából.]

Jelölések értelmezése:

1./ Az átfolyó közeg összetételére a következő jelölések érvényesek:

a./ Ha a koncentráció mögött nem szerepel a "(Vol)" megjelölés, ahhoz az adatok tömegszázalékra vonatkoznak.

VL: vizes oldat, tömegszázaléka 10%

L: vizes oldat, tömegszázaléka 10%

GL: telített (20°C-nál), vizes oldat

TR: átfolyó közeg legalább technikai tisztaságú

H: kereskedelmi összetétel

b./ térfogat-százalék; "(Vol)" jelöléssel

A táblázatban megadottnál kisebb tömeg- és térfogatszázalékok hőmérsékletek esetén általában nem csökken a csövek és csővezetékek kémiai ellenállóképessége.

2./ Ezeket a kémiai képességre vonatkozó adatot nem tartalmazza az ISO/TR 7474

3./ A kémiai ellenállóképesség az ISO/TR 7474-ben egy csoporttal kedvezőbb értékelést kapott.

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Füstgázok ² , ill. levegő-gáz keverékek				
- hidrogénfluorid tartalmú	nyomokban	●	●	●
- széndioxid tartalmú	minden	●	●	●
- szénmonoxid tartalmú	minden	●	●	●
- nitróz /nitrogénmonoxid/ tartalmú	nyomokban	●	●	●
- sósav tartalmú	minden	●	●	●
- kéndioxid tartalmú	minden	●	●	●
- kénsav tartalmú /nedves/	minden	●	●	●
- kéntrioxid /oleum/ tartalmú	nyomokban	○	○	○
Acetaldehid	TR	●	◐	◐
Acetanhidrid /ecetsavanhidrid/	TR	●	●	◐
Aceton	TR	●	●	◐
Adipinsav	GL	●	●	●
Acetofenon ²	TR	●	—	—
Akrilnitril ²	TR	●	●	●
Almasav ²	L	●	●	●
Marónátron	60 %-ig	●	●	●
Timsó	L	●	●	●
Allilalkohol	TR	●	●	●
Alumíniumklorid	GL	●	●	●
Alumíniumfluorid	GL	●	●	●
Alumíniumsulfát	GL	●	●	●
Hangyasav	TR	●	●	●
Ammónia, légnemű	TR	●	●	●
Ammónia, folyékony	TR	●	●	●
Ammónia vizes oldata	33 %	●	●	●
Ammóniumalumíniumsulfát	L	●	●	●
Ammóniumkarbonát ²	GL	●	●	●
Ammóniumklorid	GL	●	●	●
Ammóniumvas/II/szulfát	L	●	●	●
Ammóniumfluorid	L	●	●	●
Ammóniumnitrát	GL	●	●	●
Ammóniumfoszfát ²	GL	●	●	●
Ammóniumsulfát	GL	●	●	●
Ammóniumsulfid	L	●	●	●
Amilacetát	TR	●	●	◐
Amilalkohol	TR	●	●	◐
Anilin	TR	●	●	◐
Anilinhidroklorid ²	GL	●	●	●
Anizol ²	TR	◐	◐	○
Ciklohexanon ²	TR	●	◐	◐
Antimontriklorid vizes oldata	90 %	●	●	●
Almasav ²	H	●	●	●
Almabor ²	H	●	●	●
Arzénsav	GL	●	●	●
Báriumkarbonát	GL	●	●	●
Báriumklorid	GL	●	●	●

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Báriumhidroxid	GL	●	●	●
Báriumszulfát	GL	●	●	●
Benzaldehid	TR	●	●	○
Benzin /petróleum és normálbenzin, alifás szénhidrogének/	H	●	●	○
Benzoésav	GL	●	●	●
Benzol	TR	○	○	○
Benzotriklorid ²	TR	○	○	○
Benzilalkohol ²	TR	●	●	○
Borostyánkősav ²	GL	●	●	●
Méhviasz ²	H	●	●	○
Sőr	H	●	●	●
Sőr színezék ²	VL	●	●	●
Ciánsav, vizes oldata	10 %	●	●	●
Ciánsav ²	TR	●	●	●
Ólomacetát	GL	●	●	●
Fehérítő lúg ²	20 %	○	○	○
Ólomtetraetil ²	TR	●	–	–
Borax	GL	●	●	●
Bórsav	GL	●	●	●
Égett szeszek ²	H	●	●	●
Bróm /brómos víz ²	GL	●	–	–
Bróm, légnemű, száraz	TR	○	○	○
Bróm, folyékony	TR	○	○	○
Brómmetán ²	TR	○	○	○
Brómhidrogén, légnemű	TR	●	●	●
Hidrogénbromid vizes oldata	50 %	●	●	●
1,3-butadién, légnemű ²	TR	○	○	○
Bután, légnemű	TR	●	●	●
Butanol	TR	●	●	●
1,2,4-butántriol	TR	●	●	●
2-butén,-1,4-diol ²	TR	●	●	–
2-butin-1,4-diol ²	TR	●	●	–
Vajsav és izovajsav	TR	●	●	○
Butilacetát ²	TR	○	○	○
Butilénglikol ²	TR	●	●	●
Butilglikol ²	TR	●	–	–
Butilfenol ²	GL	●	●	●
Butilfenon ²	TR	○	–	–
Butilftalát ²	TR	●	○	○
Kalciumkarbonát	GL	●	●	●
Kalciumklorát	GL	●	●	●
Kalciumklorid	GL	●	●	●
Kalciumhidroxid	GL	●	●	●
Kalciumhipoklorit vizes oldata	szuszpendálás	●	●	●
Kalciumnitrát	GL	●	●	●
Kalciumszulfát	GL	●	●	●
Kalciumszulfid	VL	○	○	○

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Kámforolaj ²	TR	○	○	○
Karbolineum ²	H	●	–	–
Klór, légnemű, nedves ²	0,5 %	◐	–	○
Klór, légnemű, nedves ²	1 %	○	○	○
Klór, folyékony ²	TR	○	○	○
Klór, légnemű, száraz	TR	◐	○	○
Klór, vizes oldata	GL	◐	○	○
Klorál /triklóracetaldehid/ ²	TR	●	●	●
Klorálhidrát ²	TR	●	●	●
Klóramin ²	L	●	–	–
Klórbenzol ²	TR	◐	–	○
Klórecetsav ²	L	●	●	●
Klórecetsav, vizes oldata ²	85 %	●	●	●
Etilklorid ²	TR	◐	–	–
Klóretilalkohol ²	TR	●	●	●
Klórész, vizes oldata	szuszpendálás	●	●	●
Metilklorid, légnemű	TR	◐	○	–
Kloroform	TR	◐	◐	○
Klórsav, vizes oldata ²	1 %	●	●	●
Klórsav, vizes oldata ²	10 %	●	●	●
Klórkénsav	TR	○	○	○
Klóros víz	GL	●	–	○
Hidrogénklorid, nedves gáz ²	TR	●	●	●
Krómtimsó		●	●	●
Krómsav, vizes oldata	20 %	●	●	○
Krómsav, vizes oldata	50 %	●	◐	◐
Krómsav/kénsav/víz /krómkénsav/ ²	15/35/50 %	○	○	○
Citromsav	GL	●	●	●
Krotonaldehid ²	TR	●	–	○
Káliumcianid	L	●	●	●
Ciklohexanol	TR	●	●	●
Ciklohexanon	TR	●	●	●
Dekalin	TR	●	◐	◐
Dextrin	L	●	●	●
Etiléndiamin ²	TR	●	●	●
Di-n-butiléter ²	TR	◐	○	○
Dibutilftalát ²	TR	●	◐	◐
Diklóretán	TR	○	–	–
Diklórecetsav ²	TR	◐	◐	◐
Diklórecetsav, vizes oldata ²	50 %	●	●	●
Diklórecetsavmetilészter ²	TR	●	●	●
Diezel-üzemanyag ²	H	●	◐	◐
Di-etanolamin ²	TR	●	–	–
Di-etiléter	TR	◐	◐	–
Diglikolsav	GL	●	●	●
Di-izobutylketon ²	TR	●	–	–
Diizopropiléter ²	TR	●	◐	○

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Diizoktilftalát ²	TR	●	●	○
Dimetilamin, légnemű	100 %	●	●	○
N.N-dimetilformamid	TR	●	●	○
Dioktilftalát	TR	●	●	○
Dinonilftalát ²	TR	●	●	○
Dioxan	TR	●	●	●
Műtrágyasó ²	GL	●	●	●
Vas/II/-klorid	GL	●	●	●
Vas/III/-klorid	GL	●	●	●
Vas/III/-nitrát	L	●	●	●
Vas/II/-szulfát	GL	●	●	●
Vas/III/-szulfát	GL	●	●	●
Földgáz ²	TR	●	–	–
Földimogyoró olaj ²	TR	●	●	–
Ecet /borecet/ ²	H	●	●	●
Ecetsav, vizes oldata	10 %	●	●	●
Ecetsav /jégecet/, vizes oldata	min. 96 %	●	●	○
Ecetsavanhidrid	TR	●	●	○
Metilacetát ²	TR	●	●	–
Etilalkohol ²	TR	●	●	●
Etilalkohol, vizes oldata	40 %	●	●	○
Etilalkohol, denaturálva 20 % toluollal ²	96 % /Vol./	●	–	–
Etilacetát	TR	●	○	○
Etilbenzol ²	TR	○	–	–
Etilklorid, légnemű ²	TR	○	–	–
Klóretilalkohol ²	TR	●	●	●
Etilénglikol	TR	●	●	●
Etilénoxid, légnemű	TR	●	–	–
Zsírsavak ²	TR	●	●	○
Fenyőolaj ²	H	●	○	○
Fluor, légnemű	TR	○	○	○
Fluorokovaszav, vizes oldata	40 %	●	●	●
Fluorsav, vizes oldata	4 %	●	●	●
Fluorsav, vizes oldata	60 %	●	●	○
Formaldehid, vizes oldata	40%	●	●	●
Foto-emulziók ²	H	●	●	–
Fotoelőhívó	H	●	●	●
Fotó rögzítő oldat	H	●	●	–
Fagyálló ²	H	●	●	●
Gyümölcslevek ²	H	●	●	●
Gyümölcscukor ²	L	●	●	●
Furfurilalkohol	TR	●	●	○
Erjedési cefre ²	H	●	●	●
Zselatin ²	L	●	●	●
Csersav /tannin/	L	●	●	●
Glukóz /szőlőcukor/	GL	●	●	●
Glicerín	TR	●	●	●

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Glikolsav	L	●	●	●
Karbamid	L	●	●	●
Fűtőolaj ²	H	●	◐	◐
Élesztő	L	●	●	●
n-Heptán	TR	●	◐	○
Hexafluorokovaszav, vizes oldata	40 %	●	●	●
Hexán ²	TR	●	◐	◐
1,2,6-hexantriol ²	TR	●	●	●
Hidrazinhidrát ²	TR	●	●	●
Hidrokinon	GL	●	◐	○
Jódtinktúra ²	H	●	●	◐
Izoamilalkohol	TR	●	●	◐
Izobutanol	TR	●	●	●
Izooktán ²	TR	●	◐	◐
Izopropilalkohol ²	TR	●	●	●
Káliilúg /káliumhidroxid oldat/	L	●	●	●
Káliumalumíniumsulfát	L	●	●	●
Káliumbromát	GL	●	●	●
Káliumbromid	GL	●	●	●
Káliumkarbonát	GL	●	●	●
Káliumklorát	GL	●	●	●
Káliumklorid	GL	●	●	●
Káliumkromát	GL	●	●	●
Káliumkrómsulfát	L	●	●	●
Káliumcianid	L	●	●	●
Káliumdikromát	GL	●	●	●
Káliumfluorid	GL	●	●	●
Káliumhexacianoferrat	GL	●	●	●
Káliumhidrogénkarbonát	GL	●	●	●
Káliumhidrogénsulfát	GL	●	●	●
Káliumhidrogénsulfít	L	●	●	●
Káliumhipoklorit	L	●	●	◐
Káliumjodid ²	GL	●	●	●
Káliumnitrát	GL	●	●	●
Káliumperklorát	GL	●	●	●
Káliumpermanganát, vizes oldata	20 %	●	●	●
Káliumperoxidsulfát	GL	●	●	●
Káliumfoszfát	GL	●	●	●
Káliumsulfát	GL	●	●	●
Káliumszulfid	L	●	●	●
Kovaszav, vizes oldata ²	minden	●	●	●
Konyhasó /nátriumklorid/	GL	●	●	●
Széndioxid, légnemű	TR	●	●	●
Szénmonoxid, légnemű	TR	●	●	●
Királyvíz /HCL/HNO ³	TR	○	○	○
Krezol, vizes oldata ²	90 %	●	●	●
Krezol, vizes oldata ²	90 % fölött	●	●	◐

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Rézklorid	GL	●	●	●
Rézitrát	GL	●	●	●
Rézsulfát	GL	●	●	●
Lanolin /gyapjúzsír ²	H	●	○	○
Lenolaj ²	H	●	●	●
Világítógáz ²	H	●	—	—
Levegő ²	TR	●	●	●
Magnéziumkarbonát	GL	●	●	●
Magnéziumklorid	GL	●	●	●
Magnéziumhidroxid	GL	●	●	●
Magnéziumitrát	GL	●	●	●
Maleinsav	GL	●	●	●
Gépolaj ²	TR	●	○	○
Tengervíz ²	H	●	●	●
Melassz	H	●	●	●
Mentol ²	TR	●	●	○
Metilalkohol	TR	●	●	●
Metoxibutanol ²	TR	●	●	○
Metilacetát ²	TR	●	●	—
Metilamin, vizes oldata ²	32 %	●	—	—
Metilbenzoésav	GL	○	○	—
Metilbromid ²	TR	○	—	○
2-metil-2butanol	TR	●	●	○
Metilklorid, légnemű	TR	○	○	○
Metilénklorid /diklórmétán/ ²	TR	○	○	○
Metiletilketon ²	TR	●	●	○
Téj	H	●	●	●
Téjsav	TR	●	●	●
Ásványolajok	H	●	●	○
Ásványvíz ²	H	●	●	●
Motor-kenőolaj ²	TR	●	○	○
Ásványolaj ²	H	●	○	○
Nátriumacetát ²	GL	●	●	●
Nátriumbenzoát, vizes oldata ²	35 %	●	●	●
Nátriumbenzoát	GL	●	●	●
Nátriumperborát ²	GL	●	●	○
Nátriumbromid	GL	●	●	●
Nátriumkarbonát	GL	●	●	●
Nátriumklorát	GL	●	●	●
Nátriumklorid /konyhasó/	GL	●	●	●
Nátriumklorit, vizes oldata ²	2-20% között	●	○	○
Nátriumcianid	GL	●	●	●
Nátriumbikromát ²	GL	●	●	●
Nátriumfluorid	GL	●	●	●
Nátriumhexacianoferrát /II/	GL	●	●	●
Nátriumhexacianoferrát /III/	GL	●	●	●
Nátriumhidrogénkarbonát	GL	●	●	●

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Nátriumhidrogénszulfid	L	●	●	●
Nátriumhidroxid, vizes oldata	40%	●	●	●
Nátriumhipoklorit /15% aktív klór, fehértő lúg/	L	●	●	●
Nátriumnitrát	GL	●	●	●
Nátriumnitrit	GL	●	●	●
Nátriumfoszfát	GL	●	●	●
Nátriumszilikát /vízüveg/ ²	L	●	●	●
Nátriumszulfát	GL	●	●	●
Nátriumszulfid	GL	●	●	●
Nátriumtetraborát	GL	●	●	●
Nátriumtiosulfát ²	GL	●	●	●
Nátronlúg, vizes oldata ²	60%-ig	●	●	●
Nikkelklorid	GL	●	●	●
Nikkelnitrát	GL	●	●	●
Nikkelszulfát	GL	●	●	●
Nikotinsav	VL	●	●	—
Nitrobenzol ²	TR	●	◐	◐
2-nitrotoluol ²	TR	●	◐	○
Étkezési olajok, zsírok	H	●	◐	◐
Oleum ²	TR	○	○	○
Olivaolaj ²	TR	●	●	◐
Olajsav	TR	●	●	●
Oxálsav	GL	●	●	●
Ózon. légnemű	TR	◐	○	○
Paraffin-emulziók ²	H	●	●	◐
Paraffinolaj ²	TR	●	◐	◐
1-pentanol	TR	●	●	◐
2-pentanol	TR	●	●	◐
Petroléter ²	TR	●	◐	◐
Petroleum ²	TR	●	◐	◐
Borsmentaolaj ²	TR	●	—	—
Fenol	L	●	●	●
Perklóretilén ²	TR	◐	◐	○
Perklórsav, vizes oldata	20%	●	●	●
Foszgén, légnemű ²	TR	◐	◐	◐
Foszfátok, szerves ²	GL	●	●	●
Foszforklorid ²	TR	●	●	◐
Foszforoxidklorid ²	TR	●	●	◐
Foszforsav	50%	●	●	●
Foszforsav	95%	●	●	◐
Foszfotriklorid	TR	●	●	◐
Ftálsav	GL	●	●	●
Pikrinsav	GL	●	●	—
Propán, légnemű ²	TR	●	●	—
Propilalkohol ²	TR	●	●	●
Propargilalkohol ² , vizes	7%	●	●	●
Propionsav, vizes oldata	50%	●	●	●

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Propionsav	TR	●	●	●
Propilenglikol ²	TR	●	●	●
Piridin	TR	●	●	●
Higany	TR	●	●	●
Higanyklorid	GL	●	●	●
Higanycianid	GL	●	●	●
Higanynitrát	L	●	●	●
Ricinusolaj ²	TR	●	●	●
Szalicilsav	GL	●	●	●
Szalmiákszesz	GL	●	●	●
Salétromsav, vizes oldata	25%	●	●	●
Salétromsav, vizes oldata	50%	●	●	○
Salétromsav, vizes oldata	75%	○	○	○
Sósav, vizes oldata	37%	●	●	●
Oxigén	TR	●	●	●
Kéndioxid, légnemű	TR	●	●	●
Széndiszulfid	TR	●	○	○
Kénsav, vizes oldata	80%	●	●	●
Kénsav	98%	● 3/	●	○
Kénsav, füstölő	H	○	○	○
Kéntrioxid	TR	○	○	○
Kénhidrogén, légnemű	TR	●	●	●
Kénes sav, vizes oldata	30%	●	●	●
Tengervíz ²	H	●	●	●
Ezüstacetát	GL	●	●	●
Ezüstcianid	GL	●	●	●
Ezüstnitrát	GL	●	●	●
Szilikonolaj	TR	●	●	●
Szilikonemulzió ²	H	●	●	●
Szóda /nátriumkarbonát/ ²	50%	●	●	●
Szójababolaj ²	TR	●	●	●
Orsóolaj ²	TR	●	●	●
Keményítő ²	minden	●	●	●
Dextrin ²	L	●	●	●
Keményítősirup ²	minden	●	●	●
Szulfurilklorid ²	TR	○	○	○
Tannin /csersav/	L	●	●	●
Terpentinolaj ²	TR	●	●	●
Lakkbenzin ²	TR	●	●	○
Tetraklóretán ²	TR	●	●	○
Perklóretán ²	TR	●	●	—
Széntetraklorid ²	TR	●	○	○
Tionilklorid	TR	○	○	○
Tetrahidrofuran ²	TR	●	●	○
Tetrahidronaftalin ²	TR	●	●	○
Tiofen ²	TR	●	●	○
Toluol	TR	●	○	○

ÁTFOLYÓ KÖZEG	KONCENTRÁCIÓ	VISELKEDÉS		
		20 °C	40 °C	60 °C
Szőlőcukor /glukóz/	GL	●	●	●
Transzformátor-olaj ²	TR	●	◐	◐
Triklórecetsav, vizes oldata	50%	●	●	●
Triklóretilén	TR	○	○	○
Trietanolamin	L	●	●	◐
Trikrezilfoszfát ²	TR	●	●	●
Ivóvíz, klórtartalmú ²	TR	●	●	●
Trioktilfoszfát ²	TR	●	●	◐
Vizelet		●	●	●
Vazelinolaj ²	TR	●	◐	◐
Vinilacetát ²	TR	●	●	◐
Vinilidénklorid ²	TR	○	—	—
Mosószer ²	VL	●	●	●
Víz	TR	●	●	●
Hidrogén, légnemű	TR	●	●	●
Hidrogénperoxid, vizes oldata	30%	●	●	●
Hidrogénperoxid, vizes oldata	90%	●	◐	○
Bor és pálinka	H	●	●	●
Borecet, /ételecet/	H	●	●	●
Borkősav	L	●	●	●
Xilol	TR	◐	○	○
Cinkkarbonát	GL	●	●	●
Cinkklorid	GL	●	●	●
Cinkoxid	GL	●	●	●
Cinkszulfát	GL	●	●	●
Ón/II/klorid	GL	●	●	●
Ón/IV/klorid	GL	●	●	●
Citromsav	GL	●	●	●
Cukorszirup ²	H	●	●	●

2. MELLÉKLET

HIDRAULIKAI MÉRETEZŐ TÁBLÁZATOK DN 25 – 315 PE CSÖVEKHEZ

DN 25 mm							
SDR 21				SDR 17			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
		0.50				0.50	
		0.55				0.55	
		0.60				0.60	
		0.65				0.65	
		0.70				0.70	
		0.75				0.75	
		0.80				0.80	
		0.85				0.85	
		0.90				0.90	
		0.95				0.95	
		1.00				1.00	
		1.05				1.05	
		1.10				1.10	
		1.15				1.15	
		1.20				1.20	
		1.25				1.25	
		1.30				1.30	
SDR 13.6 (DI = 20.4 mm)				SDR 11 (DI = 19.6 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
24.21	32.92	0.50	0.16	25.51	34.79	0.50	0.15
28.83	39.55	0.55	0.18	30.39	41.8	0.55	0.17
33.84	46.78	0.60	0.20	35.67	49.45	0.60	0.18
39.24	54.62	0.65	0.21	41.35	57.73	0.65	0.20
45.02	63.06	0.70	0.23	47.44	66.65	0.70	0.21
51.18	72.11	0.75	0.25	53.93	76.21	0.75	0.23
57.72	81.76	0.80	0.26	60.82	86.41	0.80	0.24
64.65	92.01	0.85	0.28	68.12	97.25	0.85	0.26
71.95	102.86	0.90	0.29	75.82	108.72	0.90	0.27
79.64	114.32	0.95	0.31	83.92	120.83	0.95	0.29
87.71	126.38	1.00	0.33	92.42	133.57	1.00	0.30
96.15	139.05	1.05	0.34	101.31	146.96	1.05	0.32
104.98	152.31	1.10	0.36	110.61	160.98	1.10	0.33
114.19	166.18	1.15	0.38	120.31	175.64	1.15	0.35
123.77	180.66	1.20	0.39	130.41	190.94	1.20	0.36
133.74	195.73	1.25	0.41	140.91	206.87	1.25	0.38
144.08	211.41	1.30	0.42	151.81	223.44	1.30	0.39

DN 32 mm							
SDR 21				SDR 17 (DI = 27.4 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
		0.50		16.47	21.95	0.50	0.29
		0.55		19.62	26.38	0.55	0.32
		0.60		23.03	31.21	0.60	0.35
		0.65		26.71	36.44	0.65	0.38
		0.70		30.65	42.07	0.70	0.41
		0.75		34.86	48.10	0.75	0.44
		0.80		39.32	54.54	0.80	0.47
		0.85		44.04	61.38	0.85	0.50
		0.90		49.03	68.63	0.90	0.53
		0.95		54.27	76.27	0.95	0.56
		1.00		59.77	84.32	1.00	0.59
		1.05		65.53	92.77	1.05	0.62
		1.10		71.56	101.62	1.10	0.65
		1.15		77.84	110.88	1.15	0.68
		1.20		84.38	120.53	1.20	0.71
		1.25		91.17	130.59	1.25	0.74
		1.30		98.23	141.06	1.30	0.77
SDR 13.6 (DI = 26.4 mm)				SDR 11 (DI = 25.2 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
17.28	23.10	0.50	0.27	18.36	24.61	0.50	0.25
20.59	27.75	0.55	0.30	21.87	29.57	0.55	0.27
24.17	32.83	0.60	0.33	25.68	34.98	0.60	0.30
28.03	38.33	0.65	0.36	29.78	40.85	0.65	0.32
32.17	44.26	0.70	0.38	34.17	47.16	0.70	0.35
36.58	50.61	0.75	0.41	38.85	53.93	0.75	0.37
41.26	57.38	0.80	0.44	43.83	61.14	0.80	0.40
46.21	64.57	0.85	0.47	49.09	68.81	0.85	0.42
51.44	72.19	0.90	0.49	54.64	76.93	0.90	0.45
56.94	80.24	0.95	0.52	60.48	85.50	0.95	0.47
62.72	88.70	1.00	0.55	66.62	94.52	1.00	0.50
68.76	97.59	1.05	0.57	73.04	103.99	1.05	0.52
75.08	106.9	1.10	0.60	79.75	113.92	1.10	0.55
81.67	116.64	1.15	0.63	86.74	124.29	1.15	0.57
88.53	126.80	1.20	0.66	94.03	135.12	1.20	0.60
95.66	137.38	1.25	0.68	101.6	146.39	1.25	0.62
103.07	148.39	1.30	0.71	109.47	158.12	1.30	0.65

DN 40 mm							
SDR 21 (DI = 35.4 mm)				SDR 17 (DI = 34.4 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
11.82	15.52	0.50	0.49	12.26	16.13	0.50	0.46
14.09	18.64	0.55	0.54	14.62	19.38	0.55	0.51
16.54	22.06	0.60	0.59	17.16	22.93	0.60	0.56
19.19	25.76	0.65	0.64	19.91	26.77	0.65	0.60
22.02	29.74	0.70	0.69	22.85	30.91	0.70	0.65
25.05	34.00	0.75	0.74	25.99	35.34	0.75	0.70
28.26	38.56	0.80	0.79	29.32	40.07	0.80	0.74
31.65	43.39	0.85	0.84	32.84	45.10	0.85	0.79
35.24	48.51	0.90	0.89	36.56	50.42	0.90	0.84
39.01	53.92	0.95	0.94	40.47	56.04	0.95	0.88
42.97	59.61	1.00	0.98	44.58	61.96	1.00	0.93
47.12	65.58	1.05	1.03	48.88	68.16	1.05	0.98
51.45	71.84	1.10	1.08	53.38	74.67	1.10	1.02
55.97	78.39	1.15	1.13	58.07	81.47	1.15	1.07
60.68	85.22	1.20	1.18	62.95	88.57	1.20	1.12
65.57	92.33	1.25	1.23	68.02	95.96	1.25	1.16
70.65	99.73	1.30	1.28	73.29	103.65	1.30	1.21
SDR 13.6 (DI = 33.0 mm)				SDR 11 (DI = 31.6 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
12.94	17.06	0.50	0.43	13.69	18.09	0.50	0.39
15.42	20.50	0.55	0.47	16.31	21.73	0.55	0.43
18.11	24.25	0.60	0.51	19.15	25.71	0.60	0.47
21	28.31	0.65	0.56	22.21	30.02	0.65	0.51
24.11	32.69	0.70	0.60	25.49	34.66	0.70	0.55
27.41	37.38	0.75	0.64	28.99	39.64	0.75	0.59
30.93	42.38	0.80	0.68	32.7	44.94	0.80	0.63
34.64	47.70	0.85	0.73	36.63	50.58	0.85	0.67
38.57	53.33	0.90	0.77	40.78	56.55	0.90	0.71
42.69	59.27	0.95	0.81	45.14	62.85	0.95	0.75
47.03	65.53	1.00	0.86	49.72	69.48	1.00	0.78
51.56	72.09	1.05	0.90	54.52	76.44	1.05	0.82
56.3	78.97	1.10	0.94	59.53	83.74	1.10	0.86
61.25	86.17	1.15	0.98	64.76	91.37	1.15	0.90
66.4	93.67	1.20	1.03	70.2	99.32	1.20	0.94
71.75	101.49	1.25	1.07	75.86	107.61	1.25	0.98
77.3	109.62	1.30	1.11	81.73	116.24	1.30	1.02

DN 50 mm							
SDR 21 (DI = 44.4 mm)				SDR 17 (DI = 43.2 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
8.83	11.45	0.50	0.77	9.15	11.88	0.50	0.73
10.53	13.76	0.55	0.85	10.91	14.28	0.55	0.81
12.37	16.28	0.60	0.93	12.81	16.89	0.60	0.88
14.35	19.01	0.65	1.01	14.86	19.72	0.65	0.95
16.47	21.95	0.70	1.08	17.06	22.77	0.70	1.03
18.74	25.10	0.75	1.16	19.41	26.04	0.75	1.10
21.14	28.47	0.80	1.24	21.90	29.53	0.80	1.17
23.69	32.04	0.85	1.32	24.53	33.23	0.85	1.25
26.37	35.82	0.90	1.39	27.31	37.15	0.90	1.32
29.20	39.81	0.95	1.47	30.24	41.29	0.95	1.39
32.16	44.01	1.00	1.55	33.31	45.65	1.00	1.47
35.27	48.42	1.05	1.63	36.52	50.22	1.05	1.54
38.52	53.04	1.10	1.70	39.88	55.02	1.10	1.61
41.90	57.88	1.15	1.78	43.39	60.03	1.15	1.69
45.43	62.92	1.20	1.86	47.04	65.26	1.20	1.76
49.09	68.17	1.25	1.94	50.84	70.71	1.25	1.83
52.90	73.63	1.30	2.01	54.77	76.37	1.30	1.91
SDR 13.6 (DI = 41.6 mm)				SDR 11 (DI = 39.6 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
9.60	12.49	0.50	0.68	10.23	13.35	0.50	0.62
11.45	15.01	0.55	0.75	12.19	16.04	0.55	0.68
13.45	17.76	0.60	0.82	14.32	18.97	0.60	0.74
15.60	20.74	0.65	0.88	16.62	22.15	0.65	0.80
17.90	23.95	0.70	0.95	19.07	25.58	0.70	0.86
20.36	27.39	0.75	1.02	21.69	29.25	0.75	0.92
22.98	31.05	0.80	1.09	24.47	33.17	0.80	0.99
25.74	34.95	0.85	1.16	27.42	37.33	0.85	1.05
28.66	39.07	0.90	1.22	30.52	41.73	0.90	1.11
31.73	43.43	0.95	1.29	33.79	46.38	0.95	1.17
34.95	48.01	1.00	1.36	37.22	51.28	1.00	1.23
38.33	52.82	1.05	1.43	40.82	56.42	1.05	1.29
41.85	57.86	1.10	1.50	44.57	61.80	1.10	1.35
45.53	63.13	1.15	1.56	48.49	67.43	1.15	1.42
49.36	68.63	1.20	1.63	52.56	73.31	1.20	1.48
53.34	74.36	1.25	1.70	56.80	79.43	1.25	1.54
57.47	80.32	1.30	1.77	61.20	85.79	1.30	1.60

DN 63 mm							
SDR 21 (DI = 56.2 mm)				SDR 17 (DI = 54.4 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
6.54	8.38	0.50	1.24	6.82	8.74	0.50	1.16
7.80	10.07	0.55	1.36	8.13	10.51	0.55	1.28
9.16	11.91	0.60	1.49	9.55	12.43	0.60	1.39
10.63	13.91	0.65	1.61	11.08	14.52	0.65	1.51
12.21	16.06	0.70	1.74	12.72	16.76	0.70	1.63
13.88	18.36	0.75	1.86	14.47	19.17	0.75	1.74
15.67	20.82	0.80	1.98	16.33	21.74	0.80	1.86
17.56	23.43	0.85	2.11	18.29	24.46	0.85	1.98
19.55	26.20	0.90	2.23	20.37	27.35	0.90	2.09
21.64	29.12	0.95	2.36	22.55	30.40	0.95	2.21
23.84	32.20	1.00	2.48	24.85	33.61	1.00	2.32
26.15	35.42	1.05	2.60	27.25	36.98	1.05	2.44
28.56	38.80	1.10	2.73	29.76	40.51	1.10	2.56
31.07	42.34	1.15	2.85	32.37	44.20	1.15	2.67
33.68	46.03	1.20	2.98	35.10	48.05	1.20	2.79
36.40	49.87	1.25	3.10	37.93	52.06	1.25	2.91
39.22	53.87	1.30	3.22	40.87	56.23	1.30	3.02
SDR 13.6 (DI = 52.4 mm)				SDR 11 (DI = 50.0 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
7.15	9.19	0.50	1.08	7.59	9.78	0.50	0.98
8.52	11.04	0.55	1.19	9.05	11.75	0.55	1.08
10.01	13.06	0.60	1.29	10.63	13.90	0.60	1.18
11.62	15.26	0.65	1.40	12.33	16.23	0.65	1.28
13.34	17.62	0.70	1.51	14.16	18.75	0.70	1.37
15.17	20.14	0.75	1.62	16.11	21.44	0.75	1.47
17.12	22.84	0.80	1.73	18.17	24.31	0.80	1.57
19.19	25.71	0.85	1.83	20.36	27.36	0.85	1.67
21.36	28.74	0.90	1.94	22.67	30.58	0.90	1.77
23.65	31.95	0.95	2.05	25.1	33.99	0.95	1.87
26.06	35.32	1.00	2.16	27.65	37.58	1.00	1.96
28.57	38.86	1.05	2.26	30.32	41.35	1.05	2.06
31.20	42.57	1.10	2.37	33.12	45.30	1.10	2.16
33.95	46.44	1.15	2.48	36.03	49.42	1.15	2.26
36.80	50.49	1.20	2.59	39.06	53.73	1.20	2.36
39.78	54.71	1.25	2.70	42.21	58.21	1.25	2.45
42.86	59.09	1.30	2.80	45.48	62.88	1.30	2.55

DN 75 mm							
SDR 21 (DI = 66.8 mm)				SDR 17 (DI = 64.8 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
5.25	6.67	0.50	1.75	5.46	6.94	0.50	1.65
6.26	8.02	0.55	1.93	6.51	8.34	0.55	1.81
7.36	9.49	0.60	2.10	7.65	9.87	0.60	1.98
8.54	11.08	0.65	2.28	8.88	11.53	0.65	2.14
9.81	12.79	0.70	2.45	10.19	13.31	0.70	2.31
11.16	14.63	0.75	2.63	11.59	15.22	0.75	2.47
12.59	16.59	0.80	2.80	13.08	17.26	0.80	2.64
14.11	18.67	0.85	2.98	14.66	19.43	0.85	2.80
15.71	20.87	0.90	3.15	16.33	21.72	0.90	2.97
17.40	23.20	0.95	3.33	18.08	24.14	0.95	3.13
19.17	25.65	1.00	3.50	19.92	26.69	1.00	3.30
21.02	28.22	1.05	3.68	21.84	29.37	1.05	3.46
22.96	30.91	1.10	3.86	23.86	32.17	1.10	3.63
24.98	33.73	1.15	4.03	25.95	35.10	1.15	3.79
27.08	36.67	1.20	4.21	28.14	38.16	1.20	3.96
29.27	39.73	1.25	4.38	30.41	41.35	1.25	4.12
31.54	42.91	1.30	4.56	32.77	44.66	1.30	4.29
SDR 13.6 (DI = 62.4 mm)				SDR 11 (DI = 59.8 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
5.73	7.30	0.50	1.53	6.04	7.72	0.50	1.40
6.83	8.77	0.55	1.68	7.21	9.27	0.55	1.54
8.02	10.37	0.60	1.83	8.47	10.97	0.60	1.69
9.31	12.11	0.65	1.99	9.83	12.81	0.65	1.83
10.69	13.99	0.70	2.14	11.28	14.80	0.70	1.97
12.16	16.00	0.75	2.29	12.83	16.92	0.75	2.11
13.72	18.14	0.80	2.45	14.48	19.18	0.80	2.25
15.38	20.42	0.85	2.60	16.23	21.59	0.85	2.39
17.12	22.83	0.90	2.75	18.07	24.14	0.90	2.53
18.96	25.37	0.95	2.91	20.01	26.83	0.95	2.67
20.89	28.05	1.00	3.06	22.04	29.66	1.00	2.81
22.91	30.86	1.05	3.21	24.17	32.64	1.05	2.95
25.02	33.81	1.10	3.36	26.40	35.75	1.10	3.09
27.22	36.89	1.15	3.52	28.72	39.01	1.15	3.23
29.51	40.10	1.20	3.67	31.14	42.41	1.20	3.37
31.89	43.45	1.25	3.82	33.65	45.95	1.25	3.51
34.37	46.93	1.30	3.98	36.26	49.63	1.30	3.65

DN 90 mm							
SDR 21 (DI = 80.2 mm)				SDR 17 (DI = 77.8 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
4.17	5.25	0.50	2.53	4.33	5.46	0.50	2.38
4.97	6.31	0.55	2.78	5.17	6.57	0.55	2.61
5.84	7.47	0.60	3.03	6.07	7.77	0.60	2.85
6.78	8.72	0.65	3.28	7.05	9.07	0.65	3.09
7.79	10.07	0.70	3.54	8.09	10.48	0.70	3.33
8.86	11.52	0.75	3.79	9.21	11.98	0.75	3.57
10.00	13.06	0.80	4.04	10.39	13.59	0.80	3.80
11.21	14.70	0.85	4.29	11.65	15.29	0.85	4.04
12.48	16.43	0.90	4.55	12.97	17.10	0.90	4.28
13.83	18.27	0.95	4.80	14.36	19.00	0.95	4.52
15.23	20.19	1.00	5.05	15.82	21.01	1.00	4.75
16.71	22.22	1.05	5.30	17.35	23.12	1.05	4.99
18.25	24.34	1.10	5.56	18.95	25.32	1.10	5.23
19.85	26.56	1.15	5.81	20.62	27.63	1.15	5.47
21.52	28.87	1.20	6.06	22.36	30.04	1.20	5.70
23.26	31.28	1.25	6.31	24.17	32.55	1.25	5.94
25.07	33.79	1.30	6.57	26.04	35.16	1.30	6.18
SDR 13.6 (DI = 75.0 mm)				SDR 11 (DI = 71.6 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
4.54	5.73	0.50	2.21	4.81	6.09	0.50	2.01
5.41	6.89	0.55	2.43	5.74	7.32	0.55	2.21
6.36	8.15	0.60	2.65	6.74	8.66	0.60	2.42
7.38	9.52	0.65	2.87	7.83	10.11	0.65	2.62
8.48	10.99	0.70	3.09	8.99	11.68	0.70	2.82
9.64	12.57	0.75	3.31	10.22	13.36	0.75	3.02
10.88	14.25	0.80	3.53	11.54	15.14	0.80	3.22
12.20	16.04	0.85	3.76	12.93	17.05	0.85	3.42
13.58	17.94	0.90	3.98	14.40	19.06	0.90	3.62
15.04	19.94	0.95	4.20	15.94	21.18	0.95	3.83
16.57	22.04	1.00	4.42	17.56	23.42	1.00	4.03
18.17	24.25	1.05	4.64	19.26	25.77	1.05	4.23
19.85	26.57	1.10	4.86	21.04	28.23	1.10	4.43
21.59	28.99	1.15	5.08	22.89	30.80	1.15	4.63
23.41	31.51	1.20	5.30	24.82	33.48	1.20	4.83
25.30	34.14	1.25	5.52	26.82	36.28	1.25	5.03
27.27	36.88	1.30	5.74	28.90	39.18	1.30	5.23

DN 110 mm							
SDR 21 (DI = 98.0 mm)				SDR 17 (DI = 95.2 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
3.24	4.05	0.50	3.77	3.36	4.2	0.50	3.56
3.87	4.86	0.55	4.15	4.01	5.05	0.55	3.91
4.55	5.76	0.60	4.53	4.71	5.98	0.60	4.27
5.28	6.72	0.65	4.90	5.47	6.98	0.65	4.63
6.06	7.76	0.70	5.28	6.28	8.06	0.70	4.98
6.89	8.88	0.75	5.66	7.15	9.22	0.75	5.34
7.78	10.07	0.80	6.03	8.07	10.45	0.80	5.69
8.72	11.33	0.85	6.41	9.04	11.76	0.85	6.05
9.71	12.67	0.90	6.79	10.07	13.15	0.90	6.41
10.76	14.08	0.95	7.17	11.15	14.62	0.95	6.76
11.85	15.57	1.00	7.54	12.29	16.16	1.00	7.12
13.00	17.13	1.05	7.92	13.48	17.78	1.05	7.47
14.20	18.76	1.10	8.30	14.72	19.48	1.10	7.83
15.45	20.47	1.15	8.67	16.02	21.26	1.15	8.19
16.75	22.26	1.20	9.05	17.37	23.11	1.20	8.54
18.11	24.11	1.25	9.43	18.77	25.04	1.25	8.90
19.51	26.05	1.30	9.81	20.23	27.04	1.30	9.25
SDR 13.6 (DI = 91.8 mm)				SDR 11 (DI = 87.8 mm)			
k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)		v (m/s)	Q (l/s)
0.1	0.4			0.1	0.4		
hv (m/km)				hv (m/km)			
3.52	4.41	0.50	3.31	3.72	4.67	0.50	3.03
4.2	5.29	0.55	3.64	4.44	5.61	0.55	3.33
4.93	6.26	0.60	3.97	5.22	6.64	0.60	3.63
5.73	7.32	0.65	4.30	6.05	7.75	0.65	3.94
6.58	8.45	0.70	4.63	6.95	8.95	0.70	4.24
7.48	9.66	0.75	4.96	7.91	10.24	0.75	4.54
8.45	10.96	0.80	5.29	8.93	11.61	0.80	4.84
9.46	12.33	0.85	5.63	10.01	13.07	0.85	5.15
10.54	13.79	0.90	5.96	11.15	14.61	0.90	5.45
11.67	15.32	0.95	6.29	12.34	16.24	0.95	5.75
12.86	16.94	1.00	6.62	13.60	17.95	1.00	6.05
14.11	18.64	1.05	6.95	14.91	19.75	1.05	6.36
15.41	20.42	1.10	7.28	16.29	21.64	1.10	6.66
16.76	22.28	1.15	7.61	17.72	23.61	1.15	6.96
18.18	24.22	1.20	7.94	19.22	25.66	1.20	7.27
19.65	26.25	1.25	8.27	20.77	27.81	1.25	7.57
21.17	28.35	1.30	8.60	22.38	30.04	1.30	7.87

DN 125 mm									
SDR 21 (DI = 111.6 mm)					SDR 17 (DI = 108.4 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
2.61	2.75	3.42	0.50	4.89	2.70	2.86	3.55	0.50	4.61
3.10	3.29	4.11	0.55	5.38	3.22	3.41	4.27	0.55	5.08
3.64	3.86	4.87	0.60	5.87	3.77	4.01	5.05	0.60	5.54
4.21	4.49	5.68	0.65	6.36	4.37	4.65	5.90	0.65	6.00
4.83	5.15	6.56	0.70	6.85	5.00	5.34	6.81	0.70	6.46
5.48	5.86	7.51	0.75	7.34	5.68	6.08	7.79	0.75	6.92
6.17	6.62	8.51	0.80	7.83	6.40	6.86	8.84	0.80	7.38
6.90	7.42	9.58	0.85	8.31	7.16	7.69	9.95	0.85	7.84
7.67	8.26	10.71	0.90	8.80	7.95	8.57	11.12	0.90	8.31
8.48	9.15	11.90	0.95	9.29	8.79	9.49	12.36	0.95	8.77
9.33	10.08	13.16	1.00	9.78	9.67	10.45	13.66	1.00	9.23
10.22	11.06	14.48	1.05	10.27	10.59	11.47	15.03	1.05	9.69
11.14	12.08	15.86	1.10	10.76	11.55	12.52	16.47	1.10	10.15
12.10	13.14	17.31	1.15	11.25	12.54	13.63	17.97	1.15	10.61
13.10	14.25	18.82	1.20	11.74	13.58	14.78	19.54	1.20	11.07
14.14	15.40	20.39	1.25	12.23	14.66	15.97	21.17	1.25	11.54
15.22	16.60	22.02	1.30	12.72	15.77	17.21	22.87	1.30	12.00
SDR 13.6 (DI = 104.4 mm)					SDR 11 (DI = 99.6 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
2.83	2.99	3.73	0.50	4.28	3.00	3.18	3.96	0.50	3.90
3.37	3.57	4.48	0.55	4.71	3.57	3.79	4.76	0.55	4.29
3.95	4.20	5.30	0.60	5.14	4.19	4.45	5.64	0.60	4.67
4.58	4.87	6.19	0.65	5.56	4.85	5.17	6.58	0.65	5.06
5.24	5.60	7.15	0.70	5.99	5.56	5.94	7.60	0.70	5.45
5.95	6.37	8.18	0.75	6.42	6.31	6.76	8.69	0.75	5.84
6.70	7.19	9.28	0.80	6.85	7.10	7.63	9.86	0.80	6.23
7.50	8.06	10.44	0.85	7.28	7.94	8.55	11.09	0.85	6.62
8.33	8.98	11.67	0.90	7.70	8.83	9.52	12.40	0.90	7.01
9.21	9.94	12.97	0.95	8.13	9.76	10.54	13.79	0.95	7.40
10.13	10.95	14.34	1.00	8.56	10.73	11.62	15.24	1.00	7.79
11.09	12.01	15.78	1.05	8.99	11.75	12.74	16.77	1.05	8.18
12.09	13.12	17.29	1.10	9.42	12.81	13.92	18.37	1.10	8.57
13.14	14.28	18.86	1.15	9.84	13.92	15.14	20.05	1.15	8.96
14.22	15.48	20.51	1.20	10.27	15.07	16.42	21.79	1.20	9.35
15.35	16.73	22.22	1.25	10.70	16.27	17.75	23.61	1.25	9.74
16.52	18.03	24.00	1.30	11.13	17.50	19.12	25.51	1.30	10.13

DN 140 mm									
SDR 21 (DI = 125.0 mm)					SDR 17 (DI = 121.4 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
2.27	2.39	2.96	0.50	6.14	2.35	2.48	3.07	0.50	5.79
2.70	2.85	3.55	0.55	6.75	2.80	2.96	3.69	0.55	6.37
3.16	3.35	4.21	0.60	7.36	3.28	3.48	4.37	0.60	6.95
3.66	3.89	4.91	0.65	7.98	3.80	4.04	5.10	0.65	7.52
4.20	4.47	5.67	0.70	8.59	4.35	4.64	5.89	0.70	8.10
4.77	5.09	6.49	0.75	9.20	4.94	5.28	6.73	0.75	8.68
5.37	5.75	7.36	0.80	9.82	5.57	5.96	7.64	0.80	9.26
6.00	6.44	8.28	0.85	10.43	6.22	6.68	8.60	0.85	9.84
6.67	7.17	9.26	0.90	11.04	6.92	7.44	9.61	0.90	10.42
7.38	7.95	10.29	0.95	11.66	7.65	8.24	10.68	0.95	11.00
8.12	8.76	11.38	1.00	12.27	8.41	9.08	11.81	1.00	11.58
8.89	9.60	12.52	1.05	12.89	9.21	9.96	12.99	1.05	12.15
9.69	10.49	13.71	1.10	13.50	10.05	10.88	14.24	1.10	12.73
10.53	11.42	14.96	1.15	14.11	10.91	11.84	15.53	1.15	13.31
11.40	12.38	16.26	1.20	14.73	11.82	12.84	16.89	1.20	13.89
12.30	13.38	17.62	1.25	15.34	12.75	13.87	18.30	1.25	14.47
13.24	14.42	19.03	1.30	15.95	13.72	14.95	19.76	1.30	15.05
SDR 13.6 (DI = 117.0 mm)					SDR 11 (DI = 111.8 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
2.46	2.60	3.22	0.50	5.38	2.60	2.75	3.41	0.50	4.91
2.93	3.10	3.87	0.55	5.91	3.10	3.28	4.10	0.55	5.40
3.43	3.64	4.58	0.60	6.45	3.63	3.86	4.85	0.60	5.89
3.97	4.23	5.35	0.65	6.99	4.20	4.48	5.67	0.65	6.38
4.55	4.86	6.18	0.70	7.53	4.82	5.14	6.55	0.70	6.87
5.17	5.53	7.06	0.75	8.06	5.47	5.85	7.49	0.75	7.36
5.82	6.24	8.01	0.80	8.60	6.16	6.60	8.49	0.80	7.85
6.51	6.99	9.01	0.85	9.14	6.89	7.40	9.56	0.85	8.34
7.24	7.79	10.08	0.90	9.68	7.66	8.24	10.69	0.90	8.84
8.00	8.63	11.20	0.95	10.21	8.46	9.13	11.88	0.95	9.33
8.80	9.51	12.38	1.00	10.75	9.31	10.06	13.13	1.00	9.82
9.64	10.43	13.63	1.05	11.29	10.19	11.03	14.45	1.05	10.31
10.51	11.39	14.93	1.10	11.83	11.12	12.05	15.83	1.10	10.80
11.42	12.39	16.29	1.15	12.36	12.08	13.11	17.27	1.15	11.29
12.36	13.44	17.71	1.20	12.90	13.07	14.22	18.77	1.20	11.78
13.34	14.52	19.19	1.25	13.44	14.11	15.37	20.34	1.25	12.27
14.36	15.65	20.72	1.30	13.98	15.18	16.56	21.97	1.30	12.76

DN 160 mm									
SDR 21 (DI = 142.8 mm)					SDR 17 (DI = 138.8 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.92	2.03	2.49	0.50	8.01	1.99	2.10	2.58	0.50	7.57
2.29	2.42	3.00	0.55	8.81	2.37	2.50	3.11	0.55	8.32
2.68	2.84	3.55	0.60	9.61	2.78	2.95	3.68	0.60	9.08
3.11	3.30	4.14	0.65	10.41	3.22	3.42	4.29	0.65	9.84
3.56	3.79	4.78	0.70	11.21	3.69	3.93	4.96	0.70	10.59
4.05	4.32	5.47	0.75	12.01	4.19	4.47	5.67	0.75	11.35
4.56	4.87	6.20	0.80	12.81	4.72	5.05	6.43	0.80	12.10
5.10	5.46	6.98	0.85	13.61	5.28	5.66	7.24	0.85	12.86
5.67	6.08	7.80	0.90	14.41	5.87	6.30	8.09	0.90	13.62
6.27	6.74	8.67	0.95	15.21	6.49	6.98	9.00	0.95	14.37
6.89	7.42	9.59	1.00	16.02	7.14	7.69	9.95	1.00	15.13
7.55	8.14	10.55	1.05	16.82	7.82	8.44	10.94	1.05	15.89
8.23	8.90	11.56	1.10	17.62	8.52	9.21	11.99	1.10	16.64
8.94	9.68	12.61	1.15	18.42	9.26	10.03	13.08	1.15	17.40
9.69	10.50	13.71	1.20	19.22	10.03	10.87	14.22	1.20	18.16
10.45	11.35	14.86	1.25	20.02	10.82	11.75	15.41	1.25	18.91
11.25	12.23	16.05	1.30	20.82	11.65	12.67	16.64	1.30	19.67
SDR 13.6 (DI = 133.8 mm)					SDR 11 (DI = 127.6 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
2.08	2.20	2.71	0.50	7.03	2.21	2.33	2.88	0.50	6.39
2.48	2.62	3.26	0.55	7.73	2.63	2.78	3.46	0.55	7.03
2.91	3.08	3.85	0.60	8.44	3.08	3.27	4.10	0.60	7.67
3.37	3.58	4.50	0.65	9.14	3.57	3.80	4.78	0.65	8.31
3.86	4.11	5.20	0.70	9.84	4.09	4.36	5.52	0.70	8.95
4.38	4.68	5.94	0.75	10.55	4.65	4.96	6.32	0.75	9.59
4.94	5.28	6.74	0.80	11.25	5.23	5.60	7.16	0.80	10.23
5.52	5.92	7.59	0.85	11.95	5.85	6.28	8.06	0.85	10.87
6.14	6.59	8.48	0.90	12.65	6.51	6.99	9.02	0.90	11.51
6.79	7.30	9.43	0.95	13.36	7.19	7.75	10.02	0.95	12.15
7.47	8.05	10.42	1.00	14.06	7.91	8.54	11.08	1.00	12.79
8.18	8.83	11.47	1.05	14.76	8.67	9.36	12.19	1.05	13.43
8.92	9.64	12.57	1.10	15.47	9.45	10.23	13.35	1.10	14.07
9.69	10.49	13.71	1.15	16.17	10.27	11.13	14.57	1.15	14.71
10.49	11.38	14.91	1.20	16.87	11.12	12.07	15.84	1.20	15.35
11.32	12.30	16.15	1.25	17.58	12.00	13.04	17.16	1.25	15.98
12.18	13.25	17.44	1.30	18.28	12.91	14.06	18.54	1.30	16.62

DN 180 mm									
SDR 21 (DI = 160.8 mm)					SDR 17 (DI = 156.2 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.66	1.75	2.14	0.50	10.15	1.72	1.81	2.22	0.50	9.58
1.98	2.09	2.57	0.55	11.17	2.05	2.16	2.67	0.55	10.54
2.32	2.45	3.05	0.60	12.18	2.40	2.54	3.16	0.60	11.50
2.69	2.85	3.56	0.65	13.20	2.79	2.95	3.69	0.65	12.46
3.08	3.27	4.11	0.70	14.22	3.19	3.39	4.26	0.70	13.41
3.50	3.73	4.70	0.75	15.23	3.63	3.86	4.88	0.75	14.37
3.94	4.21	5.33	0.80	16.25	4.08	4.36	5.53	0.80	15.33
4.41	4.72	6.00	0.85	17.26	4.57	4.89	6.22	0.85	16.29
4.90	5.25	6.71	0.90	18.28	5.08	5.44	6.96	0.90	17.25
5.42	5.82	7.46	0.95	19.29	5.62	6.03	7.74	0.95	18.20
5.96	6.41	8.24	1.00	20.31	6.18	6.65	8.55	1.00	19.16
6.53	7.03	9.07	1.05	21.32	6.76	7.29	9.41	1.05	20.12
7.12	7.68	9.94	1.10	22.34	7.38	7.96	10.31	1.10	21.08
7.74	8.36	10.84	1.15	23.35	8.02	8.67	11.25	1.15	22.04
8.38	9.07	11.79	1.20	24.37	8.68	9.40	12.23	1.20	22.99
9.04	9.80	12.77	1.25	25.38	9.37	10.16	13.25	1.25	23.95
9.73	10.56	13.79	1.30	26.40	10.08	10.95	14.31	1.30	24.91
SDR 13.6 (DI = 150.4 mm)					SDR 11 (DI = 143.6 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.80	1.90	2.33	0.50	8.88	1.91	2.01	2.47	0.50	8.10
2.15	2.27	2.80	0.55	9.77	2.27	2.40	2.97	0.55	8.91
2.52	2.67	3.32	0.60	10.66	2.67	2.82	3.52	0.60	9.72
2.92	3.10	3.88	0.65	11.55	3.09	3.28	4.11	0.65	10.53
3.34	3.56	4.48	0.70	12.44	3.54	3.77	4.75	0.70	11.34
3.80	4.05	5.12	0.75	13.32	4.02	4.29	5.43	0.75	12.15
4.28	4.57	5.80	0.80	14.21	4.53	4.84	6.16	0.80	12.96
4.79	5.12	6.53	0.85	15.10	5.06	5.42	6.93	0.85	13.77
5.32	5.71	7.30	0.90	15.99	5.63	6.04	7.75	0.90	14.58
5.88	6.32	8.12	0.95	16.88	6.22	6.69	8.61	0.95	15.39
6.47	6.96	8.98	1.00	17.77	6.85	7.37	9.52	1.00	16.20
7.09	7.64	9.88	1.05	18.65	7.50	8.09	10.48	1.05	17.01
7.73	8.34	10.82	1.10	19.54	8.18	8.83	11.48	1.10	17.82
8.40	9.08	11.81	1.15	20.43	8.88	9.61	12.52	1.15	18.63
9.09	9.85	12.83	1.20	21.32	9.62	10.42	13.62	1.20	19.43
9.81	10.64	13.91	1.25	22.21	10.38	11.27	14.75	1.25	20.24
10.56	11.47	15.02	1.30	23.10	11.17	12.14	15.94	1.30	21.05

DN 225 mm									
SDR 21 (DI = 201.0 mm)					SDR 17 (DI = 195.2 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.26	1.33	1.61	0.50	15.87	1.31	1.38	1.67	0.50	14.96
1.51	1.58	1.94	0.55	17.45	1.56	1.64	2.01	0.55	16.46
1.77	1.86	2.29	0.60	19.04	1.83	1.93	2.38	0.60	17.96
2.05	2.16	2.68	0.65	20.63	2.12	2.24	2.78	0.65	19.45
2.35	2.49	3.09	0.70	22.21	2.43	2.58	3.21	0.70	20.95
2.66	2.83	3.54	0.75	23.80	2.76	2.93	3.67	0.75	22.44
3.00	3.20	4.01	0.80	25.38	3.11	3.31	4.17	0.80	23.94
3.36	3.58	4.52	0.85	26.97	3.48	3.71	4.69	0.85	25.44
3.73	3.99	5.05	0.90	28.56	3.87	4.14	5.24	0.90	26.93
4.13	4.42	5.62	0.95	30.14	4.28	4.58	5.83	0.95	28.43
4.54	4.87	6.21	1.00	31.73	4.71	5.05	6.44	1.00	29.93
4.97	5.34	6.83	1.05	33.32	5.15	5.54	7.09	1.05	31.42
5.43	5.84	7.48	1.10	34.90	5.62	6.05	7.77	1.10	32.92
5.90	6.35	8.17	1.15	36.49	6.11	6.59	8.47	1.15	34.41
6.38	6.89	8.88	1.20	38.08	6.62	7.14	9.21	1.20	35.91
6.89	7.45	9.62	1.25	39.66	7.14	7.72	9.98	1.25	37.41
7.42	8.03	10.39	1.30	41.25	7.69	8.32	10.78	1.30	38.90
SDR 13.6 (DI = 188.2 mm)					SDR 11 (DI = 179.6 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.37	1.44	1.75	0.50	13.91	1.45	1.52	1.86	0.50	12.67
1.63	1.72	2.11	0.55	15.30	1.73	1.82	2.24	0.55	13.93
1.91	2.02	2.49	0.60	16.69	2.03	2.14	2.65	0.60	15.20
2.22	2.35	2.91	0.65	18.08	2.35	2.49	3.09	0.65	16.47
2.54	2.70	3.36	0.70	19.47	2.69	2.86	3.57	0.70	17.73
2.89	3.07	3.85	0.75	20.86	3.06	3.25	4.08	0.75	19.00
3.25	3.46	4.36	0.80	22.25	3.44	3.67	4.63	0.80	20.27
3.64	3.88	4.91	0.85	23.65	3.85	4.11	5.21	0.85	21.53
4.05	4.33	5.49	0.90	25.04	4.28	4.58	5.83	0.90	22.80
4.47	4.79	6.10	0.95	26.43	4.74	5.08	6.48	0.95	24.07
4.92	5.28	6.75	1.00	27.82	5.21	5.59	7.16	1.00	25.33
5.39	5.79	7.42	1.05	29.21	5.71	6.14	7.88	1.05	26.60
5.88	6.33	8.13	1.10	30.60	6.22	6.70	8.63	1.10	27.87
6.39	6.89	8.88	1.15	31.99	6.76	7.30	9.42	1.15	29.13
6.92	7.47	9.65	1.20	33.38	7.32	7.91	10.24	1.20	30.40
7.47	8.07	10.45	1.25	34.77	7.90	8.55	11.09	1.25	31.67
8.04	8.70	11.29	1.30	36.16	8.51	9.22	11.98	1.30	32.93

DN 225 mm									
SDR 21 (DI = 201.0 mm)					SDR 17 (DI = 195.2 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.26	1.33	1.61	0.50	15.87	1.31	1.38	1.67	0.50	14.96
1.51	1.58	1.94	0.55	17.45	1.56	1.64	2.01	0.55	16.46
1.77	1.86	2.29	0.60	19.04	1.83	1.93	2.38	0.60	17.96
2.05	2.16	2.68	0.65	20.63	2.12	2.24	2.78	0.65	19.45
2.35	2.49	3.09	0.70	22.21	2.43	2.58	3.21	0.70	20.95
2.66	2.83	3.54	0.75	23.80	2.76	2.93	3.67	0.75	22.44
3.00	3.20	4.01	0.80	25.38	3.11	3.31	4.17	0.80	23.94
3.36	3.58	4.52	0.85	26.97	3.48	3.71	4.69	0.85	25.44
3.73	3.99	5.05	0.90	28.56	3.87	4.14	5.24	0.90	26.93
4.13	4.42	5.62	0.95	30.14	4.28	4.58	5.83	0.95	28.43
4.54	4.87	6.21	1.00	31.73	4.71	5.05	6.44	1.00	29.93
4.97	5.34	6.83	1.05	33.32	5.15	5.54	7.09	1.05	31.42
5.43	5.84	7.48	1.10	34.90	5.62	6.05	7.77	1.10	32.92
5.90	6.35	8.17	1.15	36.49	6.11	6.59	8.47	1.15	34.41
6.38	6.89	8.88	1.20	38.08	6.62	7.14	9.21	1.20	35.91
6.89	7.45	9.62	1.25	39.66	7.14	7.72	9.98	1.25	37.41
7.42	8.03	10.39	1.30	41.25	7.69	8.32	10.78	1.30	38.90
SDR 13.6 (DI = 188.2 mm)					SDR 11 (DI = 179.6 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.37	1.44	1.75	0.50	13.91	1.45	1.52	1.86	0.50	12.67
1.63	1.72	2.11	0.55	15.30	1.73	1.82	2.24	0.55	13.93
1.91	2.02	2.49	0.60	16.69	2.03	2.14	2.65	0.60	15.20
2.22	2.35	2.91	0.65	18.08	2.35	2.49	3.09	0.65	16.47
2.54	2.70	3.36	0.70	19.47	2.69	2.86	3.57	0.70	17.73
2.89	3.07	3.85	0.75	20.86	3.06	3.25	4.08	0.75	19.00
3.25	3.46	4.36	0.80	22.25	3.44	3.67	4.63	0.80	20.27
3.64	3.88	4.91	0.85	23.65	3.85	4.11	5.21	0.85	21.53
4.05	4.33	5.49	0.90	25.04	4.28	4.58	5.83	0.90	22.80
4.47	4.79	6.10	0.95	26.43	4.74	5.08	6.48	0.95	24.07
4.92	5.28	6.75	1.00	27.82	5.21	5.59	7.16	1.00	25.33
5.39	5.79	7.42	1.05	29.21	5.71	6.14	7.88	1.05	26.60
5.88	6.33	8.13	1.10	30.60	6.22	6.70	8.63	1.10	27.87
6.39	6.89	8.88	1.15	31.99	6.76	7.30	9.42	1.15	29.13
6.92	7.47	9.65	1.20	33.38	7.32	7.91	10.24	1.20	30.40
7.47	8.07	10.45	1.25	34.77	7.90	8.55	11.09	1.25	31.67
8.04	8.70	11.29	1.30	36.16	8.51	9.22	11.98	1.30	32.93

DN 250 mm									
SDR 21 (DI = 223.6 mm)					SDR 17 (DI = 217.2 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.11	1.16	1.41	0.50	19.63	1.15	1.21	1.46	0.50	18.53
1.32	1.39	1.69	0.55	21.60	1.37	1.44	1.76	0.55	20.38
1.55	1.63	2.01	0.60	23.56	1.61	1.69	2.08	0.60	22.23
1.80	1.90	2.34	0.65	25.52	1.86	1.97	2.43	0.65	24.08
2.06	2.18	2.70	0.70	27.49	2.13	2.26	2.81	0.70	25.94
2.34	2.48	3.09	0.75	29.45	2.42	2.57	3.21	0.75	27.79
2.64	2.80	3.51	0.80	31.41	2.73	2.91	3.64	0.80	29.64
2.95	3.14	3.95	0.85	33.38	3.06	3.26	4.10	0.85	31.49
3.28	3.50	4.41	0.90	35.34	3.40	3.63	4.58	0.90	33.35
3.63	3.88	4.91	0.95	37.30	3.76	4.02	5.09	0.95	35.20
3.99	4.27	5.43	1.00	39.27	4.13	4.43	5.63	1.00	37.05
4.37	4.69	5.97	1.05	41.23	4.53	4.86	6.19	1.05	38.90
4.77	5.12	6.54	1.10	43.19	4.94	5.31	6.78	1.10	40.76
5.18	5.57	7.14	1.15	45.16	5.37	5.78	7.40	1.15	42.61
5.61	6.05	7.76	1.20	47.12	5.81	6.26	8.05	1.20	44.46
6.06	6.54	8.41	1.25	49.08	6.27	6.77	8.72	1.25	46.31
6.52	7.04	9.08	1.30	51.05	6.75	7.30	9.42	1.30	48.17
SDR 13.6 (DI = 209.2 mm)					SDR 11 (DI = 199.8 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.20	1.26	1.53	0.50	17.19	1.27	1.34	1.63	0.50	15.68
1.43	1.51	1.84	0.55	18.90	1.52	1.60	1.95	0.55	17.24
1.68	1.77	2.18	0.60	20.62	1.78	1.88	2.31	0.60	18.81
1.95	2.06	2.55	0.65	22.34	2.06	2.18	2.70	0.65	20.38
2.23	2.37	2.94	0.70	24.06	2.36	2.50	3.12	0.70	21.95
2.54	2.69	3.36	0.75	25.78	2.68	2.85	3.57	0.75	23.51
2.86	3.04	3.82	0.80	27.50	3.02	3.22	4.04	0.80	25.08
3.20	3.41	4.29	0.85	29.22	3.38	3.61	4.55	0.85	26.65
3.56	3.80	4.80	0.90	30.94	3.76	4.02	5.09	0.90	28.22
3.93	4.21	5.34	0.95	32.65	4.16	4.45	5.66	0.95	29.79
4.33	4.64	5.90	1.00	34.37	4.58	4.91	6.26	1.00	31.35
4.74	5.09	6.49	1.05	36.09	5.01	5.38	6.88	1.05	32.92
5.17	5.56	7.11	1.10	37.81	5.47	5.88	7.54	1.10	34.49
5.62	6.05	7.76	1.15	39.53	5.94	6.40	8.23	1.15	36.06
6.08	6.56	8.44	1.20	41.25	6.43	6.94	8.94	1.20	37.62
6.57	7.09	9.14	1.25	42.97	6.94	7.50	9.69	1.25	39.19
7.07	7.64	9.88	1.30	44.68	7.47	8.09	10.47	1.30	40.76

DN 280 mm									
SDR 21 (DI = 250.2 mm)					SDR 17 (DI = 243.2 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			V (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
0.97	1.01	1.22	0.50	24.58	1.00	1.05	1.27	0.50	23.23
1.15	1.21	1.47	0.55	27.04	1.19	1.25	1.52	0.55	25.55
1.35	1.42	1.74	0.60	29.50	1.40	1.47	1.80	0.60	27.87
1.57	1.65	2.03	0.65	31.96	1.62	1.71	2.11	0.65	30.19
1.80	1.90	2.35	0.70	34.42	1.86	1.97	2.43	0.70	32.52
2.04	2.16	2.68	0.75	36.87	2.11	2.24	2.78	0.75	34.84
2.30	2.44	3.04	0.80	39.33	2.38	2.53	3.16	0.80	37.16
2.57	2.74	3.43	0.85	41.79	2.66	2.84	3.55	0.85	39.49
2.86	3.05	3.83	0.90	44.25	2.96	3.16	3.97	0.90	41.81
3.16	3.38	4.26	0.95	46.71	3.28	3.50	4.41	0.95	44.13
3.48	3.72	4.71	1.00	49.17	3.60	3.86	4.88	1.00	46.45
3.81	4.09	5.18	1.05	51.62	3.95	4.23	5.37	1.05	48.78
4.16	4.46	5.68	1.10	54.08	4.31	4.62	5.88	1.10	51.10
4.52	4.86	6.19	1.15	56.54	4.68	5.03	6.42	1.15	53.42
4.90	5.27	6.73	1.20	59.00	5.07	5.45	6.98	1.20	55.74
5.29	5.70	7.30	1.25	61.46	5.47	5.90	7.56	1.25	58.07
5.69	6.14	7.88	1.30	63.92	5.89	6.36	8.17	1.30	60.39
SDR 13.6 (DI = 234.4 mm)					SDR 11 (DI = 223.8 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
1.05	1.10	1.33	0.50	21.58	1.11	1.16	1.41	0.50	19.67
1.25	1.31	1.60	0.55	23.73	1.32	1.39	1.69	0.55	21.64
1.46	1.54	1.89	0.60	25.89	1.55	1.63	2.00	0.60	23.60
1.70	1.79	2.21	0.65	28.05	1.79	1.90	2.34	0.65	25.57
1.94	2.06	2.55	0.70	30.21	2.06	2.18	2.70	0.70	27.54
2.21	2.34	2.91	0.75	32.36	2.34	2.48	3.09	0.75	29.50
2.49	2.65	3.31	0.80	34.52	2.63	2.80	3.50	0.80	31.47
2.79	2.97	3.72	0.85	36.68	2.95	3.14	3.94	0.85	33.44
3.10	3.30	4.16	0.90	38.84	3.28	3.50	4.41	0.90	35.40
3.43	3.66	4.62	0.95	40.99	3.62	3.87	4.90	0.95	37.37
3.77	4.03	5.11	1.00	43.15	3.99	4.27	5.42	1.00	39.34
4.13	4.43	5.63	1.05	45.31	4.37	4.68	5.96	1.05	41.30
4.50	4.84	6.16	1.10	47.47	4.76	5.12	6.53	1.10	43.27
4.89	5.26	6.72	1.15	49.63	5.17	5.57	7.13	1.15	45.24
5.30	5.71	7.31	1.20	51.78	5.60	6.04	7.75	1.20	47.21
5.72	6.17	7.92	1.25	53.94	6.05	6.53	8.40	1.25	49.17
6.16	6.65	8.56	1.30	56.10	6.51	7.04	9.07	1.30	51.14

DN 315 mm									
SDR 21 (DI = 281.8 mm)					SDR 17 (DI = 273.6 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
0.84	0.88	1.05	0.50	31.18	0.87	0.91	1.09	0.50	29.40
1.00	1.05	1.27	0.55	34.30	1.03	1.08	1.31	0.55	32.34
1.17	1.23	1.50	0.60	37.42	1.21	1.28	1.55	0.60	35.28
1.36	1.43	1.75	0.65	40.54	1.41	1.48	1.82	0.65	38.22
1.55	1.64	2.02	0.70	43.66	1.61	1.70	2.10	0.70	41.15
1.77	1.87	2.31	0.75	46.78	1.83	1.94	2.40	0.75	44.09
1.99	2.11	2.62	0.80	49.90	2.06	2.19	2.72	0.80	47.03
2.23	2.37	2.95	0.85	53.01	2.31	2.46	3.06	0.85	49.97
2.48	2.64	3.30	0.90	56.13	2.57	2.74	3.42	0.90	52.91
2.74	2.92	3.67	0.95	59.25	2.84	3.03	3.81	0.95	55.85
3.01	3.22	4.06	1.00	62.37	3.12	3.34	4.21	1.00	58.79
3.30	3.53	4.46	1.05	65.49	3.42	3.66	4.63	1.05	61.73
3.60	3.86	4.89	1.10	68.61	3.73	4.00	5.07	1.10	64.67
3.92	4.20	5.33	1.15	71.72	4.06	4.36	5.54	1.15	67.61
4.24	4.56	5.80	1.20	74.84	4.39	4.72	6.02	1.20	70.55
4.58	4.93	6.28	1.25	77.96	4.74	5.11	6.52	1.25	73.49
4.93	5.31	6.79	1.30	81.08	5.11	5.50	7.04	1.30	76.43
SDR 13.6 (DI = 263.6 mm)					SDR 11 (DI = 251.8 mm)				
k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)	k (mm)			v (m/s)	Q (l/s)
0.05	0.1	0.4			0.05	0.1	0.4		
hv (m/km)					hv (m/km)				
0.91	0.95	1.15	0.50	27.29	0.96	1.01	1.21	0.50	24.9
1.08	1.14	1.38	0.55	30.02	1.14	1.20	1.46	0.55	27.39
1.27	1.34	1.63	0.60	32.74	1.34	1.41	1.73	0.60	29.88
1.47	1.55	1.90	0.65	35.47	1.55	1.64	2.02	0.65	32.37
1.69	1.78	2.20	0.70	38.20	1.78	1.89	2.33	0.70	34.86
1.92	2.03	2.51	0.75	40.93	2.02	2.15	2.66	0.75	37.35
2.16	2.29	2.85	0.80	43.66	2.28	2.42	3.02	0.80	39.84
2.42	2.57	3.21	0.85	46.39	2.55	2.72	3.40	0.85	42.33
2.69	2.86	3.59	0.90	49.12	2.84	3.03	3.80	0.90	44.82
2.97	3.17	3.99	0.95	51.84	3.14	3.35	4.22	0.95	47.31
3.27	3.49	4.41	1.00	54.57	3.46	3.70	4.67	1.00	49.8
3.58	3.83	4.85	1.05	57.30	3.78	4.05	5.14	1.05	52.29
3.91	4.19	5.32	1.10	60.03	4.13	4.43	5.63	1.10	54.78
4.24	4.56	5.80	1.15	62.76	4.49	4.82	6.14	1.15	57.27
4.60	4.94	6.31	1.20	65.49	4.86	5.23	6.68	1.20	59.76
4.96	5.34	6.83	1.25	68.22	5.24	5.65	7.24	1.25	62.25
5.34	5.76	7.38	1.30	70.95	5.65	6.09	7.82	1.30	64.74

9. TÁRSASÁGUNK ÁLTAL GYÁRTOTT ÉS FORGALMAZOTT FŐ TERMÉKCSOPORTOK

Csatornacső-rendszerek szennyvíz és csapadékvíz elvezetéséhez gumigyűrűs kötésekkel

- KG PVC csatornacső rendszer d 110-500 mm-es mérettartományban 4 kN gyűrűmerevséggel
- KG-SUPER PVC koextrudált csatornacső rendszer d 110-500 mm-es mérettartományban 4 kN gyűrűmerevséggel
- KD-EXTRA PVC dupla falú csatornacső rendszer d 250-500 mm-es mérettartományban 8 kN gyűrűmerevséggel.
- Mászható műanyag aknák és vizsgáló aknák



Szennyvíz lefolyócső rendszerek gumigyűrűs tokos kötésekkel

- KA PVC lefolyócsőrendszer épületen belüli szennyvíz elvezetéshez d 32-160 mm-es mérettartományban



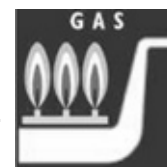
Ivóvíz nyomócső rendszerek

- KM PVC nyomócső rendszer d 90-450 mm mérettartományban gumigyűrűs tokos kötésekkel
- PVC nyomócső rendszer ragasztott kötésekkel d 20-110 mm mérettartományban
- PE nyomócsőrendszer d 20-315 mm mérettartományban, elektorfúziós-, tokos-, valamint tompa hegesztésű idomokkal, illetve szorítókötésekkel



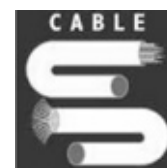
PE nyomócsőrendszer gázvezetékhez

- PE nyomócsőrendszer d 20-315 mm mérettartományban, elektorfúziós-, tokos-, valamint tompa hegesztésű idomokkal.
- Pipelife GF gázstop biztonsági elzáró szelep



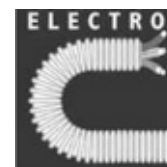
Kábelvédőcső rendszerek

- PE kábelvédőcső rendszer d 32-110 mm-es mérettartományban szorítókötésekkel
- PVC kábelvédőcső rendszer d 50-110 mm-es mérettartományban gumigyűrűs tokos kötésekkel



Elektromos védőcsövek

- PVC merev védőcsövek d 11-50 mm mérettartományban
- PVC felxibilis védőcsövek d 16-50 mm mérettartományban



Hideg-Melegvíz vezeték rendszerek

- PP nyomócsőrendszer d 20-315 mm mérettartományban, elektorfúziós-, tokos-, valamint tompa hegesztésű idomokkal.
- Oxistop PP padlófűtésű rendszer oxigénvédő bevonattal
- RADOPRESS PEX-ALU-PEX ötrétegű csőrendszer



10. IRODALOM ÉS SZABVÁNYOK

- [1] Belgian Centre for Technological Research on Pipes and Fittings: Untersuchung neuer Parameter für gas Heizelementstumpfgeschweissen von PE-Rohrleitungen mit einem Durchmesser von 110 bis zu 315 mm. Universiteit Gent.
- [2] Dr. Darabos Péter - Mészáros Pál: Közművek
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék Budapest, 2005.
- [3] DIN-TASCHENBUCH 52. Rohrleitungsteile aus Thermoplastischen Kunststoffen Grundnormen (Kunststoffe 5) Beuth 1990.
- [4] GAS WORLD INTERNATIONAL A Petroleum Economist Publication May.1994.
- [5] Gütezeichen RAL Kunststoffrohre Verlegeanleitung PE-Druckrohre Trink-und Brauchwasser-Versorgung ausserhalb von Gebäuden Kunststoffrohrverband E.V. BONN.
- [6] Dr. Horváth Iván: Műanyaghegesztés és ragasztás
Szakmai Továbbképző és Átképző Vállalat Budapest, 1989.
- [7] Kunststoffrohr Handbuch Rohrleitungssysteme für die Ver-und Entsorgung sowie weitere Anwendungsgebiete 3. Auflage
Vulkan-Verlag Essen 1997.
- [8] Kunststoffe Hoechst Rohre Hostalen GM 5010 T2, Hostalen GM 7040 G
- [9] Mészáros Pál: A hőre lágyuló műanyag csövek a vízi-közmű építésben
Műanyag és Gumi – 2000/2 Műanyag csőgyártó célszám
- [10] Mészáros Pál - Kiss Emese: A KPE cső gazdaságos alkalmazásának javaslata; a csőanyag szilárdsági és tartószerkezeti anomáliáinak vizsgálata alapján Készült: A KÖHÉM Építésgazdasági és Fejlesztési Főosztály 1.sz. CPB. 1.2 Alprogram megbízásából. K+F zárójelentés.
Budapest, 1990.
- [11] Mészáros Pál - Kiss Emese: KPE ivóvízhálózatok hibaelhárítása
K+F Tanulmány M+T KKT Budapest, 1990.
- [12] Mészáros Pál - Kiss Emese: Nyomócsövek építése KPE csőből
Tanulmány M+T KKT Budapest, 1991.
- [13] Mészáros Pál: Kis műtárgyak tervezése, építése és karbantartása
Mélyépítési segédlet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986
- [14] Mészáros Pál: A közműberuházások jövője XIII. Dunagáz Szakmai Napok 2005. Dobogókő. Rendezvény Kiadvány
- [15] M+T KKT: A PE csövek ismeretei és mérnöki alkalmazási feltételei a vízellátási nyomócsövekhez K+F Munka – Kézirat – Budapest 2006.
- [16] M+T KKT: Szakvélemény: a Kaposvár 100/V DN 450 SDR 17,6/26 ivóvízvezeték elektrofúziós hegesztések kötreshibáinak szakértői vizsgálatáról.
- [17] M+T KKT: KPE csövek mérnöki alkalmazási feltételei a budapesti ivóvízhálózatra vonatkozóan. Szakértői összeállítás. Kézirat. 2003.
- [18] Polietilén KPE nyomócsövek és nyomócső rendszerek építése. Alkalmazástechnikai kézikönyvek
Kiadta: PANNONPIPE Műanyagipari KFT. Budapest, 1996.
- [19] Polietilén – KPE – nyomócsövek építése. Kézikönyv
Kiadta: UPONOR Műanyag Csőrendszer Kft. Budapest, 1998.
- [20] PVC-U nyomó- és csatornacsövek a közműépítésben. Alkalmazástechnikai kézikönyv
2. átdolgozott kiadás kézirata – Pipelife Hungária Kft.
- [21] Rohre Rohrleitungsbau Rohrleitungstransport 3Rinternational
Rohrleitungen und Armaturen in der Wasserversorgung zur WAT „91“, Wiesbaden 1-2/1991 Jan./Feb.
- [22] Dr.Thamm Frigyes: Műanyagok szilárdságtana
Kézirat – Tankönyvkiadó, Budapest, 1974. Budapest Műszaki Egyetem Továbbképző Intézetének Kiadványa.
- [23] Dr.Thamm Frigyes: Műanyagok szilárdságtana I. Műanyag gépelemek.
Kézirat. Budapest, 1983. Budapest Műszaki Egyetem Továbbképző Intézetének Kiadványa
- [24] Tiefbauamt der Stadt Zürich Stadtentwässerung Entwässerungsanlagen Hart-PE Rohr Verlegung DE 250 und 315 mm ohne Rohrschellen Richtlinie.
- [25] Tiefbauamt der Stadt Zürich Stadtentwässerung Vorschrift für das Heizelement Stumpfschweissen von Rohren aus Hart-Polyathylen.
- [26] Tiefbauamt der Stadt Zürich Stadtentwässerung Vorschrift für das Schweissen von Rohren und Formstücken mit Elektro-Schweissmuffen.
- [27] VKR Verband Kunststoff-Rohre und –Rohrleitungsteile VKR RL 02-97d Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen
- [28] Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE 80 und PE 100
Wasserversorgung Zürich Normalien des Leitungsnetzes PE-Leitungen 1.7008.000-1.7008.014

SZABVÁNYOK:

MSZ EN 12201-1	Plastics piping systems for water supply - Polyethylene (PE) - Part 1: General.
MSZ EN 12201-2	Plastics piping systems for water supply – Polyethylene (PE) - Part 2: Pipes
MSZ EN 12201-3	Plastics piping systems for water supply – Polyethylene (PE)- Part 3: Fittings
MSZ EN 13244-1	Plastics piping systems for buried and above-ground pressure systems for water for general purposes, drainage and sewerage – Polyethylene (PE) – Part 1: General
MSZ EN 13244-2	Plastics piping systems for buried and above-ground pressure systems for water for general purposes, drainage and sewerage – Polyethylene (PE) – Part 2: Pipes
MSZ EN 1555-1	Műanyag csővezetékrendszerek éghető gázok szállítására. Polietilén (PE) 1. rész: Általános előírás
MSZ EN 1555-2	Műanyag csővezetékrendszerek éghető gázok szállítására. Polietilén (PE) 2. rész: Csövek
MSZ EN 1555-3	Plastic piping systems for the supply of gaseous fuels. Polyethylene (PE). Part 3: Fittings
MSZ EN 1610	Zárt vízvezető csatornák fektetése és vizsgálata.
MSZ EN 1295-1	Földbe fektetett csővezetékek statikai számítása, különböző terhelési feltételek esetén.
MSZ EN 1091	Települések vákuumos szennyvízvezető rendszerei
MSZ ISO 527-1	Műanyagok. A húzási jellemzők meghatározása. Általános elvek.
MSZ ISO 527-2	Műanyagok. A húzási jellemzők meghatározása. A fröccs- és az extrúziós műanyagok vizsgálati feltételei.
EN 13566-1	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks-Part 1:General.
EN 13689	Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.
ISO 11414	Plastics pipes and fittings – Preparation of polyethylene (PE) pipe/pipe or pipe/fitting test piece assemblies by butt fusion
ISO/TR 10358	Plastics pipes and fittings – Combined chemical-resistance classification table
MSZ-07-3701-86	Közüti hidak erőtan számítása
MSZ 7487-1-2	Közmű- és egyéb vezetékek elrendezése közterületen
MI-10 131-78	Közműves vízellátás. A csőhálózat tervezési irányelvei.

A **Pipelife Hungária Kft.** irányításával és lektorálásával
összeállította:

M+T Kkt.
Mészáros és társai
Mérnöki tanácsadó
Közkereseti társaság

A kiadvány önálló szellemi termék,
mely a **Pipelife Hungária Kft.** és az **M+T Kkt.** szellemi tulajdona.
A kiadványban foglalt anyag teljes vagy részleges felhasználása
csak a tulajdonosok írásbeli engedélye alapján lehetséges.

Debrecen, 2008

Pipelife Hungária Műanyagipari Kft.

4031 **DEBRECEN**, Kishegyesi út 263.

Tel.: (06)-(52)-510-730

Fax: (06)-(52)-510-737

e-mail: iroda@pipelife.hu

<http://www.pipelife.hu>

Saját üzemeltetésű raktáráruházak

PIPELIFE 1. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

1214 **BUDAPEST**, II. Rákóczi F. u. 277.

Tel.: (06)-(1)-277-8100, 277-8263

Fax: (06)-(1)-277-8030

Területi képviselő: PAPP IMRE

e-mail: imre.papp@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-931-2016

PIPELIFE 2. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

9700 **SZOMBATHELY**, Csaba u. 12.

Tel.: (06)-(94)-330-748, 330-750

Fax: (06)-(94)-330-749

Területi képviselő: ROZMÁN ANDRÁS

e-mail: andras.rozman@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-491-6841

PIPELIFE 3. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

4031 **DEBRECEN**, Kishegyesi út 263.

Tel.: (06)-(52)-510-748

Fax: (06)-(52)-510-749

Területi képviselő: JÁNÓSZKY KÁROLY

e-mail: karoly.janoszky@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-289-1589

PIPELIFE 4. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

1151 **BUDAPEST**, Régi Főti út 2/b.

Tel.: (06)-(1)-307-3400

Fax: (06)-(1)-307-3402

Területi képviselő: HUNYA ÁDÁM

e-mail: adam.hunya@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-251-0020

PIPELIFE 5. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

3526 **MISKOLC**, Repülőtéri út 9/c.

Tel.: (06)-(46)-413-048, 507-341

Fax: (06)-(46)-413-061

Területi képviselő: MIHÁLY ANDRÁS

e-mail: andras.mihaly@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-951-5470

PIPELIFE 6. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

8800 **NAGYKANIZSA**, Dózsa Gy. u. 158.

Tel.: (06)-(93)-317-462

Fax: (06)-(93)-317-456

Területi képviselő: POLGÁR ZOLTÁN

e-mail: zoltan.polgar@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-985-6160

PIPELIFE 7. sz. RAKTÁRÁRUHÁZ

6720 **SZEGED**, Algyői út 42.

Tel./Fax: (06)-(62)-488-880

Területi képviselő: BORS ATTILA

e-mail: attila.bors@pipelife.hu

mobil: (06)-(30)-465-2620

