



PVC-U

NYOMÓ- ÉS CSATORNACSÖVEK A KÖZMŰÉPÍTÉSSEN

ALKALMAZÁSTECHNIKAI KÉZIKÖNYV
2008

PIPELIFE 

PVC-U
nyomó- és csatornacsövek
a közműépítésben



PVC-U

nyomó- és csatornacsövek a közműépítésben

Alkalmazástechnikai Kézikönyv

3. átdolgozott kiadás

*Debrecen
2008. január*

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

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETŐ	9
2. ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK	11
2.1. A PVC előállítás és feldolgozása	11
2.2. A csőgyártásban felhasznált alapanyagok.....	12
2.3. A cső- és idomgyártásról röviden	12
2.4. A csövek fizikai jellemzői	13
2.5. A hőmérséklet-terhelhetőség-élettartam általános összefüggései.....	14
2.6. A csövek kémiai, biokémiai tulajdonságai.....	15
2.7. A csövek fajtái és alkalmazási területei, jelölések.....	16
2.8. A csövek minősítése és vizsgálata.....	17
2.8.1. Minőségbiztosítás	17
2.8.2. Minőség-ellenőrzés	17
3. KM-NYOMÓCSÖVEK ÉS -IDOMOK	19
3.1. A nyomócsőrendszer általános ismertetése.....	19
3.2. Felhasználói alapfogalmak	20
3.3. A csőrendszer elemei, csőkötések	23
3.4. A nyomócsőrendszer tervezése	26
3.4.1. Vízszintes és magassági vonalvezetés	26
3.4.2. Hidraulikai méretezés	28
3.4.3. Erőtani méretezés	29
3.4.4. Szerkezeti tervezés.....	39
3.5. Egyedi megfontolások a különböző rendeltetésű nyomócső rendszerekhez	43
4. GRAVITÁCIÓS CSATORNACSÖVEK ÉS IDOMOK	45
4.1. A csatornacsövekről és -rendszerekről általában	45
4.2. Felhasználói alapfogalmak	45
4.3. Csatornacső-rendszereink elemeinek ismertetése.....	47
4.3.1. A KG-, és a KG-S csőrendszer	48
4.3.2. KD-EXTRA csőrendszer	51
4.4. Csatornák tervezése	53
4.4.1. A tervezés általános szempontjai	53
4.4.2. Vízszintes és magassági vonalvezetés	54
4.4.3. Bekötések	55
4.4.4. Aknák és tisztítónyílások.....	56
4.4.5. Hidraulikai tervezés.....	64
4.4.6. Erőtani tervezés.....	68
4.5. Egyedi megfontolások a csatornázásban.....	82
5. A CSŐVEZETÉKÉPÍTÉS IRÁNYELVEI.....	83
5.1 Általános tudnivalók	83
5.1.1. A csövek tárolása, szállítása és mozgatása.....	83
5.1.2. A csövek megmunkálása	84

5.2. Csőkötések és utólagos rákötések kivitelezése	85
5.2.1. Csőkötések	85
5.2.2. Utólagos lecsatlakozások	86
5.3. Földmunka és csőfektetés	89
5.3.1. Munkaárok kialakítás	89
5.3.2. Dúcolás és víztelenítés	90
5.3.3. Ágyazatkészítés	92
5.3.4. Csőfektetés	95
5.3.5. Földvisszatöltés és tömörítés	96
5.3.6. Építés lejtős terepen	98
6. HIBAELHÁRÍTÁS ÉS REKONSTRUKCIÓ	99
7. IRODALOM ÉS SZABVÁNYOK	101
7.1 Tájékoztató táblázat a fontosabb elasztomerek és műanyagok vegyszerállóságáról	102

1. BEVEZETŐ

A *PVC-U nyomó- és csatornacsövek a közműépítésben* c. alkalmazástechnikai kézikönyv 1. kiadását a **Pannonpipe Kft.** jelentette meg 2001-ben, megalapításának 10. évfordulója alkalmából, azzal a céllal, hogy legjelentősebb termékcsoportjának, a PVC-U közművezeték rendszereknek az alkalmazását korszerű műszaki ismeretek átadásával segítse felhasználói körében. A kézikönyv kiadását indokoltta tette a műszaki szabályozási rendszer átalakulása és CEN tag-ságunk következményeként az MSZ EN szabványok magyarországi bevezetése, továbbá a termékválaszték folyamatos fejlesztése és bővítése.

Az alkalmazástechnikai kézikönyv 2006-os átdolgozását és kiadását egyrészt a fenti motivációk változatlan fennállása, másrészt a cég tulajdonosi szerkezetének átalakulása és az ezzel együtt járó, a cég életében bekövetkezett változások indokolták. 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 a legújabb termékek és fejlesztések közvetlen és gyors rendelkezésre állása biztosított. A 2008. évi 3. kiadást a cégünkre jellemző folyamatos termékfejlesztésekkel való összhang, valamint a korszerű csőfektetési-, ágyazatépítési módszerek nyomon követése indokolta.

Vevőkapcsolataink, működésünk minősége és az eredményesség terén a korábbiaknál is magasabb követelményszintnek kívánunk megfelelni, és a Pannonpipe Kft. hagyományait követve piacainkon az első számú értékteremtők szerepénél maradni. 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 segítjük a PVC 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 tervezők munkáját a kézikönyv mellett a **PAPCad számítógépes csatornatervező programunk** is segíti.

A termékválaszték fejlesztésében és bővítésében jelentős előrelépések történtek. A gravitációs szennyvízelvezetéshez háromféle csőrendszer szerepel a kínálatunkban. A Pipelife kifejlesztette és elindította a sorozatgyártását, a **PRO** márkanévű, **polipropilén csatornázási aknacsatládnak**, amelynek egyes részegységek gyártásában, az akna összeszerelésben, és forgalmazásában 2006. évtől a Pipelife Hungária Kft. is részt vesz. Ennek a termékcsatládnak a problémamentes felhasználását külön alkalmazástechnikai kézikönyvben segítjük elő.

A jelen kézikönyv összefoglalja a PVC-U csőrendszereink tervezési-, és kivitelezési szabályait illetve javaslatait, ugyanakkor nem tartalmazza a részletes termék- és méretválasztékot, 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, raktáruházainkban, illetve keressék termékmenedzsereinket és értékesítő munkatársainkat, 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, 2008. január 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 tekinthető. A fémes szerkezetű, valamint a kismolekulájú anyagoktól azonban alapvetően különböznek az óriásmolekulájú anyagok; a **polimerek**. Az ipari méretekben előállított szerves makromolekulás anyagokat (*polimereket*) műanyagoknak nevezzük.

A kezdetben pótanyagként használt műanyagok napjainkban a hagyományos anyagokat (fémek, fa, kerámiák, stb.) az élet számos területéről kiszorították. 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 műanyagokat alkotó legfontosabb elemek: a szén, hidrogén, oxigén, nitrogén, klór, fluor és a kén. A műanyag-termelés egyik legfontosabb nyersanyagbázisát a földgáz és a kőolaj 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)

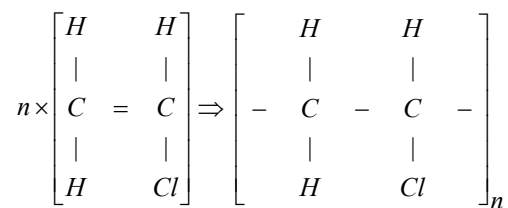
típusokat különböztetünk meg. A poli(vinil-klorid) (PVC), a polietilén (PE) és a polipropilén (PP) egyaránt a hőre lágyuló műanyagok körébe tartozik. A PVC az egyik legjelentősebb műanyag, melyből évente, különböző célokra, a világon mintegy 20 millió tonna kerül felhasználásra.

2.1. A PVC előállítása és feldolgozása

A PVC molekulája klór, szén és hidrogén atomokból épül fel.

A *klórt* a – természetben nagy mennyiségben előforduló – kőszó elektrolízisével állítják elő. (A melléktermékként keletkező nátriumhidroxid például az alumíniumipar fontos nyersanyaga.) A másik alkotórész a kőolajból – vagy földgázból – vegyipari folyamatok során (desztillálás, finomítás, stb.) előállított *etilén*, amelyet szén és hidrogén atomok alkotnak.

A gáz halmazállapotú etilénből és klórból állítják elő az etilén-dikloridot, melyet hőbontással vinilkloriddá és só-savvá alakítanak. A sósav – oxigén hozzáadásával – visszavezethető a folyamatba és ismét vinilkloriddá alakítható. A vinilklorid ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$) monomerből polimerizációval, az egyes monomer molekulák láncszerű összekapcsolásával polimert, azaz poli(vinilklorid)-ot állítanak elő:



(Ezek a kémiai reakciók zárt rendszerben illetve szigorúan ellenőrzött technológiai körülmények között mennek végbe, maximálisan megfelelő az egészségügyi és környezetvédelmi elvárásoknak.)

A polimerizációnál már figyelembe veszik a tervezett feldolgozási módot, valamint a felhasználási területet és az adott célra legoptimálisabb lánc hosszúságú és műszaki paraméterekkel rendelkező polimert állítanak elő.

Az alap-polimer szilárd halmazállapotú – porszerű - anyag, amelyhez a feldolgozhatóság érdekében segédanyagokat, a speciális tulajdonságok eléréséhez pedig különféle adalékanyagokat kevernek. Ezek a feldolgozás során beépülnek az anyagba. Funkciójuk szerint megkülönböztetünk:

- stabilizátorokat,
- lágyítókat,
- csúsztatókat,
- töltő- és
- színezőanyagokat (pigmenteket).

A PVC alap-polimerből a fenti adalékok különböző mértékű hozzáadásával eltérő mechanikai-, kémiai-, optikai-, stb. tulajdonságokkal rendelkező alapanyagok állíthatók elő, a felhasználás (termék) igényeihez igazodva.

A PVC feldolgozása hőre lágyuló tulajdonságán alapszik. Megfelelő hőmérsékletre felmelegítve (160-200 °C) meglágyul, alakíthatóvá válik. Többféle feldolgozási eljárás alakult ki, amelyek fejlődéséhez a gépészeti- és a szabályozástechnikai háttér is jelentős mértékben hozzájárult. Az előállítandó termékek eltérő alakja, mérete (kiterjedése), szerkezeti kialakítása és falvastagsága eltérő feldolgozási módot igényel. Készülhetnek termékek többek között:

- extrudálással (pl.: csövek, ablakprofilok),
- fröccsöntéssel (pl.: fittingek),
- kalanderezéssel (pl.: lemezek, fóliák)
- extrúziós fúvással (pl.: üreges testek, így flakonok, tartályok)
- bevonással – pasztafeldolgozás – (padlóburkolatok, tapéták).

A PVC sokoldalúan feldolgozható műanyag. A fent kiemelt eljárások az építőipari termékek előállításában is jelentősek. A továbbiakban a cső- és idomgyártás specialitásait ismertetjük.

2.2. A csőgyártásban felhasznált alapanyagok

A csőgyártásban általában szuszpenziós PVC porokat használunk. Ezekből különböző segéd- és adalékanyagok hozzáadásával, több évtizedes gyártási tapasztalatunk során kialakult recepttűrák szerint – a vonatkozó szabványi előírások betartásával – állítjuk elő a csőgyártáshoz, az optimális összetételű keverékeket.

A segéd- és adalékanyagok mennyisége a keverékben – tömegszázalékra vetítve – kb. 5-20 %. A *csúsztatók* (pl.: a viasz) a feldolgozást segítik. A *hőstabilizátorok* biztosítják, hogy a PVC porkeverék feldolgozható legyen, a feldolgozás során ellenálljon a hő láncszerkezet-bomlasztó hatásának.

Lágyító anyagokat a kemény PVC keverék nem tartalmaz. *Speciális adalékanyaggal* növeljük a késztermék ütészállóságát. A különféle pigmenteket, az eltérő rendeltetésű csövek megkülönböztetése céljából használjuk. Töltőanyagként felületkezelt kalcium-karbonátot használunk.

A keverék tartalmazhat a szabványok által meghatározott minőségű, és mennyiségű, újrafeldolgozott és visszaforgatott anyagot. Ezeket a szükséges előkészítés után – mosás, darálás, finom őrlés – a csőgyártó soron adagoljuk az extruderbe.

2.3. A cső- és idomgyártásról röviden

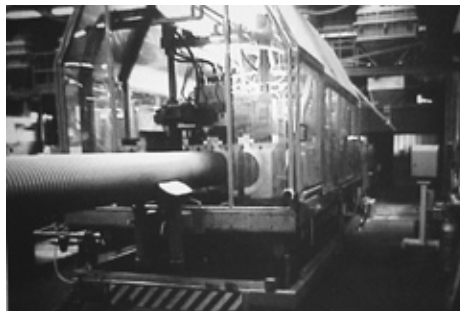
A csövek gyártása extrudálással történik. A megfelelő komponensekből előállított porkeverék zárt rendszerű csővezetéken jut el egy automata adagolón keresztül a feldolgozó gépsorhoz. Az extrudersor, több egymáshoz kapcsolt részegység összehangolt működésével hozza létre a végterméket. A gyártási folyamat szabályozását és ellenőrzését számítógép vezérli.

Az adagolóból a keverék fűtött csigatérbe jut, ahol plasztikus állapotba kerül, majd a fejen és az extruder szerszámon keresztül átsajtoltva felveszi az alakot. Innen a kalibrálóegységbe jut, ahol elindul hűtés folyamata, az anyag megszilárdul és elnyeri a végső, pontos méretét (külső átmérőjét és falvastagságát). A kalibrálóból a cső a hűtővályúba jut, majd a feliratozó egységen áthaladva a végtelen csőszálat a daraboló méretre vágja. A méretrevágás után a tokozó berendezés újra felmelegíti csővéget, kialakítja a tokot és benne a gumigyűrű hornyát, majd azt ismét lehűti. Az **1. ábra** a csőgyártó extrudersor egy részletét, a tokozót mutatja be.



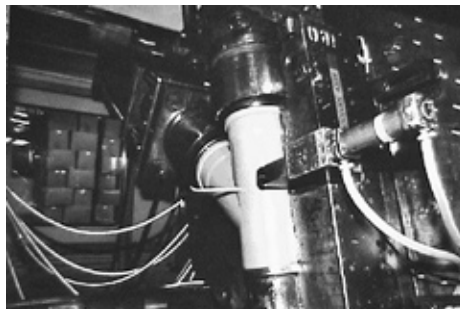
1. ábra: Csőgyártó extruder

Az extrudálási eljárás lehetővé teszi több réteg egyidejű kialakítását, ezen az elven alapul a strukturált falú KD-EXT-RA cső (lásd: **2. ábra**) gyártása.



2. ábra: KD-EXTRA cső extrudálása

Az idomok (fittingek) gyártási módszere a fröccsöntés. Az anyag – keverék – az extrudáláshoz hasonlóan kerül plastifikálásra. A csigaházból az ömledék a meghatározott alakú, és méretű formába (fröccsöntőszerszám) magas nyomáson *préselődik* be (lásd: **3. ábra**).



3. ábra: Fittinggyártás fröccsöntéssel

A hűtés az előírt hőmérsékletre, még a szerszámban megtörténik, hogy az idomok automatikus kitolásakor a deformációk elkerülhetők legyenek.

2.4. A csövek fizikai jellemzői

A hőre lágyuló műanyag csövek fizikai tulajdonságai jelentős eltéréseket mutatnak a hagyományos csőanyagokhoz képest. A fizikai, mechanikai jellemzőik hőmérséklet- és időfüggőek. Ez a hőre lágyuló műanyagok – így a poli (vinilklorid) – sajátos tulajdonsága, amelyet mindenkor szem előtt kell tartani.

Általános jellemzőjük: a csekély önsúly, a rugalmasság, könnyű megmunkálhatóság, a felületi simaság. A hőre lágyuló műanyagok molekulaszervezetüknél fogva rossz hővezetők, tehát jó a hőszigetelő képességük. Az elektromos áramot nem vezetnek – szigetelők –, de hajlamosak az elektrosztatikus feltöltődésre.

Az egyes jellemzők értékét a vizsgálati próbatetek előállítási módja és alakja is jelentősen befolyásolhatja. Ezért az egyes tulajdonságok vizsgálati módszereit, és a próbatetek készítését, szabványok rögzítik.

A kemény PVC – a tervezés- és felhasználás számára szükséges – jellemzőinek értékeit az **1. táblázat** tartalmazza. (Az

előzőekben részletezett okok miatt a táblázat adataitól jelentős eltérések is előfordulhatnak bizonyos jellemzőknél.)

1. táblázat

TULAJDONSÁG		MÉRTÉKEGYSÉG	JELLEMZŐ ÉRTÉK
Sűrűség		kg·m ⁻³	1350-1460
Húzószilárdság		MPa; N·mm ⁻²	40-55
Hajlítószilárdság		MPa; N·mm ⁻²	90-100
Rugalmassági modulus	kezdeti	MPa; N·mm ⁻²	3200*
	50 évre		1400*
Szakadási nyúlás		%	10-60
Keménység		Shore -D	84
Hővezetési tényező		W/m·°K	0,15
Lineáris hőtágulási együttható		1/°K	8×10 ⁻⁵

(Megjegyzések:

- A táblázati értékek vonatkoztatási hőmérséklete 20°C.
- * A rugalmassági modulus táblázatban megadott értékei átlagos, irodalmi értékek. Az egyes csőtípusokra az erőtanai számításokban ettől eltérő értékek alkalmazandók. Lásd: 4. fejezet.)

A rugalmassági modulus valós – vagy ahhoz közelítő – értékének az ismerete és alkalmazása a csővezetékek erőtanai méretezésekor rendkívül fontos tényező. A szakirodalmi adatok ebben a vonatkozásban nem egységesek. A PIPELIFE által gyártott különböző termékekre a 4. fejezetben feltüntetett értékpárok, alkalmazása javasolható.

Figyelmet érdemel a lineáris hőtágulási együtthatónak, a hagyományos csőanyagokéhoz képest, magasabb értéke.

A hőre lágyuló műanyagok mechanikai tulajdonságai – mint ezt már hangsúlyoztuk a fejezet bevezetésében – hőmérsékletfüggők, ezért meghatározott hőmérsékleti tartományban alkalmazhatók rendeltetésszerűen. Alacsony – 0°C körüli, illetve ez alatti - hőmérsékleten a kemény PVC ridegedésre hajlamos, az ütésszerű igénybevételekre érzékenyebbé válik. Kb. 40°C hőmérséklet fölött mechanikai jellemzői gyors ütemben változnak, 80°C fölött a PVC meglágyul. Az alkalmazhatósági hőmérséklettartományokat a felhasználási terület specialitásainak figyelembevételével határozták meg (lásd: 3. és 4. fejezetben). A tartósan magas üzemi hőmérséklet az élettartam és/vagy a teherbírás csökkenését eredményezi. (A csövek hőmérséklet- terhelhetőség- és élettartam összefüggéseit a 2.5. fejezet ismerteti.)

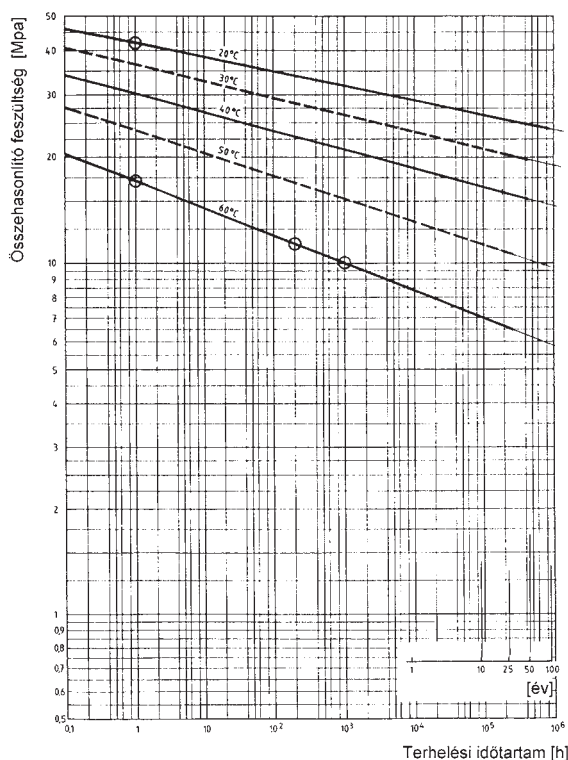
Tartós ultraibolya sugárzás hatására, a PVC csövek besugárzott felületének színe megváltozik, kifehéredik. Ez a változás csak felületi, néhány század milliméter mélységű, mely nem befolyásolja lényegesen a cső mechanikai és szilárdsági tulajdonságait, azonban védi a cső anyagát a további károsodástól. A termékek néhány hónapig elszíneződés nélkül tárolhatók (kb. egy negyedév) a szabadban. Ezt követően javasoljuk megvédeni a csöveket takarással a közvetlen napfénytől.

A PVC – mint valamennyi szerves anyag – éghető. A PVC-alapú építőipari anyagokat a DIN 4102 szerint vizsgálva nehezen éghetőnek minősítették. A PVC gyulladási hőmérséklete viszonylag magas, csak intenzív hőközléssel gyújtható meg. Önmagában az égést nem táplálja, önkioltó tulajdonságú. A PVC égésekor széndioxid és mérgező hatású sósavgáz szabadul fel. Ezt a tulajdonságát – elsősorban – épületen belüli alkalmazáskor kell figyelembe venni, és szigorúan be kell tartani a tűzvédelemmel összefüggő rendeletek, jogszabályok és szabványok előírásait.

2.5. A hőmérséklet - terhelhetőség - élettartam általános összefüggései

A fizikai jellemzők hőmérséklet - és időfüggése a hőre lágyuló műanyagok sajátossága. A csövek – mint teherviselő szerkezetek – szempontjából rendkívül fontos, hogy a szilárdsági tulajdonságok hogyan változnak e tényezők hatására.

Az összefüggések feltárására a kemény PVC csövekkel különböző hőmérsékleten nagyszámú belső nyomásállósági kísérletet végeztek. A kísérleti eredmények alapján extrapolációs módszerrel görbeseregeket állítottak fel. Ilyen görbesereget szemléltet a 4. ábra, amelyek érvényességét a PVC csővel rendelkezésre álló több évtizedes gyakorlati tapasztalatok is igazolták.



4. ábra: A PVC-U feszültség – élettartam – és hőmérséklet összefüggései

(Megjegyzés: Ezen görbék felhasználásával – különböző biztonsági tényezők beiktatásával – határozták meg a terméktervezés és a csőstatika számára a megengedett feszültségeket. A terméktervezés – szabványosítás – az ISO illetékes albizottságában a KAZÁN-formula alapján a megengedett feszültség, 20°C hőmérséklet és a névleges nyomásérték figyelembevételével a falvastagságok meghatározásával történt.)

Az üzemi hőmérséklet, vagy az igénybevételek – így a megengedett tervezési feszültség – megnövelése az élettartam csökkenését eredményezi.

A csövek méretezésekor – gravitációs és nyomóvezetékeknél egyaránt – ezeket az összefüggéseket figyelembe kell venni, illetve vizsgálni kell az egyes tényezők egymásra hatását. Ennek – egyszerűsített – módszerére a tervezési fejezetben térünk ki.

2.6. A csövek kémiai, biokémiai tulajdonságai

A PVC csövek kémiai- biokémiai tulajdonságai igen kedvezőek. Általánosságban elmondható, hogy a kemény PVC jól ellenáll a sókkal, híg savakkal és lúgokkal, ásványi és növényi olajokkal, alkoholokkal és alifás szénhidrogénekkel szemben. Az aromás-, valamint a klórtartalmú szénhidrogének, az észterek és a ketonok azonban oldják. A kémiai ellenálló képesség szintén függ a hőmérséklettől és a terheléstől. Magasabb hőmérsékleten és fokozott terhelésnél az ellenálló képesség bizonyos vegyszerekkel szemben csökkenhet.

A csövekkel egyidejűleg célszerű és indokolt megvizsgálni a kötések toktömítéséhez felhasznált anyagok vegyszerállóságát is. Az 1. melléklet e szempont figyelembevételével ismerteti a különböző vegyszerekkel szembeni ellenálló képességet.

Megjegyezzük, hogy kiadványunk megjelenésének időpontjában nincs magyar szabvány a kemény PVC vegyszerállóságára vonatkozóan. Az ISO/TR 10358 a PVC-U anyagok, az ISO/TR 7620 pedig a gumianyagok vegyszerállóságára vonatkozó tájékoztató adatokat tartalmazza. Ipari szennyvizek esetén ezeket kell irányadónak tekinteni az ellenálló képesség tekintetében.

Különleges-, vagy bizonytalan összetételű, esetleg több vegyületből álló szállítandó közeg esetén javasoljuk a termék bevizsgálását.

Összességében megállapítható, hogy a PVC-U csővezetékek korrózióállósága – a közművesítés minden területén – összehasonlíthatatlanul jobb, mint a cement kötőanyagú ill. fémalapanyagú csövéké.

A PVC csöveket eddigi ismereteink és tapasztalataink szerint baktériumok, mikroorganizmusok nem támadják meg, - ezeknek a telepeknek a kialakulását a PVC nem támogatja - és a rácsálók sem károsítják.

2.7. A csövek fajtái és alkalmazási területei, jelölések

A PIPELIFE kemény PVC-ből több felhasználási célra és széles átmérőtartományban gyárt, illetve forgalmaz csöveket, kötőelemeket és idomokat. Ezekről ad áttekintést a 2. táblázat.

2. táblázat

A termékcsoporthoz megnevezése	Alkalmazási terület	Átmérőtartomány
PVC NYOMÓCSÖVEK és IDOMOK	Ivóvízvezetésre épületen belül- és kívül, max. PN 10 bar üzemi nyomásig + ipari	$d_n 16 - d_n 63 \text{ mm}$
PVC KM NYOMÓCSÖVEK és IDOMOK	Ivóvíz- és szennyvízvezetéként, épületen kívül; PN 6, (7.5), 10, 12,5 és 16 bar üzemi nyomásra + ipari (katalógus szerint).	$d_n 90 - d_n 450 \text{ mm}$
PVC KA LEFOLYÓCSÖVEK és IDOMOK	Kommunális szennyvíz gravitációs elvezetésére épületen belül	$d_n 32 - d_n 110 \text{ mm}$
PVC KG CSATORNACSÖVEK és IDOMOK	Szenny- és csapadékvíz gravitációs elvezetésére épületen belül- és kívül	$d_n 110 - d_n 500 \text{ mm}$
KD-EXTRA CSATORNACSÖVEK és IDOMOK	Szenny- és csapadékvíz gravitációs elvezetésére, épületen kívül	$d_n 250 - d_n 500 \text{ mm}$
KG SZUPER (COEX) CSATORNACSÖVEK és IDOMOK	Szenny- és csapadékvíz gravitációs elvezetésére, épületen belül- és kívül	$d_n 110 - d_n 500 \text{ mm}$

(Megjegyzés: Felhívjuk figyelmüket, hogy az épületen belüli felhasználási területekkel és termékekkel külön alkalmazástechnikai kézikönyv foglalkozik. Jelezzük továbbá, hogy Európa különböző országaiban nagyobb átmérőjű és speciális csöveket, továbbá idomokat is gyártanak és forgalmaznak. A PIPELIFE – mint az egyik legnagyobb európai gyártó – több európai országban gyárt és forgalmaz csöveket- és idomokat. Ezért minden speciális igény – nagy csőátmérő, speciális idomok, különleges technológiai csővezetékek, stb. – esetén is készséggel áll magyarországi ügyfelei rendelkezésére.)

A PIPELIFE törekvése, hogy minden felhasználási területen **komplett rendszereket**, valamint **alternatívákat** is kínáljon a felhasználóknak. Ennek érdekében folyamatosan bővítjük termékpalettánkat. A különböző csőrendszereink aktuális elemválasztékát és méretadatait a vonatkozó termékkatalógusok tartalmazzák.

A 2. táblázatban alkalmazott – és a szakmai köztudatban az elmúlt évtizedek során rögződött – jelölések mellett a csövek megkülönböztetésére, osztályozására és jellemzésére új fogalmak és jelölések honosodtak meg. Ezeket az MSZ EN szabványok alkalmazzák, ezért fontos áttekintésük és értelmezésük.

A műanyag csöveket a külső átmérő (d_n) és a névleges falvastagság (e_n) méretek mm-ben, illetve a nyomásfokozat (PN vagy PN) bar-ban történő megadásával határozták meg. A nyomásfokozati megjelölés mellett a külső átmérő és a falvastagság viszonyszámával, a **szabványos méretarány (SDR)** is jól jellemezhetők a csövek:

$$SDR \equiv \frac{d_n}{e_n} \quad (1)$$

ahol, az MSZ EN szabványok jelölései szerint:

d_n – a cső külső névleges átmérője [mm]
 e_n – a névleges falvastagság [mm]

(Megjegyzés: Az MSZ EN 1452 és az MSZ EN 1401 szabványsorozatok a csövek külső és belső átmérőire, továbbá a falvastagságokra a fentiekhez eltérő további meghatározásokat (például: a mérettűrés) tartalmaznak. A méretek a gyártás és a termék ellenőrzéséhez biztosítanak alapokat. A tervezés számára a d_n és a e_n méretjelölések használata elégséges.)

Az SDR a csősorozat megjelölése egy mértékegység nélküli, kerekített számmal.

A csősorozat (S) ugyancsak a cső átmérő – falvastagság viszonyon alapuló megjelölés:

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

és

$$S = \frac{SDR - 1}{2} \quad (3)$$

(Összetevők értelmezése a korábbiak szerint.)

A csövek jellemzésére és összehasonlítására használatos másik kategória a névleges gyűrűmerevség (SN) kerekített számmal, $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$ -ben megadott értéke, amely a csövek (vagy csőidomok) legkisebb gyűrűmerevségét mutatja. A gyűrűmerevség méréssel és számítással is meghatározható. Értékét elsősorban az anyag rugalmassági modulusa (E) és az egységnyi csőfal keresztmetszetének inercianyomatéka (I) határozza meg:

$$SN = \frac{E \cdot I}{d_n^3} \quad (4)$$

Mivel a rugalmassági modulus időben változó értékű (lásd: 2.4 fejezet), így a gyűrűmerevség sem tekinthető az élettartam során állandónak. (A gyűrűmerevség csőkategóriánként megadott értékei – általában – a kezdeti állapotra vonatkoznak.)

Az MSZ EN szabványok a kemény poli(vinil-klorid) anyagú csövekre a PVC-U megjelölést alkalmazzák. A műanyag csővezetékrendszerek vízellátáshoz Kemény poli(vinil-klorid) MSZ EN 1452 szabványsorozat (1-5. rész) tartalmazza a PVC-U nyomócsövek részletes előírásait.

Az MSZ EN 1401-1 Magyar Szabvány a; Műanyag csővezetékrendszerek föld alatti, nyomás nélküli alagcsővezetéshez és csatornázáshoz. Kemény poli(vinil-klorid) (PVC-U) 1.rész: A csövek, a csőidomok és a rendszer követelményei előírásait tartalmazza.

(Megjegyzés: Az EN 1401-2 Útmutató az előírások teljesülésének igazolásához, és az EN 1401-3 Útmutató a beépítéshez a CEN/TC 155 „Műanyag csővezeték- és csatornarendszerek” műszaki bizottságában – több más szabvánnyal együtt - kidolgozás alatt áll.)

2.8. A csövek minősítése és vizsgálata

2.8.1. Minőségbiztosítás

A Pipelife Hungária Műanyagipari Kft. nagy gondot fordít termékei minőségére. Az iparágban elsőként vezettük be az ISO 9001 szerinti minőségirányítási-, valamint a környezetünk és az egészség megóvása érdekében, az ISO 14001 szerinti környezetirányítási rendszert.

A bevezetés során a minőség értelmezését kiterjesztettük valamennyi, a termék minőségét befolyásoló folyamatra, az anyag kiválasztástól a termékfejlesztésig, a megrendelés fogadástól a gyártásprogramozásig, a gyártástól a végminősítésig és a kiszolgálásig.

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

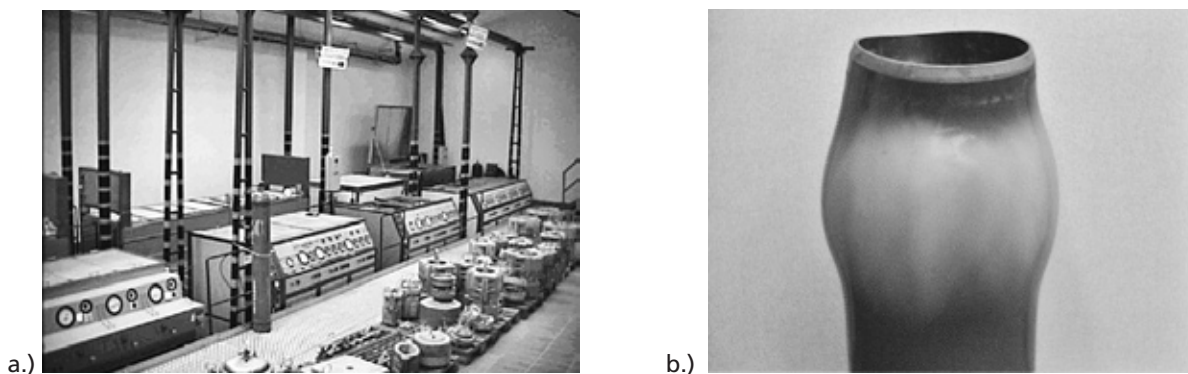
2.8.2. Minőség-ellenőrzés

A minőségi jellemzők mérése, ellenőrzése szintén fontos eleme tevékenységünknek. A termékeink minőségét befolyásoló anyagok főbb jellemzőit folyamatosan ellenőrizzük. A gyártásba csak ellenőrzött alap- és segédanyagok kerülhetnek.

Laboratóriumainkban szakképzett személyzet végzi az anyagok és késztermékek ellenőrzését az alábbi vizsgálatokkal:

- alapanyag:
 - térfogatsúlymérés (látszólagos sűrűség)
 - K-érték meghatározás
 - szemcseméret eloszlás meghatározás
- késztermékek:
 - méretellenőrzés
 - ejtő-ütő vizsgálat
 - hőkezelés
 - oldószerállóság
 - nyomáspróba

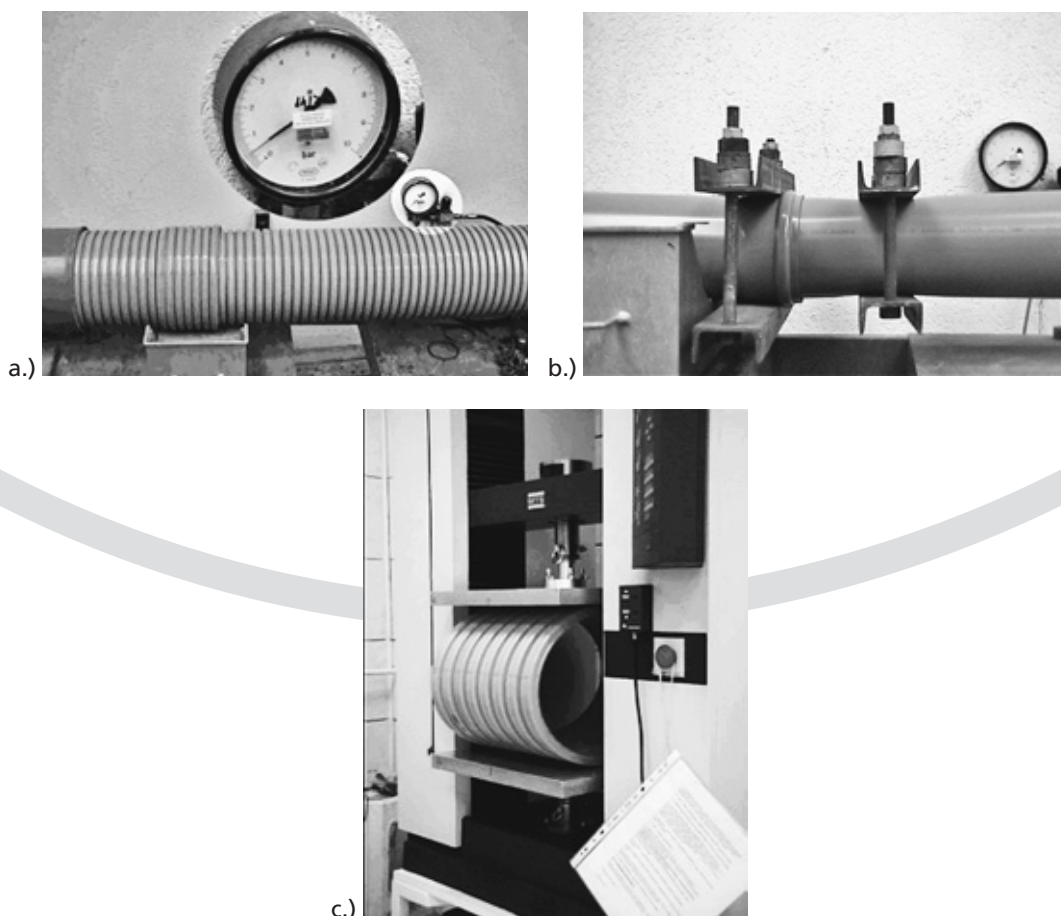
Eszközeink a kor minden igényét kielégítő modern berendezések. A nyomáspróba vizsgálatához 31 független mérőhellyel rendelkezünk, ami feltétele a gyors és teljeskörű ellenőrzésnek (5. ábra).



5. ábra: Nyomáspróba vizsgálat:
a.) nyomáspróba labor, b.) végtermék 20° nyomáspróba után

A PVC csöveknél 20 és 60, a PE csöveknél 20 és 80, míg a PP csöveknél 20 és 95°C-os vizsgálati hőmérsékleteket alkalmazunk. A vizsgálati hőmérséklet, feszültség és időtartam az adott termék termékszabványában, míg a nyomáspróbára vonatkozó előírások az MSZ EN 921 szabványban vannak rögzítve.

A KG, KD-EXTRA csatornacsövek tömörségi próbája is nagy jelentőségű. A vizsgálatot esetenként, deformált (10-15%) kötés esetében is, elvégzünk. (lásd: **6/a-b. ábra**). A csatornacsövek esetében rendszeresen ellenőrizzük a gyűrűmerevséget (MSZ EN ISO 9969) és a gyűrű-rugalmasságot (MSZ EN 1446) (lásd: **6/c. ábra**). Az eredményeket számítógépes adatfeldolgozással archiváljuk. A Pipelife Hungária Kft. laboratóriuma felkészült a szabványok által előírt valamennyi termékminősítő vizsgálat elvégzésére.



6. ábra: Gravitációs csövek minőségellenőrző vizsgálatai:
a.) KD-EXTRA cső tömörségi próba, b.) KG cső tömörségi próba, c.) gyűrűmerevség vizsgálata

3. KM NYOMÓCSÖVEK ÉS IDOMOK

Az ivóvízellátásban a PVC nyomócsövek építésének több évtizedre visszanyúló hagyományai vannak. Magyarországon több mint 30 éve, - elődünk - a Hungária Műanyagfeldolgozó Vállalat (később PANNONPLAST) kezdte el gyártani, illetve vezette be a hazai piacon a KM-PVC nyomócsőrendszert, melyet legnagyobb mennyiségben jelenleg is cégünk gyárt és forgalmaz.

A hazai felhasználók nagyon hamar felismerték a PVC nyomócsőrendszer előnyeit, nevezetesen:

- a kis önsúlyt, amely könnyű mozgathatóságot biztosít,
- a kiváló külső- és belső korrózióállóságot,
- a kedvező üzemeltetési feltételeket (alacsony fajlagos hibarátá),
- az időben stabil és kedvező csőfal-érdességet,
- az egyszerű csőkötés és az erre alapuló építéstechnológiát, továbbá
- a magas színvonalú idom és szerelvényellátottságot.

A PVC nyomócsőrendszerekkel kapcsolatos hazai üzemeltetési tapasztalatok kedvezőek.

A PIPELIFE Hungária Kft. a kemény poli(vinil-klorid) – PVC-U – nyomócsöveket és idomokat sötétszürke színben, PN 6; 7,5; 10; 12,5 és 16 bar névleges nyomásra gyártja.

A $d_n = 20-450$ mm átmérőtartományban gyártott nyomócsöveink alkalmasak:

- belső – épületen belüli - és
- külső (elsősorban földbe fektetett)

ivóvíz, nyomás alatti kommunális szennyvízvezeték és minden PVC-re veszélytelen közeget szállító rendszerek létesítésére, max. 45 °C hőmérsékleten. (A víz hőmérséklet függvényében a **7. ábra és táblázat** ad tájékoztatást az üzemi nyomás meghatározásáról.) **Szabadon szerelt PVC-U nyomó vezetékben lég halmazállapotú anyagot szállítani tilos!**

A d_n 20-110 mm-es átmérőtartományban gyártott ragasztott tokos csőkapcsolattal szerelhető nyomócsöveink max. 10 bar üzemi nyomásnak megfelelő igénybevételekre építhetők be épületen belül:

- szerelőaknába,
- falhoronyba,
- falon kívül rögzített szabad szereléssel,

valamint:

- földbe fektetve.

E csőtípusra vonatkozó műszaki ismereteket külön alkalmazástechnikai kézikönyv foglalja össze.

A d_n 90-450 mm átmérőtartományban, a **KM tokos gumigyűrűs kötésű** nyomócsövek, – elsősorban – épületen kívüli földbe fektetett nyomóvezetékek létesítésére, minden lehetséges feladathoz megfelelő szerelvényezéssel, 6 és 16 bar közötti névleges nyomástartományban készülnek.

A 3. fejezet a továbbiakban a KM csőtípusra vonatkozó tervezési és kivitelezési előírásokat foglalja össze, valamint ajánlásokat fogalmaz meg a felhasználók számára.

3.1. A nyomócsőrendszer általános ismertetése

A nyomócsőrendszer alapeleme a KM nyomócső 6,0 m-es beépítési hosszal készül. A csőtok hosszmérete átmérő függő.

A tokban kialakított horonyban speciális profilú gumi tömítőelem helyezkedik el, amely tökéletes vízzárást biztosít.

A nyomócsövek a csőidomokkal- és egyéb szerelvényekkel együtt alkotnak teljes rendszert.

A PVC-U nyomócsövek, csőidomok, szelepek és kiegészítő szerelvények anyagára, vizsgálatára és minősítésére vonatkozó előírásokat az MSZ EN 1452 szabványsorozat alábbi kötetei tartalmazzák:

1. rész: Általános előírások
2. rész: Csövek
3. rész: Csőidomok
4. rész: Szelepek és kiegészítő szerelvények
5. rész: A rendszer céljának való megfelelés
7. rész: Útmutató a megfelelésértékeléséhez

A PIPELIFE Hungária Kft. rendszerének teljesebbé tétele érdekében forgalmaz öntöttvas idomokat és szerelvényeket is, gömbgrafitos és lemezgrafitos anyagminőségben egyaránt.

3.2. Felhasználói alapfogalmak

Az MSZ EN 1452-es szabványsorozatból azokat a fogalmakat és jelöléseket foglaljuk itt össze, amelyeket a felhasználóknak – elsősorban – a csővezetékrendszereket tervező szakembereknek célszerű megismerni.

A kemény poli(vinil-klorid) – PVC-U – nyomócsövek anyagának legkisebb elvárt szilárdsága:

$$MRS = 25 \text{ MPa}$$

az MSZ EN 1452-1 előírása szerint. Ebből az anyagjellemzőből képezik egy adott felhasználási területre a megengedett – tervezési – feszültséget (σ_s) egy általános üzemeltetési – tervezési – tényező (C) beiktatásával:

$$\sigma_s = \frac{[MRS]}{C} \quad (5)$$

A C tényező, legkisebb alkalmazható értékét, az MSZ EN 1452-2 a csőátmérő függvényében határozta meg:

- $d_n \leq 90 \text{ mm}$ csőtartományban $C = 2,5$ és így $\sigma_s = 10,0 \text{ MPa}$
- $d_n > 90 \text{ mm}$ csőtartományban $C = 2,0$ és így $\sigma_s = 12,5 \text{ MPa}$

A fenti megengedett feszültségértékek alapulvételével a KAZÁN-képlettel határozták meg az ISO illetékes bizottságában a csövek névleges – legkisebb – falvastagságát (e_n). A C tényező tehát a gyártmánytervezésben alkalmazott biztonsági faktor, mely figyelembe vesz bizonyos alkalmazási bizonytalanságokat is.

A nyomócsöveket a névleges nyomásuk (PN) és csősorozat (S) alapján osztályba kell sorolni. Az MSZ EN 1452-2 szerinti csősorozatokat a névleges – legkisebb – falvastagság feltüntetésével d_n 90 mm-től a **3. táblázat** tartalmazza.

A PIPELIFE Hungária Kft. standard csőgyártmányainak MSZ EN 1452 szerinti osztályba sorolását és a névleges falvastagságokat a **4. táblázat** foglalja össze. (A mindenkori aktuális termékválasztékunkat vonatkozó termék katalógusunk tartalmazza.)

A **csősorozat (S)** fogalmát a 2. fejezetben már bevezettük:

$$S = \frac{d_n - e_n}{2e_n} \quad (2)$$

A **névleges nyomást (PN)** a csősorozatot (S) és a megengedett feszültséget (σ_s) az alábbi összefüggés kapcsolja össze:

$$[PN] \cong \frac{10\sigma_s}{[S]} \quad (6)$$

3. táblázat

Névleges külső át- mérő d_n [mm]	Névleges (legkisebb) falvastagság							
	Csősorozat, S							
	S 20 (SDR 41)	S 16,7 (SDR 34,4)	S 16 (SDR 33)	S 12,5 (SDR 26)	S 10 (SDR 21)	S 8 (SDR 17)	S 6,3 (SDR 13,6)	S 5 (SDR 11)
	A C=2,5 üzemeltetési (tervezési) tényezőn alapuló névleges nyomás, PN							
	PN 6	PN 6	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 20
90	2,7	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	8,2
	A C = 2,0 üzemeltetési (tervezési) tényezőn alapuló névleges nyomás, PN							
	PN 6	PN 7,5	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25
110	2,7	3,2	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10,0
125	3,1	3,7	3,9	4,8	6,0	7,4	9,2	11,4
140	3,5	4,1	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7
160	4,0	4,7	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6
180	4,4	5,3	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4
200	4,9	5,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2
225	5,5	6,6	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	-
250	6,2	7,3	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	-
280	6,9	8,2	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	-
315	7,7	9,2	9,7	12,1	15,0	18,7	23,2	-
355	8,7	10,4	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	-
400	9,8	11,7	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	-
450	11,0	13,2	13,8	17,2	21,5	26,7	33,1	-
500	12,3	14,6	15,3	19,1	23,9	29,7	36,8	-
560	13,7	16,4	17,2	21,4	26,7	-	-	-
630	15,4	18,4	19,3	24,1	30,0	-	-	-
710	17,4	20,7	21,8	27,2	-	-	-	-
800	19,6	23,3	24,5	30,6	-	-	-	-
900	22,0	26,3	27,6	-	-	-	-	-
1000	24,5	29,2	30,6	-	-	-	-	-

4. táblázat

Névleges külső át- mérő d_n [mm]	Névleges falvastagság							
	Csősorozat, S							
	S 20 (SDR 41)	S 16,7 (SDR 34,4)	S 16 (SDR 33)	S 12,5 (SDR 26)	S 10 (SDR 21)	S 8 (SDR 17)	S 6,3 (SDR 13,6)	S 5 (SDR 11)
	A C = 2,5 üzemeltetési (tervezési) tényezőn alapuló névleges nyomás, PN							
	PN 6	PN 6	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 20
90	2,7	-	-	4,3	-	6,7	-	-
	A C=2,0 üzemeltetési (tervezési) tényezőn alapuló névleges nyomás, PN							
	PN 6	PN 7,5	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25
110	2,7	3,2	-	4,2	5,3	6,6	-	-
140	-	-	-	5,4	6,7	-	-	-
160	4,0	4,7	-	6,2	7,7	9,5	-	-
225	5,5	6,6	-	8,6	10,8	-	-	-
280	6,9	8,2	-	10,7	13,4	-	-	-
315	7,7	9,2	-	12,1	15,0	-	-	-
450	11,0	13,2	-	17,2	-	-	-	-

A PN [bar] névleges nyomást a hivatkozott szabvány tájékoztatóértéknek tekinti. A névleges nyomás elméletileg egyenlő azzal a legnagyobb – tranziensek nélküli – hidrosztatikus nyomással 20°C-os vízállításnál, amellyel szemben a cső- vagy csőidom képes folyamatosan – 50 év alatt – ellenállni. A cső falában víznyomással előidézett hidrosztatikus feszültség (σ) közelítő értéke a KAZÁN-képletből levezethető:

$$\sigma = \frac{p}{10} \cdot \frac{(d_{em} - e)}{2e}$$

(7)

ahol:

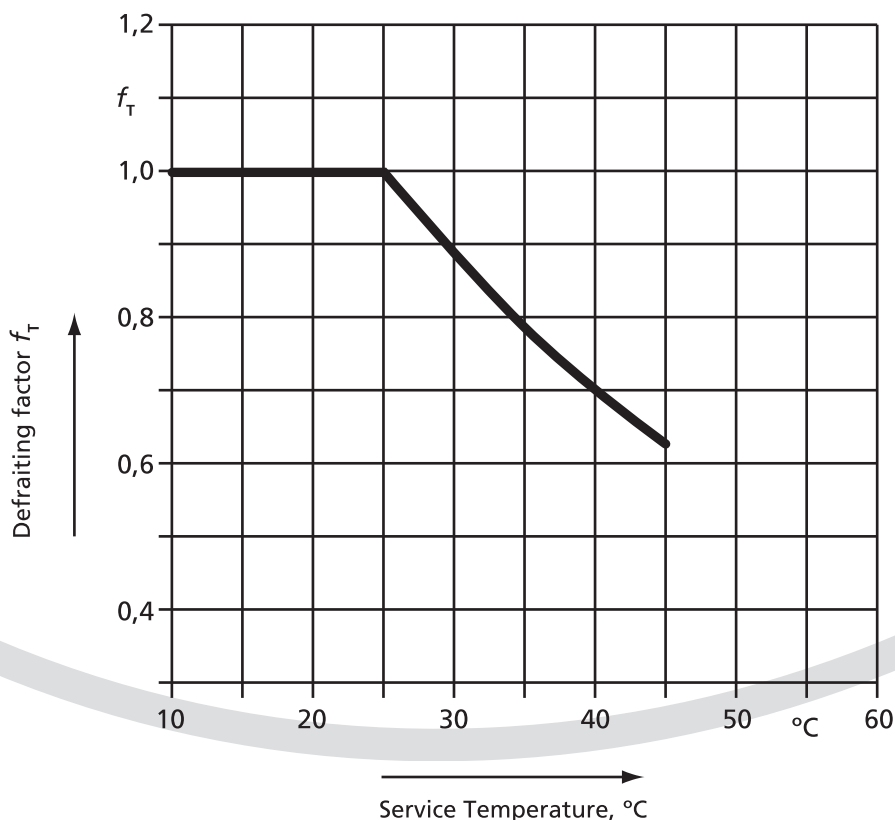
- σ - a hidrosztatikus feszültség [MPa; Nmm⁻²]
 p - víznyomás [bar]
 d_{em} - cső átlagos külső átmérője [mm]
 e - a cső falvastagsága, bármely pontban [mm]

A megengedett üzemi nyomás (jele: PFA), és a névleges nyomás (PN) között csak elméleti egyenlőség áll fenn, amely abban az esetben igaz, ha a cső- illetve csőrendszer kizárólag hidrosztatikus terhelést kap – tranziensek nélkül –, és a szállított víz hőmérséklete nem haladja meg a 25°C-ot. Az MSZ EN 1452-1 szabvány 25°C szállított víz hőmérséklet felett egy f_T jelű tényezővel csökkenti a névleges értéket, továbbá beiktat egy f_A alkalmazástól függő tényezőt is, amelynek szükségességét és értékét a tervező mérlegelésére bízta:

$$[PFA] = f_A \times f_T \times [PN] \quad (8)$$

Az f_T értékére a víz hőmérséklet függvényében a **7. ábra és táblázat** – az MSZ EN 1452 alapján – ad tájékoztatást. A MSZ EN 1452-es szabványsorozat a PVC-U nyomócsövek alkalmazásának felső hőmérsékleti határát 45°C-ban határozta meg, így f_T értelmezése is e határig terjed.

Hőmérséklet [°C]	10-25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45
f_T csökkentő tényező	1,0	0,95	0,90	0,85	0,8	0,75	0,7	0,67	0,64



7. ábra: Az f_T csökkentő tényező értéke a hőmérséklet függvényében (MSZ EN 1452-1)

Az f_A csökkentő és növelő tényező is lehet. Csökkentő tényezőként különleges igénybevételek esetén javasoljuk alkalmazni, például: olyan nyomás alatti vezetékeknél, ahol jelentős vákuumhatások fellépése sem zárható ki.

Az f_A tényezőt nem kell alkalmazni, ha a csővezeték **részletes** erőtanai számítás készül az MSZ EN 1295-1 szabvány irányelvei szerint (lásd: 3.4.3. fejezet).

A hivatkozott szabvány definiálja a megengedett helyszíni vizsgálati nyomást (PEA) – próbanyomást – is, melynek értékét a megengedett üzemi nyomáshoz (PFA) köti:

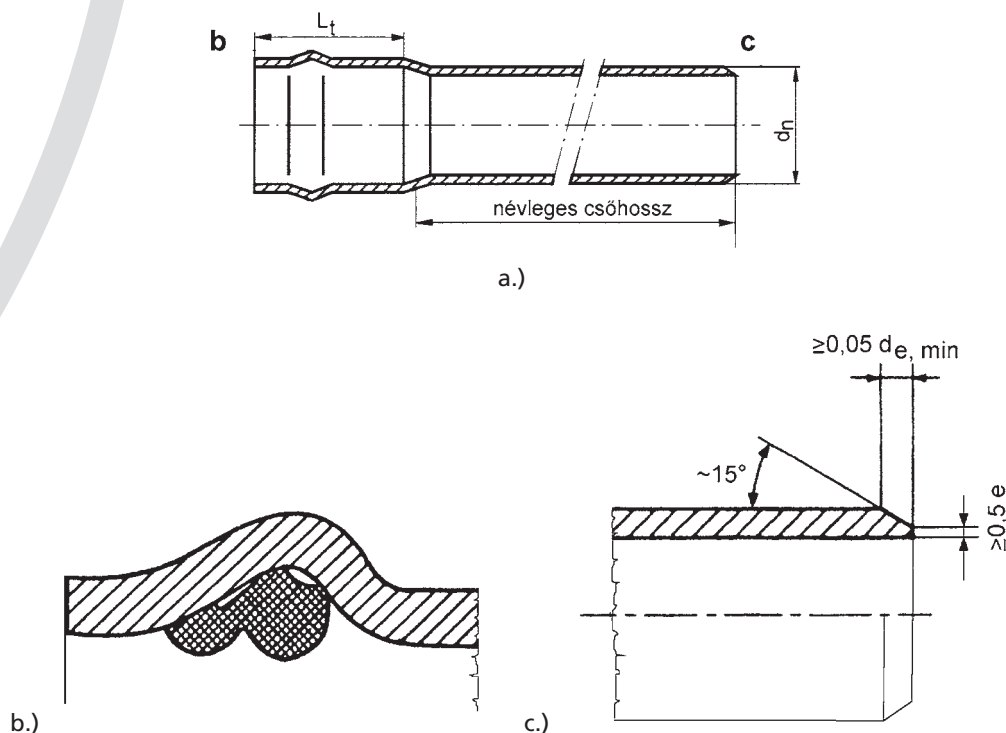
$$[PEA] = 1,5 \times [PFA], \text{ de legfeljebb } [PFA] + 5 \text{ bar} \quad (9)$$

3.3. A csőrendszer elemei, csőkötések

A PVC-U anyagú KM nyomócsőrendszer elemei:

- a tokos gumigyűrűs tömítésű csövek,
 - a tokos gumigyűrűs illesztésű csőidomok, amelyek készülhetnek:
 - fröccsöntéssel és
 - csőből formázva
 - egyéb, kiegészítő szerelvények,
- valamint:
- a csővel nem azonos anyagú idomok és szerelvények.

A KM nyomócsöveket 6,0 m-es névleges beépítési hosszal gyártjuk, a 8. ábra szerint tok- és csővég kialakítással, speciális profilú légcéllás gumigyűrűvel.



8. ábra: KM nyomócső
a.) hosszmetset, b.) tok kialakítás részlete, c.) csővég rézselése

A csőtokok méretét az MSZ EN 1452-2 szabályozza. A PIPELIFE által gyártott csövek tok hosszúságát (L_t) az átmérő függvényében az 5. táblázat tartalmazza. Ezek teljes mértékben kielégítik a vonatkozó szabvány előírásait, amely a tokbemenet és a tömítési terület hosszára (c), valamint a tömítési mélység (m_{min}) minimális hosszára tartalmaz iránymutatást.

5. táblázat

d_n [mm]	90	110	140	160	225	280	315	450
L_t [mm]	108	115	124	132	152	170	180	215

A csövek betolási vége gyárilag rézsel kivitelű. A fenti szabvány a rézselés geometriájára is meghatároz minimális értékeket a külső átmérő és a falvastagság függvényében (az erre vonatkozó összefüggéseket a 8./c. ábra tünteti fel).

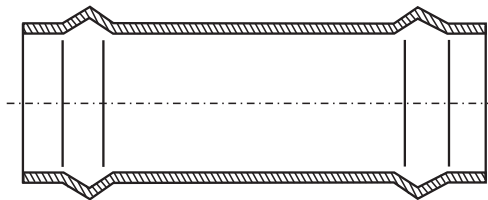
A különböző átmérőjű és nyomásfokozatú csövek részletes méretadatait a termékkatalógusok tartalmazzák.

A PIPELIFE Kft. a nyomócsövekkel azonos átmérőtartományban gyárt, illetve forgalmaz PVC csőből és öntöttvasból készült idomokat is. Az idomok a nyomócsövekkel azonos nyomástartományban alkalmazhatók, de csak két nyomásfokozatban kerülnek forgalomba.

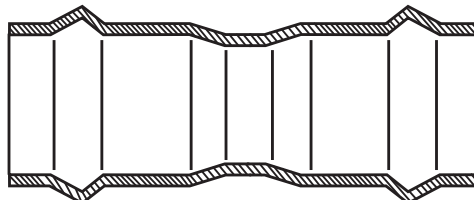
Vastagított falú PVC csőből készülnek a következő termékek.

Az áttoló idomok (lásd: **9. ábra**) felhasználhatók:

- építéshez: különleges beépítési feladatokhoz (pl.: csomópontok kialakítása),
- utólagos beépítésekhez, valamint
- hibaelhárításhoz.

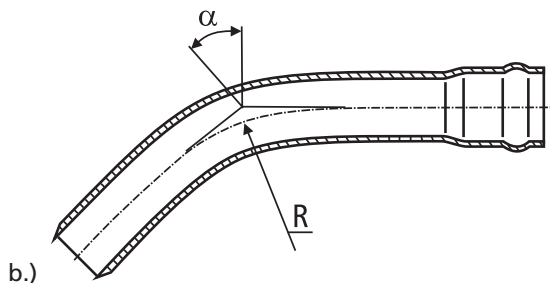
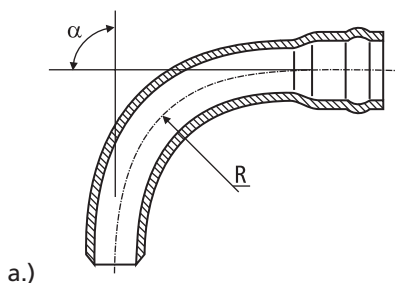


9. ábra:
U-KS jelű áttoló karmantyú



10. ábra:
MM-KS jelű kettős karmantyú

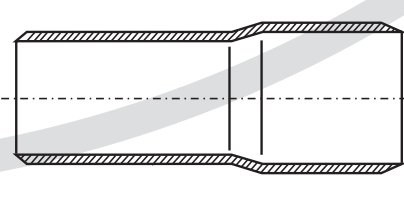
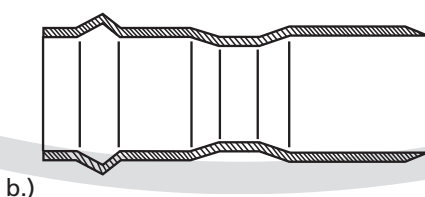
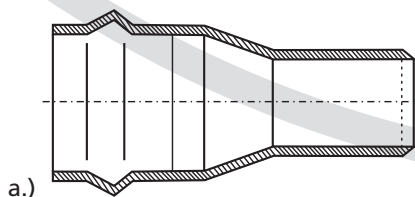
A kettős karmantyúkkal (lásd: **10. ábra**) a tok nélküli – sima végű – csövek csatlakoztatására van lehetőség. Iránytörésekhez alkalmazhatók a hidraulikailag kedvező konstrukciójú (hajlítási sugár $3,5 \times d_H$) – csőből formázott – MK-KS és MQ-KS betűjelű karmantyús ívcső idomok.



11. ábra: Csőből formázott karmantyús ívcsövek:
a.) MK-KS jelű ívcső: $\alpha = 11^\circ, 22^\circ, 30^\circ$ és 45°
b.) MQ-KS jelű 90° -os ívcső

Átmérőváltásokhoz állnak rendelkezésre a tokos szűkítő idomok (lásd: **12.a. ábra**). A szűkítés mértéke minden esetben csak egy csőátmérőt fog át, az általunk gyártott csőméretsorra vonatkoztatva.

Felhasználói igényeknek megfelelően, rendelkezésre állnak olyan átmeneti idomok, melyek segítségével a KM PVC-U nyomócsövet csatlakoztatni lehet AC nyomócsőhöz (lásd: **12.b., 12.c. ábra**).



12. ábra: Szűkítő és átmeneti idomok:
a.) MR-KS szűkítő, b.) KM-AM tokos átmeneti idom, c.) KM-AS sima átmeneti idom

A nyomócsőrendszer ugyancsak fontos elemei az öntöttvasból készült idomok és szerelvények, melyek lehetővé teszik a különböző csomópontok kialakítását. A termékek kétféle minőségben állnak rendelkezésre:

- gömbgrafitos idomok és szerelvények (GGG) epoxigyanta bevonattal (igény esetén, zománcozott, vagy cementált belső bevonattal),
- lemezgrafitos idomok (GG) és szerelvények.

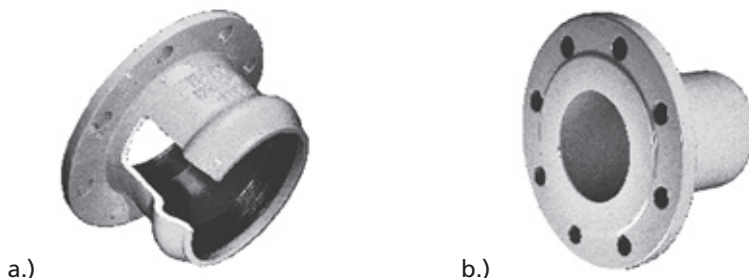
Az idomok a teljes méretsorban rendelkezésre állnak.

T-elágazók tokos és karimás kivitelben, azonos vagy szűkített méretű leágazással készülnek. A T-idomok típusait a 13. ábra mutatja be.



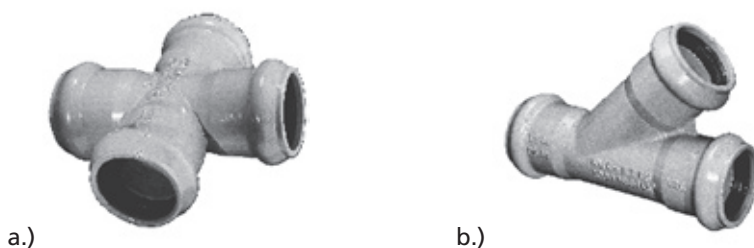
13. ábra: Gömbgrafitos T idomok:
a.) tokos (MMB-KS), b.) karimás-tokos (MMA-KS), c.) karimás (T)

A nyomócsőrendszerekben elkerülhetetlen – az általában nem homogén anyagú – elzárókhoz, szerelvényekhez való csatlakozás. Az E- és F idomok közbeiktatásával a rendszerben karimás kötések hozhatók létre.



14. ábra: Karimás idomok:
a.) karimás-tokos E-KS kötőelem, b.) karimás-síma F-KS kötőelem.

A bemutatott idomok csak a rendszer alapelemei, a termékválaszték azonban ettől lényegesen nagyobb, melyről a katalógusaink adnak részletes tájékoztatást. Ilyen idom például, a kevésbé ismert keresztidom (MMBB-KS) vagy a 45° tokos elágazó idom (MMC-KS). (Lásd: 15.a., és 15.b. ábrákat.)



15. ábra: Gömbgrafitos elágazó idomok
a.) MMBB-KS tokos keresztidom, b.) MMC-KS tokos 45°-os elágazó idom.

A PVC-U csővezetékrendszer csőidomaira az MSZ EN 1452 szabványsorozat 3. kötete tartalmaz előírásokat. Az idomok tok- illetve vég kialakításai lényegében megegyeznek a csöveknél ismertetett méretekkkel.

Az elzáró- és kiegészítő szerelvények csoportján belül a földbe építhető tolózárak karimás csatlakozással szerepelnek termékválasztékunkban (lásd: 16. ábra). A tolózárakhoz teleszkópos- illetve normál kivitelű szárhosszabbítók és kézikerék is rendelkezésre állnak.



16. ábra: Karimás tolózárak:

A megcsapoló hidak kisebb átmérőjű leágazásokhoz, házi-bekötésekhez felhasználható különleges szerelvények. Egyes típusai nyomás alatti vezetékek megfűrésára is alkalmasak. A Pipelife Hungária Kft. termékválasztékában, többféle típus is megtalálható.

A megcsapoló hidak leágazó vezetékeként a PE nyomócsövek alkalmazhatók célszerűen, de az idomok kialakítása lehetővé teszi egyéb csőtípusok csatlakoztatását is.

Az elzárókra és kiegészítő szerelvényekre a többször hivatkozott MSZ EN 1452-es szabványsorozat 4. kötete tartalmaz előírásokat.

Az PVC-U idomok és a szerelvények a csövekhez hasonló módon osztályba vannak sorolva a névleges nyomás (PN) és a csősorozat (S) alapján. A PIPELIFE által gyártott vagy forgalmazott PVC-U csöveken, idomokon és szerelvényeken szereplő megjelölés a gyártó megnevezése mellett általában az alábbi, a felhasználók számára fontos információkat tünteti fel:

- vonatkozó termékszabvány megnevezése,
- névleges átmérő(k) és névleges falvastagság(ok),
- anyag megnevezése,
- névleges nyomás (és csősorozat vagy szabványos méretarány)
- gyártási időpont.

A PVC nyomócsőrendszerhez, mint már korábban is említettük, alkalmazhatók egyéb kiegészítő elemek – idomok és szerelvények – is. Kérjük, kísérje figyelemmel termékválasztékunkat, amelyet a felhasználóink igényeihez igazodva folyamatosan bővítünk és fejlesztünk.

A nyomócsőrendszerünk a tokos csőkapcsolatokra épül, ezért a kiegészítő szerelvények közül kiemelnénk a felnyíló kötések húzásbiztossá tételére alkalmas, gömbgrafitos öntvényből készült fogóbilincset – húzásbiztosító – (lásd: **17. ábra**), amely 16 bar nyomásig biztonságos megoldást nyújt. Alkalmazását elsősorban a szabadon szerelt vezetékek esetében javasoljuk.

A műtárgyak- és falátvezetések korrekt – vízzáró – kapcsolata aknabekötő idomaink beépítésével szavatolható (lásd: **18. ábra**).



17. ábra:
Fogóbilincs húzásra gömbgrafitos öntvényből,
tokos PVC- és öntöttvas idomokhoz



18. ábra:
KMFP (KGFP) befalazó idom

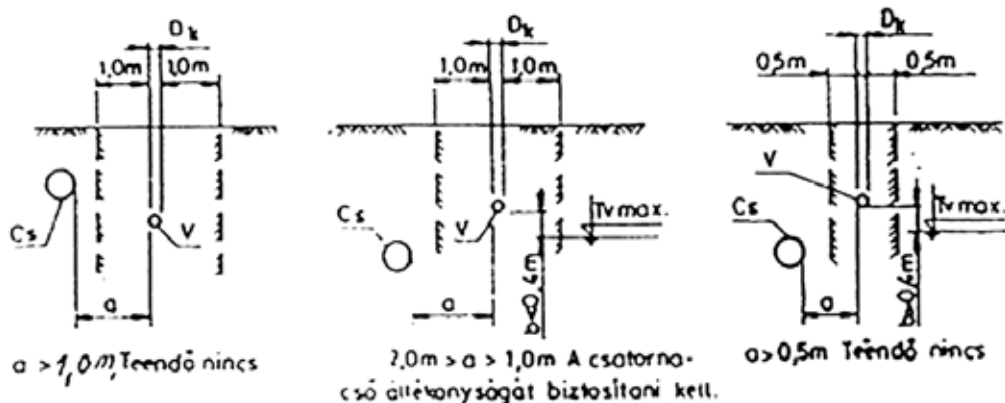
A fejezetben ismertetett tokos és karimás kötések, speciális idomok és szerelvények szerelési, építés-kivitelezési vonatkozásainak részleteire az 5. fejezetben térünk ki.

3.4. A nyomócsőrendszer tervezése

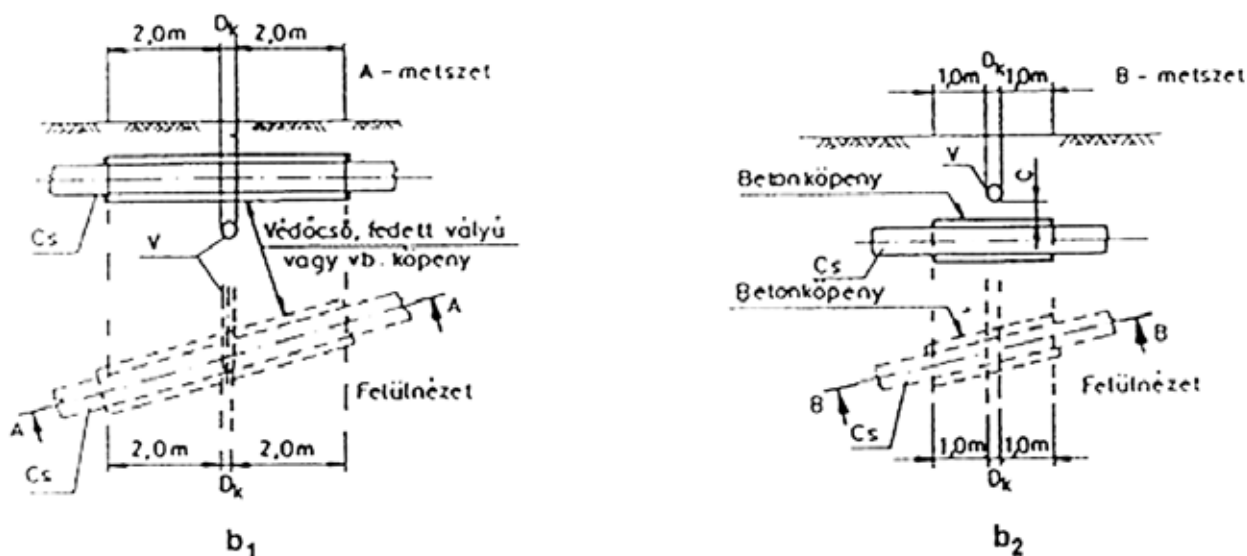
3.4.1. Vízszintes és magassági vonalvezetés

A vízi-közművek föld alatti elrendezésére az MSZ-7487 Közmű és egyéb vezetékek elrendezése közterületen c. szabványsorozat rendelkezéseit kell irányadónak tekinteni. Ez szabályozza a közműrendet, a közművek egymástól, illetve épületektől való távolságát.

A 123/1997.(VII.18) Korm.rendelet a vízszállító és elosztó vezetékek védősávjára tartalmaz előírásokat; rendelkezik az ivóvízvezetékkel párhuzamosan vezetett, illetve keresztező szennyvízcsatornák magassági helyzetének és a talajvízszint függvényében az ivóvízvezeték védelmezésének a módjáról, a **19. ábra** szerint.



a.) Párhuzamos védőtávolságok



b.) Keresztezések védőtávolságai

b_1 : csatornacső magasabban fekszik, mint a vízcső

b_2 : a csatornacső mélyebben fekszik, mint a vízcső

/C értelmezése: $C < 0,5\text{ m}$ esetén: vízvezetéken csőkötés 4,0 m-en belül nem lehet

$1 > C > 0,5\text{ m}$ esetén: 4,0 m-en belül létesíthető csőkötés/

JELMAGYARÁZAT:

- V - vízvezeték
- Cs - csatorna
- D_k - külső átmérő
- Tv_{max} - maximális talajvízszint
- //// - védősáv határa

19. ábra: Közegészségügyi védőtávolságok I/23/1997. (VII.18.) Korm.rendelet):
a.) párhuzamos védőtávolságok, b.) keresztezések védőtávolságai

A fenti rendeleteket figyelembe kell venni, és be kell tartani az ivóvízvezetékek nyomvonalának megtervezésekor. Az ivóvízvezetékek földtakarására irányadónak kell tekinteni a **6. táblázat** értékeit. A minimum értékek meghatározása elsősorban a fagyveszélyesség figyelembevételével történt. Statikai 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 statikai 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 kialakítása a tehereloszlás biztosítására.

6. táblázat

A vezeték átmérője [mm]	Földtakarás [m]	
	legkisebb	Legnagyobb
80-300	1,20	3,00
> 300	0,80	3,00

A nyomvonal megközelítőleg kövesse a terep lejtéviszonyait, de túl sok magas- illetve mélypont létesítését kerülni kell.

3.4.2. Hidraulikai méretezés

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

Ismeretes, hogy állandó folyadékmennyiség szállításakor a cső mentén:

$$h_v = \lambda \cdot \frac{v^2 \cdot l}{2g \cdot d_i} \quad (10)$$

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

- γ - 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 λ értékét a Colebrook-White formulával számoljuk az IWSA ajánlásaival összhangban:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{k}{3,7 \cdot d_i} + \frac{2,5 \cdot l}{R_e \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad (11)$$

A képletben:

- k - a csővezeték érdessége [mm]
- R_e - Reynolds szám:

$$R_e = \frac{v \cdot d_i}{\nu} \quad (12)$$

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.

KM PVC csővezetékeinknél 7. táblázatban megadott k értékek figyelembevételét javasoljuk.

7. táblázat

KM-PVC CSŐVEZETÉK FUNKCIÓJA	„ k ” a CSŐVEZETÉK ÁLLAPOTA szerint [mm]	
	Új	használt
Táv- és fővezetékek	0,03	0,1
Elosztóhálózat	0,1	0,4

A különböző gyártmányokhoz kötött hidraulikai méretező táblázat és diagram mellett több általános érvényű tervezői hidraulikai méretező segédlet áll rendelkezésre [8] a nyomásvesztések meghatározásához. Az ilyen jellegű segédanyagok használatánál:

- az érdességi tényező és
- a belső átmérő

értelmezése a tervező felelőssége. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a jelzett hidraulikai méretező táblázatok többsége a régi névleges átmérő (NA) rendszerén alapul. Ezen táblázatoknál az áttérés más átmérőkre egyszerű lineáris interpolációval nem biztosítható. Az átszámításhoz a:

$$I_x = I_T \cdot \left(\frac{Q_x}{Q_T} \right)^2 = I_T \cdot \left(\frac{v_x}{v_t} \right)^2 = I_T \cdot \left(\frac{D_T}{d_i} \right)^5 \quad (13)$$

összefüggések használatát javasoljuk. A „ x ”-szel megjelölt tényezők értékei az ismeretlenek, - azokat akarjuk meghatározni - a „ T ”-vel jelöltek a táblázatban szereplő értékek [8].

3.4.3. Erőtani méretezés

Az atmoszférikus-, illetve az annál nagyobb- vagy kisebb nyomáson üzemeltetett vízellátási csővezetékek, a szennyvízcsatornák- és vezetékek, illetve a vízgazdálkodásban alkalmazott csővezetékek statikai számításainak követelményeit az MSZ EN 1295-1 1. rész: Általános követelmények c. nemzeti szabvány tartalmazza.

A hivatkozott 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.
(Megjegyzés: Egységes – közös – statikai számítási módszer a EU tagországokban jelenleg még nincs.)

A tervező feladata az MSZ EN 1295-1 rendelkező hivatkozásainak alapulvételével a megfelelő számítási eljárás kiválasztása.

A EU tagországok többsége részére ez egyszerű és könnyen megoldható feladat. Hazai viszonylatban a helyzet bonyolultabb, mert az MSZ EN 1295-1 nemzeti szabvány B. melléklete Magyar számítási eljárást nem tartalmaz. Az egyes tagországok számítási eljárásainak átvétele sem probléma mentes a speciális hazai altalaj- és talajvíz viszonyok és a tagországokkal nem konform közúti járműterhek miatt.

Első lépésként felsoroljuk az MSZ EN 1295-1 szabvány néhány alapvető – az erőtan számítás befolyásoló – előírását illetve kitételét:

- 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.
(Megjegyzés: Műanyag csöveknél az önsúly szinte minden esetben elhanyagolható. A csőben lévő víz súlya csak $d_n > 600$ mm esetén van lényeges hatással a végeredményre.)

- Az atmoszférikus nyomásnál nagyobb belső csővezetési nyomást a külső terhekkal együttes terhelésnek kell tekinteni.

- A cső- és a környező talaj merevségének kölcsönhatását figyelembe kell venni.

- 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 félmerev csövek alakváltozásait is megváltoztathatja.

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

(Megjegyzés: A nyomáslengések – dinamikus többletterhek, tranziens folyamatok – az alárendelt elosztóhálózatok kivételével szinte minden hálózatban előfordulnak. A gyors sebességváltozások, a szivattyú indítás-leállítás, tolózárak nyitása-zárása, lejtős terepen lévő fogyasztó-töltő vezetékek üzemelése egyaránt előidézi. Mérési adatok- és pontosabb számítások hiányában az üzemi nyomás biztonsági tényezővel való felszorozásával is képezhető. Számszerű meghatározásához üzemeltetői konzultáció javasolható.)

- 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 (mint előző pontnál, de dinamikus hatásokkal) és
- a rendszer vizsgálati nyomását (próbanyomását).

- 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.

(Megjegyzés: A PVC-U nyomócsövekkel kapcsolatos nagyszámú vizsgálatok azt igazolják, hogy a T_{r1} 85 %-os homokágyazatba fektetett SDR<26 PVC nyomócsövek behajlása jelentéktelen, az alakváltozás vizsgálata mellőzhető.)

- 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.

(Megjegyzés: Az ivóvíz csővezetékknél a vákuum – jól szelvényezett magaspontok esetében – ritkább jelenség. Általánosabb a szennyvíz nyomóvezetékknél, ahol értékét – közelítően – 0,1 DP nagyságban lehet számítani. A vákuum által érintett szakasz terjedelme tengely irányban – fél hosszban – $15-20 \times d_n$ -nek feltételezhető.)

A fentiek alapulvételével, de nemzeti csőstatikai szabvány hiányában a PIPELIFE Hungária Műanyagipari Kft. gyártói minőségében **nyomócsöveinek méretezéséhez az alábbi számítási eljárást javasolja.** (Az ismertetésre kerülő eljárás a PIPELIFE Hungária Kft. és a szerzők saját szellemi terméke. **Ebben a formában, semmiféle kiadványban nem szerepeltethető és hivatkozási alapként sem használható fel!**)

A PIPELIFE Műanyagipari Kft. által forgalmazott PVC-U nyomócsövek statikai méretezése az alábbi lépésekben történhet:

- RENDSZERMEREVSÉG MEGHATÁROZÁSA
- TERHEK SZÁMÍTÁSA
- IGÉNYBEVÉTELEK MEGHATÁROZÁSA és
- FESZÜLTSEGEK és ALAKVÁLTOZÁSOK ELLENŐRZÉSE

A **rendszermerevség** meghatározására Voellmy módosított képletének használatát javasoljuk:

$$n = \frac{2}{3} \cdot \frac{E_{cs}}{E_t} \cdot \left(\frac{e}{d_n - e} \right)^3 \quad (14)$$

ahol:

- E_{cs} - a cső rugalmassági modulusa
- E_t - a talaj összenyomódási – alakváltozási – modulusa
- e - a cső falvastagsága
- d_n - a cső külső átmérője
- n - a rendszermerevség

Ha $n < 0,083$; akkor a cső **rugalmas** a környező talajhoz – ágyazathoz – képest. Ha $n > 0,083$; akkor a cső az ágyazathoz képest **merev**, és $n \approx 0,083$ körüli értéknél **átmeneti** (félmerev) kategóriáról beszélünk.

A fenti képletben a PVC-U nyomócső cső rugalmassági modulusát (E_{cs}):

- kezdeti – rövid időtávra: $E_0 = 3200 \text{ Nmm}^{-2}$
- hosszú időtávra – 50 év: $E_H = 1400 \text{ Nmm}^{-2}$

értékkel lehet figyelembe venni.

Az „n” rendszermerevséget alapvetően befolyásolja a talaj összenyomódási modulusa (E_t). A PVC csövekhez tervezhető ágyazatok, illetve a környező talaj összenyomódási modulusát meg lehet határozni talajmechanikai laborvizsgálatokkal. Ez időigényes és költséges feladat, az elérhető eredmény megbízhatósága nincs összhangban a ráfordításokkal. (Az 5.3.3. fejezetben erről további útmutatások olvashatók.) Ezért a különböző európai országok nemzeti szabványai a 8. táblázat értékeit javasolják a számításokban alkalmazni.

8. táblázat

TALAJFAJTA		TÉRFOGATTÖMEG γ [kNm ⁻³]	BELSŐ SÚRL. ϕ [°]	E _{talaj} ALAKVÁLTOZÁSI MODULUS 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 KM-PVC csövek erőtani számításához a 2 jelű talajfajta – T_{ry} 85 %-os relatív tömörséggel – javasolható ágyazatként. A cső beágyazásához természetesen egyéb keverék talajféleségek, vagy a munkaárból kitermelt talajok is felhasználhatók. Az ágyazat megtervezése fontos feladat, amelyhez további ismereteket az 5.3.3 fejezetben részletezünk. Fontos szabály, hogy az ágyazat E_t értéke 1,00 Nmm⁻² értéknél lehetőleg ne legyen kisebb.

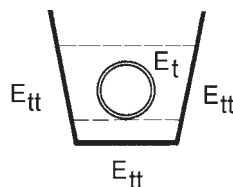
A gyakorlatban sokszor előfordul, hogy a PVC cső fektetési síkjában rossz minőségű talajok – feltöltés, laza homok, öntéstalajok, stb. – találhatók. Ilyen esetben az ágyazat E_t számításánál korrekciós tényezőt (α) kell alkalmazni:

$$E'_t = \alpha \cdot E_t \quad (15)$$

és:

$$\alpha = \frac{1}{0,4 + 0,6 \cdot \frac{E_t}{E_{tt}}} \quad (16)$$

A jelölések értelmezése a 20. ábrán látható.



20. ábra: Értelmezés az ágyazati modulus korrekciós tényezőjének meghatározásához

A hőre lágyuló műanyag csöveknél – az ágyazat bedolgozhatóságának korlátai miatt – előfordulhat, hogy a termett talaj tömörségi viszonyai „in situ” állapotban kedvezőbbek, mint az ágyazaté. Ilyen esetben a cső mellett előírt, min. 25 cm-es munkatér miatt az „ α ” tényező az E_t növelésére nem használható.

[1. Példa a rendszermerevség kiszámítására különböző altalajviszonyok esetén:

- Csőadatok: $d_n = 450$ mm, $e_n = 17,4$ mm (PN 10 bar)
 $E_0 = 3200$ Nmm⁻², $E_h = 1400$ Nmm⁻²
- Talaj: **A.)** a termett talaj a fektetés síkjában tömör homok
 T_{ry} (becsült) = 90 % $\rightarrow E_{tt} \approx 3,0$ Nmm⁻²
az ágyazat kavicsos homok ($d_{max} = 10$ mm), 10 % agyag-iszap tartalommal
 $\phi = 35^\circ$ és $T_{ry} = 85$ % $\rightarrow 2,5$ Nmm⁻²

Korrekciós tényezővel nem kell számolni, a rendszermerevség tehát:

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3200}{2,5} \cdot \left(\frac{17,4}{450 - 17,4} \right)^3 = 0,0555$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1400}{2,5} \cdot \left(\frac{17,4}{450 - 17,4} \right)^3 = 0,0243$$

A példában szereplő adatokkal a KM PVC $d_n = 450$ mm-es cső kezdeti állapotban és hosszú távon is rugalmas szerkezetként viselkedik. Egyértelmű, hogy ezt a cső- és ágyazati együttest rugalmas szerkezetként kell kezelni.

B.) a termett talaj iszapos öntés talaj

T_{ry} „in situ” ~85 %, az $E_{tt} = 0,85 \text{ Nmm}^{-2}$ (talajmechanikus által meghatározott érték).

Az ágyazat: homok, $T_{ry} = 85\%$ és $E_t = 1,2 \text{ N/mm}^2$

Előbb az α korrekciós tényezőt kell meghatározni:

$$\alpha = \frac{1}{0,4 + 0,6 \cdot \frac{1,2}{0,85}} = 0,80$$

A korrigált E'_t ágyazati modulus:

$$E'_t = 0,80 \cdot 1,2 = 0,96$$

A rendszermerevség ezek után:

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3200}{0,96} \cdot \left(\frac{17,4}{450 - 17,4} \right)^3 = 0,1446$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1400}{0,96} \cdot \left(\frac{17,4}{450 - 17,4} \right)^3 = 0,0633$$

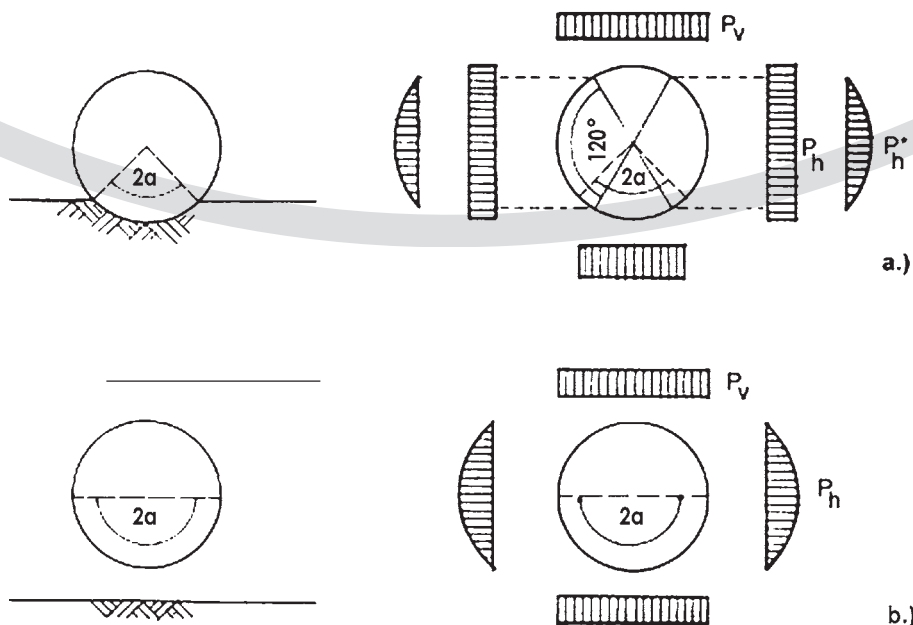
A példa kapcsán látható, hogy az „n” értékét az ágyazat minősége mellett az altalajviszonyok is jelentősen befolyásolhatják. A B.) példa esetében a cső félmerevnek tekinthető. Általában célszerű az ágyazat és „in situ” altalaj viszonyát $0,75 \leq \alpha \leq 1,35$ érték között tartani, gazdasági megfontolások miatt.]

(Megjegyzés: Az ágyazat kialakításával kapcsolatos szabályokat az 5.33. fejezet tartalmazza.)

A terhek meghatározásánál – KM PVC-U cső termékválasztékunk alapulvételével:

- a függőleges és vízszintes földterhet és
- a járműterhet

részletezzük. A belső nyomásból adódó terhelés-, illetve feszültség meghatározást az igénybevételeknél tárgyaljuk. A járulékos teherként kezelhető tengelyirányú erők meghatározását a 3.4.4. fejezet foglalja össze.



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

A földteher függőleges és vízszintes összetevőjének nagyságát a rugalmas és átmeneti kategóriában az ágyazat készítése-, illetve kialakítása befolyásolja. A rugalmas és átmeneti kategóriákba tartozó csöveknél a 21. ábra szemlélteti az ágyazás két lehetséges megoldását.

Európában több nemzeti szabvány a 21/a. ábra szerinti kialakításra építi fel a méretezési eljárását. Mivel a hazai gyakorlatban a műanyag csövek termett talajba történő beágyazása nem jellemző (ennek kivitelezési realitásai miatt), így a 21/b. ábrarész szerinti teljes beágyazást és tehereloszlási modellt kell alapul venni.

Ebben az esetben a nyomócsöveknél a földteher:

$$P_v = \gamma \cdot H \quad (17)$$

A fenti képletben:

P_v	-	a függőleges – vertikális – földteher [kNm ⁻²]
γ	-	a talaj térfogattömege [kNm ⁻³]
H	-	a takarás (cső tetővonalától a térszintig terjedő távolság) [m]

A „H” takaráson belül az eltérő térfogattömegű rétegeket külön-külön kell számításba venni. Ha a rétegek térfogattömege azonos, az állandó teher csak a „H” értékétől függ és így lineárisan változó.

(Megjegyzés: A függőleges földterhek munkaárok méreteitől függő értékeinek meghatározásához is állnak rendelkezésre elméletek. Nyomócsövek esetében ezek alkalmazása nem indokolt. Részletesen lásd: a gravitációs csatornák méretezésénél a 4.4.6. fejezetben.)

A P_h értéke a P_v -ből határozható meg:

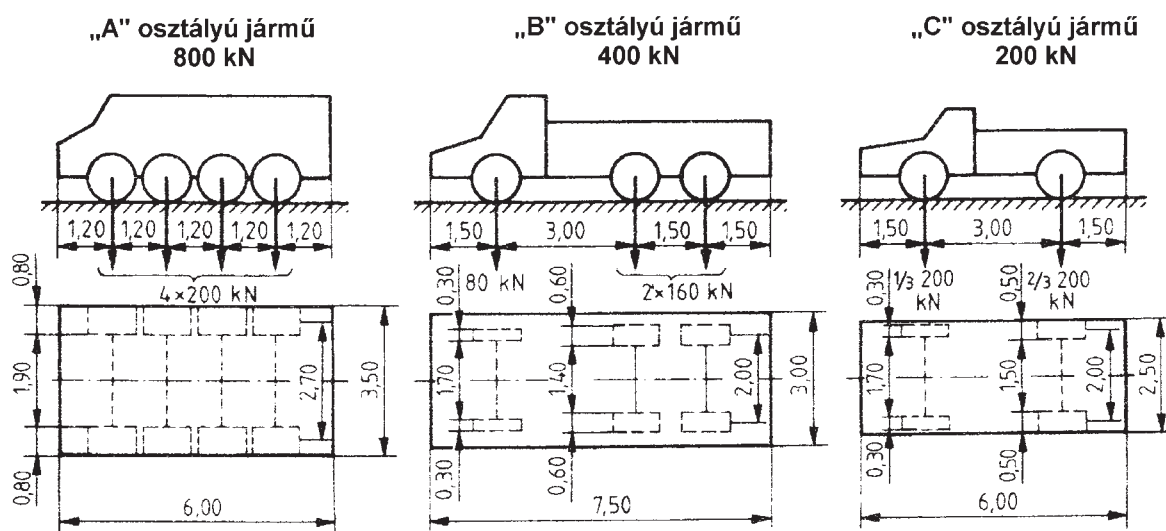
$$P_h = k \cdot P_v \quad (18)$$

ahol:

$$k = \frac{0,074}{n + 0,06} \quad (19)$$

Az „n” a rendszermerevség értéke Voellmy képlete (14) alapján.

Az esetleges terhek csoportjában a járműteher a meghatározó. Irányadónak tekintendő az „MSZ-07-3701/ 86: Közúti Hidak erőtanai számítása” szabvány, amely jelenleg is érvényben van. A teherosztályok járműsúlyait és méretadatait a 22. ábra és a 9. táblázat mutatja be.



22. ábra: Közúti járműterhek az MSZ-07-3701-86 szerint

(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 fenti megjegyzések miatt a nyomócsöveknél és a gravitációs hálózatoknál egyaránt nagyon fontos a járműosztály helyes és megfelelő alkalmazása. Ehhez adatokat a hálózatok üzemeltetőitől és a területileg illetékes önkormányzattól célszerű beszerezni. A hivatkozott szabvány alkalmazásáig az „A” terhelési osztály automatikus alkalmazása jelentős túlméretezésekhez vezethet.)

9. táblázat

OSZTÁLY	JÁRMŰ ÖSSZSÚLY [kN]	ELSŐ TENGYEL		TÖBBI TENGYEL	
		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

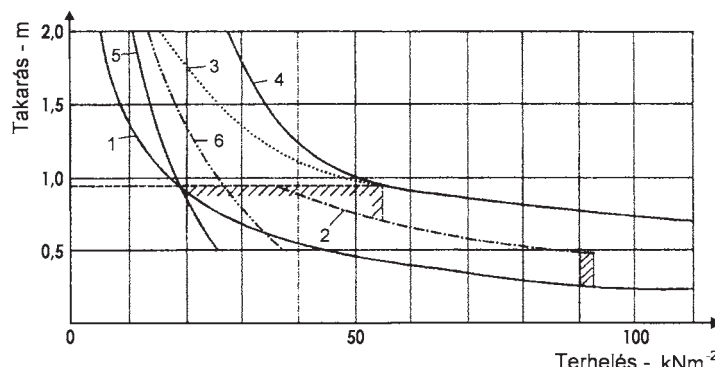
A kerék felfekvése a haladás irányában 0,20 m

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

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 közbelső 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 23. ábra eltérő feszültség-eloszlási modell szerint mutatja be a jármű-teher nagyságát a takarási mélység függvényében [4]. A "Közüti Hidak erőtanai számítása" szerint a csővezetékekre alkalmazható egyszerűsítő feltétel az 5. görbének felel meg.

Az elmúlt évek tapasztalatai és mérési eredményei azt mutatták, hogy a járműteher hatásai 1,0 m-nél kisebb takarás esetén intenzívek. Az 1,0 m fölötti takarásoknál, például az alakváltozásra gyakorolt hatásuk, nem mutatható ki. A fentiek ismeretében javasolható az 1,0 m-nél kisebb takarási mélységek esetén a 23. ábra 6 görbéjével jellemzett terhelés alkalmazása. (Ez a szélső kerékfelületek által bezárt négyszög alapterületével osztott járműsúlyból és 45°-os tehereloszlással adja meg a terhelést.)



23. ábra: Közüti "A" teherből számított járműteher a takarási mélység függvényében különböző tehereloszlási módszerek esetén: 1 kerekenként 45°-os tehereloszlással: q , 2 egyszeres teherhalmozódással: $2q$, 3 kétszeres teherhalmozódással: $3q$, 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.

[2. Példa: Az 1/A példa adatainak felhasználásával.

A „H” földtakarás: 1,40 m, ebből 0,35 m a burkolatszerkezet vastagsága.
Terhelés: MSZ-07-3701/86 szerint, „A” járműosztály

- Függőleges földteher:

$$0,35 \cdot 22 = 7,70 \text{ kNm}^{-2}$$

$$\frac{1,05 \cdot 20}{0,0555 + 0,06} = 21,00 \text{ kNm}^{-2}$$

$$g_v = 28,70 \text{ kNm}^{-2}$$

- Vízszintes földteher:
 $n_0 = 0,0555$

$$k = \frac{0,074}{0,0555 + 0,06} = 0,641$$

$$g_h = 28,70 \cdot 0,641 = 18,40 \text{ kNm}^{-2}$$

• Járműteher:

A térszinten ható – megoszló – járműteher:

$$q' = \frac{800}{3,80 \cdot 3,50} = 60,15 \text{ kNm}^{-2}$$

A csőtető síkjában:

$$q_v = \frac{800}{(3,80 + 2 \cdot 1,40) \cdot (3,50 + 2 \cdot 1,40)} = 19,24 \text{ kNm}^{-2}$$

Ebből vízszintes földteher:

$$q_h = 19,24 \cdot 0,641 = 12,33 \text{ kNm}^{-2}$$

Dinamikus tényező – csak q_v esetében – $\mu = 1,2$, így:

$$q_v = 1,2 \cdot 19,24 = 23,09 \text{ kNm}^{-2}$$

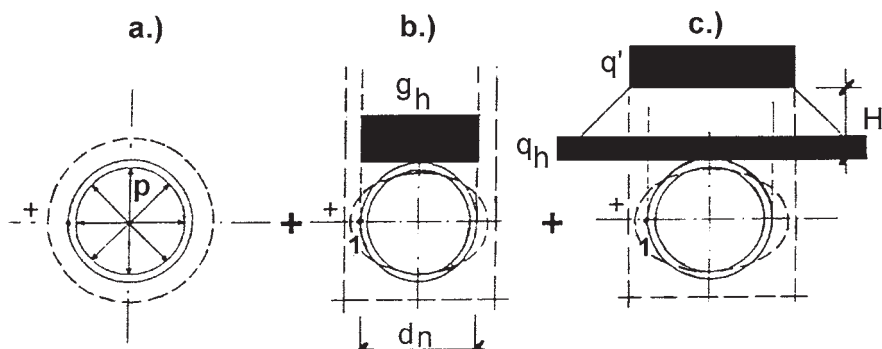
A fent meghatározott terhelések összegezéséből:

$$P_v = 28,70 + 23,09 = 51,79 \text{ kNm}^{-2}$$

$$P_h = 18,40 + 12,33 = 30,73 \text{ kNm}^{-2}$$

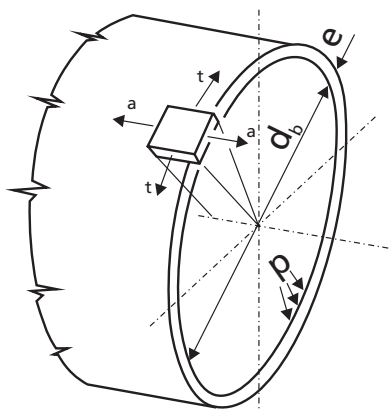
vertikális és horizontális terhelés adódik.]

Az IGÉNYBEVÉTELEK meghatározásánál a szuperpozíció elvének érvényességéből kell, a **24. ábra** szerint, kiindulni.



24. ábra: A feszültségek halmozódása nyomócsöveknél:
a.) belső nyomás, b.) földteher, c.) felszíni-, vagy járműteher

A belső nyomás igénybevételei a csőfalban két-, vagy három – tengely irányú feszültségként jelentkeznek.



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

A vékonyfalú csövek 25. ábra szerinti kéttengelyű feszültségei, a KAZÁN-formula segítségével határozhatók meg:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot (d_n - e_n)}{2 \cdot e_n} \quad (20)$$

illetve:

$$\sigma_a = \frac{p \cdot (d_n - e_n)}{4 \cdot e_n} \quad (21)$$

A (20) és (21) képletekben a már ismert tényezők mellett:

p - a belső nyomás, amelynél megkülönböztetni szükséges az alábbi fogalmakat:

DP: legnagyobb belső üzemi nyomás (számítási nyomás)
MDP: tranziensekkel növelt és távlati fejlesztéseket is figyelembe vett legnagyobb számítási nyomás
STP: a rendszer vizsgálati (próba) nyomása

A cső vékony-, vagy vastag falúvá minősítését a SZÁNTAY-képlet segítségével lehet meghatározni; ha

$$e_n < 0,045 d_n$$

akkor a cső vékonyfalú és a KAZÁN-formula jó számítási alapot kínál. A KM PVC nyomócsövekre az alábbi d_n / e_n értékek adódnak:

PN:	6	SDR:	41	1/SDR:	0,0244
	8		33		0,0303
	10		26		0,0385
	12,5		21		0,0476*
	16		17		0,0588**
	20		13,6		0,0735
	25		11		0,0909

(Megjegyzés: A KAZÁN-képlettel számított értéket *1,049 illetve **1,060 értékű szorzóval megnövelve az eredmények még elfogadhatóak.)

A PN 20 és 25 nyomásfokozatú csöveknél a KAZÁN-képlet nem alkalmazható.

[A vastag falú csöveknél a számítás bonyolultabb feladat:

$$\sigma_t = \frac{P}{\Phi} \cdot \left[1 - \frac{2-n}{n} \cdot \left(\frac{d_n}{d_n - e_n} \right)^{\frac{2}{n}} \right] \quad (22)$$

$$\sigma_a = \frac{P}{\Phi} \cdot \left[1 - \frac{n-1}{n} \cdot \left(\frac{d_n}{d_n - e_n} \right)^{\frac{2}{n}} \right] \quad (23)$$

$$\sigma_r = \frac{P}{\Phi} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_n}{d_n - e_n} \right)^{\frac{2}{n}} \right] \quad (24)$$

Ahol:

σ_r - a sugár irányú feszültség
 Φ - számítással meghatározható tényező:

$$\Phi = \left(\frac{d_n}{d_i} \right)^{\frac{2}{n}} - 1 \quad (25)$$

ahol:

- d_i - a belső átmérő és
 n - anyagállandó:

$$n = \frac{\log \frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B}}{\log \frac{\sigma_A}{\sigma_B}} \quad (26)$$

(Az egyidejű feszültség-nyúlás görbén kijelölt A és B pontok anyagállandója. Ha tervező az előző oldalon megjelölt SZÁNTAY-képlethez képest pontosabb számítási eljárást kíván alkalmazni a vastagabb falú csövek esetében, akkor „n” értékére vonatkozóan vegye fel a kapcsolatot cégünk szakembereivel.)

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

$$\sigma = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{K} \quad (27)$$

képlettel határozhatók meg.

A képletben:

- σ - a feszültség a vizsgált keresztmetszetben,
 N - a normálerő,
 F - a keresztmetszet területe,
 M - a nyomaték és
 K - a keresztmetszeti tényező

A teljes beágyazás (lásd: 21/b. ábra) esetében a nyomaték és a normálerő szorzótényezői a 26. ábráról leolvashatók.

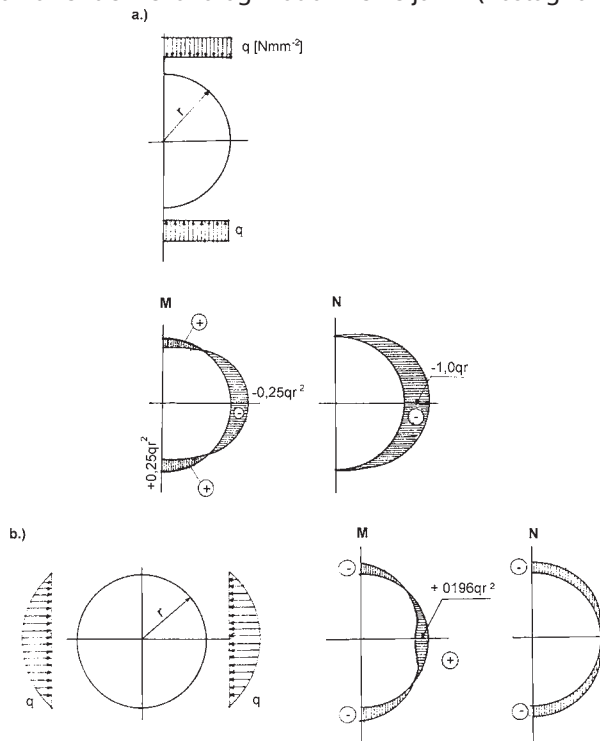
Az ivóvíz nyomócsövek ellenőrzése behajlásra mellőzhető, ha a cső nyomásfokozata (PN) nagyobb 6 bar-nál.

A síkbeli és térbeli feszültségeket a Huber – Mises – Hencky féle redukált feszültségekkel kell számítani:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_t^2 - \sigma_a \cdot \sigma_t} \quad (28)$$

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

Háromtengelyű feszültségállapotban a fentiekkel analóg módon kell eljárni. (Vastag falú nyomócsövek esete.)



26. ábra: Nyomatéki és normálerő ábrák:

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

Előjelek értelmezése:

- normálerőnél: + húzás
 - nyomás

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

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

A redukált feszültség (σ_r) egytengelyű feszültségállapotban azonos a σ_t főfeszültséggel. A kéttengelyű feszültségállapotban a σ_r értéke 0,86 σ_t -ig csökkenhet. A PVC-U anyagú nyomócsöveknél a $\sigma_r = \sigma_s$ (redukált = megengedett) egyszerűsítés elfogadható.

[3. Példa: Az 1. és 2. példákban részletezett KM PVC ivóvízvezeték falfeszültségei:

- Belső nyomásértékek:

DP = 5,8 bar

MDP = 1,2 × 5,80 = 6,96 bar

STP = 1,5 × 5,80 = 8,70 bar vagy: 5,80 + 5 = 10,80 bar

A keletkező tengely (σ_a)- és gyűrűirányú (σ_t) feszültségek:

$$\sigma_t = \frac{5,80}{10} \cdot \frac{(450 - 17,4)}{2 \cdot 17,4} = 7,21 \text{ Nmm}^{-2} \quad \sigma_a = \frac{5,80}{10} \cdot \frac{(450 - 17,4)}{4 \cdot 17,4} = 3,61 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\sigma_t = \frac{6,96}{10} \cdot \frac{(450 - 17,4)}{2 \cdot 17,4} = 8,65 \text{ Nmm}^{-2} \quad \sigma_a = \frac{6,96}{10} \cdot \frac{(450 - 17,4)}{4 \cdot 17,4} = 4,33 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\sigma_t = \frac{8,70}{10} \cdot \frac{(450 - 17,4)}{2 \cdot 17,4} = 10,82 \text{ Nmm}^{-2} \quad \sigma_a = \frac{8,70}{10} \cdot \frac{(450 - 17,4)}{4 \cdot 17,4} = 5,41 \text{ Nmm}^{-2}$$

- Igénybevételek a mértékadó keresztmetszetben – 3 és 9 óránál – föld- és járműteherből egység hosszra a 26. ábra szerint ($r = r_k = 450 - 17,4/2 = 216,3 \text{ mm}$).

- földteher:

$$M = (-0,25 \times 0,0287 + 0,220 \times 0,0184) \times 216,3^2 = 146,30 \text{ Nmm /mm}$$

$$N = -1,00 \times 0,0287 \times 216,3 = 6,21 \text{ N /mm}$$

- járműteher:

$$M = (-0,25 \times 0,0231 + 0,220 \times 0,01233) \times 216,3^2 = 143,28 \text{ Nmm /mm}$$

$$N = -1,00 \times 0,0231 \times 216,3 = 5,00 \text{ N /mm}$$

- Feszültségek a mértékadó igénybevételekből (föld- és járműteher):

$$F \text{ (egységnyi csőfalfelület)} = 1,00 \times 17,4 = 17,4 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$K \text{ (keresztmetszeti tényező)} = \frac{1,00 \times 17,4^2}{6} = 50,46 \text{ mm}^3 / \text{mm}$$

- földteherből:

$$\sigma_t = \frac{6,21}{17,4} \pm \frac{146,3}{50,46} = \begin{matrix} +3,26 \\ -2,54 \end{matrix} \text{ Nmm}^{-2} / \text{mm}$$

- járműteherből:

$$\sigma_t = \frac{5,00}{17,4} \pm \frac{143,28}{50,46} = \begin{matrix} +3,12 \\ -2,55 \end{matrix} \text{ Nmm}^{-2} / \text{mm}$$

A (+) előjelű értékek a csőfal belső oldalán a nyomófeszültséget, (-) előjeles értékek a csőfal külső oldalán a húzófeszültséget jelentik.]

A feszültségek és alakváltozások ellenőrzésénél az alábbi teherállapotok vizsgálata javasolt:

- 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. A PN 6 bar nyomásfokozatú ivóvíz és minden nyomott szennyvíz csővezetékét ellenőrizni kell a behajlásra (alakváltozásra):
 - a legnagyobb takarásból: földteher + járműteher
 - a legkisebb takarásból: földteher + járműteher

A betervezett KM PVC cső megfelel; ha a fenti tehercsoportosításból számított tényleges redukált feszültségek (σ_r) és a megengedett (σ_s) feszültségek vonatkozásában teljesül az alábbi feltétel:

$$\sigma_r \leq \sigma_s \quad (29)$$

illetve az alakváltozások vizsgálatánál:

$$\frac{\delta}{x} \leq 5 \% \quad (30)$$

[4. Példa a mértékadó teherállapot vizsgálatára és az egyenértékű – redukált – feszültségek meghatározására:

- I. $\sigma_t = 7,21+2,54+2,55 = 12,3 \text{ Nmm}^{-2}$ $\sigma_a = 3,61 \text{ Nmm}^{-2}$

$$\sigma_r = \sqrt{12,3^2 + 3,61^2 - 12,3 \cdot 3,61} = 10,95 \text{ Nmm}^{-2}$$

- II. esetünkben megegyezik az I. állapottal

- III. $\sigma_t = 8,65+2,54 = 11,19 \text{ Nmm}^{-2}$ $\sigma_a = 4,33 \text{ Nmm}^{-2}$

$$\sigma_r = \sqrt{11,19^2 + 4,33^2 - 11,19 \cdot 4,33} = 9,77 \text{ Nmm}^{-2}$$

- IV. $\sigma_t = 10,82+2/3 \cdot 2,54 = 12,51 \text{ Nmm}^{-2}$ $\sigma_a = 5,41 \text{ Nmm}^{-2}$

$$\sigma_r = \sqrt{12,51^2 + 5,41^2 - 12,51 \cdot 5,41} = 10,87 \text{ Nmm}^{-2}$$

- V. A behajlást esetünkben nem kell vizsgálni.

Megállapítható a számítások alapján, hogy minden vizsgált állapotra teljesül a:

$$\sigma_r \leq \sigma_s (12,5 \text{ Nmm}^{-2})$$

feltétel, tehát a cső a tervezett beépítési paraméterekkel megfelel.]

A behajlás vizsgálatokat a 4.4.6 fejezetben részletezzük.

3.4.4. Szerkezeti tervezés

A KM PVC-U nyomócső rendszer minden ismert és szokásos nyomvonal kialakítására alkalmas.

A korszerű korrózióvédelemmel ellátott E-KS és F-KS idomok lehetővé teszik a szerelési közdarabok mellőzését. A hasonló védelemmel ellátott fémházas tolózárakat, amelyek közvetlenül a földbe – homokágyba – fektethetők, műtárgy – akna – nélkül szerelik. Ezért a fentebb jelzett idomok 1-1,5 cm-es állíthatóságával a korrózióra és utánállításra érzékeny szerelési közdarab elhagyható.

A KM-PVC-U csövet az általánosan használt tokos csőkötés miatt bizonyos kritikus pontokon biztosítani kell szétcsúszás ellen. Ennek elméleti és gyakorlati alapjait részletezzük.

A húzóerő felvételére alkalmatlan és nyomás alatt üzemelő csővezetékek néhány csomóponti kialakításánál, a felnyíló csőkötés miatt a belső nyomófeszültségből HÚZÓERŐK keletkeznek. Ezek felvételéről a tervezés- és természetesen a kivitelezés során gondoskodni kell.

Az első lépés a húzóerők meghatározása, amelyet a 27. ábra szerinti csomópontok esetében az alábbi képletek, továbbá számítási segédletek tartalmaznak:

$$N = p \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad (31)$$

ahol:

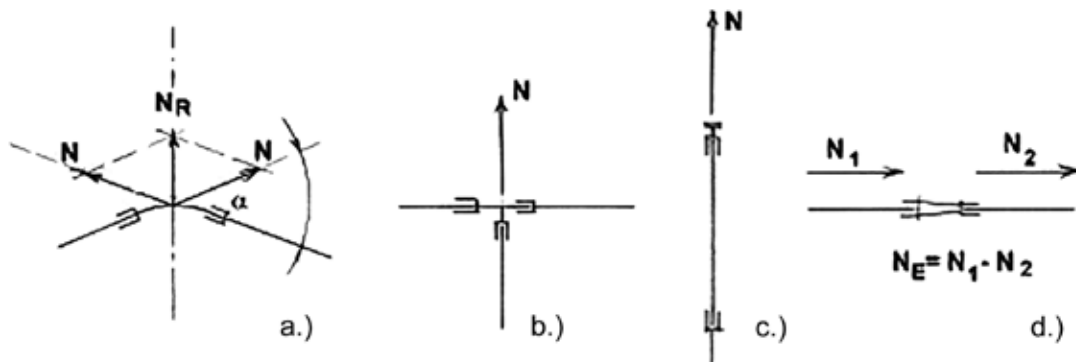
- | | | |
|---|---|---|
| N | - | húzóerő a 27. ábra értelmezése szerint |
| p | - | maximális nyomás (próba-, üzemi) – tranziens nélkül [Nmm ⁻² ; kNcm ⁻²] |
| D | - | csőátmérő [mm, cm]: |
| | - | - vékony falú csőnél: d_n (külső átmérő) |
| | - | - vastag falú csőnél: d_i (belső átmérő) |

$$N_R = N \cdot 2 \sin \frac{\alpha}{2} \quad (32)$$

ha :

$$2 \sin \frac{\alpha}{2} = a \quad \Rightarrow \quad N_R = N \cdot a \quad (33)$$

A szokásos iránytörések „a” értékei az 10. táblázatban.



27. ábra: Különböző csomópontokban fellépő külső erők:
a.) iránytörésnél, b.) T-leágazásnál, c.) végpontban, d.) átméváltásnál

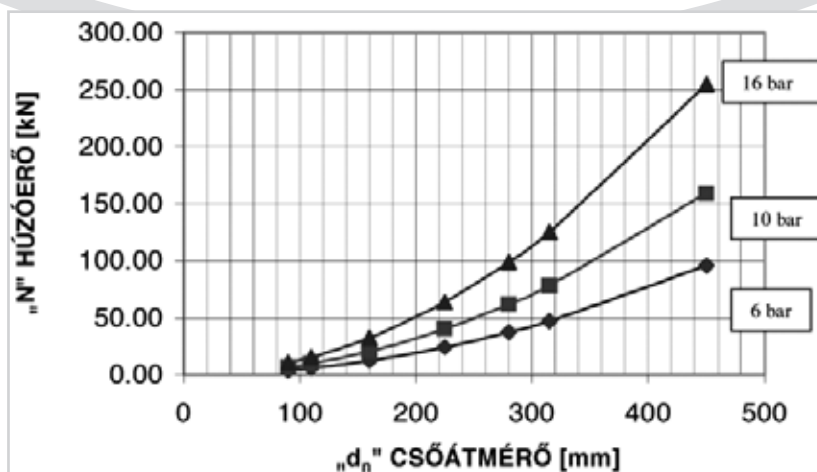
10. táblázat

„α” iránytörés [°]	11°	22°	30°	45°	90°
„a” szorzótényező	0,192	0,382	0,518	0,765	1,414

„N” értékei a csőben lévő belső névleges nyomás és az átmérő függvényében a 11. táblázatban vannak részletezve. A táblázat értékeinek grafikus ábrázolása a 28. ábrán látható. Az eltérő nyomásértékek lineáris interpolációval nem számíthatók.

11. táblázat

P [bar]	N [kN]						
	ha: d _n [mm]						
	90	110	160	225	280	315	450
6	3,82	5,70	12,06	23,85	36,95	46,76	95,43
10	6,36	9,50	20,11	39,76	61,58	77,93	159,04
16	10,18	15,20	32,17	63,62	98,52	124,69	254,47



28. ábra: „N” húzóerők értékei különböző nyomások és csőátmérők függvényében

Az 27/a. ábra szerinti „N_R” eredőerő értékeit az 10. táblázat szerinti „α” – szokásos – iránytörések és a 11. táblázat „N” erőinek alapulvételével a 12. táblázat tünteti fel.

12. táblázat

d _n [mm]	P [bar]	N _R [kN]				
		α				
		11°	22°	30°	45°	90°
90	6	0,73	1,46	1,98	2,92	5,40
	10	1,22	2,43	3,29	4,87	8,99
	16	1,95	3,89	5,27	7,79	14,39
110	6	1,09	2,18	2,95	4,36	8,06
	10	1,82	3,63	4,92	7,27	13,43
	16	2,92	5,81	7,87	11,63	45,49
160	6	2,32	4,61	6,25	9,23	17,05
	10	3,86	7,68	10,42	15,38	28,44
	16	6,17	12,29	16,66	24,61	45,49
225	6	4,58	9,11	12,35	18,25	33,72
	10	7,63	15,19	20,60	30,42	56,22
	16	12,22	24,30	32,95	48,67	89,96
280	6	7,09	14,11	19,14	28,27	52,25
	10	11,82	23,52	31,90	47,11	87,07
	16	18,92	37,65	51,03	75,37	139,31
315	6	8,98	17,86	24,22	35,77	66,12
	10	14,96	29,77	40,37	59,62	110,19
	16	23,94	47,63	64,59	95,39	176,31
450	6	18,32	36,45	49,43	73,00	134,94
	10	30,54	60,75	82,38	121,67	224,89
	16	48,86	97,21	131,82	194,67	259,82

Az előzőekben meghatározott-, vagy kiszámított húzóerők egyensúlyozására:

- kitámasztó betontömb-, vagy
- a húzóerők felvételére alkalmas segédstruktúrák

beiktatása szükséges.

A kitámasztó betontömbök méreteinek meghatározására kétféle megközelítési lehetőség kínálkozik:

- A ritkábban alkalmazott módszer a kitámasztó betontérfogatot határozza meg a tömb és a talaj közötti súrlódási tényező alapján. A kitámasztó betontömb „V_b” térfogata:

$$V_b = \frac{N_R^{0,93}}{\gamma_b \cdot \mu'} ; [m^3] \quad (34)$$

ahol:

- N_R - a húzóerő-, vagy annak eredője,
γ_b - a beton sűrűsége (= 22,0 kN/m³)
μ' - beton és az altalaj közötti súrlódási tényező: μ' = μ · c
- μ értékei:
kötött és vegyes laza- és középtömör talajoknál: 0,33
szemcsés tömör talajoknál: 0,65
(a közbelső értékek a talajfizikai jellemzők alapján interpolálhatók)
- c – biztonsági tényező – értéke: 0,85

[5. Példa: Az 1/c. ábra alapján egy P=6 bar legnagyobb nyomással üzemelő D 450 mm KMPVC nyomócső esetében:

$$N = 95,43 \text{ kN (11.táblázatból)}$$

A kitámasztás alsó síkja – a csőágyazat alsó síkjában – $T_{ry} = 90$ %-ra tömörített homokos kavics talajra fekszik fel:

$$\mu' = \mu \cdot c = 0,65 \cdot 0,85 = 0,553$$

és így:

$$V_b = \frac{95,43^{0,93}}{22,0 \cdot 0,553} = 5,70 \text{ m}^3$$

A fenti számadat alapján hozzávetőlegesen $2,4 \times 2,4 \times 1,0$ m nagyságú betontömb beépítése szükséges.

- Az általánosabb számítási eljárás a kitámasztó betontömb munkaárok oldalfalán – a betonozás előtt lemunkált – szükséges betonfelületet határozza meg:

$$F = \frac{N}{\sigma_h} ; [\text{m}^2] \quad (35)$$

A képletben

σ_h - a megtámasztó talajréteg horizontális megengedett feszültsége [kNm^{-2}].

A σ_h meghatározható a függőleges (σ_v) feszültségből 0,25-ös szorzótényezővel, a talajmechanika szabályai szerint. A vízszintes talajfeszültség eloszlását az N eredő támadáspontjára szimmetrikus elrendezésben kell számítani, illetve tervezni.

A fentiek helyett tájékoztató σ_h értékek is rendelkezésre állnak, melyeket a **13. táblázat** tartalmazza.

13. táblázat

TALAJFAJTA	σ_h [Ncm^{-2}] a talajtömörtség függvényében:		
	laza	középtömör	tömör
Termett talaj, vagy régebbi feltöltés	0,5		
Kötött talajok	0,5	1,25	2,0
Homok	2,0	2,5	3,0
Homokos kavics	2,0	3,25	4,5

Keverék talajok σ_h értékei az összetétel arányai szerint lineáris közbeiktatással határozhatók meg.

[6. Példa: Az előző példával analóg feltételekkel. A munkaárok oldalfala homokos, kőzúzalékos tömör agyag:

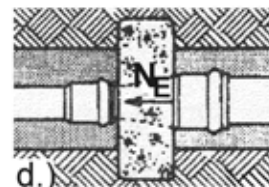
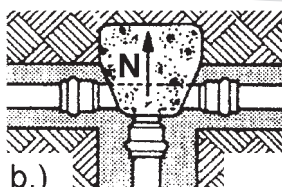
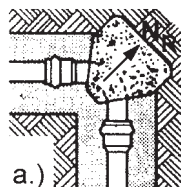
$$\sigma_h = 2,0 \text{ Ncm}^{-2} = 20,0 \text{ kNm}^{-2}$$

így:

$$F = \frac{95,43}{20} = 4,77 \approx 4,80 \text{ m}^2$$

Megfelel: $2,20 \times 2,20$ m felület.]

A betontömbök elvi formációit a **29. ábra** mutatja be.



29. ábra: Kitámasztó betontömbök elrendezése:

a.) iránytörésnél, b.) T-leágazásnál, c.) végponton, d.) átmérőváltásnál

A két példa alapján megállapítható, hogy a támasztó felületre történő méretezés GAZDASÁGOSABB, mert a felület kisebb és a jobb betontömeg elrendezés lehetősége miatt kb. $1,5 \text{ m}^3$ betonmennyiséggel az elmozdulás mentes megtámasztás garantálható!

Főleg nagyobb csőátmérőknél a felületi megtámasztás vasbetonból is kialakítható. Ilyen megoldásnál a bedolgozott beton mennyiség tovább csökkenthető.

- Ha a felnyíló kötések egy részét húzásbiztossá alakítjuk, továbbá a csővezeték ágyazatát egyenletesen legalább $T_{rg} = 85\%$ -ra betömörítjük, a súrlódási erővel és a csőfalon létrejövő megtámasztással is létrehozhatjuk az egyensúlyt. A csőfal megtámasztó hatását csak nagyobb szilárdságú és merevebb csőanyagoknál célszerű figyelembe venni (pl.: öntöttvas nyomócső). A rugalmas műanyag csövek esetében csak a cső-ágyazat közötti súrlódást célszerű számítani az alábbiak szerint:

$$N = \mu \cdot G_t \cdot L_h \cdot a \quad (36)$$

A képletet L_h -ra rendezve:

$$L_h = \frac{N}{\mu \cdot G_t \cdot a} \quad (37)$$

ahol:

- L_h - határhossz [m]
- N - eredőerő a korábbiak szerint [kN]
- μ - a cső és a talaj közötti súrlódási tényező PVC csőnél, értéke: $\approx 0,5$
- a - korábban részletezett biztonsági tényező (0,85)
- G_t - földteher a cső felső síkjában [kNm⁻²]:

$$G_t = D_n \cdot \gamma_t \cdot h \quad (38)$$

A földteher meghatározható a tényleges-, és a próbanyomáskor valószínűsíthető feltételekből. Ez utóbbinál a takarás 1,0 m-ben, a hosszirányú visszatöltés mértéke 75 %-ba valószínűsíthető. Ebben az esetben a fenti képlet:

$$L_h = \frac{N}{\mu \cdot D_n \cdot \gamma_t \cdot h \cdot 0,75 \cdot a} \quad (39)$$

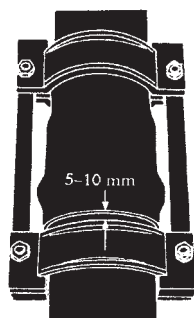
és a fentiek szerinti szám adatokkal:

$$L_h = \frac{N}{0,319 \cdot \gamma_t \cdot D_n} ; [m] \quad (40)$$

és az előzőekben szereplő példával:

$$L_h = \frac{95,43}{0,319 \cdot 0,45 \cdot 20,0} = 33,0 \text{ fm}$$

A KM PVC-U cső 6,0 m-es beépítési hosszal számítva: $\frac{33,00}{6} = 5,5$ db $\Rightarrow$ a takarási feltételeket kismértékben feljavítva 5 db húzásbiztos bilincs – lásd: **30. ábra** – beépítésével a betontömb elhagyható. A próbanyomás feltételeinek pontosításával 4 db húzóbilincs is megfelelhet.



30. ábra: Húzásbiztos bilincs tokos kötéshez

A késztermékként rendelkezésre álló húzásbiztos bilincsek árfekvése miatt ez a megoldás a **27/a.** és **29/d.** ábrák szerinti csomópontoknál és $d_n \leq 200$ mm-nél versenyképesek a betontömbös kitémasztással.

3.5. Egyedi megfontolások a különböző rendeltetésű nyomócső rendszerekhez

A tokos KM PVC-U nyomócsöveket gyakran alkalmazzák a nyomott csatornázási rendszereknél, a segédeszközt nem igénylő, gyors szerelési lehetőségek miatt.

A szabad kifolyású szennyvíz nyomócsövek íránytöréseinél, a beágyazásoknál és a keresztmetszet változásoknál a kitémasztó betontömböket, vagy húzásbiztos kötésekkel célszerű a PN – névleges nyomásfokozat – alapján betervezni a későbbi beavatkozási lehetőségek biztosítása miatt.

A beemelő aknában a KM PVC cső szerelése:

- ragasztott – oldhatatlan – tokos kötéssel és
- mechanikus, húzásbiztos – oldható – szorítókötésekkel

biztosítható. Ezek a mechanikus szorítókötések teljes egészében fémből - öntvény, réz, stb. – készülnek (lásd: 31. ábra).



31. ábra: Fém anyagú oldható mechanikai szorítókötés

A szennyvíz nyomóvezetékeknél a szakaszos üzem miatt a vákuum gyakori jelenség. A kezelhető szinten tartás érdekében a magaspontokon légtelenítő-légbeszívó szerelvény betervezését és beépítését javasoljuk.

A szennyvíztisztító telepeken és egyéb ipari létesítményeknél a technológiai nyomócsövek szabadon szerelésének igénye gyakran felmerül. Az ilyen csőrendszerek alátámasztási távolságát, az egyes helyek fix megfogását és a csőszál húzásbiztonságát a technológiai igényekkel összhangban kell megtervezni.

A PIPELIFE d_n 315 mm-ig – megfelelő mennyiségi igény esetén – gyárt PN 10 nyomásfokozatú sima végű nyomócsövet, mely ragasztós karmantyúval köthető. Kisebb igények esetén, a KM nyomócső, a gumigyűrűs tok levágásával, ragasztott kötéssel is alkalmazható. Több európai országban – a PIPELIFE partneri kapcsolatain belül – a ragasztott nyomócső idomok felső mérethatára d_n 315 mm. Technológiai szabadon szerelt csőrendszerként ezek a csövek előnyösek, mivel a PN 6 és PN 10 nyomásfokozatban húzásbiztos kötésekkel rendelkeznek. Ilyen jellegű igényeknél a PIPELIFE Hungária Kft. készséggel áll megrendelői rendelkezésére.

A szabadon szerelt PVC nyomócsövek folytatólagos, többtámaszú tartóként hosszirányban is méretezendők. A fellépő tengelyirányú húzó- és nyomófeszültségeket természetesen összegezni kell a előző fejezetben tárgyalt egyéb – gyűrű irányú – feszültségekkel.

A lehajlás – rövid és hosszú távon egyaránt – nem haladhatja meg az 5 % értéket. A technológiai követelmények ennél szigorúbb előírásokat is megadhatnak.

Az alátámasztási távolság közelítően a $d_n = l_{\max} / 20$ értékből, vagyis $l_{\max} = 20 d_n$ -ból meghatározható. (Pl.: $d_n = 200$ mm-nél $l_{\max} = 200 \times 20 = 4000$ mm, ahol $l_{\max}$ = a maximális alátámasztási távolsággal.)

A szabadon szerelt PVC-U csővezetékeknél gondosan mérlegelni kell az esetleges dinamikus hatásokat és a hőmérsékletváltozásokból adódó hosszváltozások kezelését a csőkötésekénél, továbbá az alátámasztásoknál. Nagyobb tetőfelületek csapadékvizeinek elvezetésénél a dinamikus hatások kezelésére a horizontális és vertikális csővezetékszakaszok tokos kötéseit ragasztással-, húzásbiztos bilincsekkel-, vagy helyenként karimás kötések beiktatásával biztosítani kell.

A szabadon szerelt csővezetékek függesztéssel és alátámasztással egyaránt szerelhetők. A függesztésnél mérlegelni kell a tokos csövek szétcsúszásának veszélyét, melynek kiküszöböléséhez a folyamatos csőszálat eredményező csőbilincsek használata javasolható.

Az alátámasztással készülő szabad szereléseknél a konzolokat a szerkezeti kialakítás függvényében erőtanilag méretezni kell. Egyedi tervezéssel kell megoldani a csővezeték és a konzol kapcsolatát a hőtágulási mozgásokból keletkező kopások elkerülése érdekében. A konzolos szabad szerelésnél a lehetséges hőtágulások figyelembevételével fix-, és csúszó csőtámaszokat lehet alkalmazni. Nagyobb mozgásoknál és irányváltoztatásoknál gumi-kompenzátorok használata célszerű.

4. GRAVITÁCIÓS CSATORNACSÖVEK ÉS IDOMOK

A kemény PVC csövek vízvezetési célokra történő felhasználása hazai- és európai viszonylatban egyaránt jelentős múltat tekint vissza. Az első hazai gyártású (HMMV majd PANNONPLAST) PVC csatornacső lefektetésére 1974-ben került sor a Műgyetem rakparton. A d_n 400 mm átmérőjű PVC-U KG csatornacső ma is rendeltetésszerűen üzemel. A csatornaszakaszt rendszeres műszeres vizsgálatnak vetik alá. A legutóbbi – közelmúltban lezajlott – ITV kamerás vizsgálat és kiértékelés sem tárt fel semmi olyan elváltozást, vagy meghibásodást, kopást, amely a cső előregedésére, alakváltozására, stb. utalna. A Pipelife előd vállalatok révén is, a magyarországi műanyag csatornázás meghatározó szereplője volt, és jelentős szerepet töltött be a termék kifejlesztésében és megismertetésében, továbbá piaci bevezetésében.

Az 1974 évi, első csőfektetéstől napjainkig eltelt időszakot a PVC-U csövek folyamatos előretörése jellemezte. A gravitációs szennyvízvezetésben $d_n \leq 500$ mm csőméretig általánossá vált a PVC csatornacsövek alkalmazása, de a csapadékvíz elvezetésben is jelentős – növekedő tendenciát mutat – a felhasználásuk. Mindez a csövek egyszerű szerelhetőségének, rendkívül kedvező fizikai, mechanikai és kémiai tulajdonságainak, valamint a korszerű gyártástechnológiának és a folyamatos termékfejlesztésnek köszönhető. *A PIPELIFE csoport fő törekvése, hogy a csatornázásban is kiváló minőségű komplett, homogén anyagú rendszereket és alternatívákat kínáljon a felhasználóinak.*

4.1. A csatornacsövekről- és rendszerekről általában

A csatornahálózatok építésére felhasznált csövekkel szemben támasztott általános követelmények:

- megfelelő szilárdság a külső terhek hordására,
- tökéletes vízzáróság – a kötéseknél is – az ex- és infiltrációval szemben,
- megfelelő korrózióállóság a szennyvíz és az agresszív talajvíz hatásaival szemben,
- hidraulikailag kedvező belső csőfal felületek,
- teljes körű idomellátottság és
- hosszú élettartam, várhatóan 75 év.

Ezeket a követelményeket a PVC-U anyagú csövek és csőrendszerek teljes mértékben kielégítik. További előnyt jelent a kivitelezésben a könnyű és gyors szerelhetőség, valamint az egyszerű segédeszközök- és gépi berendezések szükségessége.

A PVC-U anyagú csatornacsövek típusválasztéka jelentősen bővült az elmúlt évtizedben. A fejlesztések elsősorban optimálisabb csőfal-szerkezetek kialakítására irányultak. A „hagyományos” – homogén anyagú, tömör – falszerkezetű csövek mellett megjelentek a strukturált:

- merevített- és
 - a rétegelt
- falú csövek is.

A PIPELIFE Hungária Kft. – előző nevén Pannonpipe Kft. – 1998 óta gyárt merevített falú csatornacsöveket. Ezeket már számottevő mennyiségben alkalmazták szenny- és csapadékvíz elvezetési célokra egyaránt. Az eddigi építési és üzemeltetési tapasztalatok kedvezőek.

A rétegelt falú csövek gyártása cégünknel 2001 óta van folyamatban. Ennek a csőnek a falszerkezetét három réteg alkotja; kívül és belül egy nagyszilárdságú – vékony – kemény PVC réteg helyezkedik el, a középső, kitöltő réteg habosított PVC-ből készül.

A PIPELIFE csatorna-programját a különböző típusú csövek mellett – elsősorban a kommunális szennyvízvezetéshez funkcionálisan szükséges – idomok, tisztítónyílások és aknaelemek alkotják. A nagy átmérőjű, ember által járható műanyag tisztítóaknák bevezetésének szükségességét a hazai csatornázásban korán felismertük, a bevezetésében és elterjesztésében elsőként közreműködtünk. Termékfejlesztésünk eredményeként 2006-tól, ezen területen is saját fejlesztésű gyártmányokkal állunk vevőink rendelkezésére. Meggyőződésünk, hogy a **homogén műanyag anyagú és tulajdonságú elemek összeépítésével létrehozott egységes rendszerrel nagyobb üzembiztonság és hosszabb élettartam érhető el.**

A hazai csatornázásban az EU csatlakozás kapcsán vállalt feladatok teljesítéséhez további erőfeszítések szükségesek. Az ellátottsági szint – a mennyiségi oldal – növelése azonban csak megfelelő minőségű létesítmények létrehozásával érheti el a kitűzött célt; környezetünk megóvását. A következő fejezetekben közreadott műszaki ismeretekkel, iránymutatóként, ezt a célt kívánjuk szolgálni.

4.2. Felhasználói alapfogalmak

Az európai – EN – szabványok átvétele és bevezetése magyar szabványként az elmúlt évtizedben folyamatos volt. A gravitációs csatornarendszerek szerkezeti elemeire vonatkozó, bevezetett szabványok közül a termékeinkkel kapcsolatos legfontosabb szabványok:

• az **MSZ EN 476 Gravitációs rendszerű szennyvízelvezető csatornák és vezetékek szerkezeti elemeinek általános követelményei** c. szabvány, amelyet 2001-ben tettek közzé magyar szabványként, valamint

• az **MSZ EN 1401** szabványsorozat: **Műanyag csővezetékrendszerek földalatti, nyomás nélküli alagcsövezéshez és csatornázáshoz. Kemény poli(vinil-klorid) (PVC-U)**, amely 3 részből áll:

- 1. rész: **A csövek, a csőidomok, és a rendszer követelményei**
- 2. rész: **Útmutató a megfelelőség értékeléséhez**
- 3. rész: **Útmutató a beépítéshez**

(Megjegyzés: Ez a szabványsorozat kizárólag a „hagyományos” falszerkezetű csövekre vonatkozik.)

• az **MSZ EN 13476 Műanyag csővezetékrendszerek nyomás nélküli, föld alatti alagcsövezéshez és csatornázáshoz. Kemény poli(vinil-klorid) (PVC-U), polipropilén (PE) és polietilén (PE)** c. szabványsorozat strukturált falú csövekre vonatkozik, amelynek 2007.évi angol nyelvű közzététele 3 részből áll:

- 1. rész: **Általános követelmények és teljesítményjellemzők**
- A 2. és 3. rész a különböző profiltípusok követelményeit rögzíti.

Az MSZ EN 476 általános követelményeket fogalmaz meg, amelyeket anyagtól függetlenül minden, a gravitációs csatornázás céljára készülő szerkezeti elemnek ki kell elégítenie. Az MSZ EN 1401-es szabványsorozat kizárólag a PVC-U anyagú és földbe fektetett csővezetékrendszerekre vonatkozik. A szabvány első kötete követelményeket ír elő a kemény poli(vinil-klorid) (PVC-U) csővezetékrendszerek csöveire, csőidomaira, a nyomás nélküli, földalatti alagcsövezési és csatornázási felhasználásra:

- az épületszerkezeten kívül (a felhasználási terület kódja: „U”) és
- az épületszerkezeten belül (a felhasználás terület kódja „D”).

A csövek és csőidomok „U” vagy „UD” megjelölése tehát a javasolt felhasználási területre utal, amelyeket az alábbiak szerint kell értelmezni:

- **U:** kód az épülettől távolabb lévő területre, amelyhez a földalatti csővezetékrendszer csatlakozik;
- **D:** kód az épület alatti és attól 1m-en belül eső területre, ahol a csövek és a csőidomok a földbe vannak temetve és csatlakoznak az épület talaj- és szennyvízelvezető csatornarendszeréhez.

A csövek és csőidomok a szabványos méretarány (SDR) és a névleges gyűrűmerektség (SN) szerint osztályozhatók. (Ezeket a fogalmakat a 2.7. fejezetben már értelmeztük.) A tömör és a rétegelt (kívül és belül sima felületű) – SUPER - falszerkezetű csövek esetében, az egyes csőkategóriákhoz rendelt falvastagságokat az ajánlott méretsorban a **14. táblázat** tünteti fel.

14. táblázat

d _n [mm]	SN 2* SDR 51		SN 4 SDR 41		SN 8 SDR 34	
	e _{min}	e _{m,max}	e _{min}	e _{m,max}	e _{min}	e _{m,max}
	[mm]					
110	-	-	3,2	3,8	3,2	3,8
125	-	-	3,2	3,8	3,7	4,3
160	3,2	3,8	4,0	4,6	4,7	5,4
200	3,9	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
250	4,9	5,6	6,2	7,1	7,3	8,3
315	6,2	7,1	7,7	8,7	9,2	10,4
400	7,9	8,9	9,8	11,0	11,7	13,1
500	9,8	11,0	12,3	13,8	14,6	16,3
630	12,3	13,8	15,4	17,2	18,4	20,5
800	15,7	17,5	19,6	21,8	-	-
1000	19,6	21,8	24,5	27,2	-	-

* Az SDR 51 csak „U” felhasználási területi kód esetén alkalmazható

Az MSZ EN 1401-1:1999 szabvány tehát meghatározza a minimális- (e_{min}) és az átlagos falvastagságra vonatkoztatott maximális (e_{m,max}) falvastagságokat. (Az e_{min} egyenlő, az en névleges falvastagsággal.) A PIPELIFE Hungária Kft. által gyártott csőtartományokat a konkrét falvastagságok feltüntetésével a 4.3. fejezet, valamint katalógusaink tartalmazzák.

Felhívjuk felhasználóink figyelmét, hogy a szabvány az SDR 51-es (SN 2) csövek alkalmazását a „D” felhasználási területre, azaz: épületek alatti és attól 1 m-re eső területre **nem engedélyezi**. (Az SDR 51-es SN 2-es csövek bármilyen

felhasználás esetén körültekintő erőtani méretezést igényelnek! A PIPELIFE Hungária Kft ezeket a csöveket felszálló vezetékként javasolja alkalmazni.) Gyártmányainkon minden esetben feltüntetésre kerül a felhasználási kód. Kérjük, kísérjék figyelemmel a csövek, idomok gyári feliratait, amelyek eligazítást adnak a felhasználási területről. Erre a megkülönböztető jelzésre azért van szükség, mert a szabványok más követelményeket írnak elő az épületen belül, illetve az épületen kívül alkalmazható csatornázási rendszerekre. Az „UD” jelzésű csövek és csőidomok mindkét felhasználási területre kielégítik a követelményeket.

(Megjegyzés: Az „U” kód nem tévesztendő össze a PVC-U megjelöléssel, amely a csőanyag nemzetközi jelölése. A felhasználás területi U vagy UD kódját ettől függetlenül kell feltüntetni a csövön, vagy csőidomon.)

Az MSZ EN 1401 és az MSZ EN 13476 szabvány szerint gyártott PVC-U anyagú – nyomás nélküli – csövek és idomok az MSZ EN 476 szabványban előírt hőmérsékletű szennyvizek elvezetésére alkalmasak, azaz maximálisan kielégítik a szabványban a földbe fektetett szennyvízelvezető csatornákkal szemben támasztott alábbi, hőállósági követelményeket:

„A DN 200 vagy annál kisebb névleges méretű csövek, idomok és csőkötések legyenek alkalmasak 45°C, a DN 200-nál nagyobb névleges méretű csövek 30°C hőmérsékletű víz tartós elvezetésére.”

Tartósan magas hőmérsékletű és vegyileg szennyezett közeg esetén (pl.: ipari szennyvizek) figyelembe kell venni a 2.6. fejezetben leírtak szerinti vegyszerállóságot és a hőmérséklettel szembeni ellenálló képességet.

A csövek fizikai jellemzőit az 1. táblázat ismerteti. [Megjegyzés: A statikai számításokban a feszültségvizsgálatoknál figyelembe vehető megengedett – tervezési – feszültség értéke a vonatkozó szabványokból közvetlenül nem vezethető le oly módon, mint a nyomócsövek esetében. Ezért a Pipelife Kft. gyártmányaira vonatkozóan – az érintett csőtípusoknál – a 4.4.6. Erőtani méretezés c. fejezet tartalmazza ezt a mechanikai jellemzőt.]

A csövek besorolása a gyűrűmerevség alapján történik. A 2.7. fejezetben már érintettük a gyűrűmerevség fogalmát, amely névleges gyűrűmerevségként kötelezően feltüntetésre kerül a gravitációs csöveken és csőidomokon. A névleges gyűrűmerevségi értéket (jele: SN) az MSZ EN ISO 9969 szerint meghatározott méréssel a csöveknek ki kell elégíteniük. A szabvány szerinti gyűrűmerevség 3 % alakváltozásra vonatkoztatott érték. A vizsgálatot – mérést – legalább 24 órás élettartamú próbadarabon kell elvégezni. Gyártmányaink a szigorú minőségellenőrzési rendszerünknek köszönhetően messzemenően kielégítik e szabványi követelményeket.

Természetesen minden gyártmányunk rendelkezik az **Építőipari Műszaki Engedéllyel** (ÉME).

4.3. Csatornacső rendszereink elemeinek ismertetése

A PIPELIFE Hungária Műanyagipari Kft. csatornázási termékprogramját:

- a csőrendszerek: csövek- és csőidomok,
- a gerincvezetési és telekhatáron belüli tisztító nyílások és
- az emberi munkavégzésre alkalmas – mászható – csatorna aknák alkotják.

Csőrendszer választékunk az alábbi csőtípusokból áll:

- hagyományos falszerkezetű csövek és idomok:
 - KG jelű csatornacsőrendszer
 - átmérőtartomány: d_n 110-500 mm
 - felhasználási terület: „U” és „UD”
 - csőosztályok: SN 4 és SN 8 (katalógus szerint)
- strukturált falú csövek és idomok:
 - KD-EXTRA merevített falú csatornacsőrendszer
 - átmérőtartomány: d_n 250-500 mm
 - felhasználási terület: „UD”
 - csőosztály: SN 4 (csak DN 300 mm méretben) és SN 8 (katalógus szerint)
 - KG-SUPER rétegelt falú csatornacsőrendszer
 - átmérőtartomány: d_n 110-500 mm
 - felhasználási terület: „UD”
 - csőosztály: SN 2, SN 4 és SN 8 (katalógus szerint)

Az épületgépészeti – tehát az épületen belüli – alkalmazásokkal külön alkalmazástechnikai kézikönyv foglalkozik. A továbbiakban a KG-, KG-SUPER és a KD-EXTRA csőrendszereinkkel kapcsolatos tudnivalókat foglaljuk össze. A csatornák ellenőrzésére, tisztítására és egyéb funkciókra forgalmazott aknák fontosabb ismereteit a tervezés fejezet 4.45. pontjában részletezzük.

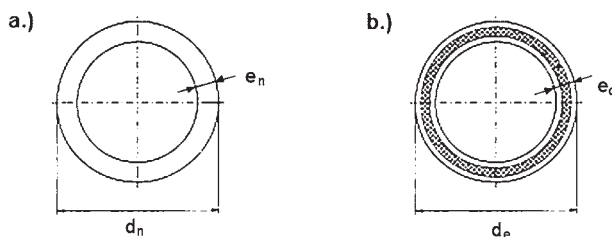
4.3.1. A KG-, és a KG-S csőrendszer

A KG és a KG-S csőrendszert egy fejezetben tárgyaljuk, mivel az azonos SDR és SN osztályú csövek átmérője és falvastagsága megegyezik. A gyártási méretválasztékot a 15. táblázat tartalmazza.

15. táblázat

d_n és d_e [mm]	TERMÉKCSOPORT				
	KG-S rétegelt falú cső		KG homogén- és tömör falú csövek		
	e_n [mm]		e_c [mm]		
	MSZ EN 13476 szerint		MSZ EN 1401 szerint		
	SN 4 - SDR 41	SN 8 - SDR34	SN 4 - SDR41	SN 8 - SDR34	S12 (SN 8) - SDR 31
110	3,2	3,2	-	3,2	-
125	3,2	3,7	3,2	3,7	-
160	4,0	4,7	4,0	4,7	-
200	4,9	5,9	4,9	5,9	6,5
250	6,2	7,3	6,2	7,3	8,1
315	7,7	9,2	7,7	9,2	10,2
400	9,8	11,7	9,8	11,7	12,9
500	12,3	14,6	12,3	14,6	15,9

A jelöléseket és a falszerkezeti kialakítást a 32. ábra tünteti fel. Az együttes tárgyalást indokolja továbbá, hogy a KG-S csövekhez a KG- csőrendszer idomai használatosak és alkalmazhatók.



32. ábra: Jelölések és falszerkezeti kialakítás:

a.) KG cső tömör, homogén falszerkezettel,

b.) KG-S (KG-Super) rétegelt falú cső (az egyes rétegekre vonatkozó részletes adatokat a vonatkozó szabvány tartalmazza)

A KG csatornacsöveket és idomokat az MSZ EN 1401 szabványban megfogalmazott követelmények szerint gyártjuk. A rétegelt falú cső gyártása 2007. szeptemberig a prEN 13476, valamint az ez alapján megalkotott PAP MF 070/2007. sz. dokumentum szerint folyt. Az ezt követően gyártott csövek a magyar szabványként bevezetett MSZ EN 13476 alapján kerülnek forgalomba és feliratozásra.

A csövek és az idomok tokos kialakításúak. A tokméreteket az MSZ EN 1401:1 szabályozza, minimum és maximum értékek megadásával. Az általunk gyártott csövek tényleges tokhosszúságát (értelmezés a 8. ábra szerint) a névleges külső átmérő függvényében a 16. táblázatban adjuk meg.

16. táblázat

d_n [mm]	110	125	160	200	250	315	400	500
L_r [mm]	58	61	74	90	125	132	138	150

A KG és a KG-S csöveket többféle hosszal gyártjuk. A gyakorlat szempontjából lényeges méret a beépítési hossz (értelmezése ugyancsak a 8. ábráról), amely minden csőtípusnál azonos: 1,0, 2,0, 3,0, 5,0 és 6,0 m. A csővégek gyárilag rézseléssel vannak ellátva. Mindkét csőtípusnál 15° a rézselés szöge, amelynek értelmezését ugyancsak a 8. ábra szemlélteti.

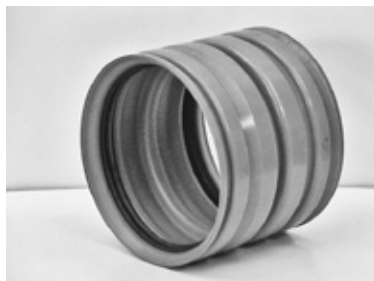
A csőidomok fröccsöntéssel vagy csőből formázva készülhetnek. Az MSZ EN 1401 mindkét esetre megfogalmazza a követelményeket. A mindenkor, aktuális idomválaszték pontos geometriai méreteit a termékkatalógusainkból ismerhetik meg. Fröccsöntéssel csak homogén falszerkezetű idomok állíthatók elő, így KG idomokat kell – mint arra már utaltunk – a KG-Super csövekhez is felhasználni.

A KG csövek teljes mérettartományában rendelkezésre áll az áttoló- és a kettős karmantyú (lásd: **33. ábra**). Az áttoló idom a csőrendszer lényeges eleme, fontos szerepe van a hibaelhárításoknál, az utólagos beépítésekénél, illetve egyes csomópontok kialakításánál. A szerelési „fogásokat” az 5. fejezet ismerteti.



33. ábra: KGU, KGMM karmantyúk d_n 110-500 mm

A kettős karmantyús idom flexibilis kialakítással – lásd: **34. ábra** – kisszőgű iránytöréseket tesz lehetővé, változatlan tömítési biztonsággal max. $2 \times 7,5^\circ$ szögeltérést képes áthidalni. (Az idom alkalmazása esetén javasoljuk az egyeztetést a rendszer üzemeltetőjével.)



34. ábra: KGMMF Flexibilis kettős karmantyú d_n 160-400 mm

Bekötések létesítéséhez a KGEA ágidomokat 45° és $87,5^\circ$ illetve 90° -os leágazással –fröccsöntött, és csőből formázott kivitelben – gyártjuk (lásd: **35. ábra**). A helytelen beépítések miatt, - ezeknél az idomoknál - előfordulhatnak törések, repedések. Ezek elkerülése érdekében a 4.4.3. fejezetben részletezett – a Műanyag Csőgyártók Szövetsége Műszaki Bizottsága által kidolgozott - beépítési utasításokat szigorúan be kell tartani, illetve tartatni.



35. ábra: KGEA 45° , $87,5^\circ$ és 90° -os ágidomok

Utólagos rákötések – házi bekötések – nyeregidommal kivitelezhetők. Ezek lehetnek ragasztott KGAB (**36/a. ábra**), vagy ékes KGABE (**36/b. ábra**) rögzítésűek. Az idomokhoz csőmegfúró koronák is rendelkezésre állnak.



a.)



b.)

36. ábra: KG nyeregidom utólagos rákötésekhez:
a.) KGAB nyeregidom, b.) KGABE ékes nyeregidom

Harmadik lehetőségként teljes szerelési szerszámkészlettel forgalmazzuk az önfeszítő nyeregídomot, mely alkalmazható KG, KG-S és KD csatornacsövekhez egyaránt (37. ábra).



37. ábra: KGKDAB önfeszítő nyeregídom utólagos rákötésekhez

A nyeregídomok beépítési utasítását az 5.2.1. fejezetben részletesen ismertetjük.

A csőre kötések, és az ejtőcsöves bukóaknak a vonalvezetése ívídomek alkalmazását igényli. A KGB fröccsöntött ívídomek – általában 15°, 30°, 45° és 87, 5° hajlásszögekkel – a teljes csőtartományban rendelkezésre állnak (lásd: 38. ábra). A csőből formázott KGBN jelzésű nagysugarú ívek ($R = 3,5 \times d_n$) d_n 160 - 400 mm között alkalmazhatók 45° és 90°-os iránytörésekhez.



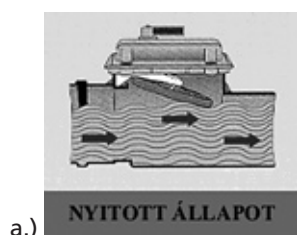
38. ábra: KGB ív idomok

A szűkítő idomok (lásd: 39. ábra) a teljes csőgyártási mérettartományt lefedik.



39. ábra: KGR szűkítő idomok

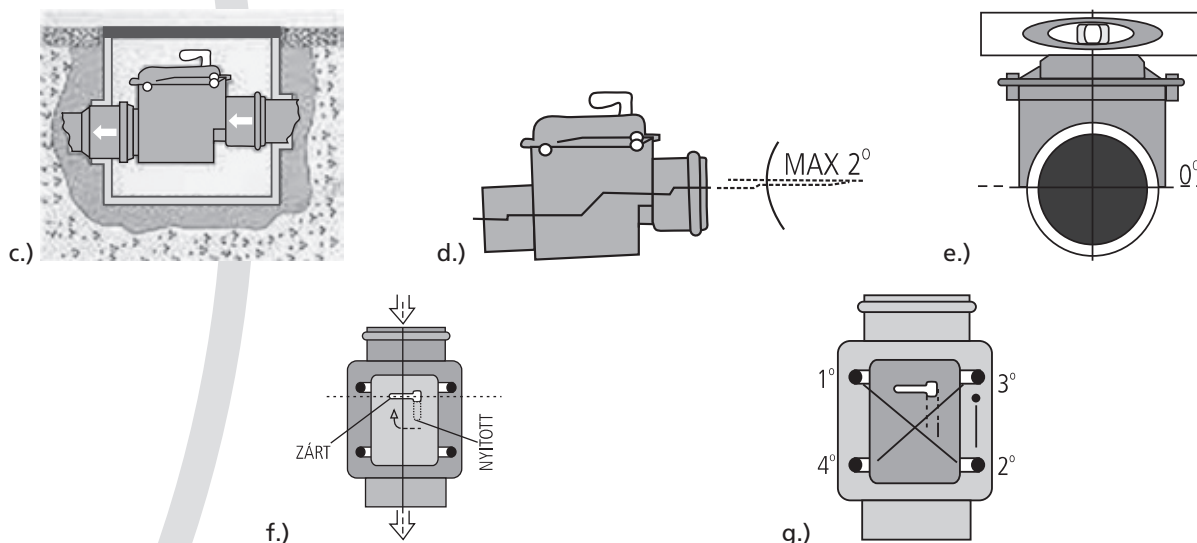
A nagyobb szenny- vagy csapadékvíz-terhelések, dugulások alkalmával nagy károk keletkezhetnek a szennyvíz visszaáramlása miatt a lakóépületekben, mivel ilyen esetekben – főként a mélyebben fekvő (pl. pince) helyiségeket – elöntheti a szennyvíz. Ennek megakadályozására – megelőzésére – alkalmas a KGSZ visszacsapó szelep, amelyet d_n 110 – 315 mm mérettartományban forgalmazzunk. A visszacsapó szelep működési elvét, a beépítési előírásait, és a kezelésére vonatkozó tudnivalókat a 40. ábra mutatja be és szemlélteti. (A szelep rendszeres karbantartást igényel, legalább fél évente egyszer – illetve nagyobb terhelések esetén gyakrabban is – szükséges a *tányért megtisztítani* a lerakódásoktól, mert az üzemszerű működésnek ez a feltétele.)



a.)



b.)



40. ábra: KGSZ visszacsapó szelep működési elve és beépítési javaslatai a kezelési utasításokkal:

- a.) szelep nyitott állapotba, normális irányú áramlás esetén),
- b.) a szeleptányér a terhelés lefolyását követően lezár, és a visszaáramlást megakadályozza,
- c.) beépítés szelepkabnába, de szabadon szerelve is elhelyezhető,
- d.) az idomot szintezéssel kell a megfelelő helyzetbe beépíteni (a függőleges tengely vízszintessel bezárt szöge max. 2° lehet),
- e.) az idomot - keresztmetszeti tengelyre vonatkoztatva - vízszintesen kell beépíteni,
- f.) a szelepfedél karját tisztítás illetve a fedél eltávolítása előtt zárt állásba kell fordítani az ábra szerint,
- g.) a fedél visszahelyezéskor a csavarokat átlósan kell meghúzni az ábrázolt sorrendben.

A csőrendszer fontos kiegészítő elemei az aknabekötő idomok (lásd: **41. ábra**). A betonaknák és egyéb beton műtárgyak vízzáró csőcsatlakozását teszik lehetővé. Az idomok gyárilag el vannak látva tapadást növelő bevonattal.



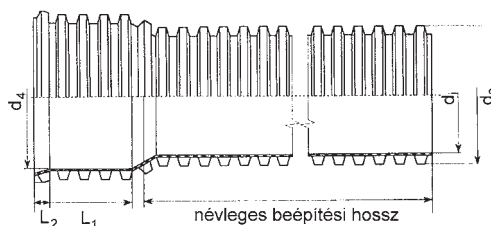
41. ábra: KGFP aknabekötő idomok

A KG csövek teljes mérettartományában rendelkezésre állnak a tok- (KGM) és csővég elzáró (KGK) idomok. A részletes idomválasztékunk, az aktuális katalógusainkban megtalálhatók.

4.3.2. KD-EXTRA csőrendszer

A KD-EXTRA strukturált – merevített – falszerkezetű csőrendszerünk az $SN = 8,0 \text{ kNm}^{-2}$ gyűrűmerevségi osztályba tartozik. (A $d_n 300$ méretben rendelkezünk $SN = 4,0 \text{ kNm}^{-2}$ gyűrűmerevségi osztályba tartozó termékkel. KD csőrendszerünket az MSZ EN 13476 szabvány szerint gyártjuk és feliratozzuk.

A KD-EXTRA csövek méretsorát és főbb méreteit a **42. ábra** jelöléseinek felhasználásával a **17. táblázat** foglalja össze. A statikai számításokhoz szükséges keresztmetszeti adatokat (semleges tengely, statikai nyomaték, stb.) a 4.4.6. fejezet ismerteti.



42. ábra: KD-EXTRA csatornacső hosszmetsete

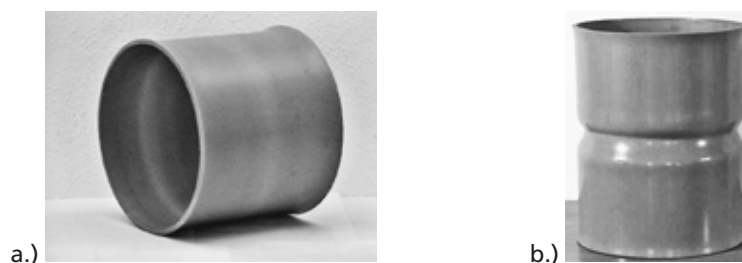
17. táblázat

KD-EXTRA - SN 8					
DN [mm]	d _a [mm]	d _i [mm]	d ₄ [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]
250	268, 9	246, 5	270, 0	110	20
300	330, 7	303, 5	332, 0	126	20
400	427, 0	392, 0	428, 6	160	20
500	542, 5	494, 8	544, 6	191	20
KD-EXTRA ECO - SN 4					
300	330, 7	303, 5	332, 0	126	20

A KD csövek tokos kialakításúak, gumigyűrűs tömítéssel. A csövek névleges beépítési hossza: 1,0, 2,0, 3,0, 5,0 és 6,0 m.

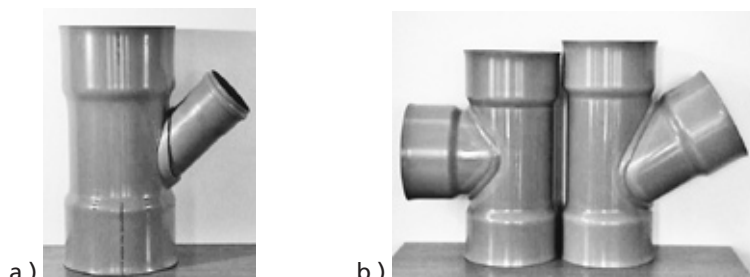
A KD cső – mivel idomrendszere, a szerkezeti kialakításból adódóan, a KG idommal nem csereszabatos – saját cső-idom-rendszerrel rendelkezik. Ezek főbb elemei funkciójukat tekintve megegyeznek a KG csőrendszerben alkalmazott csőidomokkal. A KD idomokat az MSZ EN 13476-ban, megfogalmazott követelmények szerint gyártjuk és vizsgáljuk.

Az áttoló- és a kettős karmantyút a **43. ábra** mutatja be.



43. ábra: Karmantyúk KD-EXTRA csőhöz:
a.) KDU áttoló idom, b.) KDMM kettős karmantyú

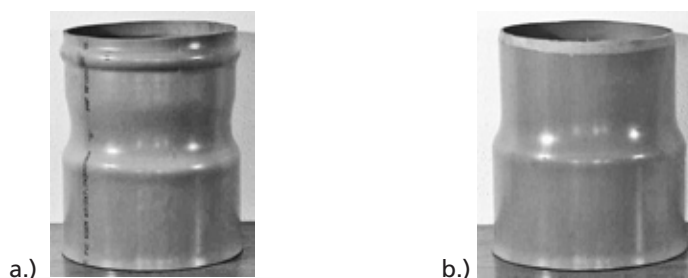
Az ágidomok jellemzője a háromtokos kialakítás. A KDEA (**44/a. ábra**) jelzésű ágidomok leágazása KG csőhöz, a KDEAD (**44/b. ábra**) jelzésűek KD-EXTRA csőcsatlakozásra vannak kiképezve. Az ágidomok a teljes mérettartományban rendelkezésre állnak.



44. ábra: Ágidomok KD-EXTRA csőhöz:
a.) KDEA ágidom KG-, és b.) KDEAD ágidom KD csőcsatlakozáshoz

A szűkítő idomok szintén két változatban készülnek; a KD/KGR jelű idom a KG csőrendszerre szűkít, a KD/KDR jelű idom esetén a leszűkített méretű tokkal KD csőhöz lehet csatlakozni.

A KD és KG csövek megközelítő belső átmérő azonossága lehetővé teszi, hogy a KD-EXTRA csatornacső szerelésénél –bizonyos esetekben- KG idomot is beépítsenek. Ehhez rendelkezésre állnak az átmeneti idomok, tokos és sima véggel egyaránt. Az átmeneti idomokat a **45. ábra** mutatja be.



45. ábra: Átmeneti csőidomok a KG csőrendszerhez:
a.) KDTP tokos csatlakozó, b.) KDPS sima végű csatlakozó

Az aknabekötések vízzáró megoldásához ebben a rendszerben is a tapadásnövelő bevonattal ellátott bekötőidom szolgál. A KDFP megjelölésű aknabekötő idomot a **46. ábra** szemlélteti.



46. ábra: KDFP aknabekötő, d_n 250-500 mm

Az utólagos rákötések megoldásához, a KG csőnél ismertetésre került KGKDB önfeszítős nyeregigidom alkalmazható (lásd: **36. ábra**).

Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy a KD csövek és csőidomok tokos kötéseinek kivitelezése, kis mértékben eltér a hagyományos KG csöveknél megszokottól. A technológiai utasítások – lásd: 5. fejezet – betartásával tökéletes vízzárású kötés hozható létre ezzel a csőrendszerrel is.

4.4. Csatornák tervezése

A közcsonák tervezése a település nagyságától függetlenül felelősségteljes és összetett feladat. A tervezés során a műszaki és gazdasági szempontok optimalizálása a cél. A gazdasági oldal két – általában – ellentétes irányba mutató tényező összehangolását igényli. Ezek az egyszeri beruházási költségeken és a hosszú távon működő üzemeltetési költségeken keresztül érvényesülnek.

A csatornatervezés műszaki alapelveit nemzeti- és ágazati szabványok, jogszabályok (kormányrendeletek, miniszteri rendeletek, stb.), továbbá termékszabványok határozzák meg. Alkalmazási kézikönyvünk összeállításának időpontjában a műszaki alapelvek folyamatos átértékelődése jellemző. Ezek figyelembevételével alkalmazzák munkájuk során az alábbiakban részletezésre kerülő tervezési javaslatainkat.

Felhasználóink szíves figyelmébe ajánljuk, hogy az alkalmazástechnikai kézikönyv mellett az érdeklődők rendelkezésére bocsátjuk – partnereink számára térítésmentesen – a **PAPCad számítógépes csatornatervezési programunkat**, amely önmagában – tehát AutoCAD nélkül – is alkalmas egyes tervezési részfeladatok (például az erőtani tervezés) megoldására, de összekapcsolható a leggyakrabban alkalmazott hazai csatornatervezési programmal, a SEWCAD-del is, így a komplex tervezési feladat – a konszignációs kigyűjtést is beleértve – lehetővé válik digitális formában.

A **PAPCaD** alkalmas a gravitációs szennyvízcsatornák – vezetékek (KG, KG-SUPER, KD-EXTRA) – és csomópontok – bekötések, aknák, stb. – tervezési feladatainak megoldására. A programrendszer egyedisége, hogy a Pipelife Hungária Kft. termékeinek műszaki paramétereire vonatkozik, valamint Magyarország EU-hoz történt csatlakozásának megfelelően figyelembe veszi és alkalmazza az európai szabványokat.

A gravitációs csatorna rendszer a **PAPCAD** programrendszer értelmezésében a gravitációs hálózat öblözeteit, és az azokat összekapcsoló **szivattyútelepeket és nyomóvezetéseket** jelenti. A **PAPCAD** rendszer moduljai a teljes rendszer számítására, méretezésére alkalmasak. A **PAPCAD** öt modulból áll, melyek a következők:

- előkészítő modul (kapcsolat a hagyományos tervező rendszerek felé),
- csatornahálózat hidraulikai számítása (stacioner kapacitás felszín görbe számítás),
- magassági nyomvonaltervezés,
- gravitációs csatornahálózat erőtani méretezése,
- csatornahálózati csomópontok tervezése,
- eredmények listázása, jegyzőkönyvek készítése.

A programrendszer célja, hogy illeszkedjen a hagyományos (kézi) és digitális tervezés lépéseibe. A tervezés eredményéről konszignációs és egyéb listák és jegyzőkönyvek készülnek.

A tervezési programunk 2004-ben készült el, partnereink egy jelentős része már megismerte és alkalmazza. A program karbantartását folyamatosan végezzük, hogy a felhasználói észrevételek, a termékfejlesztésből- és a műszaki szabályozásból adódó változások átvezetésre kerüljenek. Amennyiben szeretnék megismerni, illetve felhasználni a **PAPCad** programunkat, kérjük, forduljanak cégünk termék-menedzseréhez. A programról és az elérhetőségének módjáról, részletesen tájékozódhat a Web lapunkon.

4.4.1. A tervezés általános szempontjai

A közcsonák tervezéséhez – a kézikönyvünk 3. kiadásának időpontjában – az alábbi fontosabb szabványok vannak érvényben: MSZ EN 752-1-7., az MSZ EN 1295-1, MSZ EN 1610, MSZ EN 476, MSZ EN 1091, MSZ EN 1671, amelyek

új, EU- konform nemzeti szabványok. Ezek bevezetésével azok a régebbi szabványok, amelyek nincsenek összhangban az MSZ EN-ekkel, visszavonásra kerültek. Ágazati szabályozásként ismereteink szerint érvényben vannak az MSZ-070-3701-86, az MSZ 7487-1-2, az MSZ 7552 és az MI 167-1-3 továbbá 5-6, illetve még jónéhány kisebb részterületet szabályozó szabvány.

A csatornák tervezésénél – a szabványokkal ellentétben, amelyek alkalmazása önkéntes – kötelező figyelembe venni a vízjogi engedélyezési eljárásához szükséges kérelemről és mellékleteiről szóló 18/1996. (VI.13.) KHVM rendeletet, valamint a tervezés tárgyától és céljától függően a helyi önkormányzatok címzett és céltámogatási igénybejelentéséhez kapcsolódó megvalósíthatósági tanulmány tartalmáról és értékelésének rendjéről szóló 104/1998. (V.22.) Kormányrendeletet is.

(Megjegyzés: Hazai viszonylatban több olyan kötelezően alkalmazandó jogszabály van érvényben, amelyeknek műszaki vonatkozásai vannak. Ezek felsorolása meghaladja e kézikönyv célját és kereteit.)

Egy címzett-, vagy céltámogatásos beruházásnál a tervezés szokásos sorrendje:

- az elvi vízjogi engedélyterv,
- a megvalósíthatósági tanulmányterv,
- a vízjogi létesítési engedélyterv,
- tenderterv (közbeszerzéseknél külön jogszabály írja elő a kötelező tartalmat) és
- a kiviteli tervdokumentáció.

A létesítés folyamatához tartozik még az üzembehelyezési eljárás, amely lezárja a tervezési és a kivitelezési fázist. Ez általában a beruházói- és az üzemeltetői munkákhoz kapcsolódó tevékenység.

A tervezés általában szokásos – fentebb felsorolt – négy lépcsőjéből az első kivételével minden szakaszban meghatározó szerephez jut az alkalmazandó csőanyag, illetve csőrendszer, amely a hidraulikai, erőtan és egyszeri beruházási költségeken keresztül meghatározó befolyással van a teljes rendszerre.

A tervezés kimenetelét és annak eredményét az előkészítő munkálatok döntően befolyásolják. Ezek az alábbiak:

- geodéziai felmérések,
- talajmechanikai és hidrogeológiai feltárások és szakvélemények,
- meglévő közművek adatainak összegyűjtése és
- egyéb adatok gyűjtése, rendszerezése illetve beépítésük a tervdokumentációba.

A PVC csatornacsövek erőtan tervezése szempontjából a talajmechanikai szakvélemény rendelkezésre állása alapvető követelmény.

Külön is felhívjuk a figyelmet a tervezendő létesítmény üzemeltetőjével történő egyeztetések fontosságára. Ennek keretében tisztázhatóak azok az alapadatok, amelyek – az üzemeltető felszereltségének függvényében – meghatározhatják a legkisebb bekötő- és közcsatorna átmérőjét, az aknák átmérőjét és távolságát, tisztítónyílások alkalmazhatóságát, stb. Ezen egyeztetések hiányában, a megvalósítás folyamatában résztvevők olyan döntésekre kényszerülhetnek, amelyeknek az 50 évre tervezett élettartam alatt súlyos üzemeltetési költségvonzatai lehetnek.

4.4.2. Vízszintes és magassági vonalvezetés

A kis települések csatornarendszere minimálisan 50 év időtartamra épül. A gravitációs csatornarendszer legfontosabb alkotóeleme a csővezetéki hálózat, amely a településfejlesztéshez is szorosan kapcsolódik. A csatornahálózat kialakítását tehát a településfejlesztési koncepciók figyelembevételével, azokkal összhangban kell megoldani. A fejlesztési-, rendezési terveken túl a hálózat vonalvezetésére befolyással van:

- a település topográfiája (domborzata, vízrajza, hidrológiai viszonyai),
- a település formája és szerkezete, valamint
- a meglévő közművek kiépítettsége.

A gravitációs hálózatok nyomvonal kialakítása – helyszínrajzi- és magassági vonalvezetése, illetve a hálózaton belül a tisztító-ellenőrző kisműtárgyak (aknák) kiosztása – alapvetően meghatározza a beruházási- és üzemeltetési költségeket. A tervezés feladata és felelőssége, hogy az adott feltétel- rendszeren belül az optimális, vagy ahhoz közelítő megoldást megkeresse.

A **vízszintes nyomvonal** megtervezésekor irányadónak kell tekinteni az „MSZ 7487/2-80: Közmű és egyéb vezetékek elrendezése közterületen” vonatkozó előírásait (közművezetékek egymástól való távolsága, építmények megközelítése, stb.). A szennyvízcsatorna – a kis településeken általában – utolsó közműként valósul meg, így az előírások maradtalan betartására (védőtávolságok) nincs minden esetben lehetőség. Az ivóvízvezetékek megközelítésére vonatkozó közegészségügyi védőtávolságokat a 123/1997.(VII.18.) Kormányrendelet határozza meg (lásd: **19. ábra**).

A közterületi szennyvízcsatorna hálózatot a *mellékgyűjtők* és a *főgyűjtők* alkotják. A *főgyűjtő* nyomvonalát; a topográfiai adottságok, a településszerkezet (a beépítettség tagoltsága és sűrűsége) a tisztítómű helyének figyelembevételével – az esetenként egymásnak ellentmondó kívánalmak összehangolásával – kell kijelölni.

Csatornaágak csatlakoztatását helyszínrailag úgy kell kialakítani, hogy a folyásirányú tengelyeik hegyes szöget zárjanak be. A folyásiránnyal ellentétes irányú bekötés nem tervezhető.

A vízfolyások, főútvonalak, vasútvonalak megközelítésére és keresztezésére a korábban említett MSZ 7487/2, illetve az ágazati, szakhatósági előírások vonatkoznak.

A **vertikális vonalvezetés** tervezésénél a cső erőtani lehetőségei, a csatorna optimális üzemeltetésének feltételei, továbbá a geológiai (talajmechanikai)-, és hidrogeológiai adottságok egyaránt meghatározóak.

A minimális földtakarás (H) értéke a házi bekötő csatornánál a telekhatáron (folyásfenékre vonatkoztatva): 0,80 m. A gerinccsatornák végpontján 1,30 m-nél kisebb (cső tetővonal feletti) földtakarás a közműkeresztezők kivitelezhetősége miatt nem javasolható.

(**Megjegyzés:** A gyakorlati tapasztalatok szerint a D 200 - D 250 mm csőátmérő kategóriában a 4,0 m-t meghaladó takarásoknál az üzemeltetési költségek aránytalan növekedése jellemző. Ezt a tapasztalatot a tervezésben is célszerű hasznosítani és érvényesíteni.)

A közműkeresztezéseket az MSZ 7487/2-es szabvány iránymutatásával, továbbá az ágazati szabványok, a 123/1997.(VII.18.) Kormányrendelet és egyéb szakhatósági előírások figyelembevételével kell kialakítani.

A magassági vonalvezetésének döntő eleme a csatornahálózat lejtése. A minimális esések megtervezésénél figyelemmel kell lenni:

- a kivitelezhetőség,
- a vertikális vonalvezetés időbeni stabilitása és
- az elvárható minimális öntisztulás

biztosítására.

A **minimális lejtés** a terhelés és a csőátmérő függvényében hidraulikai számítással meghatározható tényező. Az MSZ EN 752-4 az öntisztulás biztosítására az alábbi mértékezési kritériumokat teszi:

- DN < 300 mm átmérőjű csatornák esetén:
 - naponta alakuljon ki legalább 0,7 m/s sebesség, vagy
 - a határlejtés legalább 1:DN értékű legyen (**Megjegyzés:** ez DN 200 esetén 5 ‰-nek felel meg),
- nagyobb átmérőjű csatornában a fenténél nagyobb sebességek is szükségesek lehetnek, ha durvább méretű anyagok lerakódása várható.

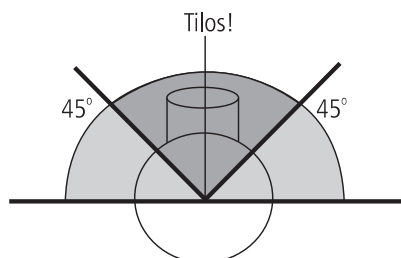
A fentiek figyelembevételével a kis településeknél a minimális lejtés optimális értéke 5 ‰-re tehető. Az esetleges kényszerhelyzetek, a helyi sajátosságok figyelembe vételével, és az üzemeltető bevonásával oldhatók meg.

A maximális eséseket a csőanyag függvényében a megengedhető határsebesség szabályozza. A műanyag csöveknél ezek az értékek nincsenek meghatározva, de a hagyományos csövekhez képest többszörös lejtés-, és így sebességértékek engedhetők meg. A **külföldi szabályozások** a mázas, tokos kőagyag-, a műanyag -, valamint a műanyaggal bélelt betoncsövekre **10 ‰ - t meghaladó** eséseket is engedélyeznek.

4.4.3. Bekötések

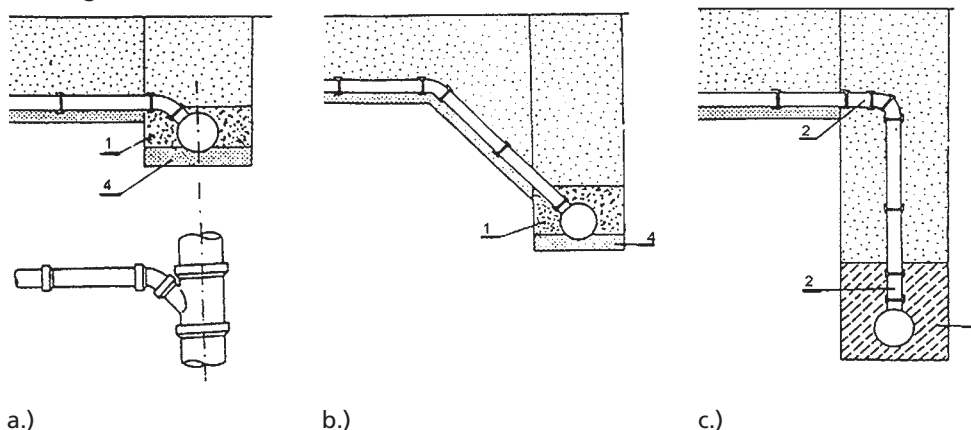
A házi bekötő csatornák szerkezeti kialakítása és vonalvezetése a közcsatornák szempontjából is meghatározó jelentőségű. A telekhatáron építendő csatlakozó aknától a gerinccsatornáig terjedő nyomvonal az üzemeltető felelőségi köré tartozik, ezért a bekötőcsatorna és a házi bekötő akna átmérőjéről, szerkezeti kialakításáról – esetleg az anyagáról – az üzemeltetővel kell megállapodni. A házi bekötőakna és a gerinccsatorna közötti – közcsatornáként üzemeltetett – bekötőcsatorna szokásos átmérője a $d_n = 160$ mm. A kis településeknél – a lakosegyenérték és az üzemeltetői állásfoglalás függvényében – $d_n = 125$ mm is elégséges lehet. (**Megjegyzés:** Családi házak bekötésénél $d_n = 110$ mm-es bekötőcsövek alkalmazása is sokszor előfordult a gyakorlatban. Ezt a megoldást általában olyankor alkalmazták, ha az épületen belüli alapvezetéken csak egy db 110-es KAEA csatlakozás készült.) Ennek a bekötővezeték szakaszának a megkívánt minimális lejtése 7 ‰. A lejtésnek felső határértéke nincs, mert e csővezetési szakaszok surrantóként-, továbbá kivételes esetben ejtőcsőként is üzemelhetnek.

A házi bekötő vezetékek a közcsatornához aknán keresztül vagy közvetlenül a csőre csatlakoztathatók. A csőre kötés az egész világon elfogadott megoldás. A PIPELIFE PVC-U csőrendszereiben az ágidomok látják el ezt a funkciót. A KG csőrendszer 45°-os ágidomait tilos függőleges helyzetben beépíteni. Az elágazó csomagtengelyének a vízszintessel bezárt szöge max. 45° legyen, a **47. ábra** szerint. (A 90°-os ágidomra nincs ilyen megkötés!)



47. ábra: KGEA 45°-os ágidomok beépítési korlátozása

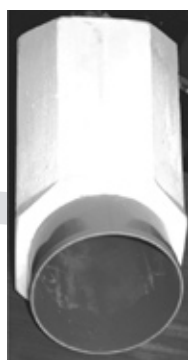
A csőre kötések lehetséges és szokásos kialakítását a **48. ábra** tünteti fel. Az **a.)** és **b.)** ábrarészen bemutatott alternatívák a **preferált megoldások**.



48. ábra: Házi bekötések akna nélküli változatainak kialakítási lehetőségei:
 a.) a legkedvezőbb megoldás, b.) jó bekötés nagy szintkülönbségnél,
 c.) hidraulikailag kedvezőtlen, nem preferált megoldás;
 1 stabilizált ágyazat, 2 illesztő darab, 3 beton ágyazat, 4 tömörített homok ágyazat

A **c.)** ábrával szemléltetett, ejtőcső jellegű bekötés **hidraulikai- és erőtani szempontból sem kedvező** megoldás. Hazai viszonylatban a betonágyazat mellőzésével – gyakran alkalmazzák. A betonágyazat hiánya és az eltérő csőszerelési munkaszintek miatt ezek a csomópontok gyakori hibaforrások. Ezért ezt a megoldást lehetőség szerint a tervezésnél és a kivitelezésnél egyaránt kerülni kell. Ha ez a megoldás valamilyen külső ok miatt nem mellőzhető, akkor fontos szerepe van a **beton ágyazatnak** és az ábrán „2” jellel ellátott **illesztő daraboknak**, amelyek az ejtőcső elkerülhetetlen földvisszatöltés közbeni elmozdulásainak hatásait ellensúlyozzák. Ezek az illesztő darabok a közcatornában beépített KGEA ágidomok csatlakozótokjának igénybevételeit csökkentik. Az illesztődarab lehet egy kettős karmantyú-idom (KGMM), vagy két KGMM - idommal beépített 200-500 mm hosszú csődarab a tervező mérlegelése szerint.

Ismételten hangsúlyozzuk a **48. ábrán** bemutatott csomópontok szakszerű beágyazásának fontosságát. Érzékeljük a hozzánk érkezett visszacsatolásokból, hogy e területen problémák vannak. A szakszerű beágyazás elmaradásának következményei leginkább a 45°-os ágidomoknál jelentkeznek, utólagos idomtörések formájában. Szeretnénk rögzíteni, hogy a **47. ábrának** megfelelő beépítési korlátozás betartása és szakszerű beágyazás esetén a Pipelife által gyártott és forgalmazott ágidomok teljes mértékben megfelelnek a föld-, és járműteher keltette igénybevételeknek. Azonban alternatív megoldásként – illetve azon felhasználóink számára, akik a beágyazási feltételeket nem tudják biztosítani – kifejlesztettünk egy idom-megerősítési módszert, amely a csőidom rugalmas tulajdonságát megtartva ad kellő megtámasztást a 45°-os ágidomnak (lásd: **49. ábra**). Ezt a szerkezetereősítéssel ellátott ágidomot külön megrendelésre – rövid határidővel – gyártjuk. – Lehetőség van, a 45°-os könyök megerősítésére is. -



49. ábra: KGEA 45°-os ágidom, műanyaghab védelemmel megerősítve

A csőre csatlakozásoknál, az ellenőrizhetőség és tisztíthatóság érdekében az üzemeltetők a közcatorna csatlakozó idomán kívül legfeljebb további engedélyeznek. A közcatornaként üzemelő bekötővezeték végpontja a telekhatáron belül – attól általában 1 m-re – elhelyezett akna vagy tisztítóidom. Ezekre a következő fejezetben térünk ki.

4.4.4. Akna és tisztítónyílások

Az akna a gravitációs csatornahálózatban fontos szerepet töltenek be, annak biztonságos üzemeltetését segítik elő. Ennek érdekében **szerkezeti kialakításukat, méreteiket** és egymástól való **távolságukat** a hálózatban úgy kell

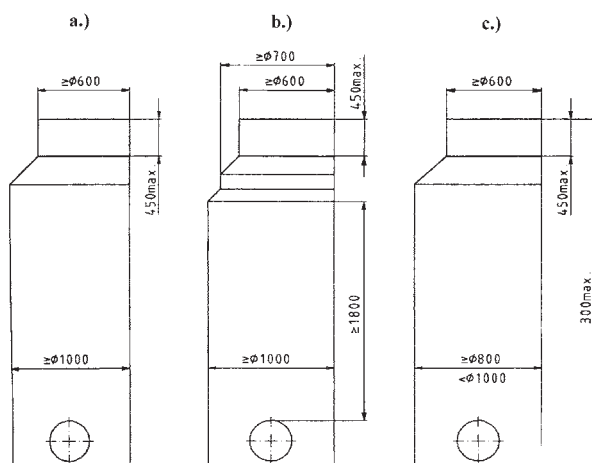
meghatározni, hogy biztosítva legyen:

- a csatorna tisztíthatósága (tisztítófej bejuttatása, szippantás stb.),
- a szennyvíz szemrevételezéses ellenőrzése és a mintavételezés lehetősége,
- a csatorna szellőzése,
- az ipari televízió (továbbiakban ITV) kábeleinek zavartalan, sérülésmentes bevezetése, továbbá működtetése,
- az ex- és infiltrációval szemben a teljes vízzáróság és
- havaria helyzetben a megfelelő tározó kapacitás.

A tisztító- és ellenőrző akna definícióját, méretét, általános követelményeit az MSZ EN 476 tartalmazza. A szabvány három aknakategóriát határoz meg, melyek az alábbiak:

- mászható tisztítóakna, amelyek:
 - a személyzet számára hozzáférhetők,
 - alkalmasak minden, a rendszerben végzett karbantartási munkára,
 - a belső átmérőre vonatkoztatott névleges méretük $DN/ID \geq 1000$ mm (kör-keresztmetszet esetén)
- tisztítóakna alkalmi tisztításhoz és felügyelethez, amelyek:
 - tisztítóeszköz, ellenőrző- vagy vizsgáló-felszerelés lejuttatásához biztosítókötéllel felszerelt személy számára alkalmi hozzáférést biztosítanak,
 - átmérőjük: $800 \text{ mm} \leq DN/ID < 1000 \text{ mm}$
- ellenőrző akna (felügyelőnyílások), amelyek:
 - tisztítóeszköz, ellenőrző- vagy vizsgálóberendezés lejuttatását teszik lehetővé, a személyzet számára nem biztosítanak hozzáférést,
 - átmérőjük: $DN/ID < 800 \text{ mm}$.

A kör-keresztmetszetű tisztítóakna szabvány által meghatározott paramétereit az 50. ábra tünteti fel.



50. ábra: Tisztítóakna az MSZ EN 476 szerint:

a.) mászható tisztítóakna egylépcsős szűkítővel; b.) mászható tisztítóakna kétlépcsős szűkítővel, az aknakamra méretének meghatározásával c.) tisztítóakna alkalmi tisztításhoz és felügyelethez mélységi korlátozással

Az akna a hálózaton belüli helyzete és funkciója alapján lehet:

- tisztítóakna (A),
- gerincvezetési ellenőrző (B)
- végponti (C),
- bekötő-vezetési vizsgáló, ellenőrző (D)
- egyéb (öblítő, energiatörő, átemelő) (E)

(Megjegyzés: Jelölések értelmezése az 51. ábra és a 18. táblázat alapján.)

A helyszínrajzi kialakítás szerint megkülönböztetünk:

- átfolyó,
- csatlakozó és
- iránytörő

aknákat.

A vertikális elrendezés alapján beszélhetünk:

- kis szintkülönbséggel csatlakozó és
- bukó

aknákról.

A bukóaknák max. 60 cm szintkülönbséig egyszerű bukással, a fenti érték felett ejtőcsöves bukóaknaként létesíthetők.

Az akna **átmérőjét** és a **telepítési távolságokat** az akna funkciója és típusa, a vezeték átmérője és mélysége, a rákötések száma és módja, a tisztítási-, ellenőrzési módszerek és eszközök helyigénye, valamint azok hatótávolsága határozza meg. Mindezek, valamint a szabványi előírások figyelembevételével a különböző funkciót betöltő aknák **javasolt** minimális átmérőjét a **18. táblázat**, a telepítési távolságokat az **51. ábra** tünteti fel. Az **ábra és táblázat ajánlásként értelmezhető**, a konkrét értékekről minden esetben az üzemeltetővel kell egyeztetni és megállapodni.

18. táblázat

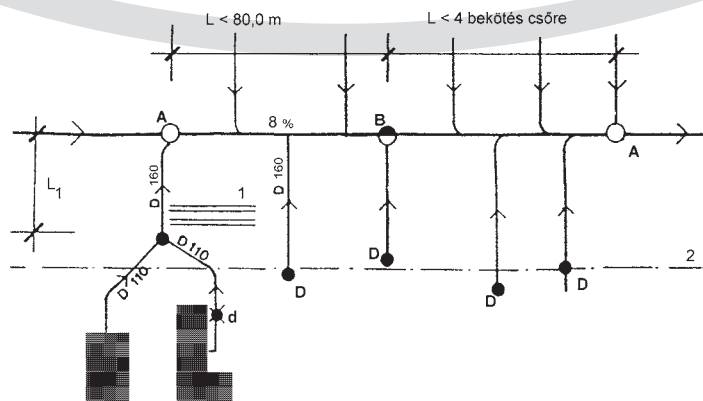
GRAVITÁCIÓS SZENNYVÍZCSATORNA AKNÁK								
FUNKCIÓ	JEL	ÁTMÉRŐ „H” függvényében [mm]		TÍPUSOK a helyszínrajzi és magassági vonalvezetés függvényében				
		H ≤ 3,0 m	H > 3,0 m	átfolyó	csatlakozó		irány- törő	bukó****
					gerincvez.	bekötővez.		
Tisztítóakna	A	min: 800	1000/800*	•	•	•	•	•
Gerincvezeteki ellenőrző	B	315-600**	min: 600	•	-	•	-	-
Végponti	C	min: 600	min: 800	•	-	•	-	-
Bekötővezeteki ellenőrző	D	200-400***		•	-	•	•	•
Egyéb (öblítő, energiatörő, stb.)	E	egyedileg meghatározandó						

(MEGJEGYZÉSEK a 18.táblázathoz:

- Jelölések értelmezése:

- lehetséges kivétel
- az adott funkcióban nem javasolható aknatípus
- „H” mélység: a folyásfenékszint és aknafedlapszint különbségeként értelmezhető
- * Az 1000 mm az aknakamrára, a 800 mm a felmenő szerkezetre vonatkozik. Az aknakamra minimális magassága 1800 mm, a folyás fenékszinttől számítva.
- ** A 315 mm különleges esésviszonyok $7‰ < I < 15‰$ esetén javasolható.
- *** A 200 mm csak kétirányú tisztítást lehetővé tevő IVES tisztítóidom esetén javasolható.
- **** A bukóaknák kialakítására vonatkozóan lásd: MI -10 -0167/5-87.

- A táblázat adatai célszerűen $d_n \leq 315$ mm csatornaátmérőig értelmezhetők. A nagyobb csatornaátmérőknél a minimális átmérők átértékelése szükséges, illetve az üzemeltető előírásai szerint kell eljárni.)



51. ábra: Aknák telepítési távolsága a 18. táblázat aknajeleinek felhasználásával.

További jelölések: d tisztítóidom, 1 csapadékvíz elvezető árok, 2 telekhatár; L_1 a házi bekötőakna távolsága a gerincvezetektől; $L_{1max} = 30,0$ m, L gerincvezeteki aknák távolsága: $L_{max} = 80,0$ m lehet, ha a szakasz csőrekötéseinek a száma nem több 4-nél (L_{max} meghatározásánál figyelembe kell venni az üzemeltető szervezetnél rendelkezésre álló tisztítási technológia hatótávolságát!)

Az elmúlt évtizedben a **18. táblázatban** és **51. ábrán** megjelölt akna méretektől eltérő – kisebb keresztmetszetű és telepítési távolságú – aknák (felügyelőnyílások) is épültek, esetenként csőidomokból összeállítva. Ezek jövőbeli alkalmazása megrendelői, illetve üzemeltetői hozzájárulás alapján nem kizárt. Kialakításukhoz PIPELIFE Hungária Kft. rendelkezik a szükséges idomokkal.

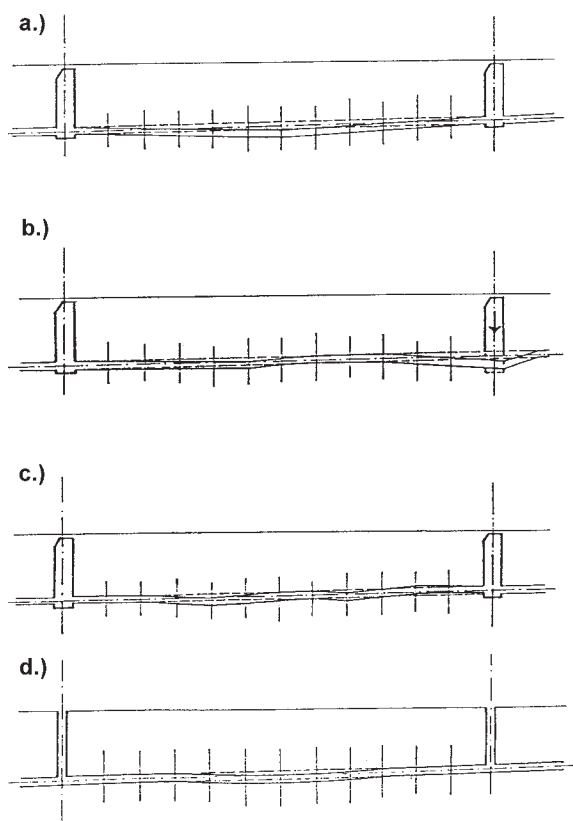
Az aknák telepítési távolsága növelhető, az ellenőrzőaknák számának növelésével, de minden esetben figyelembe kell venni a rendszer üzemelési biztonságát, tisztíthatóságát, illetve feltétlenül ki kell kérni az üzemeltető hozzájárulását.

Az aknák anyaga, a tökéletes vízzáróság biztosításának figyelembevételével, lehet:

- monolit beton,
- előregyártott beton,
- azbesztcement,
- műanyag és
- különböző, más öszvér szerkezet is.

A PVC csatornacsövek bármilyen anyagú aknához tökéletes vízzárást biztosító kötésekkal csatlakoztathatók.

A csatornázási rendszer merevsége – elméleti megfontolások és gyakorlati mérések alapján – jelentősen befolyásolhatják a vertikális vonalvezetést (lásd: **52. ábra**).



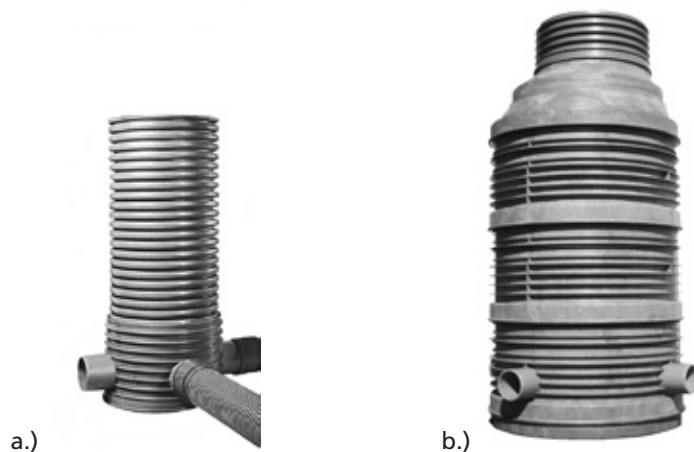
52. ábra: Csatornák rendszermerevsége és a lejtéshibák:

- a.) homogén csőanyag és akna – egyenletes vonalmenti süllyedés, b.) merev akna és rugalmas cső – lokális hibák az aknák térségében, c.) rosszul beágyazott cső a merevségtől függetlenül – több lokális hibahely és d.) homogén rugalmas rendszer csőaknákkal – korlátozott vonalmenti süllyedés a cső-aknaköz középső részén

A legkedvezőtlenebb változat a rugalmas cső és merev akna társítása, amelynél még kifogástalan ágyazat esetében is számolni kell különleges hatásokkal. (A nemzetközi és a hazai szakmai vélemények megegyezően állítják és dokumentálják, hogy a rugalmas cső erőtani viselkedésének sajátosságai miatt egy-két év elteltével a függőleges terhek kiegyenlítődnek és leépülnek. A merev aknák térségében a járműterhek dinamikus hatásai miatt ez a konszolidáció nem következik be, ezért ezeken a szakaszokon a csővezetékek túlterhelődhetnek.)

A fentiekre tekintettel a Pipelife Hungária Kft. – névváltozás előtt Pannonpipe Kft. – döntő részt vállalt a rugalmas aknaszerkezetek hazai piaci elterjesztésében, fejlesztésében és honosításában.

A Pipelife Csoport legújabb fejlesztése, amely Magyarországon 2006-ban kerül bevezetésre és gyártásra, a PRO megnevezésű polipropilén csatornaakna-rendszer; DN 630, 800 és 1000 mm átmérőjű aknákkal, illetve aknaelemekkel (lásd: **53. ábra**).



53. ábra: PRO- csatornaaknák a Pipelife-től:
a.) ellenőrző akna DN 630 mm, b.) tisztítóakna: DN 800 és DN 1000 mm átmérővel

A csatornaaknák fő részeinek mindegyike polipropilénből készül:

- alacsony nyomású fröccsöntéssel,
- magas nyomású fröccsöntéssel,
- extrudálással és
- rotációs öntéssel.

A PRO-csatornaakna család a prEN 13598-2 *“Műanyag csővezetékrendszerek nyomás nélküli föld alatti alagcsövezéshez és csatornázáshoz. Kemény poli(vinil klorid) (PVC-U), polipropilén (PP) és polietilén (PE). 2. rész: A csatornaaknák és ellenőrző aknák előírásai közötti területeken és mély föld alatti berendezésekben”* megnevezésű előszabvány szerint készül, és az elvégzett ellenőrző és minősítő vizsgálatok eredményei alapján teljes mértékben kielégíti annak követelményeit.

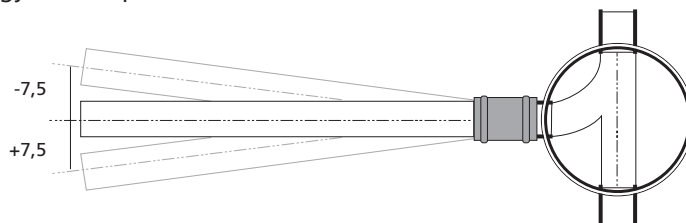
A csatornaaknák az alábbi 3 fő részből állnak:

- **fenékelem**, a csővezeték csatlakozásokhoz (be- és kivezető) csőcsonkkal ellátva,
- **magasító – közbenső – elem** beépített lépcsőkkel, vagy azok nélkül
- **szűkítő elem** (teleszkópos vagy rögzített lemeneti nyílással)

Az elemek illesztése **hegesztéssel** vagy EPDM anyagú – gumi – **tömítőgyűrűkkel** lehetséges. A maximális beépítési mélység: 5,0 m, ezt meghaladó mélység esetén kiegészítő erőtani vizsgálatok szükségesek.

A **fenékelemek** helyszínrajzi elrendezését és csatlakozó csónkjának mérettartományát termékválasztékunkban úgy alakítottuk ki, hogy azok szinte minden – a hazai viszonylatban felmerülő – csatornázási feladathoz alkalmasak legyenek, de az előállítási technológia egyedi igények kielégítését is lehetővé teszi. A csőcsatlakozásokhoz kifejlesztett, szabályozható KGMMF kettős karmantyúkkal (lásd: 54. ábra) 2×7,5°-os szögeltérések is áthidalhatók, annak érdekében, hogy:

- az előregyártott fenékelemekkel minden iránytörési szög kivitelezhető legyen, valamint
- a tervezett és a konszignációban rögzített csatlakozási szög és a helyszíni adottságok kismértékű eltérése esetén is zökkenőmentes legyen a beépítés.

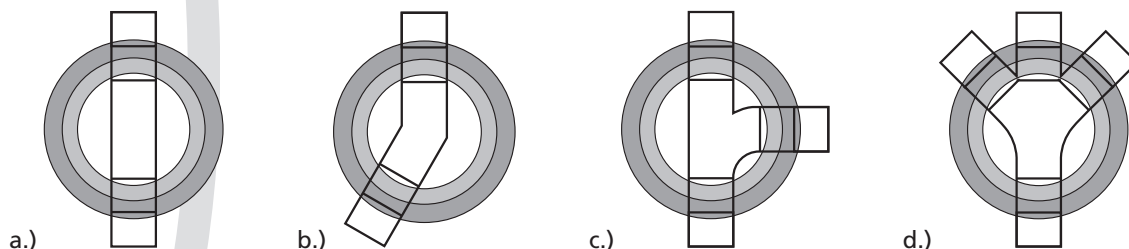


54. ábra: Csőcsatlakozás a fenékelemhez KGMMF kettős karmantyúval, amely a kötésben 2×7,5°-os szögeltérést is lehetővé tesz

A fenékelem választék alaptípusai az 55. ábrával illusztrálva az alábbiak:

- átfolyó
- iránytörő és
- csatlakozó, amely lehet 2- és 3 csatlakozócsonkkal felszerelt.

A fenékelemek magassága általában 500 mm, és sík felületi kialakításuk következtében a talajra – alsó ágyazatra – tökéletesen felfeksznek.

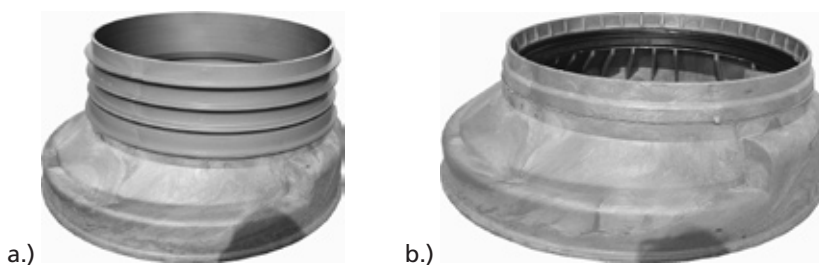


55. ábra: Fenékelemek alaptípusai helyszínrajzi elrendezés alapján:

a.) egyenes átfolyó, b.) iránytörő (jobbos és balos kivitelben c.) csatlakozó 2 db – 1 egyenes és 1 oldalági – csatlakozócsonkkal (jobbos és balos kivitelben 45° és 90°-os), d.) csatlakozó 3 db – 1 egyenes és 1-1 oldalági (45° és 90°-os) – csatlakozócsonkkal

A **magasító elemek** PRO 630 aknához, a DW630 felszálló cső 500 mm-től 6000 mm hosszúságban áll rendelkezésre, melyet a helyszínen, a tényleges fektetési mélység ismeretében lehet méretre szabni. A PRO 800 és 1000 átmérőjű aknához a magasító 500mm magassági méretben készül. Az akna magassága egy vagy több gyűrű beépítésével növelhető. Az elemek magassága az építési helyszínen 100 vagy 200 mm-rel rövidíthető, vágással. A magasító elemek szükség esetén – pl.: nagy szintkülönbségű csatlakozások – megfúrhatók, a segédeszközök és az idomok az ilyen jellegű feladatok üzemi és helyszíni megoldásához egyaránt rendelkezésre állnak.

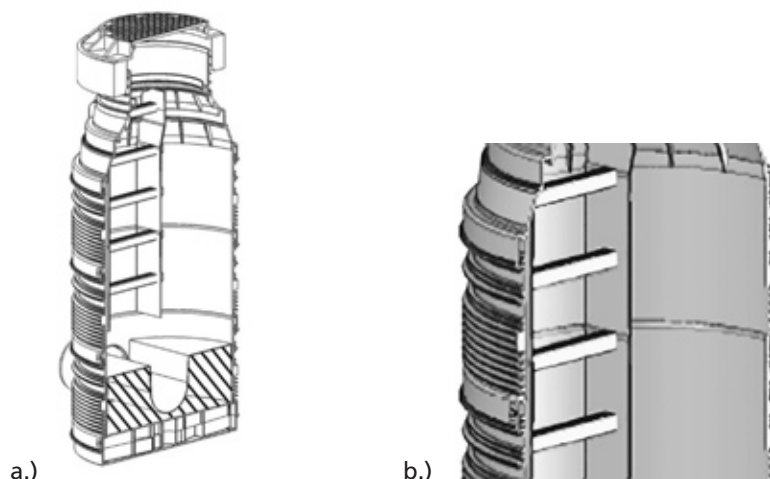
Szűkítőket kell alkalmazni a PRO 800 és PRO 1000 csatornaaknához. A szűkítő elem nyílásának kialakítása az 56. ábra szerint kétféle kivitelben készül, fixen rögzített nyakrésszel valamint teleszkópos csatlakozási lehetőséggel. Az elemek aszimmetrikusan szűkülnek, a DN 1000 mm-es aknáknál 1000/800 és 800/600, a DN 800-as aknák esetében 800/630 mm méretűek. A fixen rögzített szűkítőből 100 mm vágható, a helyszínen.



56. ábra: Szűkítő-elemek nyílásképzése:

a.) fixen rögzített nyakrésszel, b.) teleszkópos idomhoz kiképezve (gumigyűrűs illesztés)

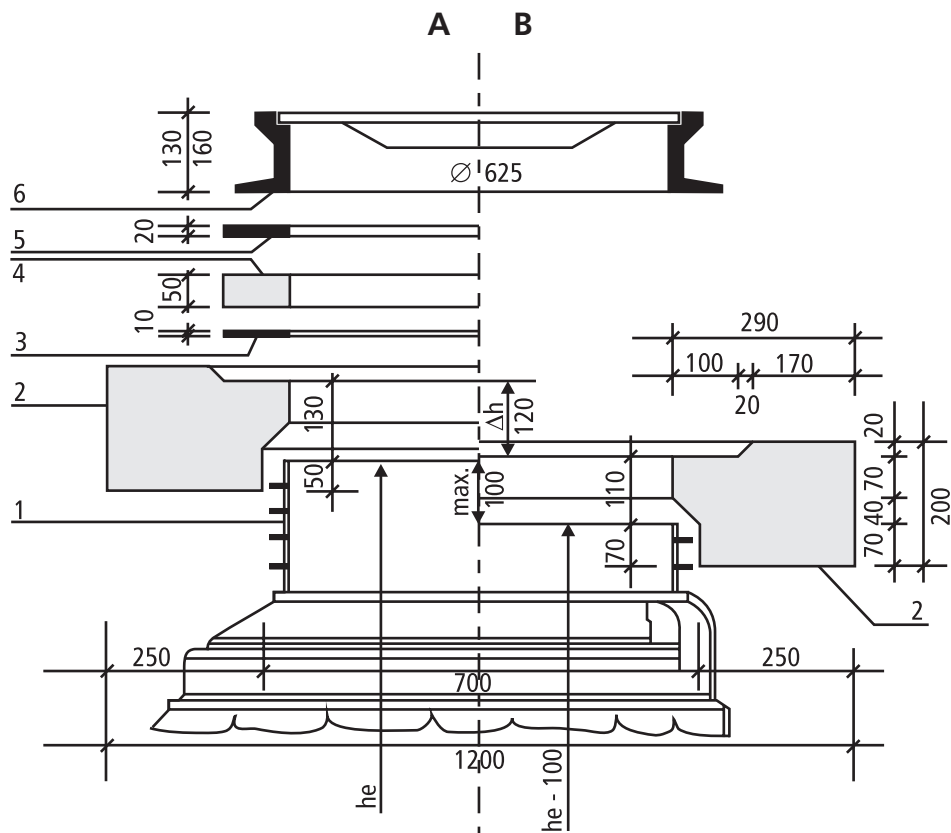
Egy összeállított akna axonometrikus metszetét az 57/a. ábra szemlélteti, ahol megfigyelhető a beépített lejárólépcső, a künett – folyásfenék – és a padka kiképzése. A lejárólépcső – lásd: 57/b. ábra – műanyag (PP) lépcsőfokokból áll, és természetesen megfelel a szabvány által megkívánt teherbírás követelményeknek. Üzemeltetői hozzájárulás esetén, az aknák lépcső nélküli változatban is rendelkezésre állnak. Ebben az esetben, a lejtás külön mozgatható létra, vagy leeresztő – csörlő - eszköz segítségével oldható meg. Ennek a megoldásnak számos előnye van, mint például, az aknán belüli nagyobb hozzáférhetőség, biztonságos le- és feljutás lehetősége, stb.



57. ábra: PRO átfolyós csatornaakna:

a.) metszeti képe b.) beépített polipropilén lépcsőfokok az aknakamrában

A rugalmas – és így a műanyag – akna sajátossága, hogy a függőleges járműterheket nem közvetlenül a falszerkezeten, hanem egy teherelosztó vasbeton gallér közvetítésével az ágyazaton keresztül veszik fel. Az ágyazat felszínén fellépő függőleges megoszló teher – a dinamikus hatásokat – nagymértékben leépítve a szűkítő elemek ferde felületére kisebb földnyomásokat közvetít. Az elvi szerkezeti megoldást a **58. ábra** szemlélteti.



58. ábra: PP akna lefedés beépítési vázlata különböző magassági feltételek esetén
Jelölések: 1 szűkítőelem (fix kialakítású nyakrésszel), 2 előregyártott teherelosztó vasbetongallér, 3 rugalmas alátét, 4 előregyártott magasító betongyűrű, 5 rugalmas alátét, 6 öntöttvas fedlapkeret és fedlap

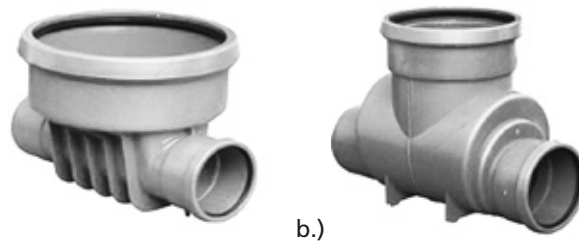
A teherelosztó gallér lehet előregyártott, de helyszíni monolit szerkezetként is kivitelezhető. A merev gallér és rugalmas aknafal kapcsolatát úgy kell megtervezni, hogy a függőleges terhek hatására sem léphet fel együttlépcső az érintkezési felületeken. Az ajánlott műszaki megoldások részletes ismertetését, illetve a PRO aknarendszer elem- és méretválasztékát, tervezési-, beépítési utasításait külön alkalmazástechnikai kézikönyv tartalmazza. Az **alkalmazástechnikai kézikönyv** kiadásával párhuzamosan a Papcad csatornatervező programba is beépülnek az aknákkal kapcsolatos tervezési ismeretek.

A PRO aknarendszer felhasználói szempontból sok kedvező és előnyös tulajdonsággal rendelkezik, amelyek közül a legfontosabbak az alábbiak:

- az aknafal és az elemillesztések tökéletesen vízzáróak,
- a külső- és belső korróziós hatásokkal szemben tökéletes-, hosszú távú védelem biztosított,
- az elemek beépítése kézi erővel történhet,
- az aknaelemek faipari szerszámokkal megmunkálhatók,
- az esetleges sérülések-, vagy meghibásodások könnyen javíthatók,
- az aknaelemeken egyszerűbb átalakítások végrehajthatók,
- a szállítás és a tárolás problémamentes és
- a csöcsatlakozások az aknafalon – szinte tetszőleges helyen – is kialakíthatók.

Az aknarendszer tervezéséhez és kivitelezéséhez elengedhetetlen további részletes információkat az önálló műszaki segédletként rendelkezésre álló alkalmazástechnikai kézikönyvünk tartalmaz.

A **gerincvezeték ellenőrző akna – felügyelőnyílás** – funkció betöltésére (18. táblázat: B) a PRO 630 mm átmérőjű aknatípus (lásd: 53/a. ábra) mellett a PIPELIFE Hungária Kft. kínálatában kisebb átmérőjű PP és PVC anyagú elemek is szerepelnek, d_n 400 mm átfolyó méretig (lásd: 59/a. és b. ábra). A felmenő szerkezet d_n 315, 400 mm-es KG csőből – tokos kötssel – teleszkópos vagy fix beépítéssel oldható meg. (A d_n 400 és 500 mm-es átfolyás esetén, a KGEA egál méretű 900-os ágidomokkal is kialakítható ellenőrző akna.)



a.) b.)
59. ábra: Gerincvezeteki ellenőrzőakna céljára beépíthető átfolyó rendszerű idomok:
a.) és b.) KG és KG-S csőrendszerhez PP-ből

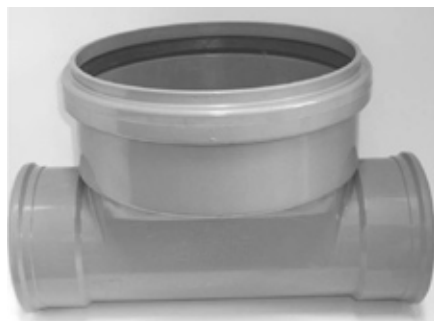
Termékválasztékban továbbra is szerepelnek a DN 200 mm felszálló csővel szerelhető íves (KGET) tisztítóidomok is gerincvezeteki felügyelőnyílások kialakításához. Ezek szűk keresztmetszetük miatt korlátozott beavatkozási lehetőséget biztosítanak az üzemeltetésben. Közcatornák gerincvezetékén a beépítés feltételeit minden esetben tisztázni kell az üzemeltetővel.

A **telekhatáron belüli felügyelőnyílások** (18. táblázat: D) kialakításához több alternatívát kínálunk. A megfelelő műszaki megoldás kiválasztása a tervező feladata. Általában a telekhatáron belüli aknáknak – mint szennyvízátadási pontnak – ki kell elégíteni az alábbi funkcionális követelményeket:

- a szennyvíz szemrevételezéses ellenőrzését,
- a mintavételezést,
- a tisztíthatóságot (célszerűen két irányban).

A fenti elvárások fokozottan érvényesek, ha a házi bekötővezeték közvetlenül csatlakozik a gerincvezetékre (csőre-kötés). **Házi bekötőaknaként a KGEA ágidomok beépítése nem javasolható!**

A KGA jelű 315/160/160 fenékelemmel (lásd: 60/a. ábra) létesített telekhatáron belüli felügyelőnyílás teljes mértékben kielégíti a fent megfogalmazott funkcionális követelményeket. A KGAL jelű fenékelemmel (lásd: 60/b. ábra) egy ingatlanon belül több szennyvíztermelő hely is összefogható. Az akna átmérője DN 315 vagy 400 mm, a 45°-ban csatlakozó valamint az átfolyó cső mérete d_n 160 vagy 200 mm lehet. Bizonyos esetekben – üzemeltetővel egyeztetve – gerincvezetékbe is beépíthetők a házibekötések fogadására.



a.)



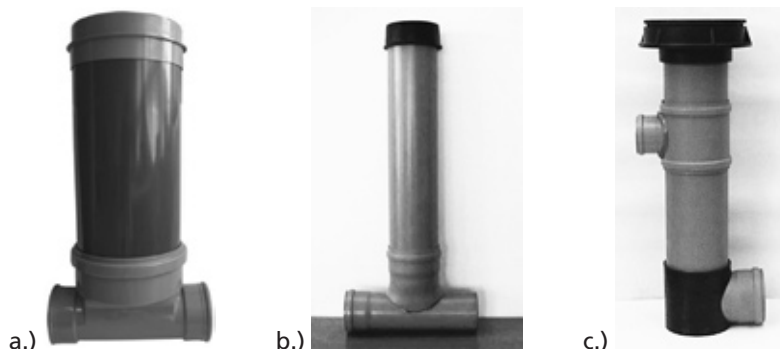
b.)

60. ábra: Fenékelemek felügyelőnyílások kialakításához:
a.) KGA átfolyós fenékelem, b.) KGAL fenékelem 45°-os csatlakozással

A KGZ jelű búzelzáros fenékidom (lásd: 61. ábra) DN 250 mm átmérőjű felszálló csővel szerelhető, a csatlakozó cső mérete a be- és kifolyási oldalon d_n 125 vagy 160 mm. Az idomon feltüntetett folyásirány szerint kell a beépítést elvégezni.



61. ábra: DN 250 mm átmérőjű KGZ búzelzáros fenékelem, telken belüli beépítésre



62. ábra: Telekhatáron belüli tisztítónyílások d_n 160 mm átmérőjű bekötővezeték csatlakozással:

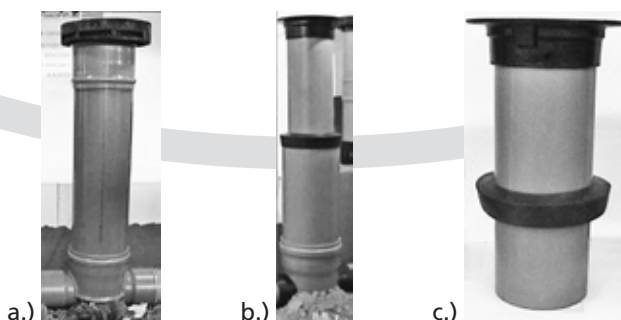
a.) polipropilén fenékelem d_n 315 mm KG felmenő csővel, és KG315 lépésálló fedlappal c.) KGET fenék DN 160 vagy 200 mm felmenő szerkezettel, és 3t terhelhető fedlappal d.) KGUR jelű felügyelőnyílás eltérő be- és kifolyó szintekkel, a csatlakozó cső méretek: befolyási oldalon d_n 110-125 mm, a kifolyási oldalon d_n 160 mm; a felmenő rész DN 200 KG PVC cső és 3t terhelhető fedlap

A **62/a. ábrán** bemutatott KGA típusú fenékelemet kisebb átfolyási keresztmetszettel – d_n 125 mm – is forgalmazunk telken belüli alkalmazásra, DN 315 mm-es felmenő keresztmetszettel. A fedlap kialakítás egy speciális idommal történik. A KG315LÉP.FEDLAP nevű termék önmagában is alkalmazható. Az egyik oldala KGK, még a másik oldala KGM idomként alkalmazható. Ha fedlapként kerül beépítésre, akkor a térszín felé álló részt betonnal, vagy földdel lehet kitölteni, így biztosítható a mechanikai védelem. A KGET idomot elsősorban telken belüli felügyelőnyílásokhoz ajánljuk d_n 160 mm átfolyó mérettel, DN 200 vagy 160 mm felmenő csőméretekkel, készre szerelve is (lásd: **62/b. ábra**). A KGUR jelű (lásd: **62/c. ábra**) felügyelőnyílás alkalmazásával lehetőség van eltérő szintű csatlakozások megoldására. A befolyó oldali csatlakozó cső pontos magassági helyzetének beállítását követően a helyszínen lehet és kell a megfúrást elvégezni. Az **b.** és **c.** ábrarészen feltüntetett zöldterületi fedlap körbebetonozása esetén, a házi bekötőakna személygépkocsi bejáróba is elhelyezhető.

A gerincvezeteki és a telken belüli PP- és KG (vagy KD) PVC elemekből szerelt ellenőrzőnyílások lefedésére a PIPELIFE Hungária Kft. forgalmaz öntöttvas fedlap-kereteket és fedlapokat, valamint zöldterületi PVC fedlapokat is. Járműterhek esetén – a nagy átmérőjű PP aknához hasonlóan – a fedlapkereteket tehermentesítő betongallérral kell lealapozni.

A DN 200-400 mm-es felszálló csővel rendelkező felügyelőnyílások kialakítása, a tervező előírásai alapján, kétféle módon történhet. A kialakítás módjai között, a beépítés és üzemelés körülményeinek ismeretében, a leendő üzemeltető véleményének kikérése alapján kell dönteni és választani az alábbi lehetőségek között:

- a leggyakrabban alkalmazott megoldás, amikor a felszálló cső a térszínig egységes méretű és az öntöttvas fedlap áttoló karmantyú segítségével csatlakozik a csőhöz (**63/a. ábra**),
- a felszálló cső, a térszín előtt kb. 0,7 m-re, egy gumimandzsetta segítségével leszűkül 160, 250, illetve 315 mm-re teleszkópszerűen (**63/b. ábra**)
- a b.) megoldáshoz szükséges öntöttvas fedlap, egy **900 mm** hosszú KG csővel egybemunkált és a teleszkópitást biztosító gumi mandzsettával szerelve, teljesen kerül forgalomba (**63/c. ábra**).



63. ábra: Felügyelőnyílások beépítési alternatívái:

a.) azonos felmenő átmérővel, b.) teleszkópikus kialakítás szűkítő-mandzsettával, c.) teleszkópikus kialakítás speciális gumi-mandzsettával

(Megjegyzés: Járműteher esetén a fedlapot tehermentesítő betongallérral kell körülvenni.)

4.4.5. Hidraulikai tervezés

A szennyvízelvezető csatornák hidraulikai méretezése, technikai és közgazdasági elvárások optimális összehangolása. Az elvezetendő térfogatáram (Q) a sebesség függvénye (v), amelyet a lejtés (I) befolyásol. A csővezeték átmérőjének a túlméretezése – a csőár és az öntisztuló képesség miatt – éppen úgy káros, mint az alulméretezés.

A témakör rendkívül nagy és szerteágazó szakirodalmi forrásanyaggal rendelkezik. Ezek iránt érdeklődők részére a

[5] és [9] – hazai – szakirodalmak tanulmányozását javasoljuk.

A gravitációs csatornák hidraulikai méretezésének egyik alapproblémája az egyenes csővezeték levezető képességének meghatározása. A csatornázási technikában ezt a feladatot hosszú időn keresztül a Strickler - egyenlet segítségével számították:

$$Q = F \cdot k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (41)$$

A képletben:

- Q - a levezetendő térfogatáram,
- F - a keresztmetszvény,
- R - a hidraulikus sugár,
- I - az esés és
- k_s - az érdesség, Strickler szerint.

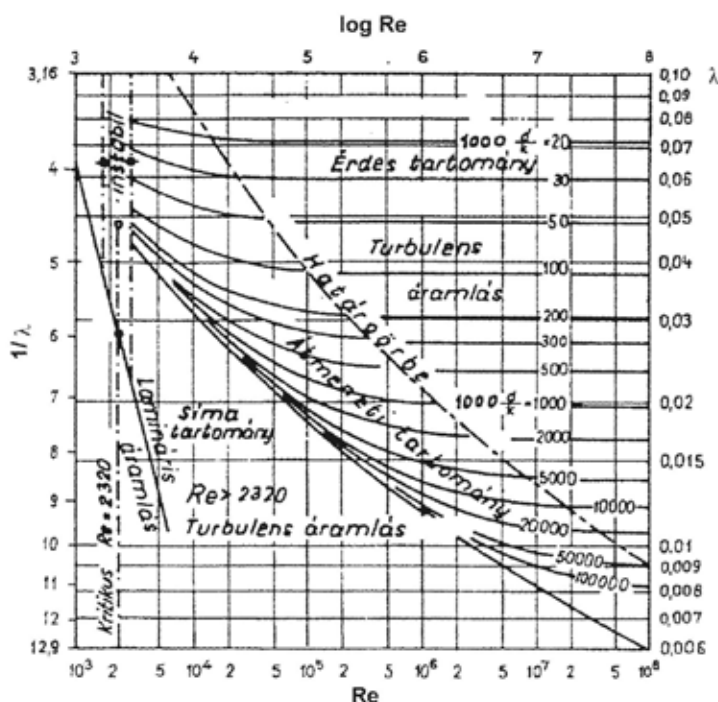
Hasonló képleteket dolgozott ki Chézy, Ganguillet és Kutter is. Ezek a képletek teljes egészében kísérleteken és tapasztalatokon alapultak. A gyakorlatban alkalmazott számítási módszerek közötti különbség az érdesség, vagy a sebességi tényező meghatározásában mutatkozik (Kutter, Manning-Strickler stb.). Később az áramláskutatók – Prandtl, Nikuradse, White és Colebrook – tudományos, elméleti alapon oldották meg a kérdést.

A White-Colebrook féle összefüggés általános alakja – körszelvényre vonatkoztatva – a 3. fejezetben a nyomócsőveknél már ismertetésre került (11). A (11) képletben szereplő Reynolds szám meghatározásához – lásd: (12) képlet – szükséges kinematikai viszkozitás értéke szennyvizek esetében:

$$\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]; + 10^\circ\text{C} - \text{nál.}$$

(Megjegyzés: A számításoknál a fenti érték alkalmazása általában megfelelő. Speciális feladatok esetében a [9] szakirodalomban található részletekesebb ismeretek.)

A λ súrlódási tényező értékeire a 64. ábra tartalmaz értékeket a Reynolds szám és a d/k értékek függvényében.



64. ábra: A λ súrlódási tényező változásai a Reynolds szám és a d/k érték függvényében.
(MI-10-167/3-87 szerint)

Az áramlási közepsebesség körszelvényénél:

$$v = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51 \cdot \nu}{d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot I \cdot d}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot I \cdot d} \quad [\text{ms}^{-1}] \quad (42)$$

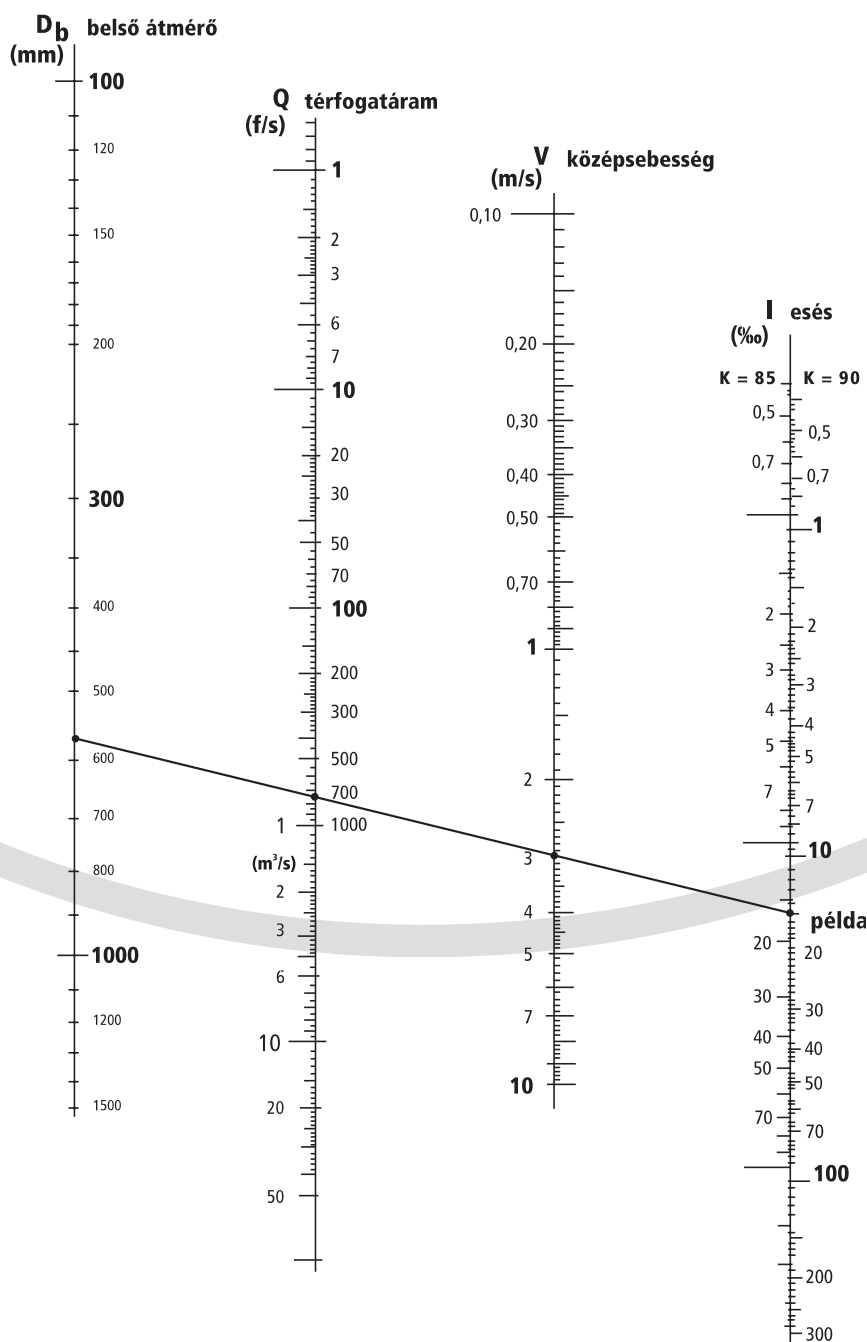
A behelyettesítések után a Q térfogatáram:

$$Q = -6,95 \cdot \log \left(\frac{0,74 \cdot 10^{-6}}{d \cdot \sqrt{d \cdot I}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \cdot d^2 \cdot \sqrt{d \cdot I} \quad [\text{m}^3 \text{s}^{-1}] \quad (43)$$

(A képletek tényezőinek értelmezését lásd a 3. fejezetben.)

A fenti képletek alapján számítási segédletek kerültek kidolgozásra – hazai viszonylatban is –, amelyek [14] napjainkban már nem mindig elérhetők.

Az elmúlt 30 évben élénk szakmai vita középpontja volt (Sauerbrey, Thormann, Munz stb.) a (42), (43) képletek számítási időigénye és az elérhető pontosság, továbbá az egész hidraulikai számításban rejlő bizonytalanságok összefüggése. Több európai ország nemzeti szabványa elismeri az egyszerűbb képletek alkalmazását. Ezek alapján méretező nomogramok szerkeszthetők, amelyek használatával a hidraulikai méretezés leegyszerűsíthető és lényegesen meggyorsítható. A 65. ábra erre mutat be példát. (A nomogram telt szelvényre vonatkozik.)



65. ábra: Méretező nomogram Strickler szerint, kör keresztmetszethez és telt szelvényhez.

(Megjegyzés: A 66. ábrán bemutatott példánál adott: a $Q = 750$ l/s, a $k = 85$ és meghatározott az $I = 16$ ‰ esés. A fenti adatokat összekötő egyenes $v = 2,95$ m/s sebességhez $D_b = 570$ mm-t határoz meg. A választandó csőátmérő tehát: $D_b = 600$ mm.)

A telítettségi fok függvényében – a **66. ábra** alapján – meghatározható a körszelvényű csatornában a „h” vízmélység (úsztatási mélység) és az ehhez tartozó „v” áramlási középsebesség.

A belső csőfelület üzemi érdességi tényezőire az MI-10-167/3-87 1.3 pontja tartalmaz ajánlásokat. A hivatkozott irodalom – közös kalap alá véve – a műanyag-, az azbesztcement- és a kőagyag csöveket:

- csatornák oldalkötésekkel és aknákkal: $k = 0,40 \text{ mm}$
- csatornák oldalkötések és aknák nélkül: $k = 0,25 \text{ mm}$

értékeket ajánlanak.

A **PVC cső** különlegesen sima belső felülete miatt a csőkötés nélküli hosszú egyenes csőre értelmezhető érdességi tényező: $k = 0,02 \text{ mm}$. Ez az elméleti **relatív** érték azonban a települések szennyvíz elvezetésénél nem alkalmazható.

(Megjegyzés: Egy gravitációs csatornaszakasz abszolút érdességét a csőfal belső – relatív – érdességén kívül:

- a csőkötések kialakítása, távolsága
- az aknák anyaga, távolsága
- a csőrekötések távolsága és kialakítása

határozza meg.)

A műanyag csövek használatában nagyobb tapasztalatokkal rendelkező országokban a **PVC, PP és PE** csatornák „k” tényezőire árnyaltabb ajánlások állnak rendelkezésre a szennyvízelvezetésben. Ezek hazai alkalmazása az alábbiak szerint javasolható:

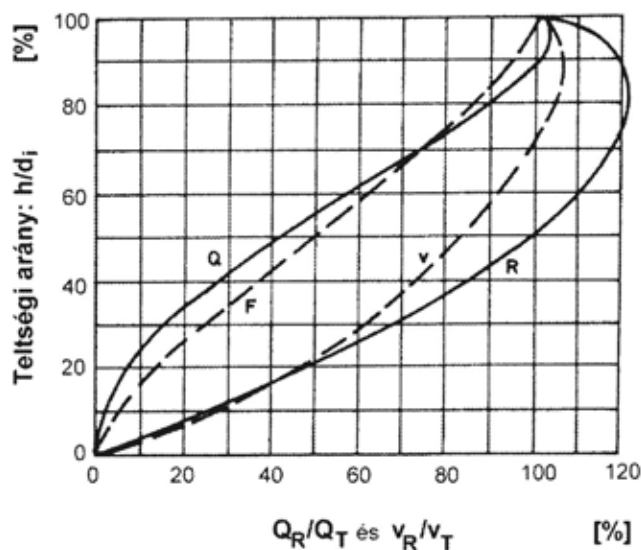
- $k = 0,10 \text{ mm}$ üzemi érdességi tényező alkalmazható, ha:
 - a csőkötések távolsága: $\geq 5,0 \text{ m}$ -nél,
 - a hálózaton nincsenek csőrekötések,
 - az aknák szintén műanyagból készülnek,
 - a minimális aknatávolság 60 m ,
 - a bekötések csak aknáknál, a kúnetpadka felett történnek,
 - a csatorna lejtése: $5 \text{ ‰} < I < 10 \text{ ‰}$
- $k = 0,25 \text{ mm}$ üzemi érdességi tényező javasolható, ha:
 - a csőkötések átlagos távolsága: $\geq 3,0 \text{ m}$ -nél,
 - az aknák szintén műanyagból készülnek,
 - minimális aknatávolság 60 m ,
 - a házi rákötések 45° -ban, T-idommal vagy 45° -os ágidommal kerülnek kialakításra,
 - a csatorna lejtése: $> 6 \text{ ‰}$ -nél.
- $k = 0,40 \text{ mm}$ üzemi érdességi tényezőt célszerű alkalmazni, ha:
 - az előzőekből valamely feltétel nem teljesül.
- A tervező egyéni mérlegelése alapján $k = 1,00 \text{ mm}$ vagy $1,50 \text{ mm}$ érték alkalmazása is előtérbe kerülhet kedvezőtlen feltételek halmozódása esetében. (Például: rövid csövekből épülő csatorna, függőleges – ejtóvezeték – rákötésekkel, sűrűbb monolitbeton aknakiosztással, ha az átlagos aknatávolság $< 40 \text{ m}$ -nél, továbbá $I < 3 \text{ ‰}$ lejtésnél.)

A gyakorlati számításokhoz sokféle méretező diagram, segédlet stb. áll rendelkezésre. A különböző *hidraulikai méretező* segédletek használatánál:

- az érdességi tényező és
- a belső átmérő

értelmezése a tervező felelőssége. Az alábbiak figyelembevételét javasoljuk:

- A „k” tényező ismert adatokból lineáris interpolációval csak szűk keretek között határozható meg.
- A hőre lágyuló csöveknél a d_n a külső átmérőt jelöli. A PIPELIFE által gyártott KG és KG-S csövek falvastagság (e_n) értékeit a **15. táblázat**, a KD-EXTRA cső belső átmérőit (d_i) a **17. táblázat** tartalmazza.



66. **Ábra:** Részleges telítettségű körszelvényű műanyagcső csatornák hidraulikai méretezése (Q : térfogatáram, v : középsebesség, F : nedvesített terület, R : hidraulikai sugár; h : úsztatási mélység, d_i : belső csőátmérő, Q_R és v_R a részleges telítettséghez-, Q_T és v_T teltszelvényhez tartozó értékek)

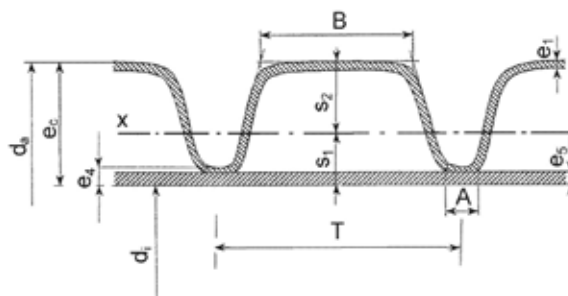
4.4.6. Erőítani tervezés

Az erőtani tervezés – a csőstatika – alapkérdéseivel már a 3.43. fejezetben foglalkoztunk és összefoglaltuk az általános érvényű ismereteket. Ezért jelen fejezetben a gravitációs – belső nyomás nélkül – üzemelő csatornák kiegészítő és egyedi erőtani vonatkozásaira térünk ki. A rendszermerevség számítása (14) a KG- és KG-S csövek esetében megegyezik a KM PVC csőnél ismertetett elvekkel. A rendszermerevség számításának fontos és meghatározó alapadata a csövek rugalmassági modulusának értéke. A cégünk által gyártott és forgalmazott **csatornacsövek** kezdeti- (E_0) és hosszútávra (E_H) vonatkoztatott **rugalmassági modulusának** értékeit az erőtani számításokban az alábbiak szerint kell figyelembe venni:

- KG PVC (tömör és homogén falszerkezetű) cső esetén:
 - $E_0 = 3400 \text{ N/mm}^2$
 - $E_h = 1500 \text{ N/mm}^2$
- KG-SUPER (rétegelt falú) cső esetén:
 - $E_0 = 2900 \text{ N/mm}^2$
 - $E_h = 1300 \text{ N/mm}^2$
- KD-EXTRA (merevített falú) cső esetén:
 - $E_0 = 3200 \text{ N/mm}^2$
 - $E_h = 1400 \text{ N/mm}^2$

Tájékoztatjuk tisztelt Felhasználóinkat, hogy a fenti értékeket, azaz a rugalmassági modulusok differenciálását, a Pipe-life Hungária Kft. – illetve jogelődje a Pannonpipe Kft. – kísérleti mérésekkel határozta meg annak érdekében, hogy a statikai számításokban a valósághoz legjobban közelítő mechanikai jellemzők kerüljenek alkalmazásra. A csőtípusonként meghatározott fenti értékpárok a Pipelife által gyártott és forgalmazott csövekre érvényesek!

A KG- és a KG-S cső tömörfalú csövek esetén a rendszermerevségének számítása a korábbiakban leírtak szerint történik. A KD-EXTRA csőnél a strukturált falszerkezet – lásd: **67. ábra** – egyedi megfontolásokat tesz szükségessé.



67. ábra: KD-EXTRA cső falának hosszmeteszete. (Az x tengely a falszerkezet súlyvonalára)

A 67. ábrán feltüntetett jelek számszerű értékeit a 21. táblázat tartalmazza, az SN 8 termékválasztékunknak megfelelően.

21. táblázat

DN [mm]	d_a [mm]	d_i [mm]	e_c (min) [mm]	e_1 (min) [mm]	e_4 (min) [mm]	e_5 (min) [mm]	A [mm]	B [mm]	T [mm]
250	268,9±1,0	246,5±0,5	11,2	1,1	2,0	1,5	5,674	16,1	25,133
300	330,7±1,2	303,5±0,6	13,6	1,1	2,0	1,7	6,922	20,0	31,046
400	427,0±1,5	392,0±0,8	17,5	1,5	2,5	2,3	9,042	26,2	40,599
500	542,5±2,0	494,8±1,1	23,85	1,5	3,0	3,0	11,106	34,0	52,779

A módosított Voellmy-képletben [lásd: 3.4.3. fejezet (14) képlet] a KD-extra cső strukturált falszerkezetének a paraméterei – falvastagság, középtátmérő – automatikusan nem helyettesíthetők be. Vissza kell tehát nyúlni az eredeti alakhoz annak érdekében, nehogy téves következtetésekre jussunk. Anélkül, hogy történeti fejtegetésbe bocsátkoznánk a Voellmy-képlet fejlődését illetően, alapelvként rögzíthetjük, hogy Voellmy a cső és a talaj alakváltozását viszonyította egymáshoz. A cső alakváltozási képletében pedig, a rugalmassági modulus mellett a cső jellemző paramétereként az *inercia* ($I = e^3/12$) szerepelt. (Megjegyzés: a képlet végső alakjában az egyszerűsítések és átrendezések miatt szerepel az $(e/d_n - e)^3$ forma.) A KD-extra cső esetében tehát a Voellmy-képlet ma használatos alakját úgy alkalmazhatjuk, ha egy KD-extra csővel azonos inercianyomatékú tömör falú cső paramétereit helyettesítjük be a képletbe. Ehhez meg kell határozni a strukturált csőfal keresztmetszet egységnyi hosszra vetített inercianyomatékát, majd ebből a helyettesítő falvastagságot. Az adatokat, kiegészítve a súlyvonal meghatározásával a 22. táblázatban foglaltuk össze. (A jelölések a 67. ábrán értelmezhetők.)

22. táblázat

KD-EXTRA csatornacső keresztmetszeti adatai és az „ e_h ” helyettesítő falvastagság					
DN [mm]	I_x^T („T” hullámhosszra) [mm ⁴]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	$I_x = I_x^T/T$ [mm ⁴ /mm]	$e_h = \sqrt[3]{12 \cdot I_x}$ [mm]
250	1383,20	4,3	6,9	55,04	8,71
300	2729,83	5,0	8,6	87,93	10,18
400	7853,90	6,55	10,95	193,45	13,24
500	21652,57	8,1	15,75	410,25	17,01

A KD-extra cső középtátmérőjének a Voellmy-képletben ($d_n - e_n$) a 69. ábra szerinti „x” jelű súlyponti tengely tekintendő, amely az ábra jelöléseit alkalmazva:

$$\text{vagy:} \quad (d_a - 2 \cdot s_2) \quad (44)$$

$$(d_i + 2 \cdot s_1) \quad (45)$$

alakban írható fel.

Tehát az „n” rendszermerevség Voellmy-képlete alapján a fent részletezett jelöléseket alkalmazva az alábbiak szerint számítható a KD-extra csövek esetében:

$$n = \frac{2}{3} \cdot \frac{E_{cs}}{E_t} \cdot \left(\frac{e_h}{d_i + 2 \cdot s_1} \right)^3 \quad (46)$$

Az ágyazatként felhasználható talajokról a gravitációs csövek esetében kissé részletesebben kell szólnunk, mint ahogy azt a nyomócsövekről szóló 3.43. fejezetben tettük. A 8. táblázat négyféle típusalajra – nemzetközi szakirodalmi adatok alapján – tartalmaz a tömörség függvényében talaj összenyomódási (E_t) modulusokat. Alapelvként lerögzítettük, hogy a beágyazáshoz olyan talajféleségek választhatók, amelyeknek az összenyomódási modulusa, a tervezett tömörséggel összhangban: $E_t \geq 1,00 \text{ N/mm}^2$. A gyakorlatban - néhány kivételes esetet leszámítva - ennél jobb minőségű ágyazatra van szükség. A rugalmas csövek közvetlen környezetében alkalmazható kézi tömörítés reális lehetőségeinek figyelembevételével az erőtani számításokban a 23. táblázat szerinti ágyazati anyagokat, talajtömörségeket és tömörségi értékeket javasoljuk alkalmazni.

23. táblázat

TALAJFAJTA (ÁGYAZATHOZ)		TÉRFOGAT-TÖMEG [kN/m ³]	BELSŐ SURLÓ-DÁS [°]	E _t ALAKVÁLTOZÁSI (összenyomódási) MODULUS [N/mm ²]	
				T _{ry} [%]	
				85	90
1/A	homokos kavics	20,0	35,0	2,5	-
1/B	osztályozott homokos kavics	20,0	35,0	-	6,0
2/A	homok	20,0	32,5	1,2	-
2/B	homok-cement keverék	20,0	32,5	-	3,0

Természetesen alkalmazhatók helyszínen kitermelt talajok, vagy talajkeverékek is, ha megfelelőek. Ennek feltételeire, az összenyomódási modulus laboratóriumi meghatározásával kapcsolatos észrevételekre az 5.3.3. fejezetben térünk ki. A 23. táblázatban ágyazati anyagként javasolt talajok, és talajkeverékek összetételéről, egyéb megkívánt jellemzőiről szintén az 5.3.3. fejezet ad tájékoztatást. Az ágyazatot, annak tömörségét minden esetben úgy kell megtervezni, hogy az a talajállapot a kézi tömörítéssel elérhető, kivitelezhető legyen!

[7. Példa: Különböző gyűrűmerevségű – KG, KG-S és KD – csatornacsövek rendszermerevségi értékei T_{ry} = 85%-os homokágyazatban:

- KD-EXTRA cső DN 300 mm, SN = 8,0 kNm⁻²:

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3200}{1,2} \cdot \left(\frac{10,18}{303,5 + 2 \cdot 5,0} \right)^3 = 0,0608 < 0,083$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1400}{1,2} \cdot \left(\frac{10,18}{303,5 + 2 \cdot 5,0} \right)^3 = 0,0266 < 0,083$$

- KG PVC cső dn 315 mm:

- SN = 4,0 kNm⁻² (SDR 41):

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3400}{1,2} \cdot \left(\frac{7,7}{315 - 7,7} \right)^3 = 0,0297 < 0,083$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1500}{1,2} \cdot \left(\frac{7,7}{315 - 7,7} \right)^3 = 0,0131 < 0,083$$

- SN = 8,0 kNm⁻² (SDR 34):

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3400}{1,2} \cdot \left(\frac{9,2}{315 - 9,2} \right)^3 = 0,0514 < 0,083$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1500}{1,2} \cdot \left(\frac{9,2}{315 - 9,2} \right)^3 = 0,0227 < 0,083$$

Az SN = 4,0 kNm⁻² KG cső tehát lényegesen rugalmasabban, az SN 8,0 kNm⁻² KG cső némileg rugalmasabban viselkedik a KD-EXTRA SN 8-as csőhöz viszonyítva, azonos ágyazati viszonyok között.

- KG-Super cső:

- SN = 4 kNm⁻² (SDR 41):

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2900}{1,2} \cdot \left(\frac{7,7}{315 - 7,7} \right)^3 = 0,0253 < 0,083$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1300}{1,2} \cdot \left(\frac{7,7}{315 - 7,7} \right)^3 = 0,0114 < 0,083$$

- SN = 8,0 kNm⁻² (SDR 34):

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2900}{1,2} \cdot \left(\frac{9,2}{315 - 9,2} \right)^3 = 0,0439 < 0,083$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1300}{1,2} \cdot \left(\frac{9,2}{315 - 9,2} \right)^3 = 0,0197 < 0,083$$

Tehát: a KG csőhöz képest a KG-S cső még rugalmasabb viselkedik azonos ágyazati feltételekkel. Összességében az is megállapítható, hogy mindegyik vizsgált csőtípus rugalmasan viselkedik az adott ágyazati feltételekkel. Amennyiben az ágyazat minőségét javítjuk – azaz magasabb Et értékű ágyazati anyagot választunk –, a rendszer annál inkább a rugalmas tartomány irányába fog eltolódní.]

Rossz minőségű altalaj esetén a 3.4.3. fejezetben ismertetett elvek alapján a Woellmy-képletben az ágyazat összenyomódási modulusát korrekciós tényezővel kell figyelembe venni, amely (15) és (16) képletek szerint számítható. A hivatkozott fejezetben rögzített elv szerint az ágyazat korrigált összenyomódási modulusa: $E'_t \geq 1,0 \text{ N/mm}^2$

A nyomás nélküli – gravitációs – csatornacsöveket általában méretezni, illetve ellenőrizni szükséges:

- feszültségekre (kereszt- és hosszirányban),
- alakváltozásra és
- stabilitásra.

A PIPELIFE Hungária Kft. által gyártott PVC-U csatornacsövekre a **24. táblázat** tartalmaz egyszerűsítéseket a méretezési kritériumokra vonatkozóan. A táblázat széleskörű csőstatikai vizsgálatok tapasztalataira alapozva készült. A méretezési kritériumok kizárólag abban az esetben érvényesek, ha az alakváltozásokat (δ) 5 %-ban maximáljuk.

24. táblázat

MÉRETEZÉSI KRITÉRIUMOK				
PVC-U csőtípus	SN 4 – SDR 41		SN 8 – SDR 34	
	teherviselés	méretezés	teherviselés	méretezés
KD-EXTRA	-	-	cső + talaj	feszültség + alakváltozás
KG	talaj + cső	alakváltozás + stabilitás	talaj + cső	alakváltozás + stabilitás
KG-SUPER	talaj + cső	stabilitás + alakváltozás	talaj + cső	alakváltozás + stabilitás

A KD-extra cső esetén az összetett – strukturált – geometria miatt szükséges feszültségvizsgálatnál a megengedett tervezési feszültség értéke:

$$\sigma_s = 12,5 \text{ MPa; N/mm}^2$$

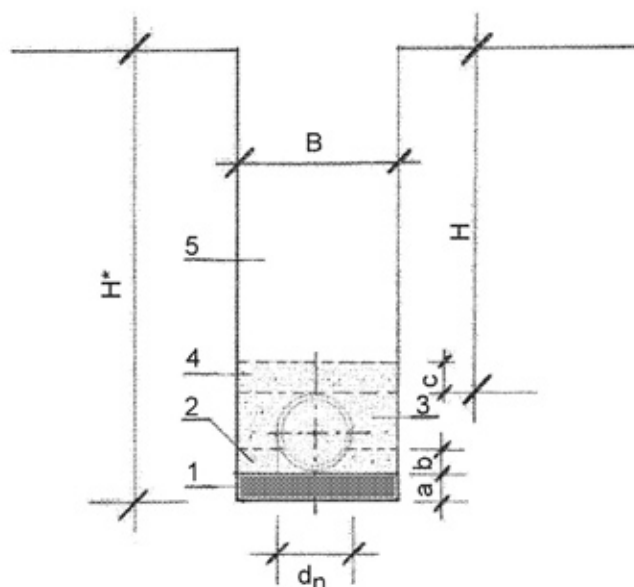
[Megjegyzés: a fentebb rögzített σ_s érték abból a feltételből van levezetve, hogy a csőgyártásnál alkalmazott PVC-U anyag elvárt legkisebb szilárdsága $MRS \geq 25,0 \text{ MPa}$ és biztonsági tényező $c_{min} = 2$.]

A terhek meghatározásakor a nyomócsőnél leírtak szerint kell eljárni. Állandó, tartós teherként:

- a földterheket,
- esetleges jellegű teherként:

- a járműterheket

kell elsősorban figyelembe venni.



68. ábra: A munkaárok és csőzóna jellemzői (MSZ EN 1610 és MSZ EN 1295 alapján)

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

A földnyomásokat „H” függvényében („H” a 68. ábra szerint értelmezve) a (17) képlet alapján geosztatikus teherként, vagy az alábbiak szerint lehet számítani:

Marston elmélete a talajban rugalmasan viselkedő csövekre ható földnyomás meghatározásánál figyelembe veszi az árok oldal falán fellépő súrlódó erőt is, így a geosztatikus tehernél kisebb földnyomásokat eredményez. A függőleges földteher Marston szerint:

$$g_v = C \cdot \gamma \cdot \left(\frac{B}{2}\right)^2 \quad (46)$$

ahol:

- γ - a talaj térfogattömege [kNm³]
- B - az árokszélesség [m]
- C - a takarási mélység és az árokszélesség viszonyszámától és a falsúrlódási szögtől

függő tényező:

$$C = \frac{2 \cdot (1 - e^{-\alpha \cdot H})}{K_a \cdot \tan \delta} \quad (47)$$

és:

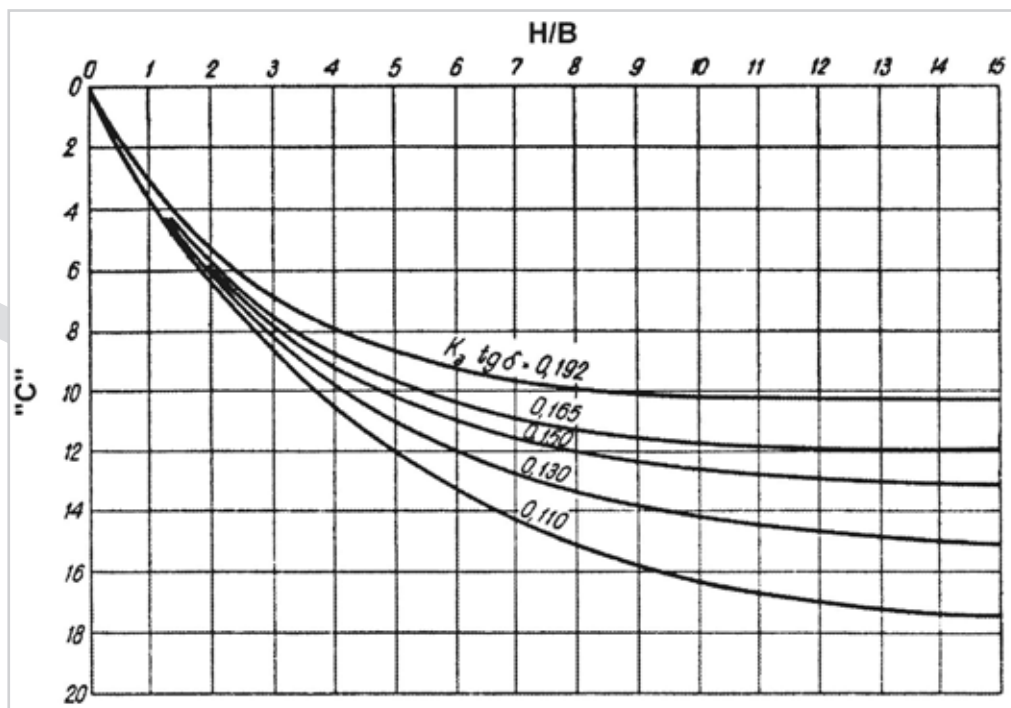
$$\alpha = \frac{K_a \cdot \tan \delta}{\frac{B}{2}} \quad (48)$$

ahol:

- e - a természetes szám
- $\tan \delta$ - falsúrlódási szög, amely a belső súrlódási szöggel egyenlőnek vehető: $\tan \delta = \tan \phi$
- K_a - Rankine-féle aktív földnyomás szorzója: $K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$

(49)

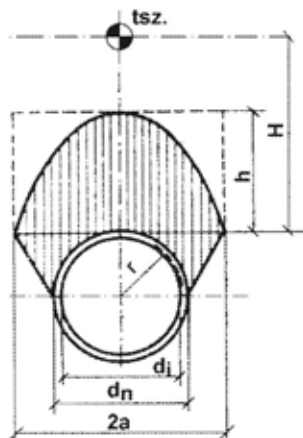
A „C” tényező kellő pontossággal meghatározható $\frac{H}{B}$ függvényében a különböző súrlódási szögű talajokra vonatkozó – Spangler által kísérletekkel is igazolt – görbéről, a 69. ábráról.



69. ábra: „C” tényező értékei Spangler szerint H/B függvényében, különböző talajfésüléségre

Marston fent ismertetett elmélete függőleges falú munkaárokra érvényes összefüggéseket határoz meg. Elméletét Voellmy azonos feltételekből kiindulva továbbfejlesztette és ferde – rézsűs – falú munkaárokra is kiterjesztette azt (lásd: [16] irodalomban).

Hosszú időtávra – a beépítési körülmények ismeretében tervezői mérlegeléssel – átboltozódott földteherrel lehet számolni, ha $H > 2,0$ m és teljesül a $H > h$ feltétel, a 70. ábra szerint értelmezve a jelöléseket.



70. ábra: Átboltozódott földteher

Az átboltozódott függőleges földteher nagysága:

$$P_a = 2a \cdot \gamma \cdot h = \frac{2a^2 \cdot \gamma}{f} \quad (50)$$

ahol:

$2a$ - a lazulási boltozat szélessége [m]:

$$a = r \cdot \left[1 + \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad (51)$$

és r a cső középsugara:

$$r = \frac{d_n + d_i}{4} \quad (52)$$

h - a lazulási boltozat magassága:

$$h = \frac{a}{f} \quad (53)$$

f - Protodjakonov-féle talajszilárdsági tényező, értékei a 25. táblázatból vehetők

25. táblázat

Az „f” talajszilárdsági tényező értékei Protodjakonov szerint		
TALAJ	Térfogattömeg [kg/m³]	f
Agyag, kötött hordalék, agyagos talajok	2000-2200	1,0
Könnyű homokos agyag, lösz, kavics	1800-2000	0,8
Növényzettel átszőtt talaj, tőzeg, lágy homokos agyag, nedves homok	1600-1800	0,6
Homok, aprószemű kavics, feltöltés	1400-1600	0,5
Iszapos talajok, folyós lösz és más folyós talajok	-	0,3

A járműterheket a 3.4.3. fejezetben leírt elvek alapján lehet számításba venni.

(**MEGJEGYZÉS:** A mélység – földtakarás – növekedésével a földteher nagysága is növekedik. A járműteher viszont a 45°-s tehereloszlás miatt csökken. A méretezés során tehát azt a kritikus földtakarást kell megkeresni, ahol a föld- és a járműteher összhatása mértékadó terhelést eredményez.)

A vízszintes terhek – a 21. ábra szerinti B ágyazási módot figyelembe véve – a (18) és (19) képletek alapján számíthatók a függőleges – föld- és jármű – terhekből.

[8. Példa: A korábbi példa szerinti KD-EXTRA cső kötött vegyes talajban ($\gamma = 20,0 \text{ kNm}^{-3}$; $\phi = 25^\circ$), $T_{r\gamma} = 85\%$ -os homok ágyazatban. Takarások: $H_{\min} = 1,4 \text{ m}$, $H_{\max} = 3,00 \text{ m}$, árokszélesség: $B = 0,85 \text{ m}$, „A” jelű járműteher

- Föld- és járműterhek $H = 1,4 \text{ m}$ esetén:
Függőleges, geosztatikus földteher:

$$g_v = 1,4 \cdot 20 = 28,0 \text{ kNm}^{-2}$$

Vízszintes földteher:

$$n_0 = 0,0608$$

$$k = \frac{0,074}{0,0608 + 0,06} = 0,613$$

$$g_h = 28,0 \cdot 0,613 = 17,16 \text{ kNm}^{-2}$$

Függőleges földteher *Marston* szerint:

$$g_v = C \cdot 20,0 \cdot \left(\frac{0,85}{2} \right)^2 = C \cdot 3,6125 \text{ [kNm}^{-2}]$$

$$K_a \cdot \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{25^\circ}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} 25^\circ = 0,189 \text{ és } \alpha = \frac{0,189}{\frac{0,85}{2}} = 0,445$$

$$C = \frac{2 \cdot (1 - e^{-0,445 \cdot 1,40})}{0,189} = 4,9$$

$$g_v = 4,9 \cdot 3,6125 = 17,70 \text{ kNm}^{-2}$$

Vízszintes földteher:

$$n_0 = 0,0608$$

$$k = 0,613$$

$$g_h = 17,70 \cdot 0,613 = 10,85 \text{ kNm}^{-2}$$

Járműteher a csőtető síkjában:

$$q_v = \frac{800}{(3,80 + 2 \cdot 1,40) \cdot (3,50 + 2 \cdot 1,40)} = 19,24 \text{ kNm}^{-2}$$

Ebből vízszintes teher:

$$q_h = 19,24 \cdot 0,613 = 11,79 \text{ kNm}^{-2}$$

Dinamikus tényező – csak q_v esetében – $\mu = 1,2$, így:

$$q_v = 1,2 \cdot 19,24 = 23,09 \text{ kNm}^{-2}$$

A fent meghatározott terhelések összegezéséből:

Geosztatikus földteherrel	„Rugalmas” földteherrel
$P_v = 28,00 + 23,09 = 51,09 \text{ kNm}^{-2}$	$P_v = 17,70 + 23,09 = 40,79 \text{ kNm}^{-2}$
$P_h = 17,16 + 11,79 = 28,95 \text{ kNm}^{-2}$	$P_h = 10,85 + 11,79 = 22,64 \text{ kNm}^{-2}$

vertikális és horizontális terhelés adódik. A számításokban a kedvezőbb terhelési modellt vesszük figyelembe.

- Föld- és járműterhek $H = 3,0$ m esetén:

Függőleges földteher *Marston* szerint:

$$g_v = C \cdot 20,0 \cdot \left(\frac{0,85}{2} \right)^2 = C \cdot 3,6125 \text{ [kNm}^{-2}]$$

$$K_a \cdot \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{25^\circ}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} 25^\circ = 0,189 \text{ és } \alpha = \frac{0,189}{\frac{0,85}{2}} = 0,445$$

$$C = \frac{2 \cdot (1 - e^{-0,445 \cdot 3,00})}{0,189} = 7,8$$

$$g_v = 7,8 \cdot 3,6125 = 28,18 \text{ kNm}^{-2}$$

(Megjegyezzük: hogy a geosztatikus földteher esetében: $g_v = \gamma \cdot H = 20 \cdot 3,0 = 60,0 \text{ kNm}^{-2}$)

Vízszintes földteher:

$$g_h = 28,18 \cdot 0,613 = 17,27 \text{ kNm}^{-2}$$

Járműteher a csőtető síkjában:

$$q_v = \frac{800}{(3,80 + 2 \cdot 3,00) \cdot (3,50 + 2 \cdot 3,00)} = 8,59 \text{ kNm}^{-2}$$

Ebből vízszintes teher:

$$q_h = 8,59 \cdot 0,613 = 5,27 \text{ kNm}^{-2}$$

Dinamikus tényezővel ebben a mélységben nem kell számolni.

A fent meghatározott terhelések összegezéséből:

$$P_v = 28,18 + 8,59 = 36,77 \text{ kNm}^{-2}$$

$$P_h = 17,27 + 5,27 = 22,54 \text{ kNm}^{-2}$$

vertikális és horizontális terhelés adódik.

A mértékadó tehát a $H = 1,4 \text{ m}$ földtakaráshoz tartozó terhelés a rugalmas csövekre vonatkozó földteherrel. Mivel a takarás $H < 2,0 \text{ m}$ -nél, az átboltozódás mérleget még hosszú időtávra sem merülhet fel. Így hosszú időtávra is az $1,4 \text{ m}$ földtakarásból és járműteherből adódó teher lesz a mértékadó. A függőleges terhek nagysága változatlan.

Vízszintes földteher:

$$n_h = 0,0266$$

$$k = \frac{0,074}{0,0266 + 0,06} = 0,854$$

$$g_h = 17,70 \cdot 0,854 = 15,12 \text{ kNm}^{-2}$$

Járműteherből vízszintes teher:

$$q_h = 19,24 \cdot 0,854 = 16,43 \text{ kNm}^{-2}$$

Terhek összegezése hosszútávra:

$$P_v = 17,70 + 23,09 = 40,79 \text{ kNm}^{-2}$$

$$P_h = 15,12 + 16,43 = 31,55 \text{ kNm}^{-2}$$

adódik.]

Következő lépésben a mértékadó terhelésből keletkező igénybevételeket kell meghatározni a 3.4.3. fejezetben foglaltak szerint; a nyomatékok és a normálérők szorzótényezőit valamint az előjelek értelmezését a **26. ábra** tünteti fel.

[9. Példa: KD-EXTRA cső igénybevételei a mértékadó keresztmetszetben – 3 és 9 óránál – föld- és járműteherből egy-ség hosszra a **26. ábra** szerint. Az $r = r_K$ (a szerkezet súlyvonalához igazodva) = $[330,7 - (2 \times 8,6)] : 2 = 156,75 \text{ mm}$).

Kezdeti állapotra:

- föld- és járműteher:

$$M = (-0,25 \times 0,0408 + 0,220 \times 0,02264) \times 156,752 = 128,24 \text{ Nmm /mm}$$

$$N = -1,00 \times 0,0408 \times 156,75 = 6,39 \text{ N /mm}$$

Hosszú távra:

- föld- és járműteherből:

$$M = (-0,25 \times 0,0408 + 0,220 \times 0,03155) \times 156,752 = 80,08 \text{ Nmm /mm}$$

$$N = -1,00 \times 0,0408 \times 156,75 = 6,39 \text{ N /mm}$$

A mértékadó igénybevételekből a **24. táblázat** útmutatása alapján – a csőtípustól függően – a **feszültséget és az alakváltozást** illetve **az alakváltozást és csövek behajlási ellenállását** (stabilitás) kell meghatározni. A falfeszültségek számítását a 3.4.3. fejezetben a nyomócsöveknél már ismertettük.

A KD-EXTRA csövek falfeszültségeinek meghatározásához szükséges keresztmetszeti tényezőket a **26. táblázat** tartalmazza. („T” hullámhossz értelmezése a **67. ábrán**.)

26. táblázat

KD-EXTRA csatornacső keresztmetszeti adatai „T” hullámhosszra					
DN csőátmérő [mm]	„T” [mm]	F [mm ²]	I _x [mm ⁴]	$K_x^1 = \frac{I_x}{s_1}$ [mm ³]	$K_x^2 = \frac{I_x}{s_2}$ [mm ³]
250	25,133	77,52	1383,20	321,67	200,46
300	31,046	101,055	2729,83	545,97	317,42
400	40,599	176,35	7853,90	1199,07	717,25
500	52,779	268,48	21652,57	2673,30	1374,77

[10. Példa: DN 300 mm KD-EXTRA cső falfeszültségei a mértékadó igénybevételekből:

Igénybevételek T = 31,046 mm hullámhosszra vetítve (föld+jármű):

$$M = 128,24 \times 31,046 = 3981,34 \text{ Nmm /T}$$

$$N = 6,39 \times 31,046 = 198,38 \text{ N /T}$$

$$\sigma_1 = -\frac{198,38}{101,055} - \frac{3981,34}{545,97} = (-) 9,25 \text{ Nmm}^{-2} / \text{mm} < 12,5 \text{ Nmm}^{-2}$$

$$\sigma_2 = -\frac{198,38}{101,055} + \frac{3981,34}{317,42} = (+) 10,58 \text{ Nmm}^{-2} / \text{mm} < 12,5 \text{ Nmm}^{-2}$$

A (+) előjelű értékek a csőfal belső oldalán a nyomófeszültséget, (-) előjeles értékek a csőfal külső oldalán a húzófeszültséget jelentik.]

A továbbiakban az **alakváltozás** és a **stabilitás** javasolt számítási módszereit részletezzük.

Az **alakváltozás** a talajban rugalmasan viselkedő csövek erőtani méretezésének lényeges eleme. Elméleti meghatározása Spangler nevéhez fűződik, és "IOWA" - képletként vált ismertté. Elméletét vékonyfalú acélcsövekre dolgozta ki, mely szerint:

$$\frac{x}{d_m} \approx \frac{y}{d_m} = C_4 \cdot C_5 \frac{\Sigma P_v \cdot R^3}{E_{cső} \cdot I + 0,061 \cdot E_t \cdot R^3} \quad (54)$$

ahol:

- x, y - vízszintes és függőleges alakváltozás,
- d_m - a közepes csőátmérő,
- C₄ - beágyazástól függő tényező (180° esetén C₄ = 0,083)
- C₅ - időhatást figyelembe vevő tényező (általában C₅ = 1,5)
- ΣP_v - összes függőleges teher,
- R - a cső sugara,
- E_{cső} - a cső rugalmassági modulusa,
- E_t - a talaj – ágyazat – alakváltozási modulusa,
- I - a csőfal inercianyomatéka.

Az összefüggést általánosan megfogalmazva:

$$ALAKVÁLTOZÁS = \frac{KÜLSŐ \text{ TERHELÉS}}{CSÖMEREVSÉG + TALAJMEREVSÉG}$$

Erre az alapösszefüggésre épülnek több módosító tényezőt alkalmazva a nemzetközi gyakorlatban használatos – műanyag csövekre kidolgozott – alakváltozás számítási elméletek. Ezek részben már feldolgozták a műanyag csövekkel az elmúlt 40 év során szerzett tapasztalatokat és mérési eredményeket.

Az MSZ EN 1295-1 szabvány az *Általános követelmények* megfogalmazásán túl vázlatosan ismerteti a 19 CEN tagország nemzeti szabványát, meghagyván az alkalmazó számára a szabad választási lehetőséget.

Áttekintve és elemezve a 19 tagországnak a csővezetékek statikai számítására vonatkozó eljárásait az alábbiak állapíthatók meg:

- Valamennyi számítási eljárás az alakváltozásokat illetően alapjaiban a *Spangler* elméletből indul ki.
- A német orientációjú országokban általában a *Leonhardt* munkásságára épülő *ATV*-, vagy *német módszer* használatos. A számtalan segédtevényezőre épülő eljárás nagyon munkaigényes. A segédtevényzők egy részénél a választást a tervezés stádiumában csak feltételezésekkel lehet megalapozni. A számításokba befektetendő munkamennyiséget az – egyszerűbb eljárásokkal összehasonlító – elemzések nem indokolják. Az *ATV módszer* részletes ismertetésétől a fentiek miatt eltekintünk. Az érdeklődők számára javasoljuk az *ATV-Arbeitsblatt A 127*, vagy a [15] irodalom tanulmányozását.
- A különböző tényezők alakváltozásra gyakorolt hatásának kutatása és a mérési eredmények feldolgozásán alapuló számítási módszer *J. Molin* nevéhez fűződik (*SKANDINÁV-MÓDSZER*). Ezt az eljárást a következőkben részletesen ismertetjük. Az alakváltozás egy számított és két becsült tényező összegeként adódik. Mivel a becsült tényezőket a kivitelezési feltételekből kell meghatározni, a tervezés időpontjában ez rendkívül nagy bizonytalanságokkal határozható meg. Az alakváltozás számítható összetevőjének képlete erősen leegyszerűsített és nagyon alacsony értékeket ad. Ezért alkalmazása csak abban az esetben javasolható, ha a csőfal keresztmetszeti tényezőit részleteiben nem ismerjük és csak a gyűrűmerekesség (*SN*), mint alapadat áll rendelkezésünkre. Elemző számítások szerint ez a skandináv országokban használatos számítási eljárás csak előméretezéshez javasolható hazai viszonylatban.
- Több nemzeti szabvány a *Spangler képlet* továbbfejlesztésére alapozza az alakváltozások meghatározását úgy, hogy az eredeti képlet „*C*” tényezőit állandó értékkel veszi figyelembe (180°-os beágyazás, amely a műanyag csövek szokásos beépítésénél egyértelmű), és ezáltal egy könnyen kezelhető, de mégis elméleti eljárást biztosít a tervező számára. Egyes vélemények az eljárás hibájaként a képletben fontos szerepet játszó *Voellmy tényező* bizonytalanságait és számításigényét említik. Mivel hazai erőtaní számítási eljárás nincs a földbefektetett csővezetésekre, ezt a módszert is részletesen ismertetjük és ajánljuk termékeink betervezéséhez.

A módosított *Spangler eljárás* szerint az alakváltozások az alábbi képlettel számíthatók:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{n + 0,06} \cdot \frac{\Sigma P_v}{E_t} \quad (55)$$

(A képletben a jelölések értelmezése a korábbiak szerint.)

A teljes alakváltozás a földteher és a járműteher hatására jön létre. Az időben változó rugalmassági modulussal rendelkező csőanyagoknál (hőre lágyuló műanyagok) a méretezést *kezdeti állapotra* és *hosszú időtávra* is el kell végezni, a föld- és járműterheknél részletezett speciális megfontolások alapján.)

A méretezés során igazolni kell, hogy:

$$\frac{x}{d_{max}} \leq 0,05 \quad (56)$$

vagyis; a maximális alakváltozás nem lehet nagyobb a csőátmérő 5 %-nál. Amennyiben a számítások alapján az alakváltozás meghaladná az 5 %-t, javítani lehet az ágyazat minőségét (E_t), illetve a cső falvastagságát kell növelni.

[11. Példa: KD-EXTRA cső alakváltozása mértékadó terhelésből:

- Kezdeti állapot:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,0608 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{1,2} = 0,035 \Rightarrow 3,5\% < 5\%,$$

tehát megfelel.

- Hosszú időtávra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,0266 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{1,2} = 0,049 \Rightarrow 4,9\% < 5\%$$

tehát megfelel.

(**Figyelem;** ha az alakváltozás nem felel meg, úgy az ágyazati anyagban változtatást kell eszközölni, azaz egy magasabb E_t értékű ágyazatot kell választani. Ez módosítja a rendszer rugalmasság viszonyait is, tehát a módosításokat a feszültség számításoknál is végig kell vezetni.)

- DN 315 mm KG- és KG-S SN 4 csövek alakváltozása a 7. PÉLDA „n” értékeivel és fenti KG cső alakváltozása mértékadó terheléssel kezdeti állapotra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,0297 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{1,2} = 0,0474 \Rightarrow 4,74\% < 5\%$$

tehát a cső megfelel.

- Alakváltozás hosszú időtávra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,0131 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{1,2} = 0,0581 \Rightarrow 5,8\% > 5\%$$

tehát nem felel meg.

- Teendő: az ágyazati anyag minőségének javítása, a helyi lehetőségek figyelembevételével, azaz, vagy homok-cement keverék 90 %-os tömörséggel, vagy homokos kavics 85 %-os tömörséggel. Jelen esetben 85 %-os tömörségű homokos kavics ágyazattal számolunk. $E_t = 2,5 \text{ N/mm}^2$. Mivel a környező kötött vegyes talajt középtömör állapotúnak tételezzük fel, amelynek az összenyomódási modulusa $E_{tt} = 2,0 \text{ N/mm}^2$, azaz alacsonyabb, mint az ágyazaté, ezért megvizsgáljuk az egymásra hatást a 3.4.3. fejezetben leírtak szerint:

$$\alpha = \frac{I}{0,4 + 0,6 \cdot \frac{2,5}{2,0}} = 0,87$$

tehát:

$$E'_t = \alpha \cdot E_t = 0,87 \cdot 2,5 = 2,175 \text{ N/mm}^2 = 2,18 \text{ N/mm}^2$$

A rendszermerevség ezek után:

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3400}{2,18} \cdot \left(\frac{7,7}{315 - 7,7} \right)^3 = 0,01636$$

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1500}{2,18} \cdot \left(\frac{7,7}{315 - 7,7} \right)^3 = 0,00722$$

- Alakváltozás új ágyazattal kezdeti állapotra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,01636 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{2,18} = 0,0306 \Rightarrow 3,1\% < 5\%$$

megfelel.

- Alakváltozás új ágyazattal hosszú időtávra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,00722 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{2,18} = 0,0348 \Rightarrow 3,5\% < 5\%$$

megfelel.

- **KG-SUPER** SN 4 cső alakváltozása kezdeti állapotban:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,0253 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{1,2} = 0,0498 \Rightarrow 4,98\% < 5\%$$

tehát éppen megfelel a cső.

- Alakváltozás hosszú időtávra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,0114 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{1,2} = 0,0595 \Rightarrow 5,95\% > 5\%$$

tehát nem felel meg.

- A fentiek szerint az ágyazat minőséget javítva $E_t = 2,5 \text{ Nmm}^{-2}$ és $E'_t = 2,18 \text{ N/mm}^2$

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{2900}{2,18} \cdot \left(\frac{7,7}{315-7,7} \right)^3 = 0,01395$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1300}{2,18} \cdot \left(\frac{7,7}{315-7,7} \right)^3 = 0,00625$$

- Alakváltozás kezdeti állapotra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,01395 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{2,18} = 0,0316 \Rightarrow 3,2\% < 5\%$$

- Alakváltozás hosszú időtávra:

$$\frac{x}{d_m} = \frac{0,125}{0,00625 + 0,06} \cdot \frac{0,0408}{2,18} = 0,0353 \Rightarrow 3,53\% < 5\%$$

(Mint látható a rugalmasabb KG-S cső alakváltozása azonos feltételek esetén némileg meghaladja a KG csőjét.)

Az ágyazat tömörségének a rugalmas csövek többségénél vannak korlátai, a $T_{ry} = 85\%$ feletti értékek a tömörítési munka ellehetetlenülése miatt nem tervezhetők. Olyan esetben, amikor a cső falvastagsága – gyűrűmerevsége – nem növelhető, csak különleges intézkedésekkel (javított ágyazat, földbeton, beton, stb.) lehet az állékonyságot biztosítani. **(MEGJEGYZÉS: Az ágyazatkészítés szabályai, valamint a kivitelezés realitásai miatt a tervezésben figyelembe vehető relatív tömörségi értékek az 5. fejezetben kerülnek részletezésre.)**

MOLIN módszerével a gyűrűmerevség (SN) alapján számíthatók az alakváltozások. Jó közelítést ad abban az esetben, ha a megengedhető alakváltozást 5 %-ban maximáljuk és az ellenőrzést hosszú időtávra is kiterjesztjük.

A teljes alakváltozás *Molin* szerint:

$$\left(\frac{\delta}{d} \right)_{\max} = \left(\frac{\delta}{d} \right)_q + I_f + B_f \quad (57)$$

ahol:

$$\left(\frac{\delta}{d} \right)_{\max}$$

- a maximális alakváltozás [%]

$$\left(\frac{\delta}{d} \right)_q$$

- az elméleti alakváltozás a talaj és a forgalmi terhelés hatására [%]

I_f

- csőfektetési – szerelési – tényező [%]

B_f

- beágyazási tényező [%]

Az elméleti alakváltozás a függőleges terhek hatására:

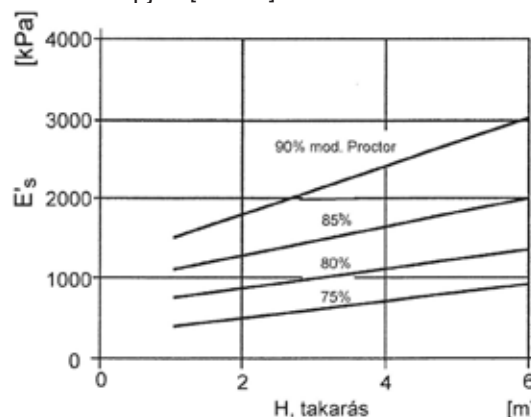
$$\left(\frac{\delta}{d} \right)_q = \frac{0,083 \cdot q_{vm}}{16SN + 0,122 \cdot E'_s} \quad (58)$$

ahol:

q_{vm} - a mértékadó függőleges terhelés (föld + jármű) [kNm⁻²]

SN - a cső gyűrűmerevsége [kNm⁻²]

E'_s - talajmodulus a **71. ábra** alapján [kNm⁻²]



71. ábra: Szemcsés talaj – ágyazat – szekáns együtthatója (E'_s) a takarási mélység és a tömörség függvényében.

Az I_f és B_f tényezők értékeit – Molin gyakorlati tapasztalataira alapozva – a 27-28. táblázat tartalmazza.

27. táblázat

Tényezők:	I_f csőfektetési faktor [%]
Cső lépcsőzetes árokban: - felügyelet nélkül - felügyelettel	1-2 0
Erős térszíni forgalom szereléskor $H < 1,5$ m	1-2
Földvisszatöltés tömörítése a cső felett nehéz gépekkel ($> 0,6$ kN)	0-1

28. táblázat

Tényezők:	B_f ágyazati faktor [%]	
	Kivitelezés	
	körültekintő	normál
Felügyelet nélkül: - kövektől mentes (1) - sziklás, vagy köves talaj	2 3	4 5
Felügyelettel: - kövektől mentes - köves	1 2	2 3

[12. Példa: KD-EXTRA cső alakváltozása Molin szerint a korábbi feltételekkel.

- Elméleti alakváltozás kezdeti állapotra:

$$\left(\frac{\delta}{d}\right)_q = \frac{0,083 \cdot 40,79}{16 \cdot 8,0 + 0,122 \cdot 1100} = 0,0129 \Rightarrow 1,3 \%$$

- Az I_f csőfektetési – szerelési – tényező: +1 % (térszíni forgalom feltételezése szereléskor).
- A B_f beágyazási tényező: +2 % (normál kivitelezést és felügyelet melletti ágyazatkészítést, valamint kövektől mentes ágyazati anyagot feltételezve).
- A teljes alakváltozás tehát kezdetben:

$$\left(\frac{\delta}{d}\right)_{\max} = 1,3 + 1 + 2 = 4,3 \% < 5,0 \%$$

- Elméleti alakváltozás hosszú távra (feltételezve, hogy a gyűrűmerekesség a rugalmassági modulus változásával arányosan csökken, így $SN = 3,5$ kNm⁻²):

$$\left(\frac{\delta}{d}\right)_q = \frac{0,083 \cdot 40,79}{16 \cdot 3,5 + 0,122 \cdot 1100} = 0,0178 \Rightarrow 1,8 \%$$

- A teljes alakváltozás hosszú időtávra:

$$\left(\frac{\delta}{d}\right)_{\max} = 1,8 + 1 + 2 = 4,8 \% < 5 \%$$

tehát megfelel.]

A földbefektetett vékonyfalú – rugalmas – csöveken a külső terhek, a talaj- és a talajvíznyomás hatására lokális *horpadások* jöhetnek létre. Ez a jelenség a **rugalmas stabilitás**, amely más tartószerkezeteknél – elsősorban nyomott rudaknál – közismert.

A stabilitási vizsgálattal igazolni kell, hogy a *tényleges* – mértékadó terhelésből számított – horpadási nyomás megfelelő biztonsággal alatta marad a *kritikus* – a tönkremenetelt okozó horpadási nyomásnak.

A csőkeresztmetszet lehetséges behorpadásait a különböző országok nemzeti szabványai eltérő aspektusokból közelítik. Egyes országokban – feltételezhetően gyakorlati tapasztalatok alapján – nagy jelentőséget tulajdonítanak a talajvíz jelenlétének. Más országokban, a gyakorlatban előfordult, behorpadt cső vertikális helyzetéből számították

a horpasztó igénybevételeket, figyelmen kívül hagyva, hogy a tönkremenetel a beágyazás durva hiányosságai miatt következett be.

A hőre lágyuló műanyag csövek – mint ismeretes – csak nagyon mérsékelten vonhatók be a Hooke-törvény tartományába. Ezért a horpadási jelenségek egzakt meghatározása még nem tekinthető kiforrottnak. A hőre lágyuló műanyagoknál fokozottan érvényesülő relaxáció miatt általánosságban elmondható, hogy mintegy 10 %-os alakváltozás értékig a horpadási jelenségek nem valószínűsíthetők.

Az MSZ EN 1295-1 elismeri és ismerteti a svájci szabványt. Mivel a SIV 190-ben megfogalmazott számítási módszer viszonylag egyszerű és jól áttekinthető, ezért az alábbiakban ennek alkalmazását javasoljuk, és ezt az eljárást ismertetjük.

A SIA V 190 a cső behajlási ellenállásával (P_{BI}) számol:

$$P_{BI} = [0,26 - 0,54 \cdot \log(n_h)] \cdot E_t \cdot \sqrt{n_h} \quad [\text{kNm}^{-2}; \text{Nmm}^{-2}] \quad (59)$$

(A jelölések értelmezése a korábbiak szerint. A rendszermerevség „n” értékét hosszú időtávra kell figyelembe venni.)

Igazolni kell, hogy:

$$P_v \leq \frac{P_{BI}}{2,0} \quad (60)$$

ahol:

P_v - a mértékadó függőleges teher [kNm^{-2} , Nmm^{-2}]

Talajvíz jelenléte estén a víznyomást is figyelembe kell venni:

$$P_v \leq \frac{P_{BI}}{2} \cdot (1 - 2 \cdot \frac{P_{hid}}{k \cdot P_{kr}}) \quad (61)$$

ahol:

P_{hid} - a maximális talajvízszintből számolt hidrosztatikai nyomás [kNm^{-2} , Nmm^{-2}],
 k - ágyazási faktor, értéke $k = 1,0$ -nek vehető,
 P_{kr} - kritikus behajlási nyomás [kNm^{-2} , Nmm^{-2}]

$$P_{kr} = \frac{2 \cdot E_{cső}}{1 - \nu^2} \cdot \left(\frac{e}{d_n - e} \right)^3 \cdot \left[\frac{1 - \frac{x}{d_n - e}}{\left(1 + \frac{x}{d_n - e} \right)^2} \right]^3 \quad (62)$$

ahol:

$E_{cső}$ - a cső rugalmassági modulusa hosszú időtávra [Nmm^{-2}],
 ν - a cső POISSON tényezője,
 e - a cső falvastagsága [mm],
 d_n - a cső külső átmérője [mm],
 x - a cső vertikális irányú deformációja.

(MEGJEGYZÉS: A svájci előírások 2,0-szeres biztonsági tényezővel számolnak. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a fenti biztonság csak kifogástalan ágyazat esetében elégséges. Ezért hazai viszonylatban a megfelelő szabályozás elkészültéig 2,5-szeres biztonsági tényező alkalmazását javasoljuk.)

[13. Példa: d_n 500 mm, SDR 41 KG PVC cső stabilitási ellenőrzése

Takarás: $H = 3,0$ m, ágyazat: kavicsos homok, $T_{ry} = 85$ %-ra betömörítve, $E_t = 2,5 \text{ Nmm}^{-2}$

Járműteher: „A”, 45°-os eloszlással

- Rendszermerevség Voellmy szerint:

$$n_0 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3400}{2,5} \cdot \left(\frac{12,3}{500 - 12,3} \right)^3 = 0,0145$$

$$n_h = \frac{2}{3} \cdot \frac{1500}{2,5} \cdot \left(\frac{12,3}{500 - 12,3} \right)^3 = 0,0064$$

- Függőleges terhelés (föld + jármű) 8. PÉLDÁ-ból:

$$P_v = 28,18 + 8,59 = 36,77 \text{ kNm}^{-2} = 0,0368 \text{ Nmm}^{-2}$$

- A cső behajlási ellenállása hosszú időtávra:

$$P_{BI} = [0,26 - 0,54 \cdot \log(0,0063)] \cdot 2,5 \cdot \sqrt{0,0063} = 0,287 \text{ Nmm}^{-2}$$

- Igazolandó:

$$P_v \leq \frac{P_{BI}}{2,0} ; \text{ tehát: } \frac{0,287}{2,5} = 0,115 \text{ Nmm}^{-2}$$

és:

$$P_v = 0,0368 \text{ Nmm}^{-2} < 0,115 \text{ Nmm}^{-2} \text{ (megfelel)}$$

A feszültségek ellenőrzése a rugalmas csöveknél mindaddig mellőzhető, amíg az alakváltozások az előírt 5 % határt nem haladják meg. A közepesen rugalmas – átmeneti tartományba sorolható – csövek keresztirányú feszültség vizsgálatát minden esetben el kell végezni.

4.5. Egyedi megfontolások a csatornázásban

A KG-PVC és a KD-EXTRA csatornacsövek kiváló tulajdonságai a kommunális szennyvízelvezetés mellett az egyesített rendszerű- és a csapadékvíz elvezető rendszereknél is kiválóan hasznosíthatók. Ugyan ez megállapítható az ipari jellegű szennyvízelvezetésnél is, bár ez utóbbi területen minden esetben egyedileg kell a szennyező anyagokat elemezni, és azok esetleges hatásait a cső és a gumigyűrű anyagára vizsgálni. Egyszerűbb esetekben az **1. melléklet** nyújthat támpontot az alkalmazáshoz. A mellékletben nem szereplő-, vagy összetett ipari szennyvizeknél külső szakértő bevonása javasolható.

Nagy konyhák, mosodák és egyéb magas hőfokú szennyvizet kibocsátó létesítmények csatornázásához PVC cső betervezését nem javasoljuk. Hasonló körülményekre van szükség távhőellátási csővezetékek-, vagy védőcsatornák keresztezésének megtervezésekor.

A kis földtakarással építhető, nagyobb keresztmetszetű csapadékvíz csatornák és csőátereszek járműterheinél egyedi tervezői mérlegelésre van szükség. Ilyen esetben, ha a $H \leq 50$ cm, akkor a KG PVC és KD-EXTRA csatornacső teljes körülbetonozása szükséges. A beton szerkezeti vastagságát méretezéssel kell meghatározni.

Víztermelő létesítmények védőterületét-, vagy különösen veszélyeztetett – vízzáró fedőréteg nélküli – ivóvízbázisokat keresztező csatornahálózatoknál igényként felmerülhet a kettős csőben történő elvezetés. Ilyen feladatoknál a KG PVC és KD-EXTRA cső célszerűen a külső védőcsőnél kínál jó alternatívát. A rendszer folyamatos ellenőrizhetősége érdekében mind a külső-, mind a belső csővezetéket önálló vezetékként kell kialakítani és szerelvényezni [5].

5. A CSŐVEZETÉKÉPÍTÉS IRÁNYELVEI

A földbefektetett gravitációs és nyomás alatt üzemelő műanyag (PVC) csővezetékek építésének irányelveit annak figyelembevételével határoztuk meg, hogy azok tervezett élettartamuk során megfelelő használati értékkel rendelkezzenek. Ennek egyik lényeges feltétele; a tervezés és a kivitelezés összhangjának biztosítása.

A csőfektetés szabályait az **MSZ EN 1610 Zárt vízvezető csatornák fektetése és vizsgálata** c. szabvány – amely a nyomás alatt üzemelő csővezetékek kivitelezésére is vonatkozik – rendelkezéseinek értelemszerű alkalmazásával és szükséges kiegészítésével határoztuk meg.

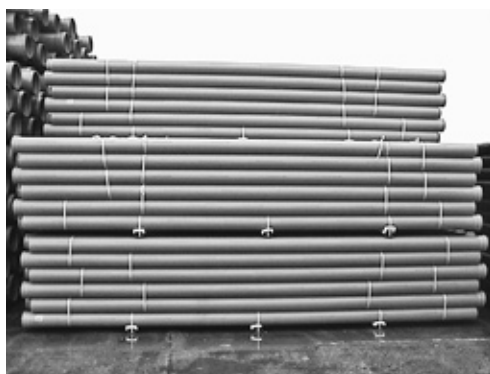
5.1 Általános tudnivalók

5.1.1. A csövek tárolása, szállítása és mozgatása

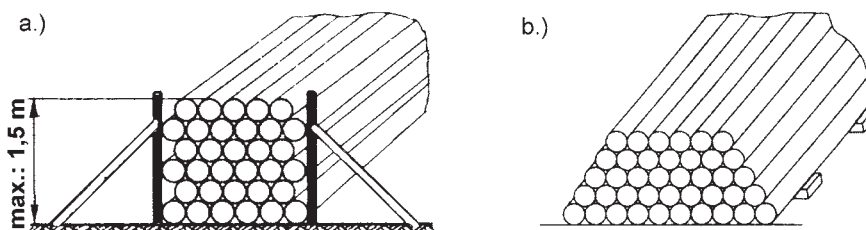
A PVC csövek sajátos fizikai-, kémiai- és mechanikai tulajdonságuk miatt a szállítás, tárolás- és anyagmozgatás terén is eltérő feltételek biztosítását igénylik, mint a hagyományos csőanyagok. Az alábbi általános előírásokat kell irányadónak tekinteni:

- A 2.4. fejezetben leírtak alapján, a csöveket 90 nap szabadban történő tárolást követően javasoljuk takarással megvédeni az ultraibolya sugárzástól, úgy, hogy a csövek szellőzése biztosítva legyen.
- A csövek felületét óvni kell a karcolódástól és egyéb sérülésektől. Éles tárgyak (eszközök, szerszámok) használata a csövek rögzítéséhez a tárolás, szállítás vagy mozgatás során kerülendő.
- A csöveket meg kell óvni a kereszt- és hosszirányú deformációktól egyaránt. Ez a csőszakaszok magasságának megfelelő megválasztásával (átmérő és falvastagság függvényében) illetve vízszintes és függőleges megtámasztásával és egyenletes felfekvésével biztosítható.
- A csövek mozgatása, szerelése 0°C - +5°C hőmérséklet alatt – a ridegedési hajlam miatt – kerülendő, illetve csak nagy körültekintéssel végezhető.
- A csövek dobálása tilos.

A Pipelife Hungária Kft. a PVC csöveket egységgratokban, kalodázva tárolja (**72. ábra**) és szállítja le a megrendelőnek. A csöveknek ez a legcélszerűbb tárolási módja. Amennyiben erre nincs lehetőség a telep- vagy munkahelyi (építéshelyszíni) körülmények miatt, úgy a csövek ömlesztve is tárolhatók (lásd: **73. ábra**).



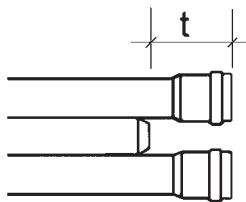
72. ábra: Csövek tárolása egységgratokban, kalodázva a Pipelife Hungária Kft. telephelyén



73. ábra: Csövek munkahelyi tárolása

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

A tokokat az egyenletes felfekvés biztosítása érdekében a **74. ábra** szerint túl kell nyújtani a csődpeónián. A tárolás jól előkészített, egyenletes sík, felületen történjen 1-1,5 m-ként párnákkal alátámasztva.



74. ábra: Tokos csővégeket túlnyújtása a csődpeónián; $t_{javasolt} = \text{tokhosszúság} + 10 \text{ cm}$.

A csövek külső sérülései többnyire a szakszerűtlen mozgatásból és szállításból adódnak. A mozgatási műveletek részben a szállításhoz és deponáláshoz, részben az építéshelyszíni beépítési és a csőszerelési munkákhoz kapcsolódnak. A gyárilag kalodázott csőszakaszok mozgatása és szállítása viszonylag problémamentes. A jármű rakfelületének ebben az esetben is biztosítani kell a rakatok egyenletes felfekvését. A járműplatón a csövekkel egyidejűleg idegen anyagok nem szállíthatók. A kalodázott csőszakaszok daruval, villás targoncával mozgathatók. Daruzás esetén, az optimális megfogási pontok a szélétől 1/3, 1/4 távolságban vehetők fel.

A szálcsovek építéshelyszíni mozgatását megfelelő körültekintéssel kell megoldani. A kisebb csőátmérők kézi erővel mozgathatók. A nagyobb tömegű csövek mozgatásához segédeszközök, vagy emelőgépek alkalmazhatók az alábbiak figyelembevételével:

- a cső felülete drótkötéllel, láncsal közvetlenül nem érintkezhet,
- a csőszálat egy ponton megfogni, és emelni, továbbá vonszolni tilos!

A gumigyűrűket és az idomokat lehetőség szerint fedett helyen, a napfény hatásától védve kell tárolni. Az idomokat a csövekhez hasonló módon meg kell védelmezni a sérülésektől és a deformációtól. A gumitömítéseket távol kell tartani az olyan vegyületektől, amelyek maradandó károsodást okozhatnak (pl.: olaj, vegyszer, üzemanyag, stb.).

A nem nyomás alatti PVC csőrendszerek esetén, a gondos tárolás ellenére is előfordul, hogy a nap direkt UV sugárzása megváltoztatja a PVC csatornacsövek külső felületét. Ebben az esetben, csövek színe megváltozik a tárolás során. A változás függ az alkalmazott stabilizátor rendszertől, de nem kerülhető el. A nap hatása kezdődhet egy mélyebb barnás árnyalattal, vagy az eredeti szín kifakulásával, kifehéredéssel. Szerencsére ez a változás csak a csőfal első néhány század mm-ét befolyásolja, mert a kialakuló elszíneződött réteg lezárja az utat az UV sugarak elől a csőfal mélyebb rétegei felé. Ez az oka annak, hogy az elszíneződött felületű csövek majdnem azonos mechanikai, fizikai jellemzőkkel bírnak, mint az új csövek és kielégítik a vonatkozó szabvány előírásait.

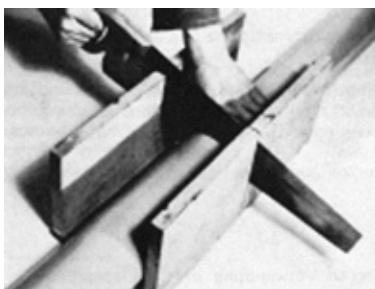
A fentiek értelmében, ha egy csövön nincs semmilyen mechanikai sérülés, csak a nap UV sugárzása okozta elszíneződés, akkor az, használható csatornarendszerek építésére, a csatornarendszer várható élettartam csökkenésének kockázata nélkül.

5.1.2. A csövek megmunkálása

A PVC csövek a fa- és könnyűfém iparban használatos kézi- és gépi szerszámokkal jól megmunkálhatók.

A helyszíni csővég **részeléséhez** nagyoló- és finom fareszelők, valamint sarokcsiszoló gépek (ϕ 250 mm és 300-400 fordulat/perc) alkalmazhatók. A lemunkálásnál a kisebb munkafogások eredményesebbek, mivel a PVC cső 60°C alatti hőmérsékletnél nem kenődik és a lekészörült szemcsék is egyenletesebbek.

A csövek **vágásához** a kézi- és a gépi faipari fűrészek egyaránt alkalmasak. A csővégek merőlegességét a vágóládák – lásd: **75. ábra** –, vagy a széles szalagmenti vágófelület kijelölés biztosítja.



75. ábra: Helyszínen kialakított vágóláda

A vágóládák egyszerűbb és pontosabb munkavégzést tesznek lehetővé, de használatuk csak $d_n \leq 200$ mm-ig javasolható. Figyelem, a KD-EXTRA cső vágását minden esetben, a két hullám közti mélyedés középpontjában kell végezni.

A csövek megmunkálásához tartozik a **melegalakítás**, amely a hőre lágyuló csövek speciális tulajdonsága. Ezzel az

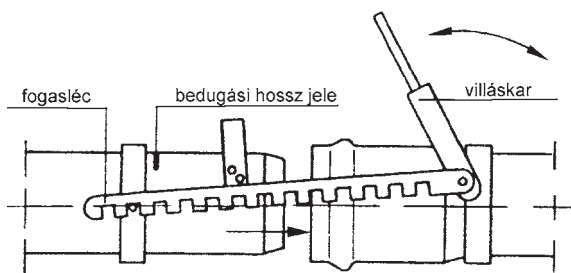
eljárással csővég feltágítások, tokok, ívek és egyéb formációk készíthetők PVC csövekből. A melegalakítás optimális hőmérséklete 130-140°C, amelyet egyenletesen kell biztosítani az alakítandó felületen. A KG csövek helyszíni melegalakítása nem javasolt, a *KD-EXTRA* és a *KM nyomócsövet melegalakításnak kitenni TILOS!*

Az alacsony hőmérséklet, az inhomogén hőeloszlás és a mechanikai igénybevétel a csőfalban belső feszültségeket eredményezhet, és a melegalakított szakasz idő előtti tönkremenetelét okozhatja. Célszerűbb a melegalakítási igényeket a gyártóval egyeztetni, és üzemi körülmények között elvégeztetni.

5.2. Csőkötések és utólagos rákötések kivitelezése

5.2.1. Csőkötések

A tokos csőkötés gyorsan kivitelezhető és egyszerűen megoldható. A gravitációs csöveknél $d_n \leq 315$ mm-ig a szerelés kézzel, a nagyobb átmérőknél és a nyomócsöveknél – általában – a **76. ábra** szerinti összehúzó készülékkel történhet. **A csövek és idomok összetolását tilos földmunkagépekkel végezni!**



76. ábra: PVC cső összehúzó készülék vázlata

A csőkötés jóságát és időállóságát az előkészítő munkák minősége alapvetően befolyásolja. A munkafolyamatok többféle sorrendben is elvégezhető. A leggyakrabban alkalmazott megoldások sorrendje az alábbi:

- elsősorban **KG csatornacsövek** esetében javasolt megoldás:
 - A tok, a horony és a gumigyűrű gondos megtisztítása a portól és az egyéb szennyeződésektől (lásd: **77.a. ábra**).
 - A tok és a csővég gumigyűrű nélküli összedugása ütközésig és a tokvégződés feljelölése a csőpaláston. A cső megjelölése legalább három pontban – 120°-os eltolással – célszerű, hogy a csőkötés geometriája az összetolás után is ellenőrizhető legyen.
 - A gumigyűrű behelyezése a horonyba (**77.b. ábra**).
 - A csővég és a gumigyűrű kellősítése (bekenése) kenőszappannal, vagy szilikonnal.
 - A csövek összedugása ütközésig – a jelig –, majd visszahúzása 1-2 cm-rel.
- elsősorban **KM nyomócsövek** esetében javasolt megoldás:
 - A tok, a horony és a gumigyűrű gondos megtisztítása a portól és az egyéb szennyeződésektől (lásd: **77.a. ábra**).
 - A 3.3. fejezet **5.táblázatában** rögzített minimális „betolási” hossz mérték feljelölése a cső végére a KG csőnél leírtak szerint.
 - A gumigyűrű behelyezése a horonyba (**77.d. ábra**).
 - A csővég és a gumigyűrű kellősítése (bekenése) kenőszappannal, vagy szilikonnal.
 - A csövek összedugása a jelig.



77. ábra: Tokos csőkötés elkészítésének főbb munkafázisai:

a.) tok megtisztítása, b.) gumigyűrű behelyezése, c.) tok és csővég összedugása, d.) gumigyűrű behelyezése nyomócsöveknél

A csővégek gyárilag részeltek. A cső helyszíni vágását követően a részelést pótolni kell a nyomócsöveknél részletezett **8.c. ábrához** hasonlóan. (A gravitációs PVC csöveknél az MSZ EN 1401-1 szabvány a részelés dőlésszögét 15-45° között engedélyezi. A csővégen a falvastagság nem lehet kisebb, mint az $e_{min} 1/3$ -a.)

- A KD-EXTRA csatornacső tokos kötésének elkészítése ugyancsak a csővég – a hullámvölgyek – és a tokbelső gondos tisztításával kezdődik. A gumigyűrűt – tisztítás után – a csővégtől számított **második hullámvölgybe kell helyezni**. Meg kell győződni arról, hogy a gumiprofil jól befekszik-e bordák közötti mélyedésbe és nincs megcsavarodva.

- A csőkötetést csak hibátlan hullámszerű és merőlegesre vágott csővéggel szabad létrehozni. A vágást a hullámvölgy közepén kell végrehajtani.
- A tok és annak elején található bevezetőszakasz belső felületét és a behelyezett gumitömítést kenőszappannal, vagy a csatornatechnikában használatos kenőanyaggal vékonyan be kell vonni, a cső végét be kell illeszteni a tokba és még egyszer meg kell győződni arról, hogy a bevezető szakaszba a gumitömítés beilleszkedett-e megfelelően, majd a csövet a szokásos segédeszközökkel ütközésig be kell tolni. (A KD-EXTRA csövet nem kell visszahúzni a tokból!)

A kellősített csőkötés védelméről, minden csőtípus esetében, az összedugás folyamata alatt gondoskodni kell. A kenőszappanra feltapadó por és talajszemcsék a csőkötés funkcióját és élettartamát kedvezőtlenül befolyásolhatják. Ezért rossz helyszíni körülmények esetében – pergésre hajlamos talaj, stb. – megoldás lehet, ha a csőkötés alá kb. 1,0 m szélességben áthelyezhető fóliaterítést alkalmazunk.

A csőkötések kivitelezésekor különös figyelmet kell fordítani a következőkre:

- A csövek illetve idomok egytengelyűsége biztosított legyen.
 - A gumitömítés számára kiképzett hornyot és a tömitést – behelyezés előtt –, illetve KD cső esetében a két hullám között csúsztató anyaggal (káliszappan, szilikon, stb.) bekenni nem szabad.
 - Csúsztató anyagként olaj, zsír, illetve olyan anyag használata, mely a gumitömítést károsítja tilos!
 - A tömitési felületeknek minden esetben tisztának kell lenniük. Talajvízben gumigyűrűs kötetést létrehozni TILOS!
- A nyomócsövek szerelésénél az alábbi szabályokat is be kell tartani:

- A külső- vagy belső – PVC, öntöttvas, stb. – karimás csatlakozó idomok felhelyezésénél az ütüszerszámok faalátétek közvetítésével használhatók!
- A karimás kötés elkészítésénél 120°-ként 3 db csavart – meghúzás nélkül – el kell helyezni. A tömitőgyűrű becsúsztatása után kell a többi csavart behelyezni, majd átlós irányban folyamatosan –részlegesen – meghúzni.

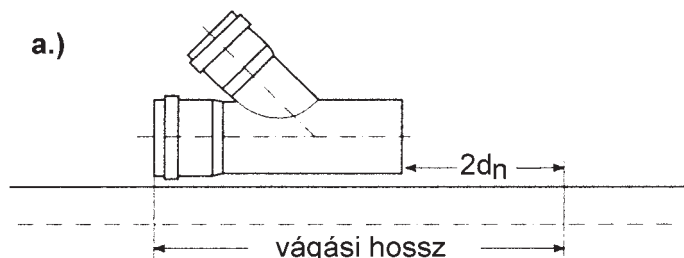
5.2.2. Utólagos lecsatlakozások

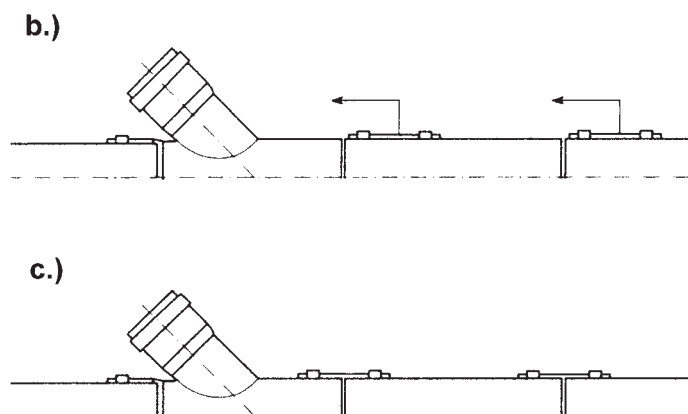
Az utólagos rákötések elsősorban a csatornázásban készülhetnek:

- ágidomok beszabásával, vagy
- nyeregidomokkal, amelyek lehetnek:
 - ragasztottak és
 - mechanikus kötésűek.

A nyeregidomok szinte kizárólagosan függőleges helyzetben helyezhetők el.

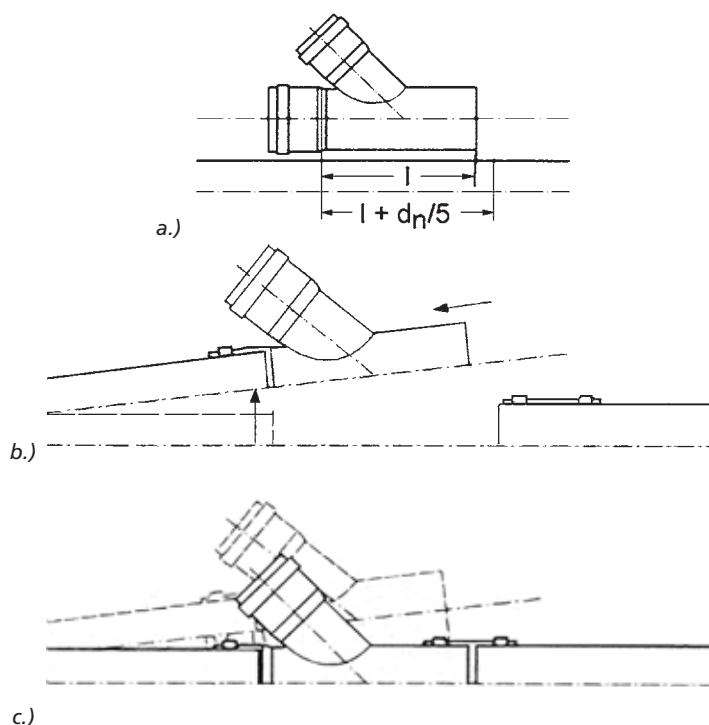
Az ágidomok beszabása – a csőátmérő függvényében – történhet: passz-darabbal (lásd: **78. ábra**), vagy hosszabb munkaárok nyitással a megbontott csővég függőleges (kismértékű) mozgásával a **79. ábra** szerint.





78. ábra: KGEA ágidom utólagos beépítése passz-csődarabbal:
a.) leszabás és kivágás, b.) passz-darab behelyezése, c.) áttoló idomok visszahúzása

Az ág idomok utólagos beszabása nehézkes és költséges, ezért csak akkor javasoljuk alkalmazni, ha az feltétlenül indokolt.



79. ábra: KGEA idom utólagos beépítése $d_n \leq 200$ mm csőátmérőknél:
a.) vágáshely kijelölés, b.) idom behelyezés, c.) sima csővégek összekötése

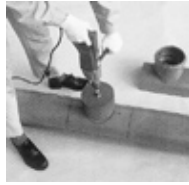
A gerincvezetékéről történő leágazások kialakításának egyszerűbben és költségkímélően végrehajtható alternatíva, a nyeregidomok alkalmazása, amelyre többféle megoldást is kínálunk.

• **Csőre ragasztható nyeregidom: KGAB 45° és 90°-os leágazással** (lásd 36.a. ábra). Az idom KG csőre történő felhelyezésének munkafázisai:

- A PVC-U csatornacső külső felületét megtisztítjuk.
- A csőre függőleges helyzetben felhelyezzük a nyeregidomot, vagy egy előre elkészített sablont, és bejelöljük az idom helyzetét, valamint az áthatást, melynek mentén a cső kivágását végezzük el. (A felhelyezéssel a cső falvastagságát figyelembe kell venni.)



- A 90°-os idomnál koronamaróval, a 45°-os idomnál pedig lyukfűrész segítségével, a kijelölés mentén elvégezzük a vezeték kivágását.



- A megfúrás után a furat széléit finom gömbreszelővel-, vagy dörzspapírral revételeníteni kell.



- Az idom és a cső ragasztási felületeit denaturált szesszel és papírvatta segítségével zsírtalanítani kell.



- Ezt követően, ügyelve a gyors és tiszta munkavégzésre, mindkét felületet Vinilfix ragasztóval egyenletesen be kell kenni, majd az idomot a helyére kell illeszteni.



- A ragasztást követően, az idomot műanyag pántoló szalag segítségével kell, rögzíteni a csőre. A pántoló szalagos rögzítésre biztosítja a ragasztáshoz szükséges szorító erőt. A fenti munkafolyamatok elvégzése után alakítható ki, a leágazó vezeték.

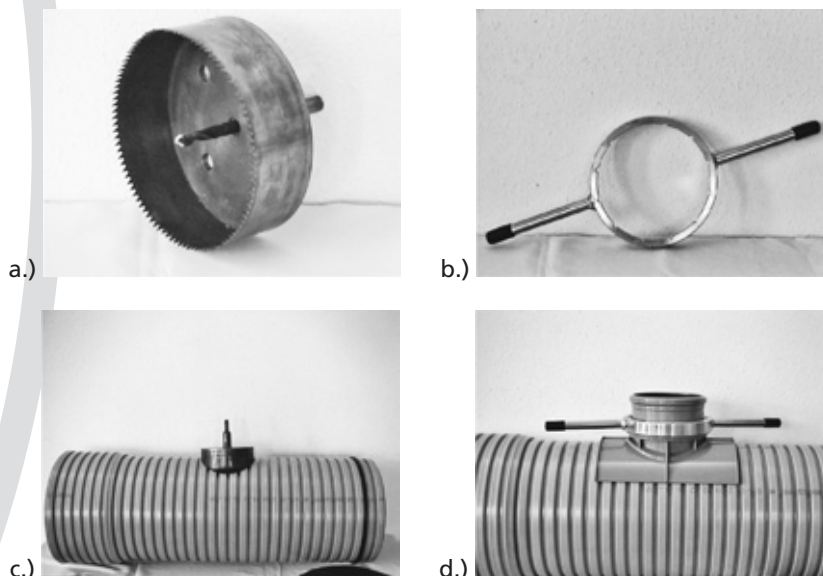


- **Ékes nyeregidom (KGABE)** csak 90°-os leágazás kialakítására alkalmas (lásd: 36.b. ábra). Az idom KG csőre történő felhelyezésének munkafázisai:

- A cső külső felületét megtisztítjuk, majd feljelöljük a megcsapoló híd helyét.
- A csőre függőleges helyzetben felhelyezzük a nyeregidomot, vagy egy előre elkészített sablont, és bejelöljük az áthatast, melynek mentén a cső kivágását végezzük el.
- Koronamaróval és fordulatszám szabályozható elektromos fűrészgéppel el kell végezni a vezeték megfúrását. A megfúrás után a furat széléit finom gömbreszelővel-, vagy dörzspapírral revételeníteni kell.
- A nyeregidomban kialakított fészekbe helyezzük a tömítés szerepét ellátó „O” gyűrűt.
- Felhelyezzük a KGABE nyeregidomot a csőre, majd a műanyag éket fakalapáccsal fel kell ütni a helyére.
- Ezen munkafolyamatok elvégzése után a leágazás kiépíthető.

- **Az önfeszítő KGKDAB nyeregidomok 90°-os leágazással** készülnek és alkalmasak KG és KD-EXTRA csőre történő utólagos becsatlakozások készítésére (lásd: 37. ábra). Az idom KG és KD-EXTRA csőre történő felhelyezésének munkafázisai (80. ábra):

- A cső külső felületét megtisztítjuk, majd feljelöljük a megcsapoló híd helyét.
- A csőre függőleges helyzetben felhelyezzük a nyeregidomot, vagy egy előre elkészített sablont, és bejelöljük az áthatast, melynek mentén a cső kivágását végezzük el.
- Koronamaróval és fordulatszám szabályozható elektromos fűrészgéppel el kell végezni a vezeték megfúrását. A megfúrás után a furat széléit finom gömbreszelővel-, vagy dörzspapírral revételeníteni kell. (A KD-EXTRA cső megfúrásánál különösen óvatosan kell a műveletet végezni, a cső hullámos kialakítása miatt.)
- Felhelyezzük a KGKDAB nyeregidomot a csőre, majd a meghúzó kulcs (80.b. ábra) óramutató járásával egyezőirányú elforgatásával beszorítjuk azt a furatba. A meghúzás folyamán, az idomot rá kell szorítani a csőre.



80. ábra: KGKDAB nyeregídom felhelyezésének munkafázisai

a.) koronafűrő, b.) meghúzó kulcs c.) vezeték megfúrása, d.) az ídom rögzítése

5.3. Földmunka és csőfektetés

A 3.4.3. és 4.4.6. fejezetekben rámutattunk, hogy a rugalmas és átmeneti tartományba tartozó csövek a teherviselést a környező földdel – ágyazattal – együttesen biztosítják. Ezért a munkaárok alakja és mérete, továbbá a betervezett ágyazat kivitelezésének minősége döntően befolyásolja a hálózat élettartamát. A tervezés és a kivitelezés tehát a PVC-U csővezeték rendszereknél elválaszthatatlan kölcsönhatásban van.

5.3.1. Munkaárok kialakítás

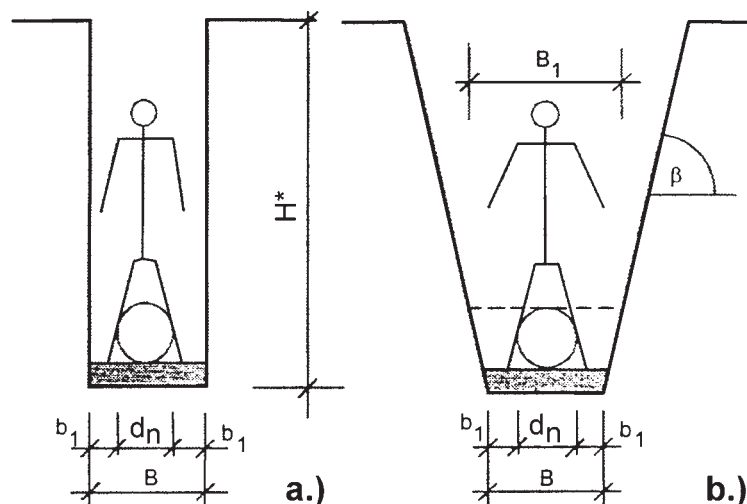
Az altalaj- és talajvízviszonyok, továbbá a vertikális nyomvonal kialakítás és a csőszerezés igényei határozzák meg a munkaárok alakját és méretét. A munkaárok készülhet:

- függőleges- és
- rézsús árokfallal, illetve
- dúcolt- és
- dúcolatlan kialakítással.

A talaj összetételének – víztartalmának –, és a földkiemelés módjának függvényében a megtámasztás nélkül kiemelhető határ árokmélységeket (H*) a 29. táblázat tünteti fel (MSZ 15 003).

29. táblázat

A TALAJ		A FÖLDKIEMELÉS MEGENGEDETT MÉLYSÉGE [m]						
megnevezése	kiemelésének módja	függő-leges földfal	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4
			rézsú esetén					
Laza szemcsés talaj	szárazon	0	0,8	1,0	1,2	1,5	3,0	3,0
	nyíltvíztartás mellett	0	0	0	0,8	1,0	1,5	2,5
Tömör szemcsés talaj és sodorható iszap	szárazon	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,5
	nyíltvíztartás mellett	0	0	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0
Kemény iszap és sodorható sovány agyag	szárazon	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,3	4,0
	nyíltvíztartás mellett	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
Sodorható kövér agyag	szárazon	1,5	2,0	2,5	3,5	5,0	7,0	7,0
	nyíltvíztartás mellett	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0
Kemény agyag	Szárazon	1,7	3,0	4,0	5,0	7,0	7,0	7,0
	nyíltvíztartás mellett	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0



81. ábra: A munkaárok minimális méretei d_n és H^* függvényében:
a.) függőleges árokfal, b.) rézsűs falú árok.

A munkaárok – technológiailag szükséges – minimális méreteit a 81. ábra tünteti fel. Az ábrán feltüntetett méretek az árokmélység és a csőátmérő függvényében az alábbiak:

• függőleges árokfalnál:

- ha $d_n \leq 225$ mm $\Rightarrow b_1 = 0,20$ m
- ha $225 < d_n \leq 350$ mm $\Rightarrow b_1 = 0,25$ m
- ha $350 < d_n \leq 700$ mm $\Rightarrow b_1 = 0,35$ m

• rézsűs falú ároknál;

- ha $\beta \leq 60^\circ$ és:
 - $d_n \leq 350$ mm $\Rightarrow b_1 = 0,20$ m
 - $d_n > 350$ mm $\Rightarrow b_1 = 0,30$ m
- ha $\beta > 60^\circ$, akkor a függőleges falra vonatkozó értékeket kell alkalmazni

• H^* árokmélység befolyása az árokszélességre:

- ha $1,00$ m $< H^* \leq 1,75$ m $B_{\min} = 0,80$ m
- ha $1,75$ m $< H^* \leq 4,00$ m $B_{\min} = 0,90$ m
- ha $H^* > 4,00$ m $B_{\min} = 1,00$ m

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 a „B” árokszélesség nincs korlátozva.

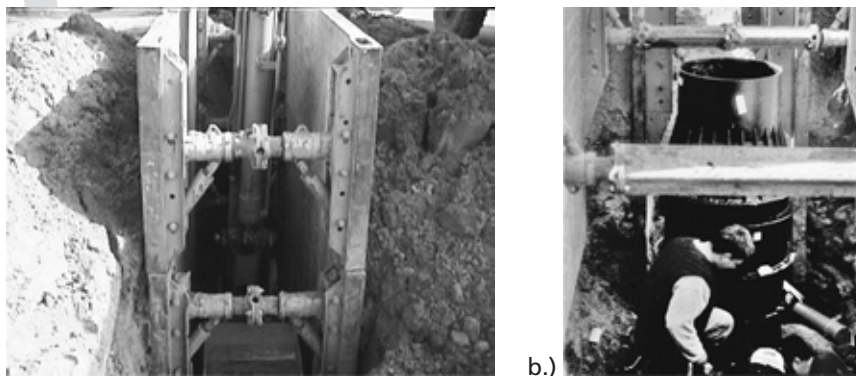
A fentiekben meghatározott – műszakilag szükséges – árokméretek munkavédelmi és balesetelhárítási szempontból tervezői- vagy kivitelezés irányítói hatáskörben növelhetők.

5.3.2. Dúcolás és víztelenítés

A szakszerű- és biztonságos munkavégzés szempontjából mindkét tevékenység meghatározó jelentőségű a megvalósítás során. Mindkét munkafolyamat megtervezéséhez és kivitelezéséhez nélkülözhetetlen a talajfizikai jellemzők megbízható ismerete.

A könnyű- és gyorsan szerelhető PVC csöveknél a hagyományos – munka- és anyagigényes – dúcolások alkalmazására csak ritka és kivételes esetben kerülhet sor.

Az utóbbi évtizedben a nagytáblás dúcolatok – lásd: 82. ábra – és a fémes anyagú szerelőkosarak terjedtek el. Ezek alkalmazása különösen előnyös nagy járműforgalmú utaknál és nagy árokmélységeknél.



82. ábra: Nagytáblás dúcolás
a.) dúcolat feszítőorsóval, kisebb árokszélességhez, b.) dúctábla nagyobb munkaárok méreteihez

A táblás dúcolatok lokálisan a hagyományos dúcolatokkal is jól kombinálhatók, és a szalagszerű, folyamatos építésszervezést is elősegítik (lásd: 83. ábra).



83. ábra: Folyamatos építés nagytáblás dúcolással
a.) csőszerelés dúcolat védelme alatt, b.) szalagszerű építésszervezés nagytáblás dúcolattal

A víztelenítés tervezése és kivitelezése speciális mérnöki ismereteket és nagy szakértelmet igényel.

A megfelelő víztelenítési mód kiválasztásához a 84. ábra nyújt segítséget. A leszívási görbék meghatározása, a leszívás sebessége azonban nagy szakmai jártasságot kíván.

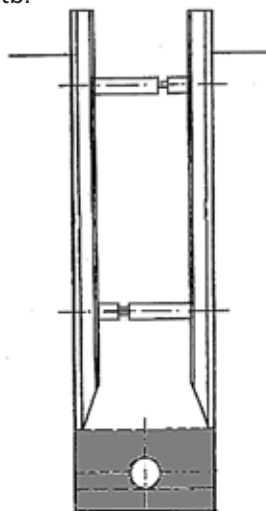
A csőfektetés és a csőbeágyazás kivitelezéséhez a talajvíz szintjét a munkaárok fenéksíkja alá kell süllyeszteni, min. 10 cm-rel. A víztelenítés módja, annak technikai lebonyolítása befolyással van, illetve lehet a csőbeágyazásra, az ágyazatépítésre, ezért a következő fejezetben, ezekre az összefüggésekre ismételtén visszatérünk.

Kavics	Homok	Mo	Izlap	Agyag
Vízelenítés gravitációs úton				
Szivattyúzás nem gazdaságos		Nyílt víztartás tilos!	Szivattyúzás nyílt gödörből	
	Talajvízszint süllyesztés			
		Elektrooszmózis		
Sűrített levegő nem alkalmazható	Sűrített levegő			Hőhatás; függ. talajcsővezetés
		Vákuum-kutak		
Szemcseátmérő: D (mm)				
50	10	2	1	0,5
		0,2	0,1	
			0,02	0,01
				0,002
10 ⁻²	10 ⁻¹		10 ⁻²	10 ⁻³
				<10 ⁻⁴
Áteresztőképességi együttható: k [cm/s]				

84. ábra: Vízelenítési módszer kiválasztása a talajösszetétel és az áteresztőképességi együttható függvényében

A megtámasztás eltávolítását a csőzóna (értelmezését lásd: a 68. ábrán) építése alatt folyamatosan kell végezni, illetve, ha munkaárok fala a csőzóna magasságában állékony, akkor a 85. ábra szerint a csőzóna felső síkjáig terjedjen a dúcolat. Amennyiben a dúcolat eltávolítása az ágyazat – esetleg a földvisszatöltés – elkészülte előtt nem lehetséges, akkor különlegesek intézkedések szükségesek, például:

- egyedi erőtani számítás,
- a megtámasztás-, vagy egy részének talajban hagyása,
- a csőzóna számára különleges építőanyag választása,
- a hézag kiinjektálása, esetleg iszapolása, stb.



85. ábra: Dúcolat és csőzóna viszonya

5.3.3. Ágyazatkészítés

A földbefektetett PVC-U csövek élettartamát döntően az ágyazat minősége befolyásolja. 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 $> 22 \text{ mm}$ ($\text{DN} \leq 200$), illetve $> 40 \text{ mm}$ ($200 < \text{DN} \leq 600$),

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.

A hazai rendelkezésre álló – szokásos – ágyazati anyagok – bányahomok, bányakavics, stb. – osztályozás nélkül általában nem felelnek meg. A hőre lágyuló műanyag csövek csőzónájában javasolható talajösszetétel a **23. táblázattal** összhangban:

- **Kavicsos homok**, vagy **homokos kavics** $d_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$, KD-extra cső esetén $d_{\text{max}} = 10 \text{ mm}$ (**23. táblázat 1/A** jelű talaj), de éles szélű köveket nem tartalmazhat és T_{ry} 85 %-ra betömöríthető legyen.
- Osztályozott homokos kavics: **25 % kavics** $d_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$ (**KD-EXTRA cső esetén** $d_{\text{max}} = 10 \text{ mm}$), **70 % homok frakció és 5 % agyag-iszap tartalom** (**23. táblázat 1/B** jelű talaj) Az ágyazati anyag éles szélű köveket nem tartalmazhat és T_{ry} 85-90 %-ra betömöríthető legyen. A csőzóna teljes magasságában (alsó, oldalsó- és felső ágyazati réteg) alkalmazható.
- Az **egyenletes szemeloszlású** (jól graduált, $U > 4$) és jól tömöríthető **homok** is alkalmazható minden ágyazati réteghez. Ennél azonban figyelembe kell venni, hogy az előírt szemcseösszetétel és a rendelkezésre álló tömörítőeszközök mellett T_{ry} 85 %-nál nagyobb ágyazati tömörség nem tervezhető (**23. táblázat 2/A** jelű talaj).
- A fentiek szerint jellemzett **homok talaj és cement** 6:1 vagy 5:1 arányú száraz keveréke (**23. táblázat 2/B** talaj).

Az árokfenék talajminőségének ismeretében dönthető el, hogy szükséges-e **alsó ágyazati** réteget készíteni. Ez csak akkor mellőzhető, ha az altalaj jó teherbírású, szemcsés szerkezetű ($d_{\text{max}} = 32 \text{ mm}$) és $T_{\text{ry}} = 90 \text{ %}$ -ra betömöríthető. Minden más esetben alsó ágyazati réteget – lásd: **68. ábra** – kell építeni, minimálisan 10 cm vastagságban. Sziklás, vagy erősen kötött altalajnál az alsó ágyazati réteg vastagsága 15 cm legyen. Az alsó ágyazat anyaga feleljen meg a fentebb részletezett követelményeknek.

(Megjegyzés: Természetesen a helyszíni talajok, amennyiben megfelelnek a tervező által meghatározott, és az erőtani számításokkal alátámasztott kritériumoknak, felhasználhatók ágyazati anyagként. Az ezzel a problémakörrel kapcsolatos tapasztalataink alapján azonban szeretnénk felhívni a figyelmet arra a körülményre, hogy a statikai számításokban alkalmazandó összenyomódási modulus értékek nem azonosak az „in situ”, vagy a zavart, de mégis inkább az „in situ”-hoz közelebb álló állapotú talajmintán végzett mérési eredménnyel jellemzett talajokéval. A laboratóriumi mérésekkel a technológiai realitások figyelembevételével megtervezett ágyazattömorségre vonatkozó összenyomódási modulust kell, vagy kellene minél pontosabban meghatározni, amely lényegesen alacsonyabb érték, mint egy tömör, vagy középtömör „in situ” állapotú talaj esetében. A talajmechanikai laboratóriumok – valószínűleg a részükre pontatlanul megfogalmazott feladat, illetve megbízás következményeként – elvégzik a szabványos összenyomódási vizsgálatot, amelynek a végeredménye egy „in situ” állapothoz közeli, tömör talajt jellemez, magas – a 8. táblázatban szereplő nemzetközi szakirodalmi adatokat messze meghaladó – értékekkel. A kivitelezők ezzel bizonyítva látják, hogy a helyszíni talaj messzemenően megfelel a tervezői kívánalmaknak. Ezek a – akár tudatos, vagy szakmai hozzá nem értésből eredő – félreértések a statikai számítással nem összhangban lévő ágyazatminőséget és ennek következményeként nem kívánatos alakváltozásokat eredményeznek.)

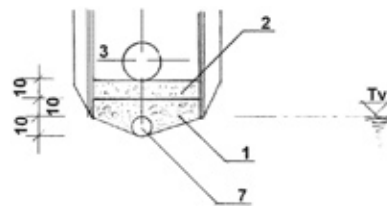
Az erőtani méretezés és a tervezhető ágyazat tömörségének összhangjánál tekintettel kell lenni arra a valós körülményre, hogy a csőzónában T_{ry} 90 %-os tömörség csak **megtervezett szemeloszlású** homokos kavicsal, vagy **szemcsés talaj és cement 6:1**, vagy 5:1 arányú **száraz keverékével** biztosítható. A 90 %-nál magasabb relatív tömörség a KG PVC és KD-EXTRA csatornacsöveknél a csőzónában kivitelezhetőségi okok miatt nem tervezhető.

Az **ágyazati rétegeket** a csőzónában legalább T_{ry} 85%-ra kézi tömörítéssel – nem éles szélű fa-, vagy alumínium – döngölővel, esetleg begyúrással min. 10 cm - max. 20 cm vtg. rétegekben be kell tömöríteni. Gépi tömörítés könnyű vibrációs lapokkal csak a csőzónán kívül, cső tetővonalára felett 30 cm magasságban készíthető.

Hazai viszonylatban gyakran kell kedvezőtlen altalaj- és/vagy talajvíz viszonyok mellett PVC-U csővezetéseket építeni. E kedvezőtlen körülmények befolyásolják az ágyazatépítést, illetve az ágyazat védelme és megtartása érdekében különleges szerkezeti rétegek beépítését teszik szükségessé. A különleges körülmények szinte minden esetben egyedi elbírálást és tervezői mérlegelést kívánnak meg az optimális műszaki megoldás megtalálásában. A következőkben – iránymutatásként – bemutatunk néhány műszaki megoldást egyes víztelenítési és altalajproblémák esetére.

A víztelenítés módszerének megválasztása és megtervezése – mint azt az 5.32. fejezetben is hangsúlyoztuk – körültekintést, és szakmai hozzáértést kíván meg. Ezek részletes ismertetése meghaladja e kézikönyv kereteit és célkitűzéseit.

Amennyiben a 84. ábra szerinti elvek alapján a **nyíltvíztartásos** víztelenítés feltételei adottak, illetve a leszívási mélység viszonylag kicsi, javasolható a **86. ábra** szerinti megoldást alkalmazni, azaz a talajvíz összegyűjtését és elvezetését egy szűrőágyazatba épített dréncsővel biztosítani. A szűrőréteget a csőzóna alsó ágyazati részétől geotextíliával el kell választani.



86. ábra: Nyíltvíztartás kialakítása dréncsővezéssel, a szűrőréteg és az alsó ágyazati réteg elválasztásával
Jelölések: 1 rugalmas cső, 2 alsó ágyazati réteg, 3 geotextília, 4 szűrőkavics, 5 dréncső

Az ábrán megjelölt 20 cm vastag vízvezető szűrőréteg a minimális érték, mely alacsony leszívási magasság és kisebb elvezetendő vízhozam esetében - elsősorban kötött talajokban - alkalmazható. A dréncső feletti szűrőkavics vastagságát minden esetben a tényleges helyszíni viszonyok alapján kell meghatározni. A dréncsövet természetesen a helyszíni viszonyoknak megfelelően, 50 – 100 méterenként a nyomvonalon kívül – mellette – megépített szívózsompba kell kivezetni. Az itt összegyűjt vízmennyiséget bűvár – zagy – szivattyúval kell a befogadóba továbbítani. (Természetesen a szívózsompokat és a becsatlakozó dréncsövek végét el kell tömnedékelni a víztelenítés befejezése után.)

A csővezeték-építésnél kedvezőtlen altalajnak minősül:

- a feltöltés,
- a magas szervesanyag tartalom,
- a roskadásra hajlamos lösz,
- a folyásra hajlamos homok és
- az átázott iszap.

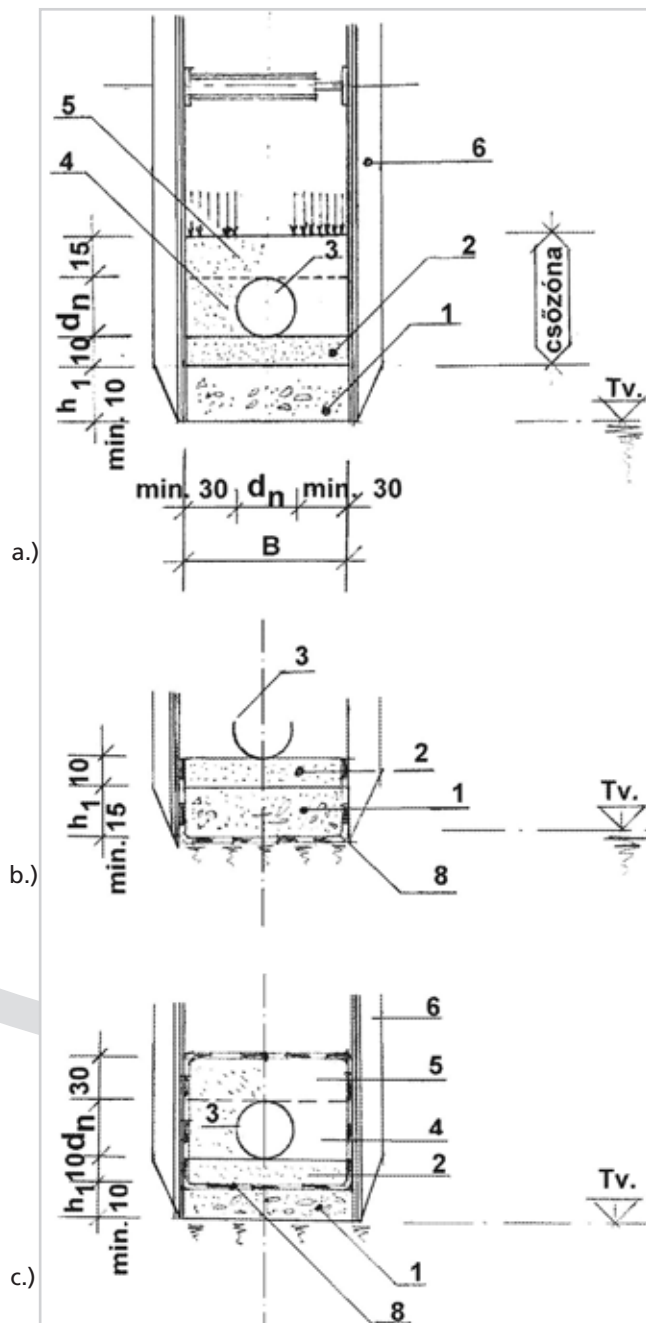
(Megjegyzés: az MSZ EN 1610 csökkent teherbíró-képességű árokfenéknél a tözeget és folyós homokot külön nevesíti.)

A felsorolt – és a tervező által mérlegelt egyedi helyszíni – talajfélések esetében nem elégséges a csővezeték kifogástalanul beágyazni, hanem esetenként az alsó ágyazati réteg alá alapozó réteget is be kell építeni. Ennek összetételét és szemszerkezetét különös hozzáértéssel kell megtervezni. Példaként említjük, hogy folyásra hajlamos laza homoktalajokban a kavicsalapozás – az ágyazati réteg vertikális vándorlása miatt – önmagában nem elégséges. (Megjegyzés: Az európai szakirodalmi források és csővezeték építési előírások az ágyazat – és a csővezeték – stabilizálása érdekében fa vagy műanyag rács alkalmazását is előírják.)

Ha a fenti talajfélésekhez magas talajvízállás párosul, akkor a csővezeték különleges alapozással kell megépíten

ni. A felsorolt kedvezőtlen altalajok jelenléte esetén többnyire **vákuum-kutas víztelenítést** kell alkalmazni (lásd: **85. ábra**), és fokozott körültekintéssel kell eljárni. A munkaárok fenéksíkja alatti 0,1- 0,2 m leszívási mélység mellett a talaj képlékenysége nem teszi lehetővé a rugalmas csöveknél az élettartam szempontjából meghatározóan fontos csőzóna kialakítást, ezért intézkedéseket kell tenni az ágyazat védelmére. Ilyen esetek lehetséges megoldásait a **87. ábra** mutatja be.

A **geotextília**, kedvező szűrőképességével és húzóerők felvételére alkalmasságával a gyenge altalaj és a talajvízszint süllyesztés káros utóhatásainak kiküszöbölésére alkalmas. Felhasználásánál az elérendő cél-, vagy célok mérlegelésével kell a beépítési szinteket meghatározni. Példaként említjük, hogy az alacsony „U” értékű és laza talajokban közismert a durva szemcsék lefelé vándorlása, főleg járművek által használt közterületeken. Ennek a jelenségnek megakadályozására kiváló megoldást biztosít a geotextília.



87. ábra: A csőzóna – az ágyazat – védelmének alternatív lehetőségei vákuum-kutas víztelenítésnél: a.) ágyazat alapozás átázott, de szilárd altalajnál (ilyen esetben az alapozó réteg: kavicsos – homok), b.) alapozás erősen képlékeny altalajnál és c.) a csőzóna védelme, süllyedésre különösen érzékeny altalajnál.

Jelölések: 1 alapozó réteg (az altalaj ismeretében egyedileg kell megtervezni), 2 alsó ágyazati réteg, 3 rugalmas cső, 4 oldalsó ágyazati rétegek, 5 a csőzóna csőtető feletti része, 6 dúcolás, 8 geotextília.

A különleges ágyazatok körében kitüntetett helye és szerepe lehet az úgynevezett **hidraulikus ágyazatnak**. Az MSZ EN 1610 a **beszállított építőanyagok** csoportjában ugyancsak megemlíti a vízzel kötött építőanyagokat, mint le-

hetséges ágyazati anyagot, elsősorban beton-, vagy beton-szerű szerkezetek felsorolásával. A hőre lágyuló – rugalmas – gravitációs csövek csőzónájának tömörítésére alkalmas gépi eszköz mind a mai napig nem került kifejlesztésre. Ennek következtében alacsony tömörségi értékkel tervezhető csőzóna azt eredményezi, hogy a fektetési mélységben „*in situ*” rendelkezésre álló kedvezőbb altalaj tömörség nem hasznosítható, és így sok esetben az alakváltozási, továbbá a horpadási feltételeket csak egyedi megoldásokkal lehet biztosítani. Ilyen esetekben kerülhet sor - többek között - a rugalmas csövek körülbetonozására, amely megoldás tulajdonképpen a **hidraulikus ágyazatépítés** egyik formája. A rugalmas cső körülbetonozásának az a **hátránya**, hogy a rugalmas csövet **megmerevíti**. Az ilyen megoldásnál közismert, hogy a teherviselő szerkezet a betonköpeny lesz, melyet erre a funkcióra méretezni kell! Ez az ágyazatépítési technológia tehát alapvetően megváltoztatja a cső-, és az azt körülvevő talaj kölcsönhatását. Ez a csőszerkezet a **holocén öntéstalajok** esetében nem jó megoldás, továbbá szükségessé teheti, a betonágyazat alapozását, geotextília és homokos-kavicsréteg, beépítését, stb.. Ez az ágyazati forma, illetve az eredményeként létrejövő merev szerkezet – amelyben a PVC csatornacső lényegében egy belső burkolatként funkcionál –, csak olyan esetekben, rövid szakaszokon, indokolt, ahol kényszerűségi okokból a $h_{\min} = 80$ cm takarás nem tartható, illetve a cső statikailag nem feleltethető meg.

A cső és az ágyazat kölcsönhatása szempontjából előnyösebbek azok az ágyazatépítési technológiák, melyek a korábban alkalmazott iszapoltós tömörítés továbbfejlesztésének lehetőségeit vizsgálják. Hazai **K+F** munka keretében a témakörben több alternatíva került feltárássra. A cső és a környező talaj kölcsönhatásait alapvetően nem befolyásoló **hidraulikus ágyazatépítés** lehetőségének megteremtéséhez három alapvető probléma megoldását és összehangolását tartották szükségesnek a fejlesztők. Ezek az alábbiak:

- az ágyazati anyag összetétele, különös tekintettel a helyszíni anyagok felhasználására,
- a keverék előállítása, helyszínrre szállítása és bedolgozása, továbbá
- a csővezeték építés szokásos technológiai folyamataiban szükséges módosítások, kidolgozása.

Ezen problémakörrel kapcsolatos elméleti, és gyakorlati fejlesztési eredmények összegezése, valamint a hazai altalaj- és talajvízviszonyokat figyelembevevő víztelenítési, dűcolási és ágyazatépítési technológiák összefüggéseit részletesen taglaló tanulmány hozzáférhető a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének honlapján (www.bme.vkkt.hu). A tanulmány részletes útmutatást ad a hidraulikus ágyazat javasolt összetételéről (helyi talaj, mészhidrát, plasztifikátor, víz), a keverés és bedolgozás gépesítéséről, valamint a szükségszerűen módosítandó csőfektetési technológia folyamatáról és eszközeiről is. Csőgyártóként javasoljuk a technológia alkalmazását, mivel az, megoldást nyújthat az ágyazatépítés évtizedes problémáira. Tapasztalataink szerint a csatornaépítéseknel a későbbi meghibásodások döntően az ágyazatépítési hiányosságokra vezethetők vissza. Az ajánlott ágyazatépítési technológiával a munkafolyamat gépesíthető, az ágyazat kellően tömör és mégis rugalmas szerkezetként alakítható ki.

A PVC-U csővezetékek beágyazása kapcsán megemlíjtük, hogy az utóbbi években elterjedt gyakorlat a csövek fúrással kombinált beépítése (lásd: **88. ábra**). A furat beomlása esetén – amely különösen nem állékony talajokban nagy bizonyossággal bekövetkezik – az oldalmegtámasztás hiányában a szokásos SN4 és 8 gyűrűmerevségű csövek behorpadása-, vagy folyamatos ellapulása nem kerülhető el. A cső- és a furat közötti hézagot javasoljuk minden esetben kiinjektálni.



88. ábra: KG PVC házi bekötőcsatorna építése átfúrással

5.3.4. Csőfektetés

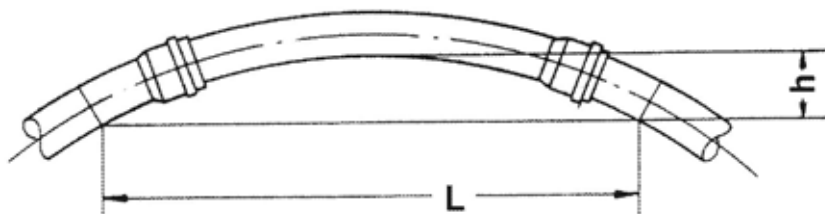
Az alsó ágyazati réteg elkészítése és tömörítése után ellenőrizni, és szükség szerint korrigálni kell a csőfektetés síkját. Ezt követően a csőszálakat és idomokat kézi erővel kell a munkaárokba leengedni úgy, hogy azok sérülése elkerülhető legyen.

A csőfektetés a vezeték legmélyebb pontjánál kezdődhet úgy, hogy a *tokok*, *karmantyúk* a *folyással szemben* álljanak. A csővégek ideiglenes lezárását biztosító védősapkát csak közvetlenül a csőkötés elkészítése előtt szabad eltávolítani. Ha a kivitelezés hosszabb időre megáll, akkor a csővégeket ideiglenesen le kell zárni. A csövek kiosztását és elhelyezését követően a kötéseknel fejtödröket kell kialakítani. Ezek mérete olyan legyen, amely a csőkötés rendelte-

tésszerű elkészítéséhez szükséges, illetve akadályozzák meg, hogy a csövek a kötéseiken feküdjenek fel. A gravitációs csatornahálózatoknál az aknák anyaguktól függetlenül – lehetőség szerint – egy időben épüljenek a csőszakaszokkal.

A nyomvonal egyes szakaszainak összeszerelése után szemrevételezéssel ellenőrizni kell a nyomvonal egyenletességét és a kötéseket.

A KM PVC nyomóvezetéknek a csőszakaszok kismértékű ívelt vonalvezetése a **89. ábra** és a **30. táblázat** szerint megengedett.



89. ábra: KM nyomócsövek fektetése ívben

30. táblázat

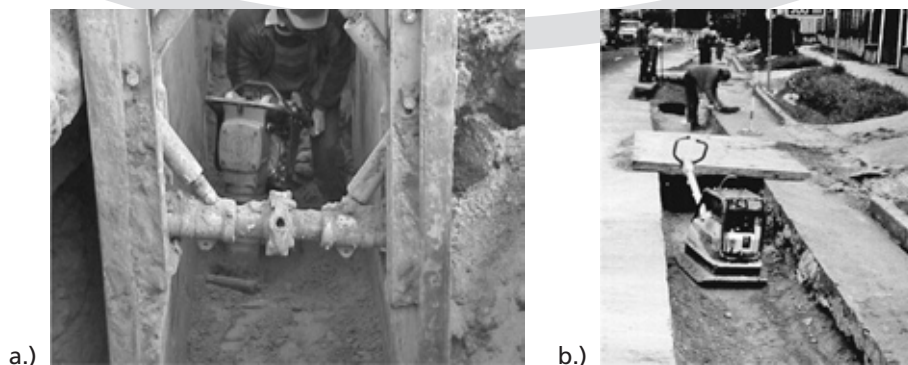
L [mm]	d_n [mm]			
	110	125	160	225
	h_{max} [m]			
8,00	0, 24	0, 21	0, 17	0, 13
12,00	0, 54	0, 48	0, 38	0, 30
16,00	0, 97	0, 85	0, 67	0, 53

Az ívelt fektetésnél a munkaárok szimmetriáját kisebb monolitbeton oldalsó megtámasztásokkal célszerű biztosítani. A tokok közelében – az azokra ható feszültségek csökkentése érdekében – megtámasztó betontömbök – kb. 50 cm szélességgel – beépítése javasolt. (A PVC-U csövek ívelt fektetésénél különös gondossággal kell eljárni. Az ív kialakítása folyamatosan történhet, min. 20°C csőfal hőmérsékleten.)

Az európai csőfektetési gyakorlat a PVC-U csővezeték fektetését 0°C hőmérséklet határig javasolja. Ezt a csőanyag ridegtörésének fokozott veszélyessége indokolja. (A 0°C hőmérséklet alatt a cső az ütmunka hatására – például szerszám-, vagy szemcsés ágyazati anyag csőre ejtése – repedés érzékennyé válik.) A skandináv országokban gondos munkavégzés mellett fagyponthoz is engedélyezik a PVC-U csövek fektetését. Hazai viszonylatban – a cső gyártójától függetlenül – a fagyponthoz közeli, vagy az alatti csőfektetés lehetőségét minden esetben egyedileg kell mérlegelni. (Ilyen esetben gondoskodni kell fagymentesen tárolt csőről, homok ágyazati anyagról és a megfelelő munkafeltételekről.)

5.3.5. Földvisszatöltés és tömörítés

A csőzóna feletti részen a földvisszatöltés a helyszínen kitermelt anyagból is történhet, ha az alkalmas tömörítésre, a megkívánt T_r értékre. A földvisszatöltés csak legfeljebb 20 cm vastag rétegekben, gépi és kézi erővel egyaránt készíthető. A tömörítő eszközt, a tömörítő menetek számát, a rétegvastagságot a tömörítendő anyaggal – talajjal – összhangban, illetve a csőzónával érintkező síkban a csőanyagra való tekintettel megválasztani (lásd: **90. ábra**).

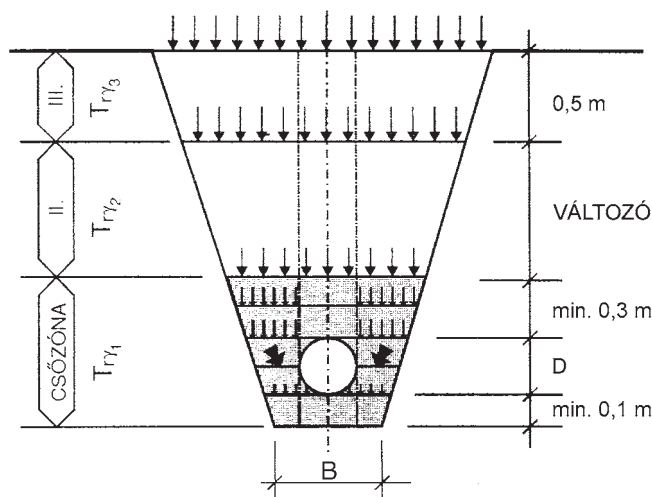


90. ábra: Tömörítés a munkaárok különböző zónáiban a talaj függvényében benzinmotoros gépi tömörítővel:
a.) a csőzóna felett kissé kötött iszapos homoktalajban döngölőbékával,
b.) burkolat alatti alapozó réteg tömörítése közepes tömegű lapvibrátorral, szemcsés talajban

A fentiek figyelembevételével műanyag csőveknél a csőzónától távolodva a visszatöltésre kerülő talaj függvényében az alábbi tömörítő-eszközök alkalmazása javasolható:

- max. 60 kg tömegű, egyirányban mozgó lapvibrátorok,
- négyütemű döngölőbékák,
- könnyű árokhengerek.

A tömörítő munkát mindig az árokszéleken kell kezdeni. A burkolat alatti legfelső rétegekben nehezebb – nagyobb tömegű – tömörítő gépek is alkalmazhatóak. A földvisszatöltés a rétegek vastagsága és a tömörítő-eszköz kiválasztása, illetve ezek összehangolása a tervezés feladata.



91. ábra: A munkaárok övezetei

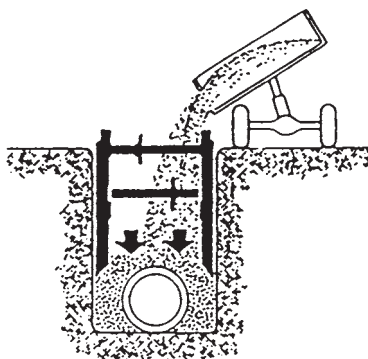
A földvisszatöltés rétegeinek tömörítési igényét a felszíni funkciók, illetve terhelés alapvetően befolyásolja. A munkaárok övezeti beosztását, a tömörítés intenzitásának helyét a 91. ábra tünteti fel.

A csőzóna feletti keresztmetszetekben – II. és III. zónákban – javasolható tömörségi értékeket a felszíni terhelés függvényében a 31. táblázat tartalmazza.

31. táblázat

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

Földszállító járművek platójáról a föld közvetlenül a munkaárokba nem üríthető. A döntésszerű földvisszatöltés – lásd 92. ábra – a munkaárok minden övezetében tilos!

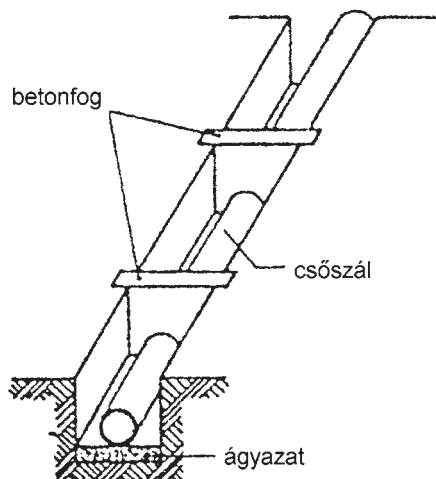


92. ábra: A döntésszerű földvisszatöltés a cső deformációját és elmozdulását okozza!

A nyomócsöveknél a földvisszatöltés csak korlátozottan készülhet a nyomáspróbáig. (A visszatöltendő földnek legfeljebb kétharmada.) A csőkötésektől kb. 60°-os lejtésben – ék alakúra – kell a tokrészen a visszatöltést elhagyni. A nyomáspróbát követően ezen ékek a munkaárok többi szakaszára érvényes feltételekkel tölthetők vissza.

5.3.6. Építés lejtős terepen

Az MSZ EN 1610 felhívja a figyelmet azokra a járulékos erőkre, 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.



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

Lejtős területeken az altalaj és a mindenkori rétegvizek függvényében az ágyazat és a cső megcsúszás elleni védelmét **betonfogak** (keresztelzárás) beépítésével javasoljuk biztosítani (lásd: 93. ábra). Szakirodalmi forrásokra alapozott ajánlásunk, hogy a tereplejtések vonatkozásában a 10 % tekinthető olyan határértéknek, amely felett a betonfogak beépítése kb. 50 m-ként megfontolandó. Lejtő irányban áramló rétegvizeknél a lefolyás biztosításához a betonfogak alatt szivárgó beépítése szükségessé is válhat. (Ennek funkciója kizárólagosan a munkaárok szelvényében a vízlevezetés biztosítása.) A betonfogak célszerű szélességi mérete 20 cm. A beton minőségét az altalaj és talajvízviszonyok – pH, szulfáttartalom, stb. – függvényében kell megtervezni.

Csúszásra-, kagylósodásra- és rézsúhámításra hajlamos területeknél a betonfogak a jelenségek megakadályozására nem alkalmasak. Ilyen esetekben a földmű-stabilitási problémákat, továbbá a vonalas létesítményhez szükséges szerkezeti megoldásokat külön kell választani és funkció szerint optimalizálni.

6. HIBAEELHÁRÍTÁS ÉS REKONSTRUKCIÓ

A nyomott- és gravitációs PVC csövek és csőrendszerek elmúlt 30 éves élettartama során típushibák kialakulásáról nem beszélhetünk.

A felelőtlen munkavégzés eredményeként előfordult vezetékrongálásokon kívül szórványosan megjelenő – lokális és vonalmenti – hibák többsége az üzembe helyezés során kiderült. A helyreállítás általában a helyszínen még jelenlévő kivitelező közreműködésével, a nyomvonal lokális megnyitásával megoldódott. A feltárt hibák okai – szinte 100 %-ban – a kivitelezés során elkövetett technológiai fegyelem megsértésére voltak visszavezethetők. Ezen a területen az elmúlt tíz évben – sajnos – adódtak problémák. Közismert, hogy a kivitelezési előírások megszegésének következményei hosszabb időn keresztül rejtve maradhatnak. A hibaelhárítással- és a rekonstrukcióval kapcsolatban tehát célszerű néhány hazai- és külföldi ismeretet és javaslatot összefoglalni.

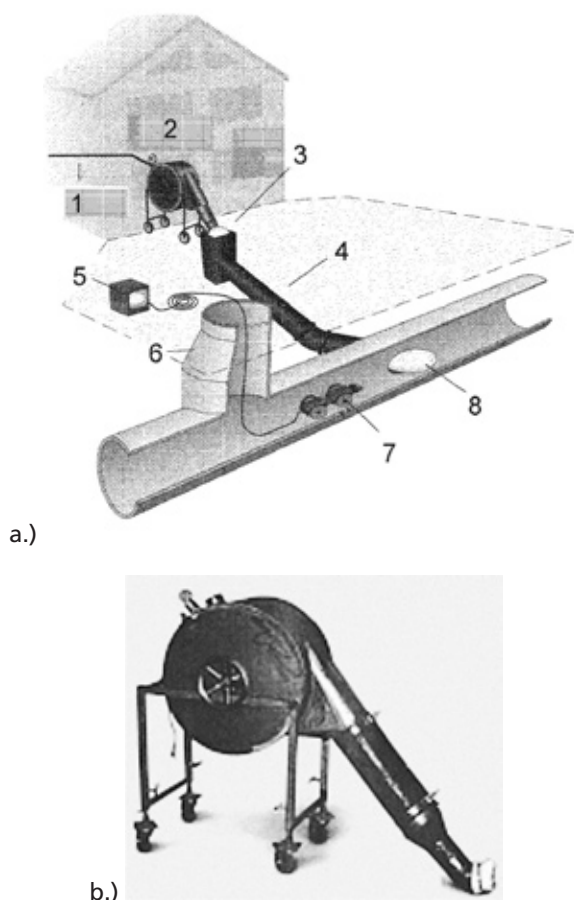
• A PVC csövek **hibái**:

- vonalmentiek,
- lokálisak és
- deformációs jellegűek

lehetnek.

- A **vonalmenti** hibák a nyomócsövek – egy csőszálra kiterjedő – felrepedésében, továbbá lokális hibák – pl.: toktömítési hibák – ismétlődésében jelentkezhetnek.
- A **lokális** hibák az ágidomok szakszerűtlen beépítésénél, valamint a tokos csőkötések rossz kivitelezésénél valószínűsíthetők.
- A **deformációk** lehetőségére és tényére – a rosszul megtervezett és/vagy kivitelezett csőágyazat eredményeként – néhány külföldi publikáció is felhívta a figyelmet. A Pipelife Hungária Kft. PVC-U csöveinek és idomainak a tokos kötése 15 % feletti alakváltozással is tökéletesen vízzáróak maradnak. A fentiek ellenére a 15 % deformáció határértéknek tekintendő. Ennél az alakváltozási értéknél már nem érvényes a Hooke-törvény, és meghatározó szerephez jut a relaxáció. Változatlan terhelésnél az alakváltozás folyamattá válik – esetenként felgyorsul – és a cső behorpad.
- A **hibaelhárítás** első fázisa minden esetben az ok-okozati összefüggések megállapítása. A Pipelife kéri és igényli, hogy az általa gyártott-, vagy forgalmazott termékek esetleges hibáit megismerhesse, továbbá belső illetve külső szakértői részt vállalhassanak a fentebb jelzett ok-okozati összefüggések feltárásában. Néhány javaslatot az alábbiakban foglalunk össze:
 - A lokális hibáknál mindenkor vizsgálni kell a hibahely környezetét is. A csőfal meggyengülésének legkisebb valószínűsége esetében a teljes csőszál cseréje javasolt. A két áttoló idommal és csődarab beszabásával végzett hibaelhárítás csak provizórikus javításként javasolható megoldás.
 - Lehetőség szerint mindig a megsérült teljes csőszál cseréjét kell végrehajtani úgy, hogy az illesztés egy darab U-KS (KM csőnél) vagy KGU (KG- és KG-S csatornacsőnél) áttoló karmantyúval megoldható legyen.
 - Ha a hibaelhárítás során kismértékű hossz-korrekciónak is szüksége, úgy az MM-KS vagy KGMM kettős karmantyú használata javasolható.
 - A KM-PVC nyomócsövek hibaelhárításához a fém – kóracél-, vagy öntöttvas – javítóidomok is felhasználhatók. Ezek közül előnybe kell részesíteni a kifejezetten PVC és PE anyagú csövekhez gyártott javítóidomokat.
 - A törött idomok-, tokok cseréjét minden esetben feltárással és az idom cseréjével célszerű végrehajtani. A törött elem statikai váza – belsőleg háromszorosan határozatlan tartó – alapvetően megváltozik, a környező két fél (konzol) gyűrűsleletté alakul. Ezek a külső terhek hatására javításokkal nem korlátozható alakváltozásokat szenvednek.
 - A lokális-, vagy vonalmenti keresztmetszeti deformációk csak feltárással és az ágyazat ismételt elkészítésével javíthatók. Az ilyen munkáknál +60°C maximális víz hőmérséklet és legfeljebb 0,5 bar túlnyomás megengedhető. Az erősebben deformálódott csőszakaszokon a cső melletti ágyazati részek földbetonból, vagy gyengébb minőségű betonból (C 6-16/FN) megfelelően tömörítve készíthetők.

- A kitakarás nélküli rekonstrukciós módszerek kifejlesztését a hagyományos – merev – csövek inspirálták. Az elmúlt években előtérbe került a műanyag csövek kitakarás nélküli rekonstrukciós módszereinek kifejlesztése is [10]. A jelenleg ismert fejlesztések – INSITUFORM, KHS, BRAWOLINER, VFG-HD-LINER, NUPIPE, BRANDENBURGER-LINER, stb. – a kisebb csőátmé-
rőkre és főleg a házi bekötőcsatornákra irányulnak.



94. ábra: Házi bekötőcsatornák kitakarás nélküli rekonstrukciója:
a.) elvi séma, b.) tömlőfordító

Jelölések: 1 préslevegő cső max. 0,9 bar, 2 tömlőfordító, 3 házi bekötőakna, 4 házbekötő csatorna, 5 zárt láncú csatorna tv, 6 közcsatorna aknája, 7 tévékamera, 8 bélelő cső vége

Ezt igazolják a bélelő anyag fordító berendezések méretének csökkentése – lásd: **94. ábra** – és a hő hatására kikeményedő gyanták felváltása a fényre – UV sugárzás – szilárduló műgyantákkal. A felsorolt eljárásokkal Európában több referencia létesítmény készült. Feltételezhető, hogy a hazai próbaépítés és bevezetés a közeljövőben napirendre kerül.

- Ismétlődő vonalmenti típushibáknál – pl.: toktömítési hiányosságok – a feltárás nélküli ITV-vel irányított és a hibahelyet felfújható tömlővel (pacher) közrezáró tömítési módszer PVC csöveknél is alkalmazható. Több európai cég – Hollandiában, Dániában, Németországban, stb. – fejlesztett ki [10] olyan tömítő gyantákat, amely a PVC cső tokjában tökéletes vízzárást biztosítanak és kellően rugalmasak. Hazai viszonylatban is történtek fejlesztések a PVC csövekhez jól tapadó műgyantákkal [13].

7. IRODALOM ÉS SZABVÁNYOK

- [1] Lehoczky-Varga: Szilárdságtan; Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 1963.
- [2] Szántay Balázs: Vegyipari készülékek szerkesztése; Műszaki Könyvkiadó Budapest 1960.
- [3] Óri Róbert: Vegyipari csővezetékek; Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1972.
- [4] Mészáros Pál: Kis műtárgyak tervezése, építése és karbantartása; Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1986.
- [5] Dr. Fáy Csaba-Kiss Emese-Mészáros Pál-Dr. Solti Dezső: Kis települések szennyvízgyűjtő rendszerei K+F tanulmány; M+T KKT. Budapest, 1999.
- [6] Kunststoffrohrverband e.v. Bonn: Kunststoffrohr Handbuch. Rohrleitungssystem für die Ver- und Entsorgung sowie weitere Anwendungsgebiete. 3. Auflage; Koordination: Eugen Ant, Claus Wehage; Vulkan-Verlag Essen 1997.
- [7] M+T KKT.: A csatornázás aknáí; K+F tanulmány Budapest, 1998.
- [8] MÉLYÉPTERV: Csőszűrlődési táblázat a Colebrook-White formula alapján; MFO 1974/29.
- [9] Dr. Horváth Imre szerk.: Csatornázás; ÉTK Budapest, 1983.
- [10] M+T KKT.: IFAT 99 München, május 04–08. Vásárlátogatási összefoglaló. M+T KKT. Budapest, 1999. Kézirat.
- [11] Dr. Thamm Frigyes: Műanyagok szilárdságtana I. (Műanyag gépelemek); Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézet; Budapest, 1983. Kézirat
- [12] Dr. Thamm Frigyes: Műanyagok szilárdságtana. BME Vegyészmérnöki Kar, Szakmérnöki Tagozat; A BME Továbbképző Intézetének Kiadványa (Ve 175); Tankönyvkiadó Budapest, 1974. Kézirat
- [13] VI. Országos Közművesítési Konferencia és Kiállítás; CSATORNÁZÁS 2000 – Kiadvány; ÉTE-HSTT Budapest, 2000. Kézirat
- [14] Táblázatok és grafikonok a csatornaszelvények hidraulikai adatainak meghatározásához; Mélyépítési Tervező Vállalat Műszaki Fejlesztési Osztály 1975/17; Budapest, 1975
- [15] PANNONPIPE: KD-EXTRA – hullámos – és KG-PVC-csatornacsövek erőtanai méretezése és a csőfektetés szabályai; Budapest, 1998. Kézirat
- [16] Kéződi Árpád: Talajmechanika I.; Tankönyvkiadó Budapest, 1959.
- [17] Lars-Eric Janson and Jan Molin: Design and Installation of Buried Plastics Pipes; Stockholm in January, 1991
- [18] Lars-Eric Janson: Plastic Pipes for Water Supply and Sewerage Disposal; Stockholm 1989
- [19] Gütezeichen RAL Kunststoffrohre Verlegeanleitung PVC-KANALROHRE erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen KUNSTSTOFFROHRVERBAND E.V. 4. Auflage
- [20] Gütezeichen RAL Kunststoffrohre Verlegeanleitung PVC-Druckrohre Trink- und Brauchwasser-Versorgung ausserhalb von Gebäuden

Szabványok:

MSZ EN ISO 1043	Műanyagok. Jelek és rövidített szakkifejezése. 1. rész: Alappolimerek és sajátos jellemzőik
MSZ EN 1452-1–5.	Műanyag csővezetékrendszerek vízellátáshoz. Kemény poli (vinil-klorid) (PVC-U)
MSZ EN 752-1–7.	Települések vízelvezető rendszerei
MSZ EN 1295-1	Földbe fektetett csövek statikai számítása különböző terhelési feltételek esetén. 1. rész: Általános követelmények
MSZ EN 1401-1	Műanyag csővezetékrendszerek föld alatti, nyomás nélküli alagsóvezetéshez és csatornázáshoz. Kemény poli(vinil-klorid) (PVC-U)
MSZ EN 1610	Zárt vízelvezető csatornák fektetése és vizsgálata
MSZ EN 476	Gravitációs rendszerű szennyvízelvezető csatornák és vezetékek általános követelményei
MSZ EN 1091	Települések vákuumos szennyvízelvezető rendszerei
EN 1671	Druckentwässerungssystem ausserhalb von Gebäuden CEN 1997 Brüsszel
MSZ EN 13476	Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured – wall piping systems of unplasticized poly (vinyl chloride), (PVC-u), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) Part 1: Specification and Requirements for pipes, fittings and system.
MSZ-070-3701-86	Közüti hidak erőtanai számítása
MSZ 7487-1-2	Közmű- és egyéb vezetékek elrendezése közterületen
MSZ 7552	Vezetékek elrendezése fővasúti vágányok és ezekből kiágazó iparvágányok alatt
MI-167-1-3. és 5-6.	Közcatornák

7.1 Tájékoztató táblázat a fontosabb elasztomerek és műanyagok vegyszerállóságáról

Készült a PannonPipe Műanyagipari Kft. megbízásából
Készítette: Elasto Art Kft.
Lakitelek

Magyarázat a táblázat használatához, jelölések jelentése:

A: Ellenállóképes

A gumitömítés anyaga általánosságban alkalmasnak tekinthető

B: Feltételes ellenálló képesség

A gumitömítés anyagának alkalmasságát a mindenkori alkalmazási esetben meg kell vizsgálni, adott esetben további kísérletet kell végezni.

C: Kevésbé ellenálló

A gumitömítés anyaga általánosan nem értékelhető alkalmasnak.

D: Nem megfelelő

A gumitömítés tönkre megy.

A táblázat áttekintést nyújt néhány gumi és műanyag ellenálló képességéről.
Esetünkben kiemelten kell kezelni a természetes gumi és az SBR osztályokat.

1. Természetes gumi osztályba tartozó termékek:

- ajakos tömítések,
- „O” gyűrűk

2. Természetes gumi kisebb arányú SBR NR/SBR blend termékek:

- KG-tömítések
- KM-tömítések

Tulajdonságokban domináns az NR

3. A paraméterek max. 40°C hőmérsékletre vonatkoznak.

	TERMÉSZETES GUMI (NR)	BUNA S (SBR)	PERBUNÁN N (NBR)	NEOPRÉN (CR)	BUTYLKAUCSUK (IIR)	HYPALON (CLORSZULFONÁL CSM)	SZILIKON GUMI (Q)	VITON (CFM) (HŐ- ÁLLÓ)	POLIETILÉN CSŐ	POLIPROPILÉN CSŐ	PVC-CSŐ
acetaldehid	B	C	D	D	B	D	B	D	B	B	D
aceton	B	B	D	B	A	C	C	D	B	B	C
almasav	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
alumíniumklorid	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
alumíniumsulfát	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
ammoniák, nedves	A	B	B	A	A	A	B	B	A	A	A
ammoniák, gáz, hideg	B	B	C	B	B	A	B	B	A	A	A
ammoniák, gáz, forró	B	B	C	C	B	B	C	C	A	A	D
ammóniumklorid	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ammónium nitrát	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A
ammónium szulfát	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A
anilacetát	D	C	D	C	B	D	D	D	D	D	
anilin	B	C	D	D	A	D	A	D	B	A	A
arzénsav	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A
ásványolaj	D	D	A	C	D	C	B	A	B	B	A
benzin, könnyűbenzin, nafta	D	D	A	B	D	C	B	A	D	D	A
benzol	D	D	C	D	D	D	D	A	D	D	D
bórax	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
borkősav	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
bórsav	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A	A
borpárlat	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A
bróm	D	D	D	C	C	B	C	B	D	D	D
brómhidrogén	C	C	C	B	A	A	B	A	A	A	A
bután	D	D	A	B	D	C	B	A	D	D	A
butilacetát	D	C	D	C	B	D	D	D	D	D	D
cinkklorid	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
cinksó	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
cinkszulfát	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
citromsav	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
csersav	B	B	C	B	B	A	B	A	A	A	
cyclohexanol	B	A	A	A	A	A	B	A			D
cyclohexanon	D	D	D	D	C	D	D	D	D	D	D
difeniloxid	D	D	D	D	D		B	C			
ecet	B	B	C	A	B	B		C	A	A	A
ecetsav, gőz	B	B	C	A	B	B		D	A	A	A
ecetsav, conc.	B	B	C	A	B	B		D	D	D	D
ecetsav-anhidrid	B	B	C	A	B	B		D	B	B	D
etilacetát	D	C	D	C	B	D	D	D	B	B	
etilalkohol	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
etilalkohol denaturált szesz	A	A	B	B	A	B	B	B	A	A	A
etiléter	D	D	C	C	C	C		C	D	D	D
etilénklorid	B	B	D	B	A				D	D	
etilklorid	D	D	C	D	D	D	D	B	D	D	D
éter	D	D	C	C	C	C		C	D	D	D
fluorsav forró < 65%	C	C	D	C	C	B		A	A	A	D

	TERMÉSZETES GUMI (NR)	BUNA S (SBR)	PERBUNÁN N (NBR)	NEOPRÉN (CR)	BUTYLKAUCSUK (IIR)	HYPALON (CLORSZULFONÁL CSM)	SZILIKON GUMI (Q)	VITON (CFM) (HŐ- ÁLLÓ)	POLIETILÉN CSŐ	POLIPROPILÉN CSŐ	PVC-CSŐ
fluorsav forró > 65%	B	B	C	B	B	A		A	A	A	A
fluorsav hideg < 65%	C	C	D	C	C	A		A	A	A	B
fluorsav hideg > 65%	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A	A
foszforsav	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
foszforsav hideg < 45%	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
foszforsav hideg > 45%	A	A	C	A	A	A	D	A	D	D	D
foszforsav forró	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
glicerín	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
glukos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
hangyasav	B	B	D	B	A	A	D	B	A	A	A
hidrogén hideg	B	A	A	A	A	A		A			A
hidrogén meleg	B	A	A	A	A	A		A	D	D	D
hidrogénszuperoxid	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
higany	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
higanyklorid	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
jégecet	B	B	C	A	B	B		D	B	B	B
káliumklorid	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
káliumhidroxid	A	A	B	A	A	A	C	C	A	A	A
káliumszulfát	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
kálilúg	A	A	B	A	A	A	C	C	A	A	A
kéndioxid	D	D	D	D	B	B	B	B	A	A	A
kénsav konc.	D	D	D	C	C	A	C	A	D	D	D
kénsav > 10% forró	B	B	C	A	A	A	B	A	A	B	D
kénsav 10–75% forró	C	C	D	C	C	B	C	A	B	D	D
kénsav 75–95% forró	D	D	D	D	D	C	D	A	D	D	D
kénsav füstölő	D	D	D	D	D	B	D	A	D	D	D
kénsav 10% hideg	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
kénsav 10–75% hideg	C	C	D	C	B	A	B	A	B	C	A
kénsav 75–95% hideg	D	D	D	C	B	B	C	A	B	D	A
kénhidrogén forró	C	C	C	C	A	A		A			D
kénhidrogén hideg	C	C	C	B	B	A		A			A
kénhidrogén száraz, forró	C	C	C	B	A	A		A			D
kénhidrogén száraz, hideg	C	C	C	B	B	A		A			A
királyvíz	D	D	D	D	D	B	C	B	D	D	E
kipufogó gáz	C	B	C	A	A	A	B	A	A	A	A
klofén	D	D	D	D	D	D	B	A			B
krómsav	D	D	D	D	D	B	C	A	D	D	A
klór-ecetsav	C	C	C	C	B	B	C	D			A
klór nedves	D	D	D	C	C	B	C	A	D	D	D
klór száraz	D	D	D	C	B	B	C	A	D	D	C
klórszulfonsav	D	D	D	D	D	D	D	C	D	D	A
konyhasó	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
levegő	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
magnéziumklorid	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
magnéziumszulfát	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
metilalkohol	A	A	B	A	A	A	B	C	A	A	A

	TERMÉSZETES GUMI (NR)	BUNA S (SBR)	PERBUNÁN N (NBR)	NEOPRÉN (CR)	BUTYLKAUCSUK (IIR)	HYPALON (CLORSZULFONÁL CSM)	SZILIKON GUMI (Q)	VITON (CFM) (HŐ- ÁLLÓ)	POLIETILÉN CSŐ	POLIPROPILÉN CSŐ	PVC-CSŐ
fluorsav forró > 65%	B	B	C	B	B	A		A	A	A	A
fluorsav hideg < 65%	C	C	D	C	C	A		A	A	A	B
fluorsav hideg > 65%	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A	A
foszforsav	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
foszforsav hideg < 45%	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
foszforsav hideg > 45%	A	A	C	A	A	A	D	A	D	D	D
foszforsav forró	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
glicerin	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
glukos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
hangyasav	B	B	D	B	A	A	D	B	A	A	A
hidrogén hideg	B	A	A	A	A	A		A			A
hidrogén meleg	B	A	A	A	A	A		A	D	D	D
hidrogénszuperoxid	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
higany	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
higanyklorid	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
jégecet	B	B	C	A	B	B		D	B	B	B
káliumklorid	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
káliumhidroxid	A	A	B	A	A	A	C	C	A	A	A
káliumszulfát	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
káliilúg	A	A	B	A	A	A	C	C	A	A	A
kéndioxid	D	D	D	D	B	B	B	B	A	A	A
kénsav konc.	D	D	D	C	C	A	C	A	D	D	D
kénsav > 10% forró	B	B	C	A	A	A	B	A	A	B	D
kénsav 10–75% forró	C	C	D	C	C	B	C	A	B	D	D
kénsav 75–95% forró	D	D	D	D	D	C	D	A	D	D	D
kénsav füstölő	D	D	D	D	D	B	D	A	D	D	D
kénsav 10% hideg	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
kénsav 10–75% hideg	C	C	D	C	B	A	B	A	B	C	A
kénsav 75–95% hideg	D	D	D	C	B	B	C	A	B	D	A
kénhidrogén forró	C	C	C	C	A	A		A			D
kénhidrogén hideg	C	C	C	B	B	A		A			A
kénhidrogén száraz, forró	C	C	C	B	A	A		A			D
kénhidrogén száraz, hideg	C	C	C	B	B	A		A			A
királyvíz	D	D	D	D	D	B	C	B	D	D	E
kipufogó gáz	C	B	C	A	A	A	B	A	A	A	A
klofén	D	D	D	D	D	D	B	A			B
krómsav	D	D	D	D	D	B	C	A	D	D	A
klór-ecetsav	C	C	C	C	B	B	C	D			A
klór nedves	D	D	D	C	C	B	C	A	D	D	D
klór száraz	D	D	D	C	B	B	C	A	D	D	C
klórszulfonsav	D	D	D	D	D	D	D	C	D	D	A
konyhasó	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
levegő	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
magnéziumklorid	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
magnéziumszulfát	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
metilalkohol	A	A	B	A	A	A	B	C	A	A	A

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 raktárházak

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

