

10. Pneumatikus szállítóberendezések, rendszerek tervezése, megvalósítása

A műszaki fejlesztés eredményeinek tudható be, hogy az ömlesztett, poros illetve szemcsés anyagok szállítása pneumatikus úton széles körben terjed az egész világon. Az alap- és alkalmazott kutatások eredményeként egyre több kihívásnak tesznek eleget a korszerű pneumatikus szállítóberendezések. Az egyik fejlődési irány az egyre nagyobb szállítóteljesítmények és egyre nagyobb szállítótávolságok megvalósítására alkalmas berendezések tervezése és építése. Ehhez a folyamathoz kapcsolódik például a sok anyagfeladó- és több fogadóhelyet tartalmazó szállító- és tároló rendszerek tervezése és megvalósítása. Az alábbiakra jelen fejezet mutat néhány szemléletes példát.

A másik fejlődési irány az, hogy a technológiákhoz kapcsolódó szállítórendszerek az olyan speciális követelmények kielégítésére is alkalmasak legyenek, mint például az, hogy az élelmiszeripari, gyógyszergyári technológiák szállítóberendezései az ömlesztett anyagokat kíméletesen továbbítsák, a szemcsék aprózódása a lehető legkisebb mértékű legyen.

10.1. Erőművi nyomótartályos pneumatikus szállítóberendezés

A mintapéldaként bemutatásra választott berendezés Indonéziában, Jáva szigetén, Suralayában található. A széntüzelésű 7 blokkot tartalmazó hőerőmű az 1883 évi kitöréséről híres Krakatau vulkántól kb. 150km-re található a Szunda szoros partján, így a földrengésveszélyes övezet előírásainak figyelembe vételével az építész, gépész tervezés során a méretezés a Sieberg-Mercalli skála 10. fokozatára történt, ennek megfelelő alapozási és épületszerkezeti, gépészeti követelmények előírásainak betartásával. A teljes szállítóberendezés magyar technológiai és kiviteli tervdokumentáció, - beleértve a vezérlés logikai terveit is – alapján készült.

Az erőmű három 600MW-os (V.-VI.-VII.) blokkja blokkonként két-két párhuzamosan kapcsolt elektrofiltert tartalmaz. Mindhárom blokk elektrofiltereihez önálló, azonos felépítésű pernyeszállító berendezés, a három blokkhoz két közös, egyenként 2500m³ térfogatú pernyetároló siló tartozik. Az egyes blokkok elektrofiltereitől a pernye szállítása a két tároló silóba két szállítási szakaszból álló, azonos berendezés-elemeket tartalmazó pernyeszállító berendezéssel történik.

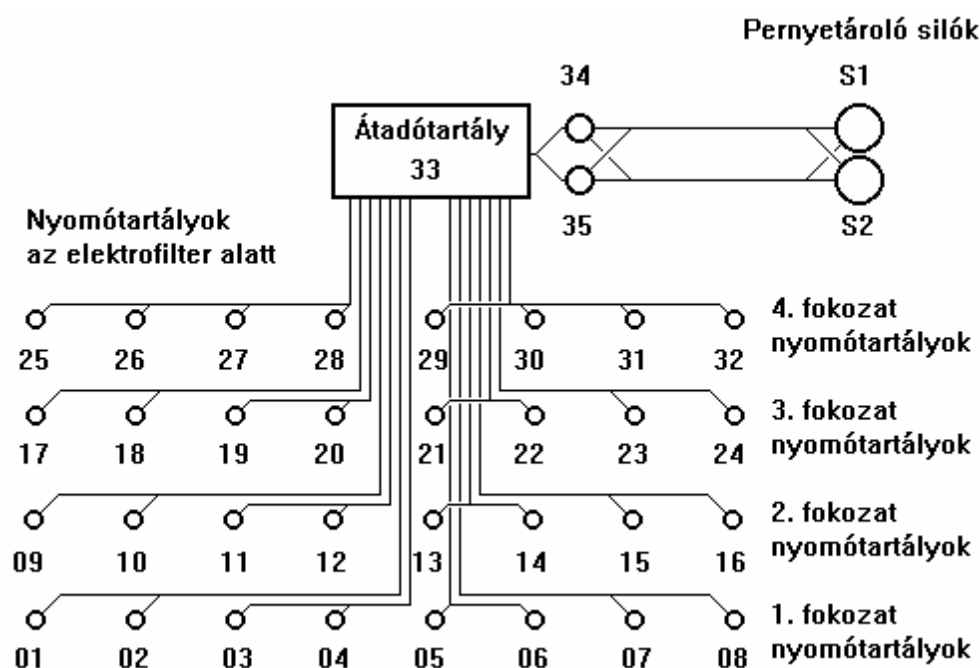
Az első szakaszban az elektrofilter tölcseireitől tölcserenként 1-1, összesen blokkonként 32 nyomótartállyal, 14 csővezetékben sűrűáramú pneumatikus szállítással kerül a pernye egy 250m³-es tárolókapacitású átadótartályba. Innen ugyancsak nyomótartályos sűrűáramú pneumatikus szállítással jut a pernye a beton tároló silókba. A második szakaszban két nyomótartály és két szállítóvezeték került kiépítésre. Ezekből az egyik üzemi, a másik 100% tartalék. Bármelyik tartály bármelyik csővezetéken és csőváltón keresztül bármelyik tároló silóba szállíthat.

Az átadótartály ürítésének biztonsági tartalékaként még egy szárazpernye ürítő berendezés is beépítésre került, amellyel szükség esetén tartálykocsi tölthető. Az átadótartály ürítését elősegítő lazítólevegőt két forgódugattyús fúvó szolgáltatja, melyek közül az egyik üzemi, a másik 100% tartalék.

Az elektrofiltértől történő sűrűáramú szállítás szállítólevegője, valamint az átadótartály lazítólevegője egy az átadótartály tetejére telepített, ventilátorral egybeépített kiszellőző szűrőn keresztül távozik a szabadba.

A két szakaszban megvalósuló sűrűáramú pernyeszállító berendezés levegőellátásához blokkonként egy kompresszortelep áll rendelkezésre. A kompresszortelep három vízhűtéses csavarkompresszorból (3x50%) és két vízhűtéses szárítóból (2x100%) áll, így kompresszorból 50%, szárítóból 100% tartalék áll rendelkezésre. A hűtővizet a blokk zárt hűtőrendszere szolgáltatja.

Az elektrofiltértől a pernyesilókig két szakaszban kiépített nyomótartályos pernyeszállító berendezés szakaszos és ciklikus működésű, teljesen automatikus üzemű. Egy blokkhoz tartozó szállítóberendezés kapcsolási vázlatát a 10.1. ábrán mutatjuk be.



10.1. ábra. Egy blokk pernyeszállító berendezésének kapcsolási vázlatát

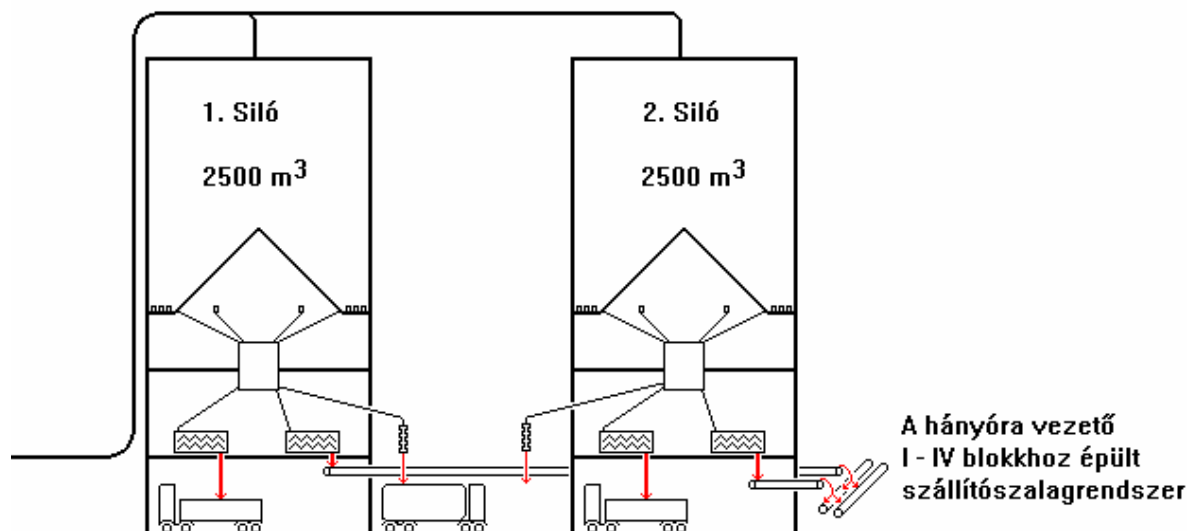
A berendezés közvetlen kezelést nem igényel, a szabadon programozható, mikroprocesszort és tárolót tartalmazó vezérlő berendezést (PLC=programmable logic control) blokkonként külön pernyevezénylő helyiségekbe telepítették.

A 10.2. ábrában vázlatosan bemutatott 2500m³-es pernyesilók vasbetonból készültek. Átmérőjük 15m. Fenékkialakításuk belső ellenkúpos rendszerű. A külső körgyűrű alakú fenék kb. 15°-os lejtésű a 6 ürítőnyílás irányában és gyakorlatilag a teljes felülete levegő elosztó csatornákkal lazítható. A siló ürítésekor mindig 2-2 szembenálló ürítő rendszer van üzemben, melyeket a vezérlés automatikusan léptet. A silóürítő szerelvényekhez rövid aerációs csatorna csatlakozik, amely a siló középpontjában elhelyezett bunkerba szállítja a pernyét. A lazításhoz felhasznált levegőt a bunker tetején telepített zsákos szűrőn keresztül ventilátor szívja el.

A bunkerből 5 irányban lehet pernyét kitarolni, tovább szállítani. Ebből az üzembe helyezés fázisában az alábbi három vonal kiépítésére került sor:

- Száraz pernye töltőrendszer cementszállító teherautók tartályainak töltésére 135t/h teljesítménnyel
- Ikertengelyes nedvesítő csigás töltőrendszer nyitott platójú teherautók földnedves állapotú pernyével való töltésére 270t/h szárazpernyére vonatkoztatott teljesítménnyel. Az autók a kb. 1.5km távolságban lévő hányóra szállítanak
- Ikertengelyes nedvesítő csigás töltőrendszer földnedves állapotú pernye szállítószalag rendszerre történő feladására. Ez a szállítószalag rendszer az I.-IV. blokkok hányóra vezető korábban kiépített, meglévő salak-pernye szalagrendszeréhez csatlakozik.

6 szállítóvezeték az V - VI -VII blokkoktól



10.2. ábra. A silók környezetének kapcsolási vázlata

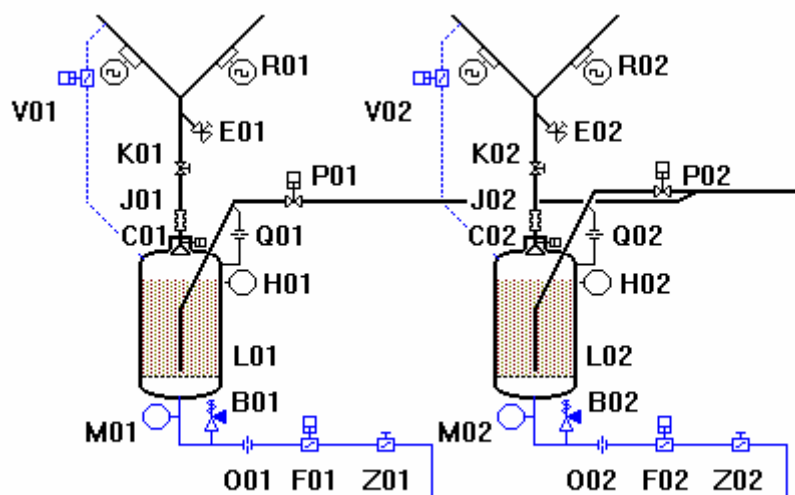
10.1.1. Sűrűáramú pneumatikus szállítás az elektrofilter tölcseréitől az átadótartályig

A négyfokozatú elektrofilter első és második fokozatának felső ürítésű nyomótartályai azonos térfogatúak ($V_{hasznos}=0.85\text{m}^3$), a szállítócsövek azonos átmérőjűek (DN65) és mindegyik esetben 2-2 szállítótartályhoz 1-1 közös szállítócső tartozik. Mindegyik tartály kiszellőzése a fölötte lévő filter tölcserbe van bekötve. A harmadik és negyedik fokozat tartályai kisebbek, de azonos méretűek ($V_{hasznos}=0.25\text{m}^3$). A hozzájuk kapcsolódó szállítócsövek mérete DN50. A harmadik fokozatban 2-2 tartály, a negyedik fokozatban 4-4 tartály dolgozik egy közös szállítócsőre. A harmadik és negyedik fokozat tartályainak nincs kiszellőző csőve. A szállítócsövek száma az 1.-2. fokozathoz nyolc, a 3.-4. fokozathoz hat.

A 32 szállítótartályból és 14 szállítócsőből álló sűrűáramú pneumatikus pernyeszállító rendszer előírt tervezési szállítóteljesítménye 45t/h. A pernye ömlesztett sűrűsége 0.72t/m^3 . A pernye hőmérséklete a filter tölcserék kilépő nyílásánál: 150°C . Az elektrofilter alatti szállítószakaszban a legnagyobb szállítási távolság $L=130\text{m}$, míg a három blokk távolsági szállításánál (az átadótartályoktól a silókig) $L=656\text{m}$ (az V. blokknál), $L=743\text{m}$ (a VI. blokknál), $L=813\text{m}$ (a VII. blokknál).

Az egyes fokozatok szállítótartályai szakaszos működéssel, automatikus üzemmódban szállítják a filter tölcserékbe lehulló pernyét az átadótartályba. Az átadótartály folyamatos „fogadóképessége” érdekében állandóan üzemben van a ventilátorral egybeépített kiszellőző

Miután az első három fokozatban 2-2 szállítótartályhoz egy közös szállítócső tartozik, az így kialakult 12 egység egymástól teljesen független és működésük azonos, ezért az alábbiakban egy tartálypár - szállítócső egység működését ismertetjük és a kapcsolási sémát a 10.3. ábrán mutatjuk be.



A filter tölcser kilépő csonkjához egy „K01” jelű karbantartási kézi tolózár és egy „E01” jelű vészürítő kézi portolózár csatlakozik. Normál üzemben „K01” állandóan nyitva, míg „E01” állandóan zárva van. A „K01” jelű portolózár és ejtőcső alatt helyezkedik el a filter tölcser hőtágulásából adódó elmozdulásának felvételére méretezett „J01” jelű kompenzátor és a pneumatikus működtetésű „C01” jelű pernyebelépő harangszelep. Az „L01” jelű szállítótartályt a beépített fluidizáló betét egy alsó levegőterre és egy felső portérre osztja. A fluidizáló betét fölé benyúlik az úgynevezett merülőcső, amihez a szállítócső csatlakozik. A szállítócső elejére az egy csőre kapcsolt tartályok elválasztása miatt a „P01” jelű pneumatikus működtetésű pernyekilépő gömbcsap van beépítve. A portérhez csatlakozik a kiszellőző cső és az abba beépített „V01” jelű pneumatikus működtetésű kiszellőző csappantyú. A kiszellőző cső a filtertölcser felső részébe van visszakötve. A nyomótartály levegőteréhez csatlakozik a szállítólevegő vezeték, amelybe pneumatikus működtetésű „F01” jelű levegő bevezető csappantyú és „Z01” jelű kézi pillangószelep van beépítve. A nyomótartályhoz csatlakozó levegővezetékbe „O01” jelű szűkítő nyílás (blende), „M01” jelű nyomáskapcsoló és „B01” jelű biztonsági szelep van beépítve. A szállítótartály „H01” jelű felső pernyeszint mérőműszert tartalmaz. A filtertölcser könnyebb ürítését a tölcserre szerelt két darab „R01” jelű vibrátor segíti elő. A nyomótartály tetejét a szállítócső elejével összekötő belső megkerülő vezetékben (by-pass ágba) egy „Q01” jelű szűkítő nyílás (blende) van beépítve.

441

- A szállítótartály pernyével feltöltődött, azaz a pernye-szintjelző tele jelet ad
- A fogadó hely (átadótartály) nincs tele, azaz annak felső szintjelzője nem ad tele jelet, tehát a pernyeadagot van hova szállítani
- Az átadótartály kiszellőző szűrő ventilátora és a szűrőtisztító automatika üzemben van
- A nyomótartály előtt a sűrített levegő hálózatban a „ p_l ” nyomás nagyobb, mint az üzembiztos kiszállításhoz a vezérlésben előírt „ p_{lmin} ” érték
- A vezérlő (műszer) levegő hálózatban a „ p_v ” nyomás nagyobb, mint a pneumatikus működtetésű szerelvények üzembiztos működtetéséhez szükséges „ p_{vmin} ” érték
- A közös szállítócsőre dolgozó másik – „L02” jelű – tartály nem szállít, azaz a „P02” jelű pneumatikus pernyekilépő gömbcsap zárva van, annak végállás kapcsolója „zárva” jelet ad.

A fenti feltételek teljesülése esetén a működés az alábbi vezérlési logika szerint zajlik: A nyomótartály pernyével való feltöltésekor először kinyit a „V01” jelű kiszellőző csappantyú, majd a vezérlésben előírt késleltetéssel a „C01” pernyebelépő harangszelep. Megkezdődik a filter tölcserből gravitációs úton lefolyó pernye áram révén a nyomótartály töltése. Amikor a pernyesint a beépített „H01” szintérzékelő szintjét eléri, annak tele jelére a pernyebelépő harangszelep és a kiszellőző csappantyú bezár. Ha a közös szállítócsőre kapcsolt „L02” jelű másik tartály nem szállít, azaz annak „P02” jelű pernyekilépő gömbcsapja zárva van, akkor kinyit a „P01” jelű pernyekilépő gömbcsap, majd ezt követően az „F01” jelű levegő beeresztő csappantyú. A belépő sűrített levegő a tartályban lévő lazítóbetéten keresztül áramlik, a pernyeoszlopot fluidizált állapotba hozza és a tartályba benyúló merülő csövön és a hozzá csatlakozó szállítócsövön keresztül a pernye levegő keveréket az átadótartályba szállítja. A szállítás során a nyomótartály nyomása nő, aztán egy ideig (stacionárius szállítási állapot) közel állandó értékű, majd ahogy a tartályból és a szállítócsőből a pernye kiürült, lecsökken a berendezés üresjárás ellenállásának értékére. A nyomótartály előtti levegővezetékben lévő „M01” jelű nyomáskapcsoló „ p_{lmin} ” nyomása úgy van beállítva, hogy a csökkenő nyomás esetén a névleges üresjárás nyomás fölött valamivel jelet adjon, amelynek hatására a levegő beeresztő csappantyú bezár, ami a szállítási ciklus befejezését jelenti. A ciklus újra kezdődik a kiszellőző csappantyú nyitásával.

Minden egyes nyomótartály-pár mellett telepített helyi működtető táblán

„FUNKCIÓPRÓBA” ill. „AUTOMATA”

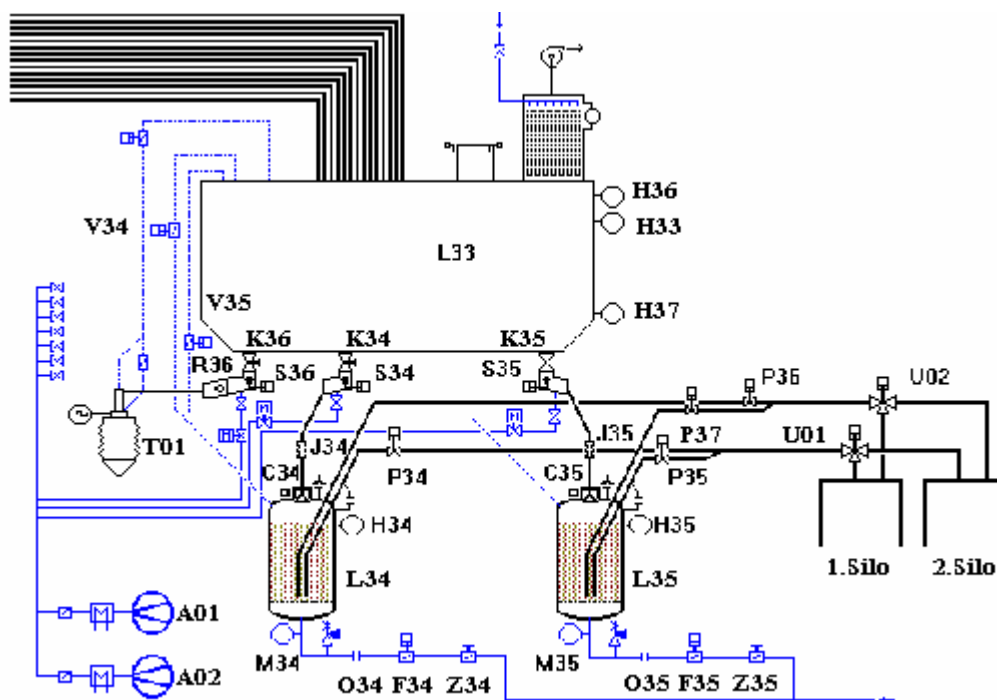
állapotú kulcsos átkapcsoló található. Funkciópróba állásban a szállítótartály pneumatikus működtetésű szerelvényei reteszelés nélkül nyithatók-zárhatóak. Normál üzemben a szállítótartályok kizárólag automatikus üzemmódban működnek. Funkciópróba állapotban ellenőrizhetők a szerelvények illetve elvégezhetők a tartályok és a szállítócső tömörségi próbái.

Ha az átadótartály a szállítás alatt megtelik, vagyis a 10.4. ábrán látható „H33” jelű szintjelző MAX jelet ad, akkor a még éppen futó szállítási szakasz befejeződik és a tartály a vezérlés alap helyzetében megáll és várakozó állásban marad. Az elektrofilter töltés alatt álló tartályainak pernyével való feltöltése még befejeződik, de újabb kiszállítás addig nem indul meg, míg a „H33” MAX jel meg nem szűnik.

A harmadik fokozat nyolc szállítótartályának működése megegyezik az első ill. második fokozatokéval, azzal a különbséggel, hogy ezeknél nincs kiszellőzés illetve kiszellőző csappantyú. Így az előzőekben leírt ciklikus üzem ezen funkciói ill. reteszelései elmaradnak.

A negyedik fokozat nyolc szállítótartályánál további eltérés, hogy 4-4 tartály dolgozik 1-1 közös szállítócsőre, tehát négy tartály közül mindig csak egy szállít. A tartályok között prioritás nincs, azaz mindig a hamarabb megtelő tartály szállítása következik.

10.1.2. Sűrűáramú pneumatikus szállítás az átadótartálytól a pernyetároló silókig. Szárasztöltés az átadótartályból



10.4. ábra. Az átadótartály környezetének kapcsolási vázlatja

A 10.4. ábrán látható vázlatnak megfelelően az „L33” jelű átadótartály egy „H37” jelű MIN, egy „H33” jelű MAX és egy „H36” jelű MAX-MAX szintjelzővel van ellátva. Az átadótartálytól két – „L34” és „L35” jelű – $V_{hasznos}=10\text{m}^3$ térfogatú szállítótartályhoz kapcsolódó két csővezetékben jut a pernye a két silóba. A két szállítótartály és a két párhuzamos pernyevezeték közül az egyik üzemi, a másik tartalék. Az elektrofilter alatti tartályoktól eltérően ezen szállítótartályoknak két merülő csőjük van, amelyekben a „P34”, „P35”, „P36” és „P37” jelű gömbcsapok megfelelő zárásával ill. nyitásával bármely tartály bármely csőre dolgozhat. A gömbcsapok pneumatikus működtetésűek és „NYITVA” ill. „ZÁRVA” végállás kapcsolóval vannak ellátva. Az átadótartály ürítéséhez és a szállítótartályok pernyével való feltöltéséhez szükséges lazítólevegőt az „A01” és „A02” jelű forgódugattyús fúvók szolgáltatják. A fúvók közül az egyik üzemi, a másik tartalék. A fúvók után egy-egy villamos levegő előmelegítő van beépítve, amivel a lazítólevegő legalább 150°C-ra fűthető fel.

Az átadótartály ürítő csomkjaihoz egy-egy „K34” és „K35” jelű kézi tolózár, alatta egy-egy „S34” és „S35” jelű sarokkiömlésű, pneumatikus működtetésű silóürítő szelep, egy-egy „J34” és „J35” jelű kompenzátor, egy-egy „C34” és „C35” jelű pernyebeeresztő szelep, majd az „L34” és „L35” jelű szállítótartály csatlakozik. Az átadótartály környezetének kapcsolási vázlatát a 10.4. ábrán mutatjuk be.

A szállítótartályok kiszellőző levegőjét a kiszellőző csöveken az átadótartály felső légterébe vezetjük. A kiszellőző csövekbe egy-egy „V34” és „V35” jelű pneumatikus működtetésű elzáró csappantyú van beépítve. A szállítótartályok levegőellátó vezetékeibe egy-egy „F34” és „F35” jelű pneumatikus működtetésű levegő beeresztő csappantyú és egy-egy „Z34” és „Z35” jelű kézi pillangószelep van beépítve. A szállítótartályhoz való csatlakozás előtti csőszakaszokba egy-egy „O34” és „O35” jelű szűkítő nyílás (blende) és egy-egy „M34” és „M35” jelű nyomáskapcsoló kerül beépítésre. A tartályok pernyével teletöltött állapotát egy-egy „H34” és „H35” jelű felső anyagszint-mérő műszer jelzi.

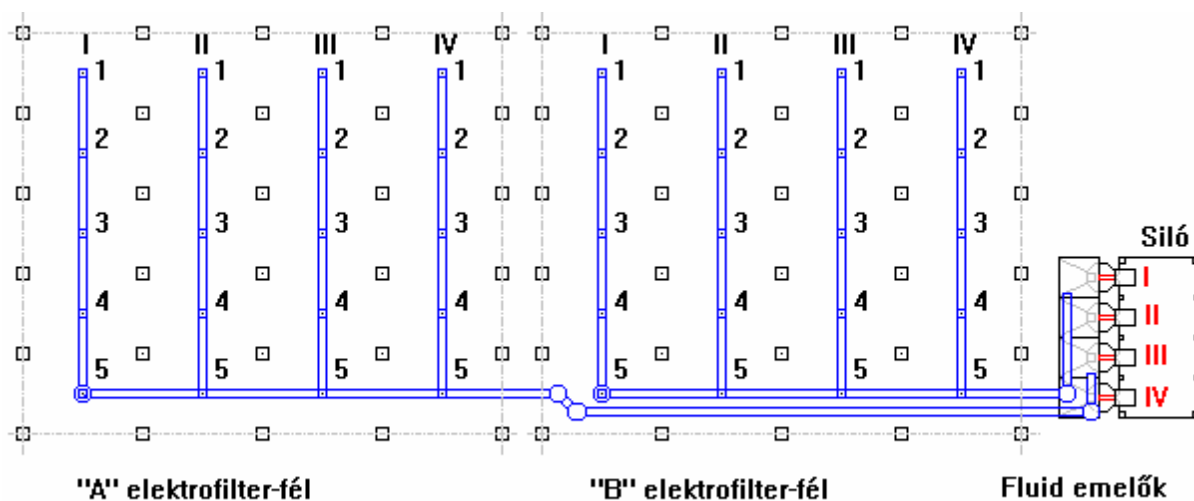
Mindkét távolsági szállítócső mindkét tároló silóhoz csatlakozik. A szállítás útvonalának kiválasztása egy-egy „U01” és „U02” pneumatikus működtetésű csőváltó beállításával történik. A pernyetároló silók tetejére van telepítve két-két kiszellőző szűrő elszívó ventilátorral, valamint egy-egy túlnyomás levezető és levegő beszívó iker csappantyú.

Az átadótartály alatti „T01” jelű töltőcső a tervezési koncepció szerint akkor használandó, ha bármilyen okból a szállítás a pernyetároló silók irányába szünetel, egyébként ez a pneumatikus szállítástól függetlenül is üzembe helyezhető. Az átadótartály „száraz töltés” csonkjához csatlakozik egy „K36” jelű kézi működtetésű portolózár, alatta egy „S36” jelű sarkos kivitelű, pneumatikus működtetésű silóürítő szelep, egy ahhoz csatlakozó „R36” jelű kézi működtetésű rétegszabályozó, ami az ürítés során a kiáramló pernye mennyiségének előzetes beállítására szolgál. A fenti szerelvényekhez csatlakozik a „T01” jelű töltőcső.

A berendezés szállítócsöveiben sűrűáramú, nagy koncentrációjú, nagy keverési arányú pneumatikus szállítási állapot alakul ki. A szállítócsőben a maximális levegősebesség nem lépi ki a tender kiírásban megengedett 15m/s értéket.

10.2. Aerációs csatornás és fluid emelőtartályos erőművi pneumatikus szállítóberendezés

Görögországban az AGHIOS DIMITRIOS hőerőmű V. blokkjának aerációs csatornás és fluid emelőtartályos pneumatikus szállítóberendezése 1996 óta működik. A 10.5. ábrában bemutatjuk a fenti berendezés elvi elrendezési vázlatát.



10.5. ábra. Aerációs csatornás és fluid emelőtartályos pernyeszállító berendezés elrendezési vázlata

A blokkhoz két elektrofilter tartozik. Az ötfokozatú elektrofilter 20 tölcséréből kilépő 150t/h pernyemennyiséget 4 kereszt- és 1 gyűjtőcsatorna szállítja egy két-tölcséres közbenső bunkerbe, majd az ezekből alul kifolyó pernyét 2 fluidizációs emelőtartály (1 üzemi, 1 tartalék) juttatja az 1650m³-es vasbeton szerkezetű, tároló silóba. Az egész pneumatikus szállítóberendezés folyamatos üzemben működik.

Az aerációs csatornákat működéséhez szükséges levegőt nagynyomású centrifugál-ventilátorok szolgáltatják. Az egyenletes levegőellátás érdekében mind a keresztcsatornáknál, mind pedig a gyűjtőcsatornáknál több levegő bevezetési helyet alakítottak ki. A csatornák porterének magassága lépcsősen változik, hogy a gyűjtőtérben az axiális levegősebesség sehol ne növekedjék meg olyan mértékben, ami már a finom pernyeszemcsék pneumatikus szállításához vezetne, ami egyúttal a porelszívó rendszer túlterhelését is eredményezné.

A csatorna és a ventilátor stabil munkapontja minden külső beavatkozás nélkül, automatikusan igazodik a kazán terhelési állapotához. Rossz minőségű szén tüzelésekor, amikor nagyobb a szén meddőtartalma, továbbá nagyobb kazán terheléskor több pernye keletkezik, így a csatorna ellenállásának megnövekedése során a munkaponthoz tartozó levegő térfogatárama lecsökken, ám a jó méretezés következtében a lazítósebesség még ilyenkor is a pernye minimális fluidizációs sebessége fölé esik és így nem okoz üzemzavart.

10.3. Pneumatikus szállítóberendezések cirkulációs tüzelésű fluid kazánokhoz

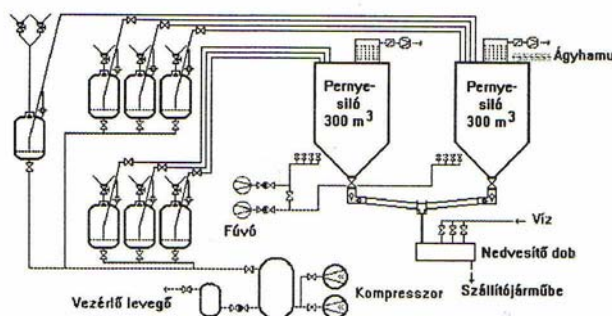
A következőkben néhány olyan berendezést kívánunk bemutatni, amelyeket cirkulációs tüzelésű fluid kazánoknál használnak. Ez azért tarthat érdeklődésre számot, mert a kazánokban keletkező szilárd anyag sűrűáramú pneumatikus szállításánál a korábban ismertetett ún. megkerülő vezetékes szabályozás igen fontos és jelentős szerepet nyert.

A hagyományos szénportüzelésű, valamint a fluid tüzelésű kazánokban keletkező szilárd égéstermékek egymástól jelentős eltérést mutatnak. A cirkulációs tüzelésű fluid kazánokban három fajta szilárd égéstermék keletkezik. A fluid ágyban az ún. „ágyhamu”, a kazán második/harmadik huzamában durva pernye, míg a kazán után az elektrosztatikus leválasztóban vagy zsákos szűrőknél pedig finom pernye keletkezik. A fluid ágyban keletkező ágyhamut a kazán terhelésétől illetve a szabályozástól függő rendszertelen időközökben ürítik ki magas hőmérsékleten egy hűtő közbeiktatásával. Jellemző az ágyhamu durva, 1.5mm-nél nagyobb szemcsemérete és az inert ágyból adódó viszonylag magas homok tartalom. Ennek megfelelően térfogatsúlya jelentősen meghaladja a normál szénportüzelésnél keletkező salakét. A leválasztókban jelentkező pernyénél az eltérést az okozza, hogy míg a hagyományos kazán egy meghatározott tüzelőanyag tüzelésére alkalmas, addig a fluid kazán a különböző anyagok eltüzelését teszi lehetővé. Ugyanabban a kazánban tüzelhető barna, vagy fekete szén, fakéreg, széniszap, lúgok stb. Az egyik tüzelőanyagról a másikra a kazán leállása nélkül, üzem közben tudnak átállni. Ez természetesen minden átállásnál nem csak mennyiségi változást jelent, hanem változik a szemcse szerkezete, térfogatsúlya, összetétele, azaz változnak az anyag fizikai és kémiai anyagjellemzői. Ez a szállítóberendezéssel szemben azt a követelményt támasztja, hogy a változást a szállítóberendezés folyamatosan, leállás és üzemzavar nélkül követni tudja. Ezt a követelményt a korábban ismertetett megkerülő vezetékes szabályozási rendszerrel lehet kiválóan kielégíteni.

A fent elmondottakat két berendezés rövid ismertetésével kívánjuk a teljesség igénye nélkül illusztrálni.

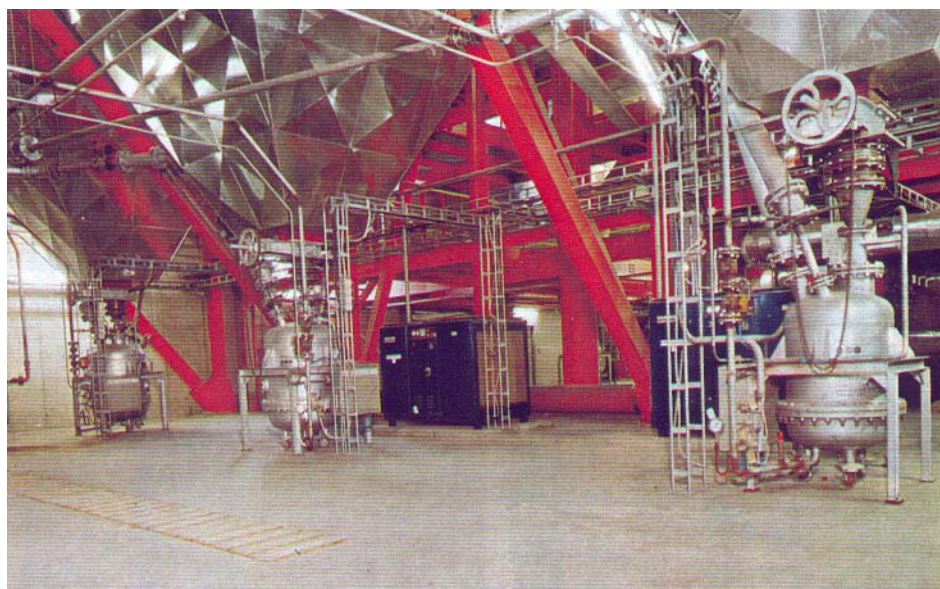
10.3.1. A LEYKAM-GRATKORN-i pernyeszállító berendezés

A cirkulációs fluid tüzelésű kazán gőztermelése 130bar nyomású, 520°C hőmérsékletű, 165t/h tömegáramú friss gőz. A tüzelőanyag lehet barnaszén, olaj, fakéreg és papírgyári iszap. Pernyehulló helyek: a kazán alatt két tápvíz előmelegítő (ECO, Economizer) tölcser, az elektrofilter alatt hat filter tölcser. A berendezés kapcsolási vázlata a 10.6. ábrán látható.



10.6. ábra. A Leykam-Gratkorn-i pernyeszállító berendezés kapcsolási vázlata

Az ábrából látható, hogy minden pernyehulló hely alatt külön nyomótartály van. A tölcserék alatti berendezés pernyetolózárral iktatható ki javítás, szerelés esetén. A tolózár alá pneumatikus működtetésű harangszelep van beépítve, amely a tartály anyaggal való feltöltésekor a „tartály tele” szintjelzésnél zár be, ezzel a túltöltést megakadályozva. A filter tölcserék közül az 1. és 2. fokozat alatt 0.5m³-es, a 3. fokozatnál 0.25m³-es, az ECO tölcserék alatt pedig ejtőcső közbeiktatásával 0.5m³ térfogatú nyomótartály van. Az első fokozat alatti 0.5m³-es tartály óránként 12-szer szállít, míg a 2. fokozat alatti óránként 2-3 alkalommal. A 3. fokozat alól 3-4 óránként van egy szállítás. A nyomótartályok kiszellőzése a filterbe van visszakötve. A sűrített levegőt a filter alatt elhelyezett 2 kompresszor (1 üzemi, 1 tartalék) állítja elő (lásd a 10.7. ábrán bemutatott fényképet).



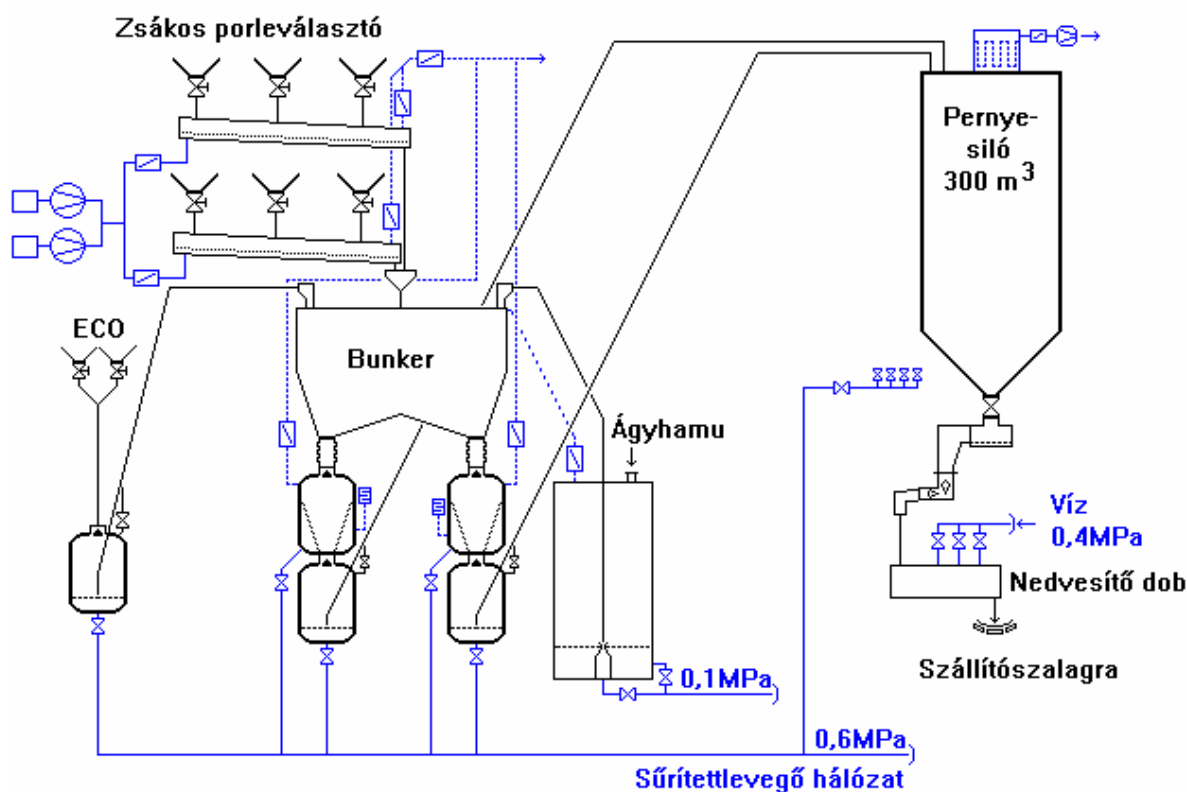
10.7. ábra. Pernye nyomótartályok az elektrofilter alatt (Leykam)

A nyomótartályok külön-külön önálló szállítóvezetékben szállítanak a két 300m³-es pernyesilóba. A kazán fluid ágyából kikerülő ágyhamut a serleges elevátorral sorba kapcsolt szállítócsiga juttatja a silóba. A silók ürítéséhez Ø900-as pernyenedvesítő dob van beépítve. A

beporlasztott vízzel való keveredés után a földnedves állapotba került pernyét gépkocsival szállítják el. A silótól a nedvesítő dobig motoros pernyetolózárr, rétegszabályozó és aerációs szállítócsatorna van kiépítve. A silóban lévő pernye lazítása is lazítócsatornákkal (felső portér nélküli aerációs csatornákkal) történik. A lazít- és szállítócsatornát a filter alatt elhelyezett forgódugattyús fúvó (1 üzemi, 1 tartalék) látja el levegővel. A nyomótartályok szállítólevegőjét a silótetőn elhelyezett sűrített levegős visszatisztítású (jet-rendszerű) zsákos porszűrőn keresztül ventilátor szívja el ill. nyomja a szabadba.

10.3.2. A LENZING-i pernye- és ágyhamu szállítóberendezés

A cirkulációs fluid tüzelésű kazán gőztermelése 97bar nyomású, 500°C hőmérsékletű, 120t/h tömegáramú friss gőz. A tüzelőanyag lehet barnaszén, feketeszén, olaj, fakéreg és iszap. A kazán alatt két ECO tölsér, a kazán tetején elhelyezett zsákos szűrő alatt pedig hat tölsér képezi a pernyehulló helyeket. A tüztérből kikerülő ágyhamu finom frakciójának az elszállítása szintén a berendezés részét képezi. A tenderben kiírt adatok szerint a pernyét a kb. 100m-re lévő silóba kellett szállítani. A tárgyalások során alternatívaként felmerült a közel 900m-es szállítási távolságú nyomótartályos szállítás is, mint végleges megoldás. Így alakult ki a folyamatos üzemű, zsiliptartályos sűrűáramú pneumatikus szállítóberendezés.

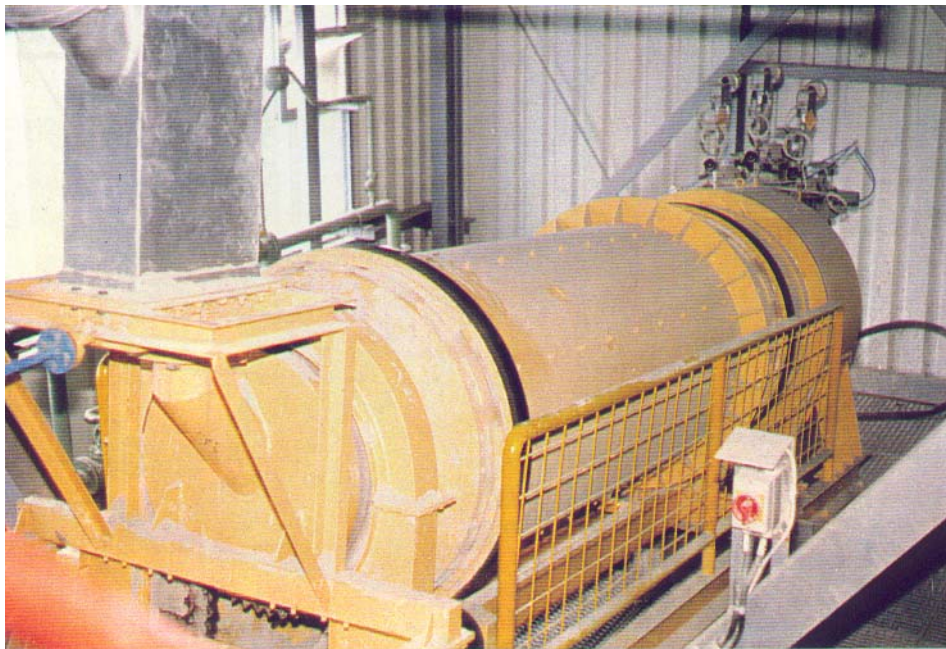


10.8. ábra. Pernye- és ágyhamu szállítás kapcsolási vázlata (Lenzing)

A berendezés kapcsolási vázlata a 10.8. ábrán látható. Az ECO alól pernyetolózáron keresztül jut a pernye a 0.5m³ hasznos térfogatú nyomótartályba. A nyomótartály a középállomáson lévő pernyetároló silóba szállít. A zsákos szűrő alól két aerációs szállítócsatorna gyűjti össze a pernyét, a két csatorna találkozásánál lévő kis bunkerből pedig ejtőcsövön hull a filter pernye a középállomáson lévő lemezbunkerbe. Ez utóbbi lazítóbetétekkel van felszerelve. Alatta kapott helyet a folyamatos üzemre alkalmas sűrűáramú nyomótartályos pernyeszállító

berendezés, amely két egymás fölé telepített tartályból áll. A felső „ZS” jelű tartály alsó kiömlésű zsiliptartály, melynek belső, kúpos lazítóbetétje a pernye gyors lefolyásáról gondoskodik. Az alsó „SZ” jelű szállítótartályból a pernye közvetlenül a távolsági szállítóvezetékbe jut. A szállítóvezeték hosszmeretei: $L_{\text{vízsz.}} \cong 896\text{m}$, $L_{\text{függ.}} = 45.4\text{m}$. Ezen a hosszú vezetéken keresztül kerül a pernye a pernyetároló téren álló 300m^3 -es acélsilóba. A szállítóvezetékkel párhuzamosan egy kísérő vezeték is létesült, 8 levegő befűvási hellyel a cső hossza mentén. Az egyes levegő bevezetéshez kiépített csatlakozásoknál mágnes szelepek vannak beszerelve. A szállítási nyomásnak egy határérték fölé emelkedése esetén az egyes mágnes szelepek sorban egymás után – mégpedig az áramlási iránnyal ellentétesen, tehát a cső vége felől – nyitnak. Az egyes szelepek addig vannak nyitva, míg a szelepnél a normál szállítási nyomás létrejön. Ez az érték zárja a szelepet és egyben nyitja a soron következőt. A fenti folyamat mind a 8 levegő befűvási helyen ismétlődik. Meg kell jegyeznünk, hogy ezen segédlevegő rendszer kiépítése a viszonylag hosszú szállítóvezeték üzembiztos működése érdekében történt, de használatára a szállítóvezeték jó méretezése és a jól beállított megkerülő vezetékes szabályozás miatt az üzemi tapasztalatok szerint évek óta nem volt szükség. A nyomótartályokat a központi kompresszorállomásról látják el levegővel. A hálózat max. 6bar nyomású, ehhez alkalmazkodva kellett meghatározni a szállítócső méreteit.

A kazán fluid ágyából hűtőcsigán keresztül jut az ágyhamu a serleges elevátorba, ami egy szitára adja fel az anyagot. A szitáról két helyre jut az anyag: a 2mm alatti szemcsék fluidizációs emelőtartályba hullanak, míg az ennél nagyobb darabok konténerbe kerülnek. Az emelőtartály is a középállomáson lévő lemezbunkerbe szállítja az ágyhamut. Az aerációs csatornák, a nyomótartályok és a lemezbunker kiszellőzése a kazánhoz tartozó zsákos szűrő elé van bekötve. A zsiliptartályból a lazító filc alatti, tehát tiszta levegő oldalon lévő sűrített levegőt hangtompítón keresztül a szabadba engedik.



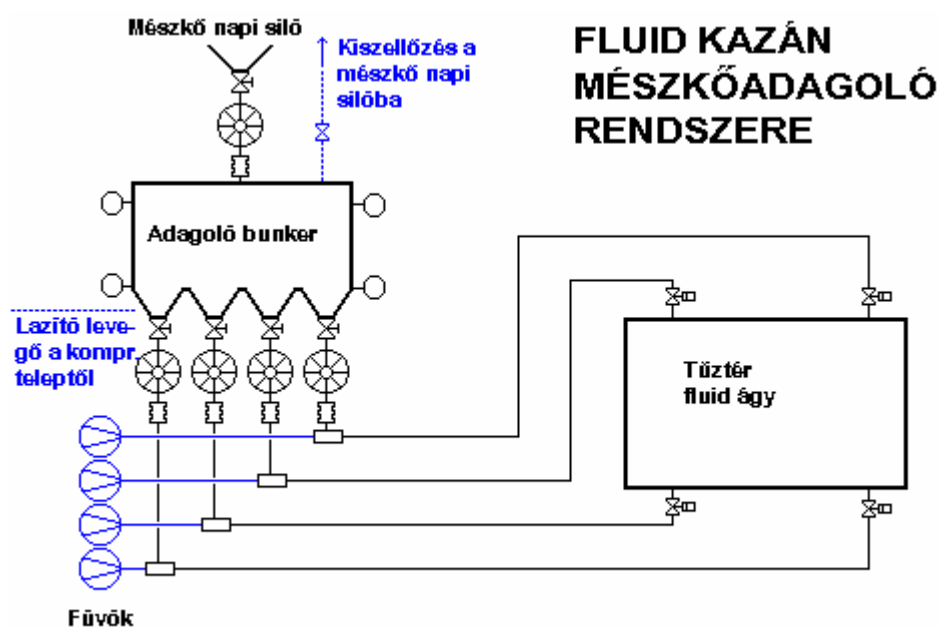
10.9. Nedvesítő dob a pernyesiló alatt (Lenzing)

A pernyehányón lévő 300m^3 -es pernyesiló leürítése az előző fejezettrészben ismertettekhez hasonlóan Ø900-as pernyenedvesítő dobbal történik. A nedvesítő dob alól egy rövid szállítószalag viszi el a földnedves pernyét, amit a meddőhányón elterítenek. Itt érdemes megemlíteni, hogy a meddőhányó egész területén a földterület fóliával van borítva és

csatornázva van, azzal a céllal, hogy a talajba ne juthasson olyan csapadék vagy egyéb nedvesség, ami a pernyével érkezett. A 10.9. ábrán a nedvesítő dob beépítési helyén készült fénykép látható.

10.3.3. Fluid kazán mészkőadagoló rendszere

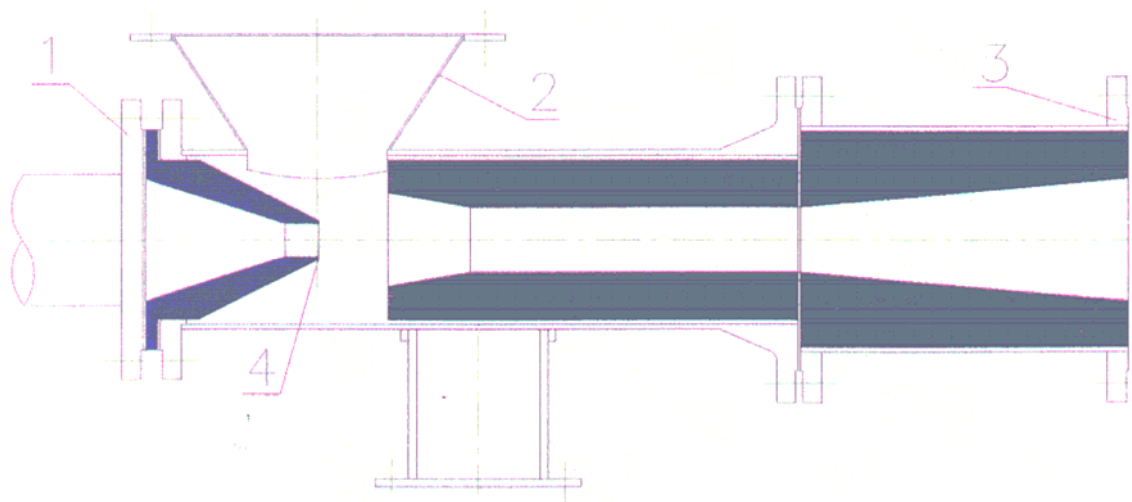
A környezetvédelmi előírások egyre szigorodó követelményeinek következtében az erőművek füstgáz kibocsátását a kén-dioxid tartalom előírt határérték alatt tartására kényszerítik. Az ehhez kialakított műszaki megoldást cirkulációs tüzelésű fluid kazán esetében a 10.10. ábra mutatja.



10.10. ábra. Fluid kazán mészkőadagoló rendszere

Az ábrán hígáramú pneumatikus szállítóberendezés látható, melynek segítségével a fluid kazán tüztérébe, a fluid ágy fölé mészkőlisztet adagolandó. A mészkőlisztet a napi silóból a kézi tolózárt, forgócellás adagolót és kompenzátorral tartalmazó ejtőcsövön keresztül tölthető az adagoló bunkerba. A füstgázzal elkeveredő mészkőlisztet kémiai reakciójához a kéményben kilépő kén-dioxid koncentráció mért értékéhez igazodó, így folyamatosan változtatható szilárdanyag (mészkőliszt) tömegáram kialakításáról kell gondoskodni. A szabályozható adagolásról az adagoló bunker tölcseire alatt beépített, változtatható fordulatszámmal működtethető forgócellás adagolók gondoskodnak. A megbízható szabályozás érdekében az adagoló tölcseinek lazításával gondoskodnak a mészkőliszt egyenletes hozzáfolyásáról. A hígáramú pneumatikus szállítóberendezés túlnyomás alatti szállítóvezetékébe a beépített ejektor segít a mészkőlisztet bejuttatni. A szállító levegőt forgódugattyús fűvők szolgáltatják. A fűvők nyomásonként kiáramló meleg levegő miatt a forgócellás adagolók és ejektorok közötti ejtőcsövek a hőtágulásból származó méretváltozások felvételére alkalmas kompenzátorokat tartalmaznak. A szállítócsövek végén a tüztér becsatlakozások közelében pneumatikus működtetésű gömbcsapok zárásával megakadályozható a túlnyomás alatti tüztérből a visszaáramlás abban az esetben, amikor nem működik a pneumatikus szállítóberendezés.

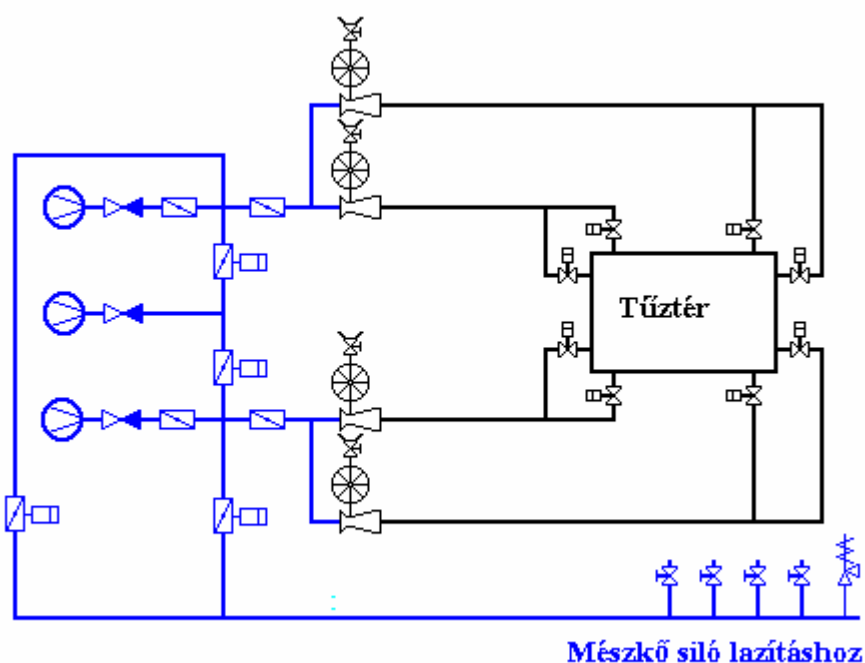
A szállítócső elején beépített ejektor vázlatát a 10.11. ábrán mutatjuk be.



10.11. ábra. Pneumatikus ejektor vázlata

A 10.11. ábrán látható ejektor „1” jelű helyén lép be a primer levegő, a „2” helyen a mészkőliszt – levegő keverék. A „4” jelű fűvókán nagy sebességgel áramlik át a levegő, aminek következtében a keverőtérbe a hozzáfolyás egyenletes. A nagy sebességek miatt a kopás csökkentése céljából a veszélyeztetett elemek jó kopás állóságú, ún. „cirkozit” bélést tartalmaznak.

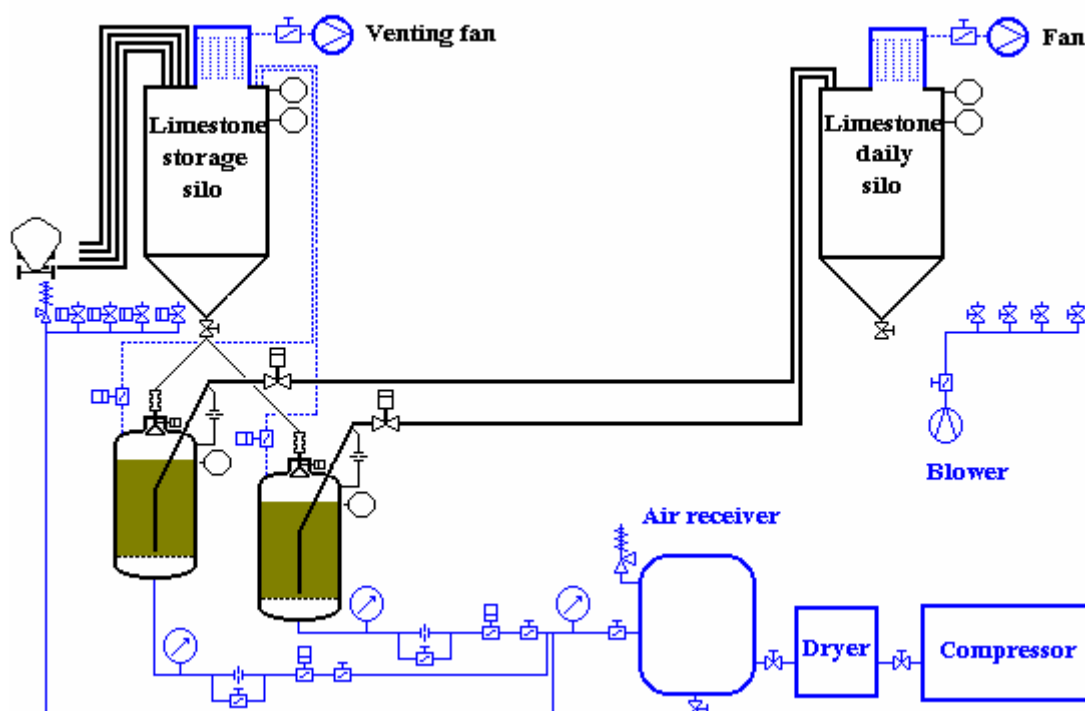
Természetesen a mészkő adagoló rendszer kialakításakor a tervezés fázisában választható olyan megoldás is, ahol a beépítendő forgódugattyús fűvókák száma azonos végeredményhez a 10.12. ábra szerinti kapcsolásban csupán három (2 üzemi, 1 tartalék).



10.12. ábra. Fluid kazán mészkőadagoló rendszere

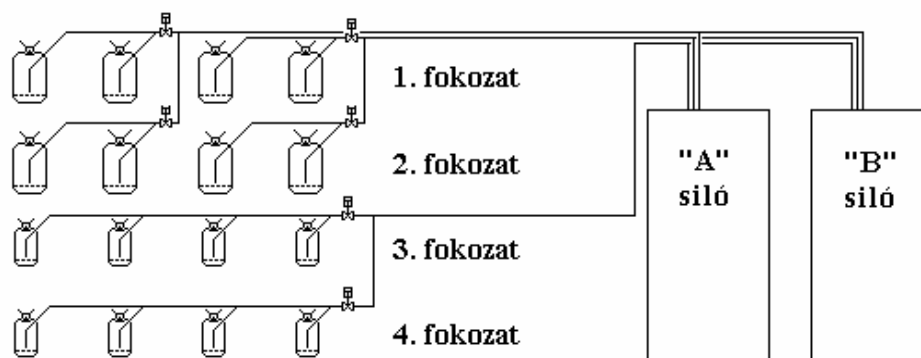
A 10.12. ábrán látható rendszer előnye az is, hogy a mészkő siló lazításához szükséges levegő is a forgódugattyús fűvóktól származik.

Amennyiben a komplett mészkőliszt rendszert is látni szeretnénk, a 10.13. ábrán bemutatjuk, hogy vasúti mészkőliszt beszállítás, vagon lefejtés és nyomótartályos sűrűáramú mészkőliszt szállítás kialakításával a napi mészkőliszt siló töltése hogyan valósítható meg.



10.13. Mészkőliszt pneumatikus szállítóberendezés

10.4. Párhuzamosan kapcsolt nyomótartályok



SURALAYA. 3. blokk. Elektrofíler

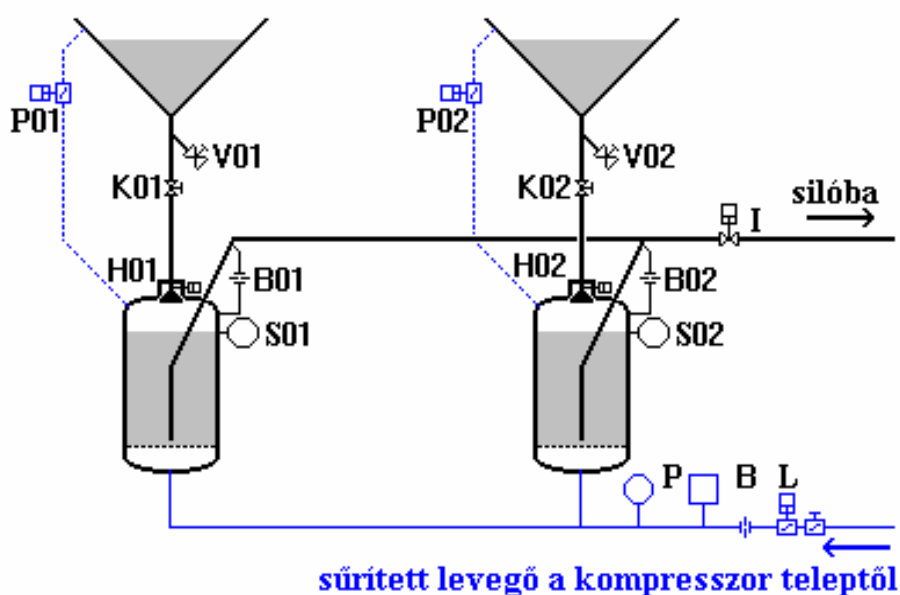
10.14. ábra. Elektrofíler alatt telepített nyomótartályos szállítóberendezés

A kísérletek eredményeinek figyelembevételével megvalósult alkalmazási példaként a 10.14. ábrán bemutatunk egy – Indonéziában, Jáva szigetén, Suralayában 2002-ben üzembe helyezett – erőművi pernyeszállító berendezést, ahol az erőmű 3. és 4. blokkjának négyfokozatú elektrofílerai alatt blokkonként 16 nyomótartály van elhelyezve. Az 1.2m³-es nyomótartályok az első és második fokozatban párosával kapcsolódnak a szállítóvezetékhez, míg a harmadik és negyedik fokozatban 4-4 db 200 literes tartály dolgozik egyszerre párhuzamos kapcsolásban. A 4. bloktól a silókig a szállítóvezetékek legnagyobb szállítási

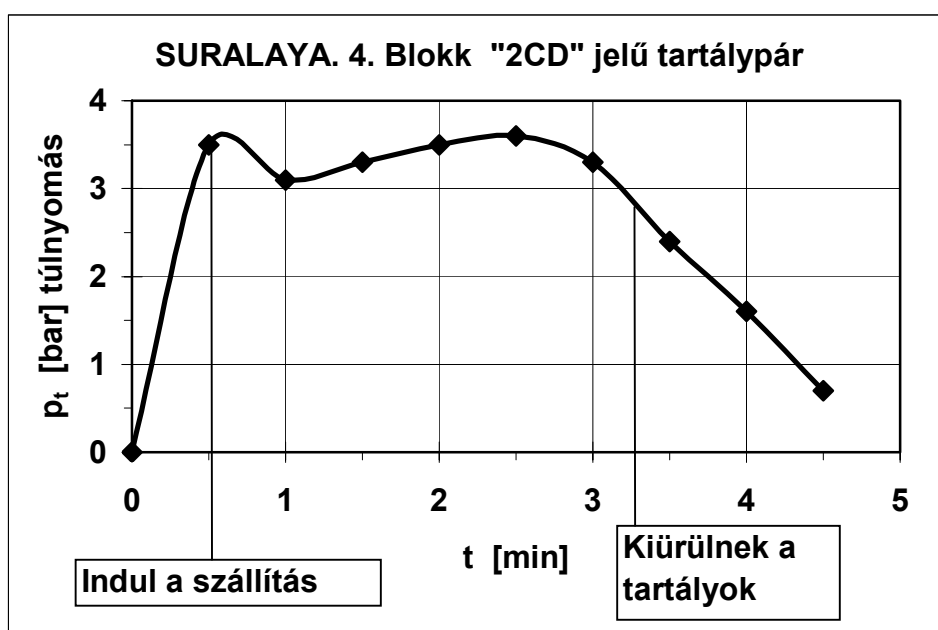
távolsága 550m, míg az egyenként 2500m³-es beton silók tetőszintje 42m magas. A szállítócsövekben a silótetőn minden ágban pneumatikus működtetésű kétfelé váltó szerelvény szolgál a töltendő tároló hely, illetve a szállítási útvonal kiválasztására.

Egy nyomótartály-pár részletes beépítési környezete és műszerezése a 10.15. ábrán látható.

Alaphelyzetben a filter tölcserék alatt beépített tartályok a „H01” és „H02” jelű harangszelepek nyitott helyzetében folyamatosan telnek a filter tölcserékből az ejtőcsöveken át lehulló pernyével. Töltés közben a kiszellőző vezetékekbe épített „P01” és „P02” jelű pneumatikus működtetésű pillangószelepek nyitott helyzetben vannak. A kiszellőző vezetékek a filter tölcserék felső részéhez csatlakoznak, azaz a bekötési helyek a mindenkor pernyeréteg felső szintjei felett vannak.



10.15. ábra. Nyomótartály-pár beépítése, kapcsolása és műszerezése



10.16. ábra. Nyomás változása az idő függvényében

Az „S01” illetve „S02” jelű szintkapcsoló tele jelére a „H01” és „H02” jelű harangszelepek és a „P01” és „P02” jelű pillangószelepek bezárnak. Mindkét harangszelep zárt végálláskapcsoló jelének beérkezése után az „L” jelű pneumatikus működtetésű pillangószelep nyitásával kezdődik a tartályok nyomásra hozása. Ebben az időszakban a nyomótartály lazítórétegén átáramló levegő fluidizálja a szállítandó pernye adagot. A szállítás az „I” jelű indítószelep nyitásával kezdődik és a szállítás végén a „P” jelű nyomáskapcsoló üresjárási nyomásának elérésekor fejeződik be. Az üzembe helyezés során felvett nyomáslefutási görbét a 10.16. ábra mutatja. A p_t tartálynyomás értékeit szállítás közben félpercenként a közös levegőágban beépített manométerről olvastuk le. A szállítólevegő mennyiségének beállítására a „B” jelű szűkítő nyílást használtuk (lásd a 10.15. ábrán)

Az üzembe helyezés során szerzett tapasztalatok alapján megállapítható, hogy az elektrofilter azonos fokozatában lévő tölcsek alatt telepített, *párhuzamosan kapcsolt nyomótartályok üzemzavar nélkül működtethetők*. Normál üzemben a tartályok töltési foka közelítőleg azonos. A tapasztalatok azt mutatták, hogy ha valamelyik elektrofilter-szektor villamos oldalról kiesik, a tartályok jelentősen eltérő töltési fokkal működnek, ami energetikai szempontból a kísérletek tapasztalatai alapján is kedvezőtlen [105].

10.5. Pneumatikus szállítórendszerek számítógépes folyamatirányítása

A pneumatikus szállítórendszerek működtetése során a szállítási, tárolási folyamatot automatikusan kell irányítani. Az automatikus folyamatirányítás azt jelenti, hogy meg kell figyelni a folyamat jellemző paramétereinek értékét, számba kell venni egyéb külső és belső körülményt és ezen információkat valamilyen algoritmus szerint feldolgozva kell beavatkozni a folyamatba. Az ilyen feladatot egyre gyakrabban ún. szabadon programozható folyamatirányító számítógéppel oldják meg.

A szabadon programozható vezérléseket az angol nyelvű szakirodalomban programozható logikai vezérlésnek (PLC=programmable logic control) nevezik. Működési elvét tekintve megkülönböztetünk lépésenként és ciklikusan működő programozható vezérlőket. A lépésenként működő vezérlőknél a rendszer mindaddig vár, amíg a programozott bemeneti állapot nem teljesül. Csak ezután tér át a következő lépésre és aktiválja a megkívánt kimeneteket. A ciklikus működésű vezérlőknél ezzel szemben valamennyi bemeneti állapotot milliszekundumos ciklusidővel állandóan lekérdezik, és amennyiben új bemeneti parancs nem érkezik, a kívánt kimeneti állapot azonnal előáll. A program realizálásához (gépi futtatásához) szükséges parancsokat a parancsbeviteli eszközökön keresztül adjuk be. Ezek a parancsok lehetnek pl. logikai feladatok megadásai, a bemeneti állapotok lekérdezései, kimenetek, időzítők vagy számlálók állapotainak beállításai. A központi egység (CPU=Central Processing Unit) egy olyan programot tartalmaz, amely feldolgozza ezeket a parancsokat, és vezérli a ki- ill. bemeneti egységeket. A ki- és bemeneti egységek a programból állítható kétállapotú kapcsolókat, ill. beolvasható kétállapotú jeleket tartalmaznak. A bemeneti egységekre kapcsolt és a külső, irányított berendezésből származó kétállapotú jeleken keresztül kerül a számítógép közvetlen kapcsolatba az irányított berendezéssel. A bemeneti egységekről beolvasott kétállapotú jelek szolgálnak a számítógép program számára a logikai döntések alapjául. A program a kimeneti egységek kétállapotú kapcsolóinak működtetésével és a kimenő analóg jelekkel tudja befolyásolni az irányított berendezést (pl. kompresszorok ki-bekapcsolása, végrehajtó szervek működtetése stb.). A bemenő jelek egy másik csoportja (analóg jelek) műszeres mérés eredménye. Ilyenek az irányított berendezésben fellépő erők,

nyomások, elmozdulások, és egyéb fizikai jellemzők. Ezeket a jellemzőket olyan mérőműszerekkel mérjük, amelyek a mért mennyiséggel arányos villamos jelet (pl. áramerősséget) szolgáltatnak, majd ezt egy ún. analóg-digitál átalakító segítségével a bemeneti egységeken beolvasható szabványos kódolt számmá alakítjuk. A méréseket több mérőműszerrel egymás után is elvégezhetjük és az eredményeket sorba állítva olvassuk be. Így ún. többcsatornás mérést is megvalósíthatunk. Ezeket a mért értékeket a kétállapotú jelekhez hasonlóan felhasználjuk a programban a folyamat irányításához.

Mint azt a fent leírtakból is láthatjuk a szabadon programozható irányító számítógép segítségével szinte tetszőleges vezérlési és szabályozási feladatot meg lehet oldani, hiszen csak

1. a folyamatot meghatározó jeleket kell a bemeneti egységekre kapcsolni
2. egy az irányítás logikai összefüggéseit leíró programot kell a számítógépbe beírni, amely nem más, mint a bemeneti- és a kimeneti jelek közötti logikai kapcsolatrendszer leírása
3. a kimeneti jelekkel a folyamat megfelelő beavatkozási pontjain kell kapcsolásokat végrehajtani

A fentiekből már természetesen következik, hogy ugyanaz az irányító számítógép a program megváltoztatásával egymástól teljesen eltérő folyamatok irányítására egyaránt alkalmas, vagyis a be- és kimenetek közötti logikai kapcsolat egyszerűen módosítható.

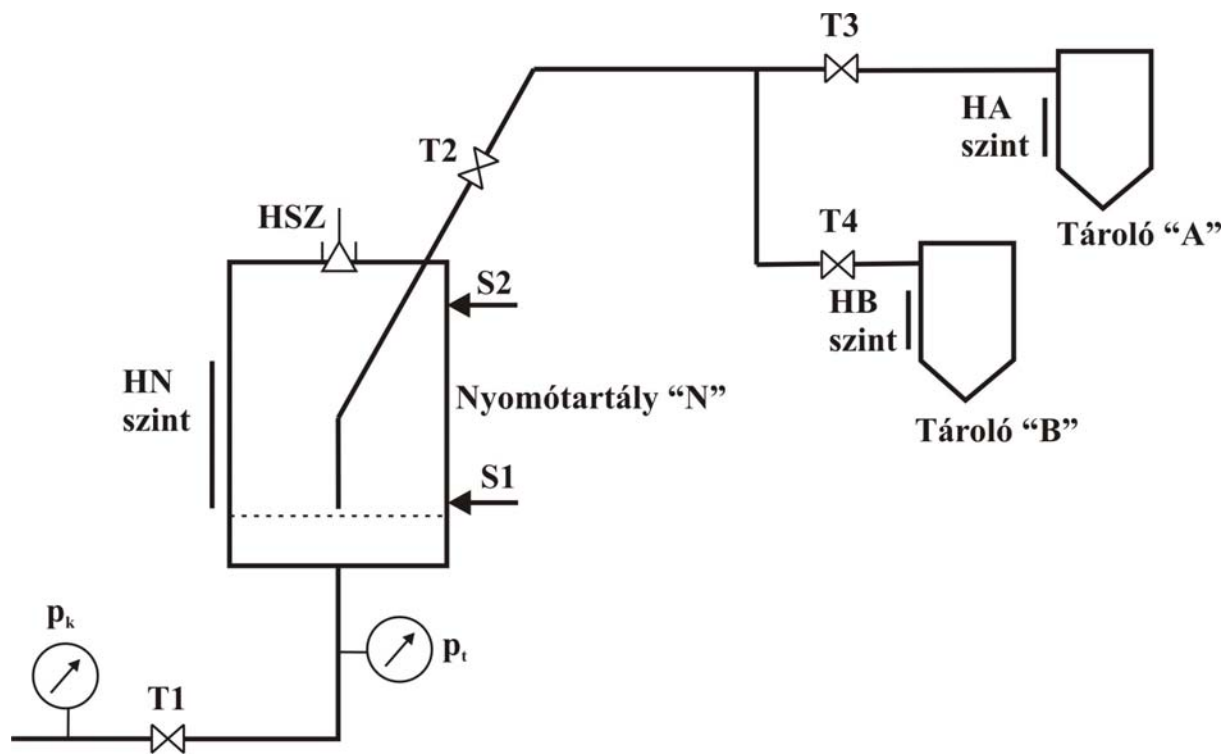
Egy komplett pneumatikus szállítórendszer programozható vezérlő automatika központi egysége a rendszer folyamatábrájának feltüntetésével egy központi vezénylő helyiségben telepítendő. Innen a rendszer automatikus vagy kézi vezérlési üzemmódban egyaránt működtethető. A vezénylőben az üzemellenőrzéshez szükséges valamennyi ellenőrző műszer is rendelkezésre áll. A folyamatirányításhoz elkészítendő program az üzemzavart eredményező beavatkozást még kézi vezérlési üzemmódban is kizárja a beépített villamos reteszelés révén. Például a pneumatikus szállítóberendezés nyomás alatti üzemállapotban lévő nyomótartályának harangszelepe, kiszellőző szelepe még kézi üzemben sem nyitható ki az üzemzavart és környezetszennyezést eredményező kiporzás elkerülése céljából. A technológiailag jelentős rendszerelemek működtetése a helyszínen telepítendő vezérlő alegységek segítségével is lehetséges a próbauzemi követelmények, a szerelési ellenőrzések és esetleges üzemzavar elhárítások célszerű végrehajtása érdekében.

10.5.1. Programozási mintapélda. Nyomótartályos szállítás

A 10.17. ábrán látható felső ürítésű nyomótartályból az „A” ill. „B” jelű tárolótartályba szállítandó az ömlesztett anyag. A szállítás egyidejűleg csak egy tartályba lehetséges. Az „N” jelű nyomótartály anyaggal történő feltöltését a „HN” jelű folyamatos szintjelző szonda és a fix beépítésű „S1” ill. „S2” jelű szintjelző vezérli. A szállítás indításához az alábbi feltételeknek kell teljesülni:

- a. legyen elegendő elszállítandó anyag a nyomótartályban, azaz az „S1” szintjelző tele jele mellett a „HN” jelű szonda legalább 80%-os töltést mutasson
- b. a nyomótartály nyomásra hozható legyen, azaz az anyag betöltése után a „HSZ” jelű harangszelep zárt legyen. A valóságban ez a zárt harangszelep álláshoz tartozó végállás kapcsoló jel érzékelésekor teljesül

- c. legyen hova szállítani az anyagot, azaz a kiválasztott tárolótartályban a „HA” ill. „HB” jelű szintjelző jele megadott értéknél (a mintapéldában 1m) kisebb szintet mutasson
- d. legyen szabad a szállítási útvonal, azaz a „T2” és „T3”, vagy a „T2” és „T4” szerelvényeknek nyitott állásban kell lenni
- e. a szállításhoz elegendően nagy nyomás álljon rendelkezésre, azaz a mintapéldában $p_k > 8\text{bar}$



10.17. ábra. Nyomótartályos szállítóberendezés kapcsolási vázlata

Az a. – e. feltételek egyidejű teljesülése esetén a „T1” levegő beeresztő szelep kinyitható.

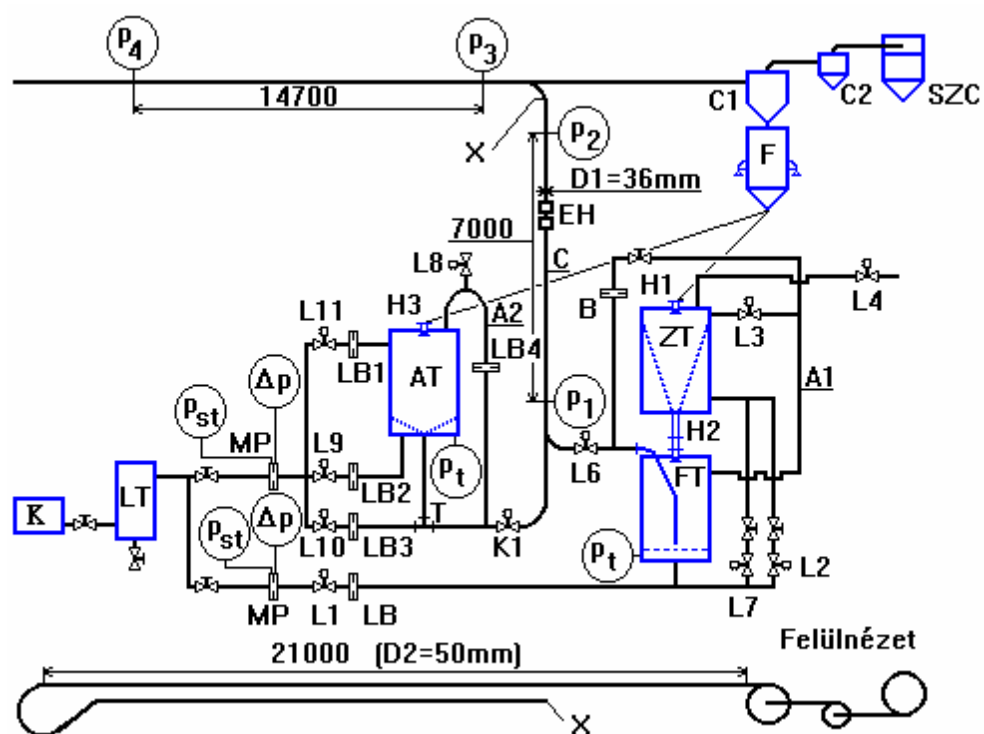
Fentiekkel az indítást vezérlő egyenlet:

$$I = S1 \text{ and } HN > 0.8 \text{ and not } HSZ \text{ and } T2 \text{ and } ((ha < 1 \text{ and } T4) \text{ or } HB < 1 \text{ and } T3) \text{ and } p_k > 8 \text{ and } T1$$

Összetettebb rendszerek vezérlési feladatainak megoldásakor a szakirodalomban [106], [107] megtalálható programozási nyelvek és áramút tervek használata célravezető.

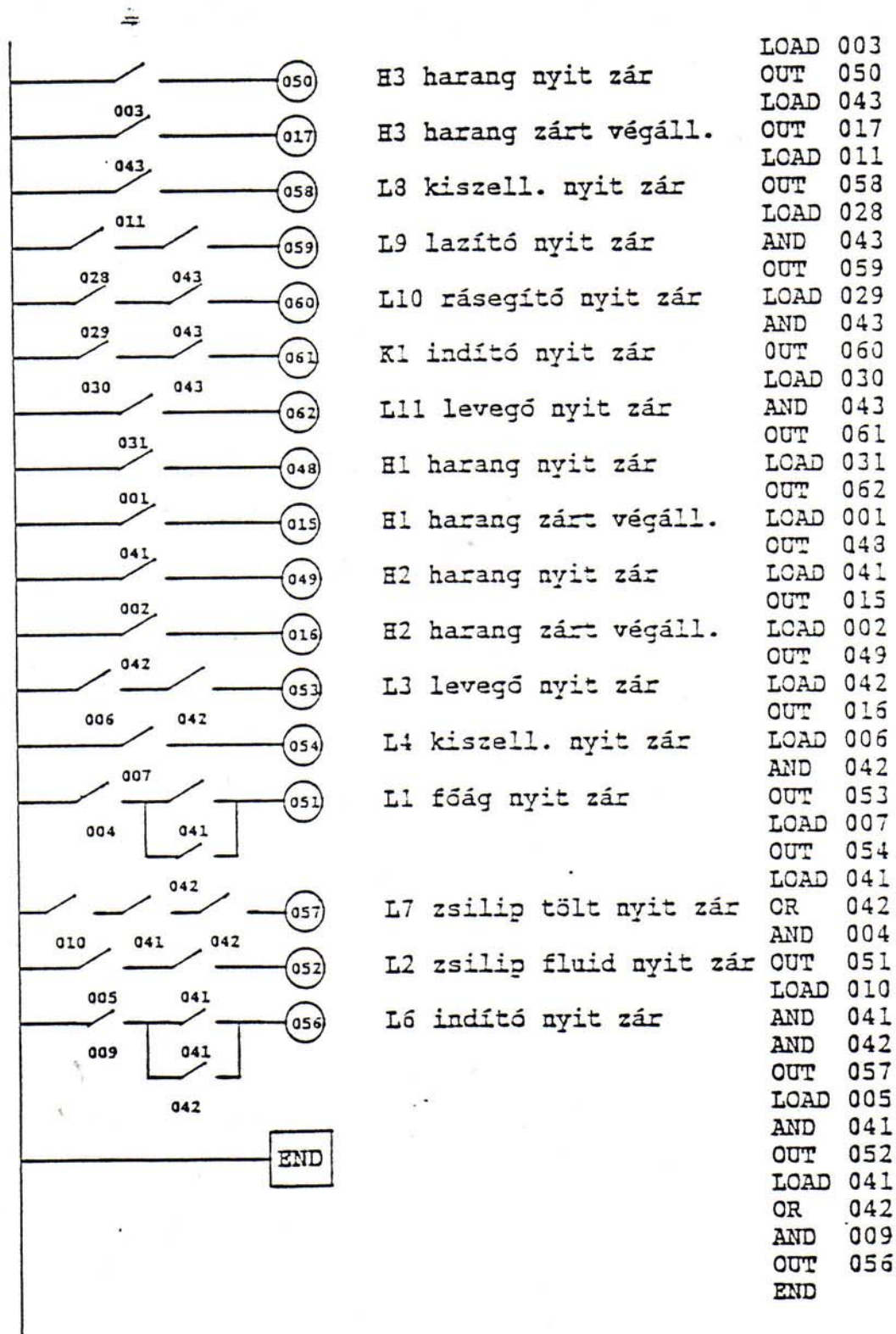
Fentiek illusztrálásaként a 10.18 ábrán bemutatjuk a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidrodinamikai Rendszerek (korábban Vízgépek) Tanszéke Laboratóriumában telepített félüzemi méretű alsó- és felső ürítésű nyomótartályos pneumatikus szállítóberendezések kapcsolási vázlatát.

A fenti berendezések vezérlési áramút tervét és OMRON programnyelven írt programját a 10.19. ábrán mutatjuk be.



10.18. ábra. Alsó- és felső üritésű nyomótartályos pneumatikus szállítóberendezések kapcsolási vázlata

Vezérlési áramúterv Funkció Program



10.19. ábra. Vezérlési áramút terv és program

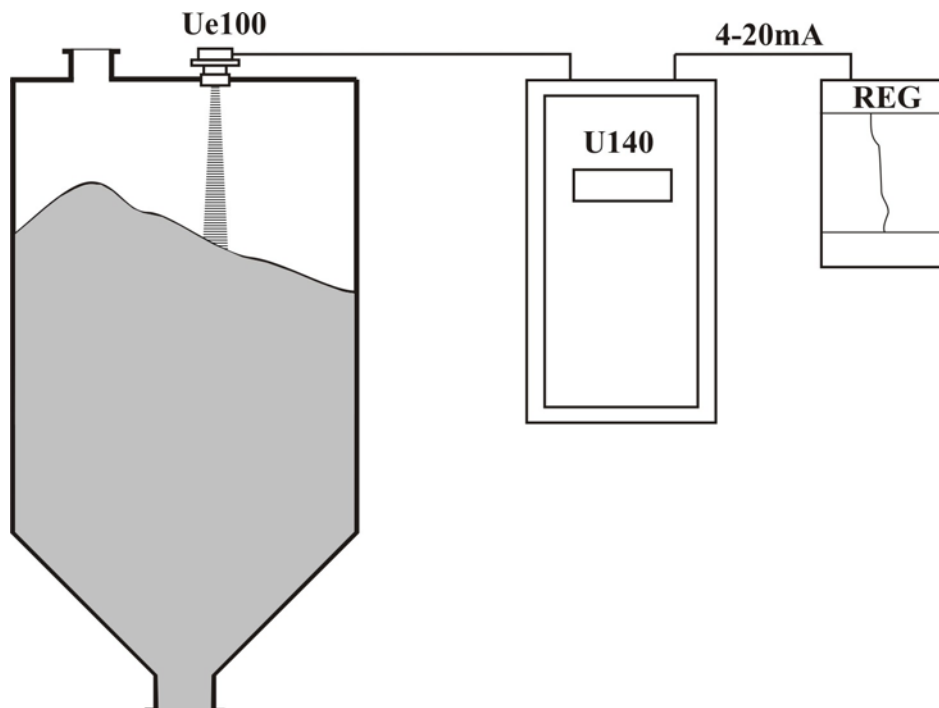
10.6. Szintmérés

A különböző alakú tartályokban, bunkerekben, hombárokban, silókban lévő ömlesztett szilárd anyag mennyiségének meghatározására két alapvető mérési elv ismeretes:

1. A tartály vagy tároló geometriai méretének ismeretében a benne tárolt ömlesztett anyag szintjének mérésével.
 - Az ömlesztett anyag felületének letapogatásával (membrános nyomásméréssel)
 - Reflexiós elven működő (pl. ultrahang) szintméréssel
 - Kapacitív szintméréssel (a szintmérő vezető jellegű anyagok esetében egy fémlektrod és a vizsgált anyag közötti kapacitás mérésén, szigetelő jellegű anyagok esetében két fémlektrod közötti kapacitás mérésén alapul)
 - Izotópos szintméréssel
2. A tartály súlyának mérésével.

10.6.1. Ultrahangos szintmérő

Az ultrahangos szintmérés felhasználható tartályokban, silókban ömlesztett szilárd, darabos anyagok szintjének, térfogatának meghatározására. Az ultrahangos szintmérő berendezés a hangvisszaverődés mérésén alapul. A tartályhoz két magnetostriktív oszcillátor csatlakozik: az egyik az adó, a másik pedig a vevő. Az ultrahang frekvenciáját a tartály falvastagságától és az abban tárolt közeg minőségétől függően kell megválasztani. A legjobb hatás akkor érhető el, ha a hanghullám hossza a tartály falának kétszerese. A szintmérés a visszaverődési idő mérésére vezethető vissza. A hangsugár terjedési ideje a szintmagasság és a tartályban lévő közeg tulajdonságainak függvénye, ezért a berendezés állandó hitelesítésre szorul.



10.20. ábra. Poros vagy darabos anyag szintmérése és regisztrálása

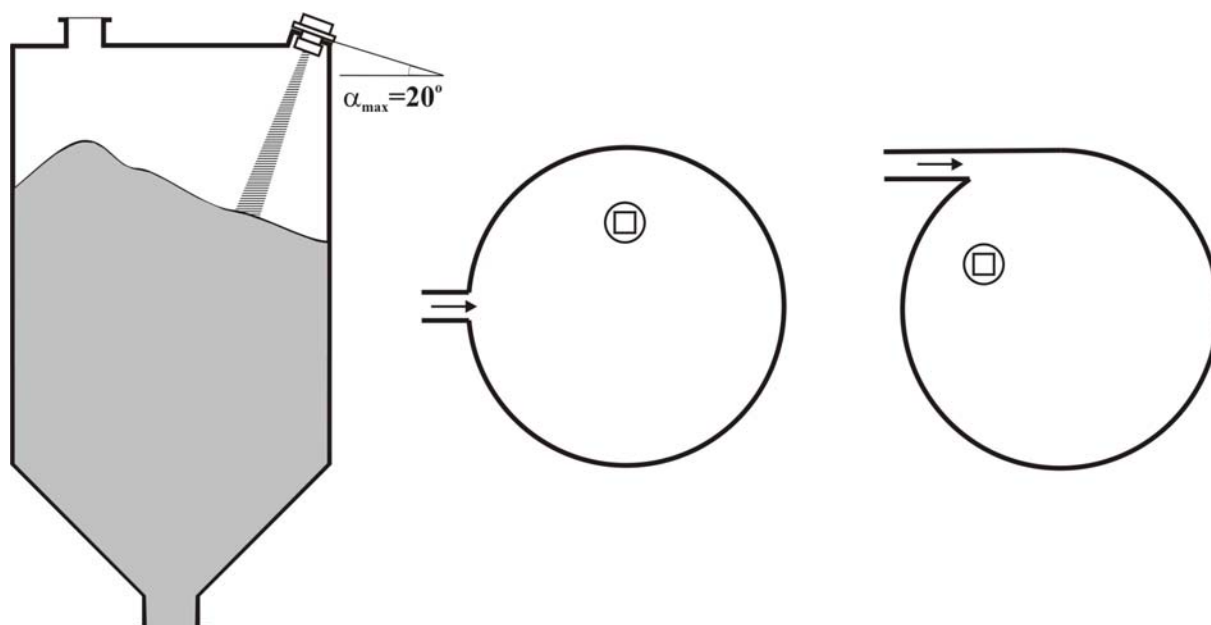
A távolság ill. szintmérés futási időméréssel vagy összehasonlítással történik. A hangterjedés sebessége a levegőben hőmérsékletfüggő, emiatt a pontos mérés érdekében az érzékelők beépített hőmérsékletkompenzáló elemet tartalmaznak.

A kompakt szint-távadó 4-20mA kimenő jele hozzárendelhető adott szintváltozáshoz. Kiértékelő egységként bármely 4-20mA-t fogadni képes készülék (négy szintű határérték kapcsoló, digitális kijelzővel rendelkező határérték kapcsoló, regisztráló, stb.) használható igény szerint.

A kompakt szintkapcsoló egy kimenő jelfogóval rendelkezik, amelyik a teljes mérési tartományban beállítható hiszterézises működése következtében töltési-ürítési folyamatok közvetlen vezérlésére alkalmas. A jelfogó egy, a teljes szinttartományban beállítható minimum elérése esetén meghúz (elenged), majd a szintén teljes tartományban beállítható maximum érték elérésekor elenged (meghúz).

Hogyan alakítsuk ki az érzékelő helyét?

- Az érzékelő helyét úgy válasszuk meg a tartályon, hogy az ultrahang sugárzási kúpjában ne legyen belógó tárgy pl. cső, merevítő rúd, létra, hőmérő, hűtőcső, stb. Jó visszaverő tárgy ne legyen még a sugárzási kúp közelében sem. Ne legyen közel a sugárzási kúp a tartály falához, ha hegesztési varratok vannak a falon, mivel mindezekről zavaró visszhangokat kapnánk.
- Hengeres tartályoknál ne legyen az érzékelő a henger tengelyében. Célszerű az érzékelőt az átmérő harmadában elhelyezni.
- Ha a tartály fenéke kúpos, gömbsüveg alakú vagy ferde, kiürüléskor nem az érzékelő fejre verődne vissza az ultrahang. Ebben az esetben célszerű egy vízszintes visszaverő lemezt szerelni a tartály fenékeire az érzékelővel szemben, ennek ajánlott mérete 5m tartálymagasságig 1dm^2 , nagyobb tartálynál 4dm^2 .



10.21. ábra. Ultrahangos szintérzékelő célszerű elhelyezése porszerű anyagok hengeres tartályban történő tárolásához

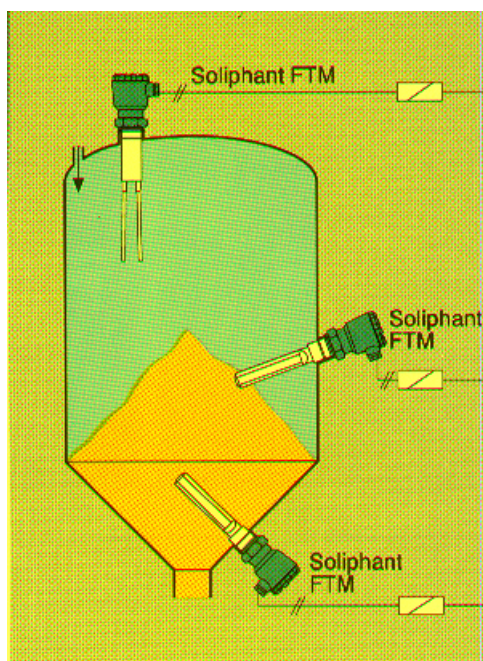
- A tartály fedelén a karima felfogásához alakítsunk ki pontosan vízszintes felületet, hogy a nyáláb tengelye pontosan függőleges legyen. Megengedhető eltérés: max. 1° .

- Ömlesztett porszerű anyagoknál, amelyek rézsút képeznek, célszerű az érzékelőt ferdén felszerelni, hogy az ultrahang nyáláb meredekebben, lehetőleg merőlegesen találkozzon a felülettel.
- Porszerű anyagok betöltésénél ügyeljünk arra, hogy a sugárzási kúpba ne lógjon be az áramló anyagsugár. A 10.21. ábra hengeres tartálynál érintőirányú és sugárirányú betöltésnél mutatja az érzékelő célszerű elhelyezését.

10.6.2. Rezgőrudas, rezgővillás szintkapcsoló

A rezgőrudas, rezgővillás szintkapcsoló elsősorban poros és darabos anyagok szintjének megállapítására használható. A legtöbb darabos anyag vagy por szintje ezzel a módszerrel jelezhető, amennyiben sűrűségük egy meghatározott szint felett van (ilyen anyagok: gabona, műanyag granulátumok, szénpor, cement, mész, pernye, stb.).

A műszer rezgő eleme egy mechanikai rezgőrendszer, amelyet elektronikus áramkör gerjeszt és tart rezgésben. A mérendő anyaggal érintkezve a rezgő elem megváltoztatja rezgésállapotát. Ezt a rezgésállapot-megváltozást az elektronikus áramkör kiértékeli és késleltetés után parancsot ad a jelfogó-működtető áramkörnek.

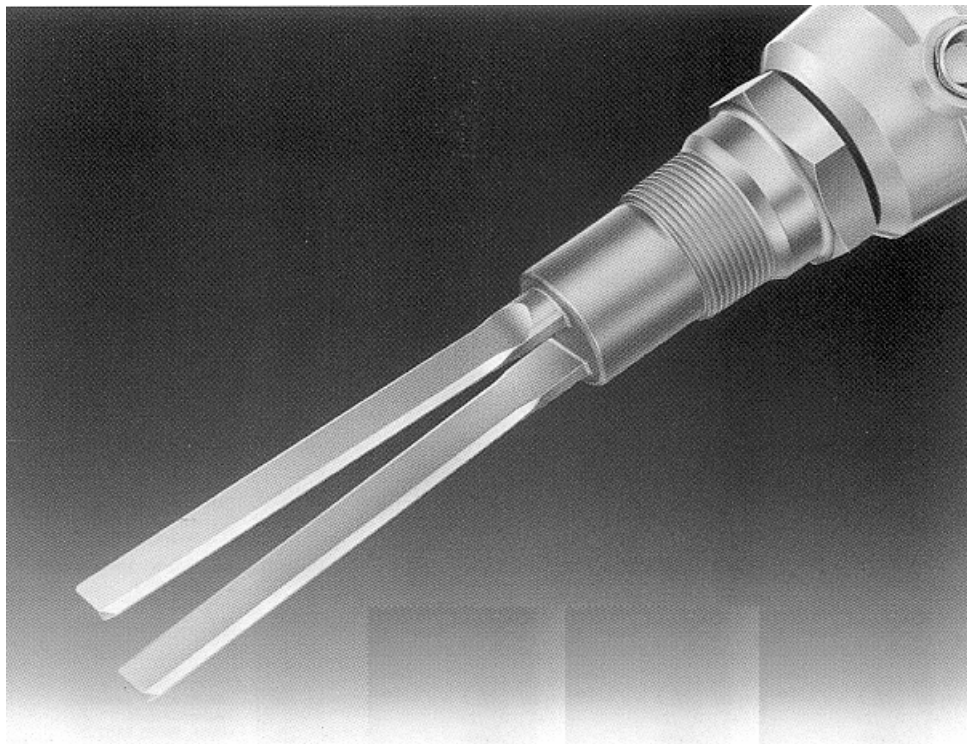


10.22. ábra. Rezgőrudas, rezgővillás szintkapcsoló beépítési helyzetei

Az érzékelő rezgő elem mind függőleges mind vízszintes helyzetben felszerelhető. A készüléket úgy kell elhelyezni, hogy a kapcsolási pont az esetleges boltozódás, kúpképződés ellenére a kívánt helyre kerüljön. Ajánlható a vízszintes felerősítés helyett a vízszintestől eltérő, mintegy 10-30°-os dőlés, ami a készülék dinamikus igénybevételét csökkenti.

A csak függőlegesen szerelhető rezgőelemek esetén az anyagfelrakódás minden egyéb szondás méréssel ellentétben minimális, mivel az elem folyamatos rezgése a legtöbb alkalmazás esetén elegendő ahhoz, hogy a szondát tisztán tartsa.

A mérőszondát védeni kell az erőteljesen beáramló anyagoktól, olyan helyre kell telepíteni, ahol nagy mechanikai igénybevételnek nincs kitéve. A hosszított kivitelű készülékeket 2m-enként ajánlatos a tartály falához rögzíteni a töréskár elkerülése érdekében. Olyan tartályoknál, ahol erős vibráció léphet fel, gondoskodni kell a készülékre ható rezgések csillapításáról (pl. gumialátétekkel).

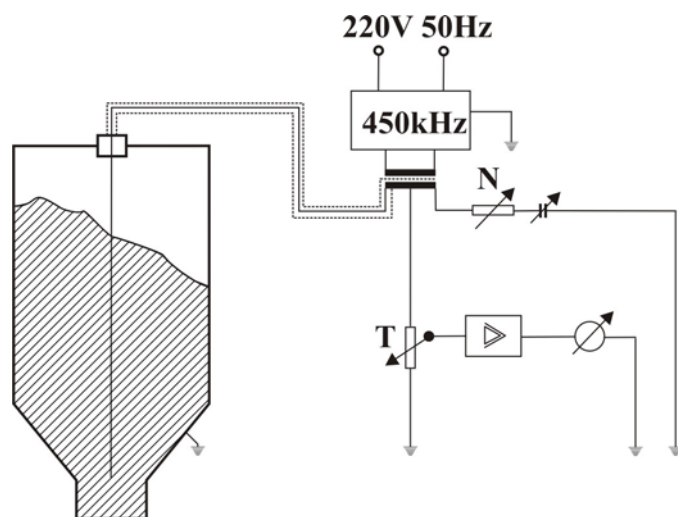


10.23. ábra. Rezgővillás szintkapcsoló

A rezgővilla síklapjait az anyagfeltapadás elkerülése érdekében a lapok függőleges síkú helyzetében célszerű beépíteni.

10.6.3. Kapacitív szintmérő

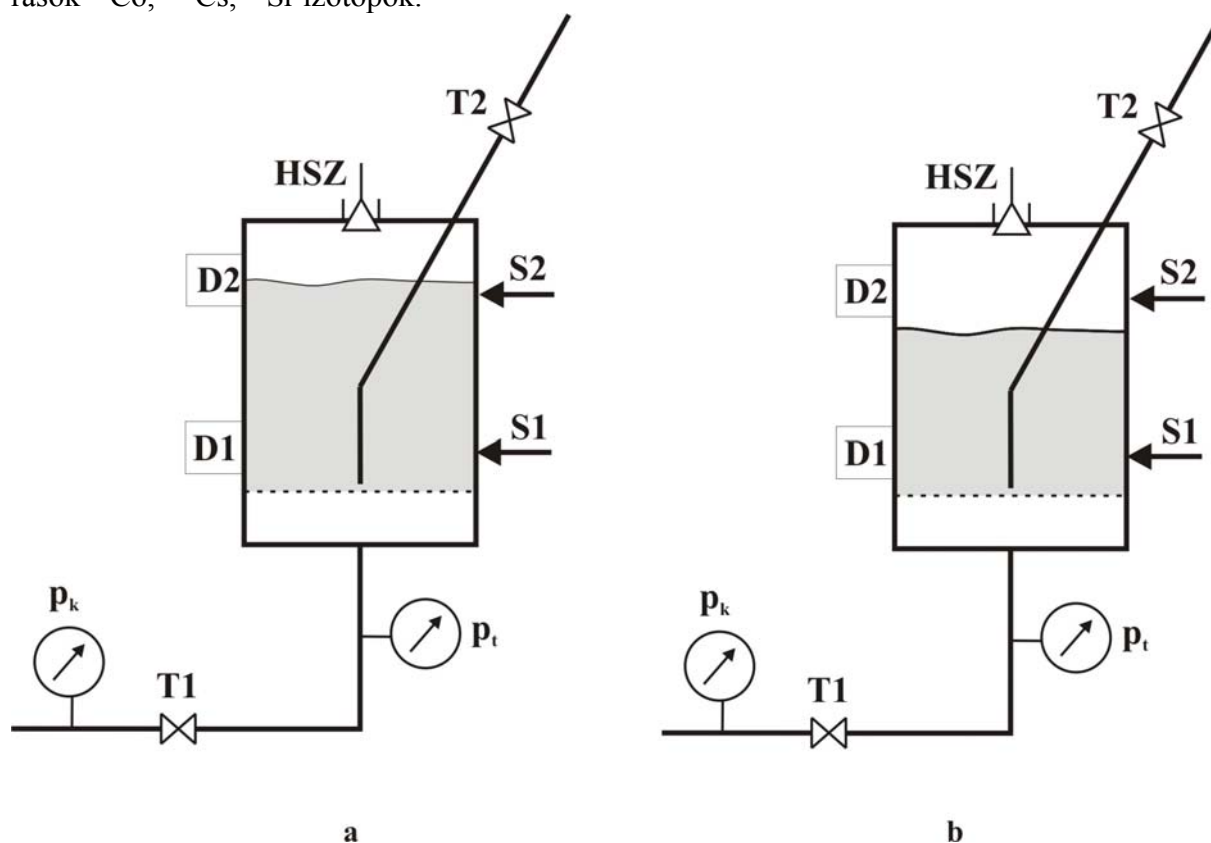
A tartályfal és a tartályba szigetelten elhelyezett elektród által alkotott kondenzátor kapacitásának mérésén alapszik. A kapacitív szintmérőt többnyire bunkerteltség mérésére használják. A hídba kapcsolt mérőrendszert 450kHz frekvenciájú generátor táplálja és az átlóba kapcsolt műszer a teltséget mutatja. Üzembe helyezés előtt kalibrálni kell, ami a 10.24. ábra „N” nulla beállításával és „T” teltség beállításával végezhető el. Gyakran beállítható határérték-jelzőket is tartalmaz. A szonda analóg jelének regisztráló műszeren történő kijelzésével a tartály anyaggal való feltöltése illetve ürülése egyaránt nyomon követhető.



10.23. ábra. Kapacitív szintmérő

10.6.4. Izotópos szintmérő

A tartályban tárolt ömlesztet anyag azon tulajdonságán alapuló szintmérő, hogy minőségétől és az anyagréteg vastagságától függően a „ γ ” sugárzást elnyeli. A „ γ ” sugárzás igen kis hullámhosszú ($<1\text{\AA}$) elektromágneses sugárzás. A legelterjedtebben alkalmazott sugárforrások ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr izotópok.



10.24. ábra. Izotópos szintjelzővel ellátott nyomótartály elvi vázlata

A vizsgált anyagon áthaladó sugárzás intenzitásának csökkenése a következő összefüggéssel írható le:

$$I = I_0 e^{-\alpha \rho s} \quad (10.1)$$

ahol	I_0	- a sugárforrás által kibocsátott sugárzás intenzitása
	I	- a mért intenzitás
	α	- az abszorpciós tényező
	ρ	- a közeg sűrűsége
	s	- a közeg vastagsága

Az „S2” jelű izotópos sugárforrás „D2” jelű érzékelője a tartály anyaggal való feltöltése után tele jelet mutat (lásd a 10.24. ábra „a” részét), majd a kiszállítás következtében egy idő után a felszín csökkenése következtében a „D2” érzékelő jele üresre vált (lásd a 10.24. ábra „b” részét).

Érzékelőként (detektor) rendszerint *Geiger-Müller* számlálót, vagy *szcintillációs* számlálót alkalmaznak.