

Szabó Balázs<sup>1</sup>

# Különleges műszaki megoldások a nagy védőképességű védett létesítményekben – 3. rész

## Special technical solutions in high-security sheltered facilities – Part 3

*A nagy védőképességű védett létesítményekben döntő többségében az életvédelmi létesítményekben (óvóhelyeken) megszokott műszaki megoldásokat alkalmaznak. De mivel ezek a létesítmények fokozott védőképességűek az óvóhelyek között, így ezekben gyakoriak az eltérő műszaki megoldások is. Ezek a mindennapos, rutinszerű munkákhoz szokott mérnökök számára nem egyszer ismeretlen és bonyolult megoldások. Alkalmazásukkal a létesítmények és a bennük tartózkodók sérülési kockázatát minimalizálni lehet. Ezeket a megoldásokat már a tervezési követelményekben meg kell fogalmazni és a tervezőmérnököknek alkalmazniuk kell azt a munkájuk során.*

**Kulcsszavak:** védett létesítmény, speciális erősítési létesítmény, különleges műszaki megoldások, nyomáscsökkentők, diffúzor, lavallcső, védett közművek

*In high-security facilities mainly technical solutions with shelters are used. As these high-security facilities have special protecting capabilities among sheltered facilities, they often apply unique and special technical solutions. These technical solutions are sometimes unusual or complicated compared to the everyday engineering design. Applying these technical solutions can minimalise the risk of injuries or damages within the facilities. These solutions should be set up early, in the design requirements, help to the designers to apply them during the design stage.*

**Keywords:** specially reinforced facility, high-security shelter, special technical solutions, pressure-relief, diffuser, lavall-pipe, protected public utilities

---

<sup>1</sup> Okl. építőmérnök, okl. mérnöktanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: [szabobalazs1980@gmail.com](mailto:szabobalazs1980@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4860-6784>

## Bevezetés

A *Műszaki Katonai Közlöny* 2018. évi 2. és 3. számában közöltem e tanulmány sorozat első és második részét, amelyekben a nagy védőképességű védett létesítményekben az elzárkózással kapcsolatos műszaki megoldásokat ismertettem. Jelen cikkemben a tanulmány sorozat első részében közölt, táblázatba rendezett különleges műszaki megoldások részletes ismertetését folytatom, kiegészítem.

Ismeretes, hogy a háborúk során a nagy védőképességű védett létesítményeket az ellenség meg akarja semmisíteni, hiszen akkor az a cél, hogy minél nagyobb kárt okozzon a két fél egymás számára. Az esetek többségében ezekben a földalatti létesítményekben vezetési pontok vannak, így ezek potenciális célpontokká válhatnak. Az alábbi technikai megoldásokkal a védett vezetési pontok ellenálló-képességét nagymértékben tudjuk növelni. Belátható, hogy a mai kor fegyverei ellen hatékonyan csak a föld alá települve lehet védekezni. Már láthattuk, hogy a történelem során ezt a feltételt legjobban a földalatti óvóhelyek és védett vezetési pontok tudták kielégíteni.

Napról napra fejlődnek a fegyverek és a pusztító hatású eszközök, de ezzel egyidejűleg a tudósok, mérnökök igyekeznek olyan technológiákat kifejleszteni, amelyekkel megelőzhetik és túlszárnyalhatják a támadások hatásait, és olyan óvóhelyet tudnak létesíteni, amelyek képesek a következő évtizedekben hatékonyan óvni a bent tartózkodókat.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy egy korszerű, nagy védőképességű védett létesítmény is mindössze egy-két évtizedig képes felvenni a versenyt a pusztítóeszközök ellen. Ezután valószínűleg elavulttá válik. Tehát rekonstrukciója, modernizálása néhány évtizedenként szükséges. A hidegháború során az ilyen tervezett, ütemezett rekonstrukciókat a hazai létesítményekben rendszeresen végrehajtották. Sajnos a rendszerváltás óta hazánkban ezek nem történtek meg arra hivatkozva, hogy „most nincs ellenségkép”. A legtöbb hazai létesítmény már olyannyira leromlott állapotba került, hogy kétséges, hogy valaha is üzemképes szintre hozható-e. Esetleg igen jelentős beruházást igénylő teljes rekonstrukcióval.

Mivel a nagy védőképességű védett létesítmények szinte minden esetben mélyen elhelyezett, és általában bányászati technológiával épült létesítmények, így ezek kialakításait fogom az alábbiakban ismertetni. Jelen cikkben bemutatott kialakítási módok nyomáscsökkentő mértékének összehasonlító számításairól a közeljövőben egy külön cikket szeretnék megjelentetni e szaklap hasábjain.

## Léglökésből származó energiát csökkentő (elnyelő) szerkezetek

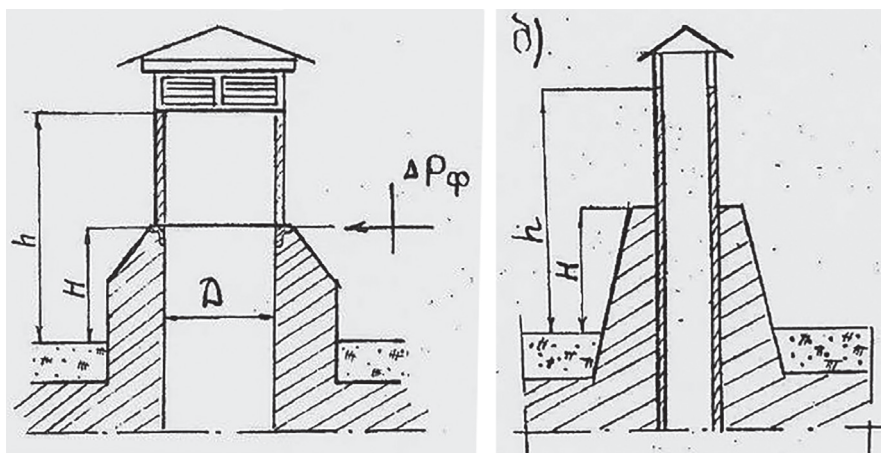
Gépészmérnöki szakirodalmakban minden esetben azt taglalják, hogy miként kell olyan csöveket, légszűrőket és közvetítő rendszereket tervezni és építeni, amelyekben az áramló közeg nyomásvesztése minimális. Óvóhelyeknél a támadó, káros lökőhullámok esetén éppen fordított követelményről beszélünk, hiszen itt a cél, hogy minél nagyobb legyen a nyomásvesztés és minél kisebb hatás érje a létesítmény szerkezeit.

## Külső kapcsolatot biztosító járatok nyomáscsökkentői

### Lökéshullám-elnyelő fej

A legegyszerűbb kialakítású lökőhullám-elnyelő szerkezet a megfelelően kiképezett kitorkolófej.<sup>2</sup> Alábbi ábrán látható sematikus kialakításával a kitorkolófejen bejutó nyomás fele-harmada a lökőhullám túlnyomásának. Erős lökőhullámnál a csillapítás akár 3-5-szörös is lehet. Feltétlenül javasolt a használata, mivel már a belépő hullám esetén (tehát a belépési pontnál) csökkenti a belépő nyomásértéket, így az egész létesítményben már egy csökkentett értékkel „görgethetjük tovább” a számítást. Az ábrán látható fejkialakítás felső (acélszerkezetből készülő) része a külső romboló hatások esetén romosodni fog, de az alsó, vasbetonból készülő része nem. A „H” magasságnak legalább a „D” méret felének kell lennie. Nagyon fontos, hogy a légszállítási kapacitáshoz mindig a legkisebb kitorkolófejet kell választani a hatékony hullámcsillapítás miatt.<sup>3</sup>

Meg kell azonban jegyezni, hogy a fenti adatok természetesen csak vízszintesen terjedő lökőhullám esetén érvényesek.



1. ábra. Kitorkolófej javasolt kialakítása nagy és kicsi légszállítási kapacitáshoz

Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 35.

Már régóta ismeretes, hogy egyéb, jól megválasztott beszívőfej (kitorkolófej) esetén is jelentősen csillapítható a behatoló lökőhullám nyomása. Tipikusan ilyen a felszín fölé nyúló, vasbetonból épülő, kúp alakú beszívó- és kitorkolófej. „Áramvonalas” kiképzése miatt a behatoló nyomás

<sup>2</sup> Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 3.

<sup>3</sup> Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 11.

kisebb lesz, illetve nagy előnye, hogy a hagyományos kontakt rombolótöltetek helyes kialakítás esetén lepattannak a felületéről, és így azok a talajba fúródva, ott kisebb pusztítást végeznek.

Ötletes megoldás az oldalán három, négy kisebb nyílással kiképzett kúp alakú beszívófej, amelynél a nyílások oly módon vannak kiképezve, hogy a bejutó lökőhullám által mozgatott levegő a beszívófej belsejében forgásra van kényszerítve. Így a betóduló levegő energiájának egy részét a forgás elvonja, és mozgási energiává alakítja azt.

## Tört vezetésű vonalas létesítmények

Már a kezdeti időkben felismerték, hogy a ki- és bejáratí folyosók helyes vonalvezetésének megválasztásával a nyílászáró szerkezetekre és a belső terekre háruló terhelő nyomás módosítható, csökkenthető. A nyomást például a folyosók gyakori és változatos iránytöréseivel lehet csökkenteni. Már a második világháborúban is gyakran használt műszaki megoldás volt. Működési elve, hogy a hosszú, zárt terekben szinte csillapítás nélkül<sup>4</sup> végighaladó lökőhullám az iránytöréseknél a határolószerkezetekbe ütközve energiájának egy részét elveszti, így nyomó- és lökőhatása csökken. Számításához különböző alaprajzi kialakítási módokhoz hozzárendelt módosítószámot kell alkalmazni. A tervezők mai napig is előszeretettel használják a nyomóhullám frontnyomásának csökkentésére ezt a megoldást.

Sajnos manapság már több olyan létesítmény is van az országban, amelyeknél komfort és takarékosági okok miatt – helytelenül – megszüntették (átépítették) ezeket a kialakításokat. (Például a budai Várban a volt Állami Nyomda, most Budavári Önkormányzat óvóhelyének várfalba kivezető vészkijáratánál.)

Amennyiben meg akarjuk akadályozni, hogy az óvóhely bejáratát túlzottan nagy direkt nyomás érje, akkor javasolt úgynevezett védőfal kialakítása a bejáratnál szemben (lásd 3. és 4. ábra). Ennek a merev és masszív falnak a szerepe, hogy a lökőhullám közvetlenül ne érhesse a bejáratot, mindössze annak megtört, csökkentett része. Így a védőajtók egyes esetekben (nem mindig) kisebb nyomásra méretezhetőek.

## Nyomáscsökkenés iránytörésnél

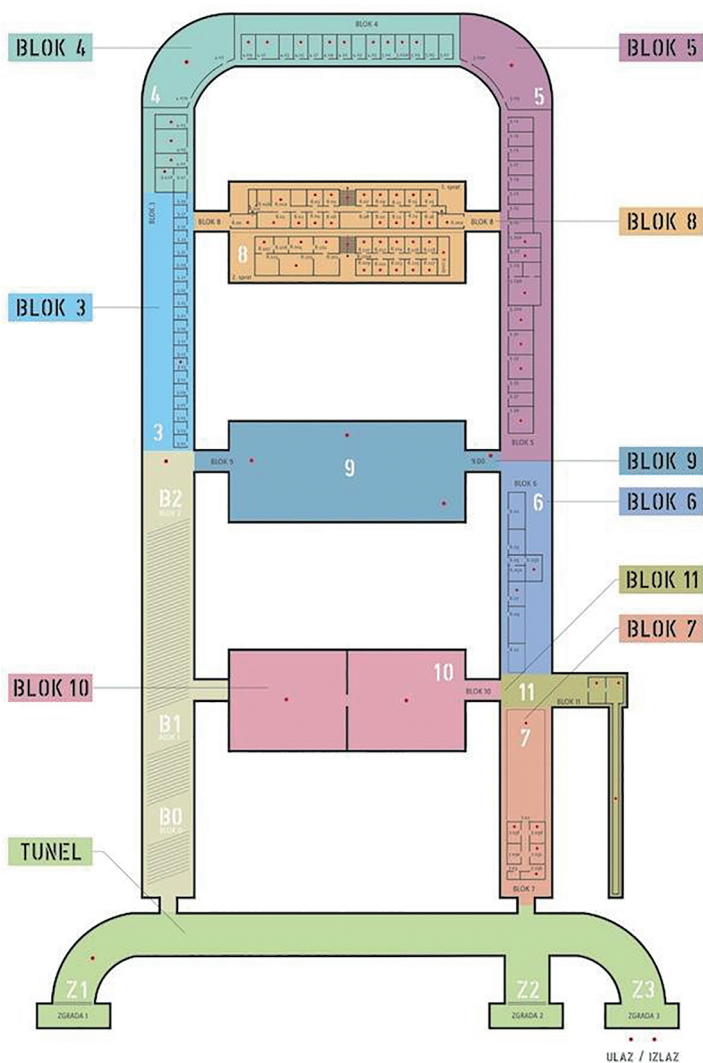
A derékszögű törés nagymértékben csökkenti a lökőhullám frontnyomását. A derékszögű iránytörések a belépő lökőhullám frontnyomásának függvényében csillapítják a nyomást. Kis belépő frontnyomás esetén (1 atm) a csillapítás csak körülbelül 10%, közepes belépő nyomásnál (5 atm) körülbelül 35%, míg igen nagy belépő nyomásnál (20 atm) már 67%. Tehát javasolt minél több derékszögű törés beiktatása a földalatti járatokba. Természetesen a fenti megállapítások és számítási módszer függőleges járatok (például légbeszívó és kidobóaknák) esetén is alkalmazható.

Az ilyen, iránytöréseknél fellépő nyomáscsökkenés szinte minden nagy védőképességű létesítmény alaprajzában megfigyelhető. Bár vannak olyan létesítmények, amelyekben ezek nagy sugarú ívekben le vannak kerekítve. Ezeknek a nyomáscsökkenő hatása jóval kisebb, hiszen „áramvonalasabb” kialakításúak, amelyek esetükben kevésbé csökkentik le a káros nyo-

<sup>4</sup> Pontosabban: hosszú, egyenes földalatti folyosókban kis csillapítással számolhatunk. Lásd a következő fejezetben.



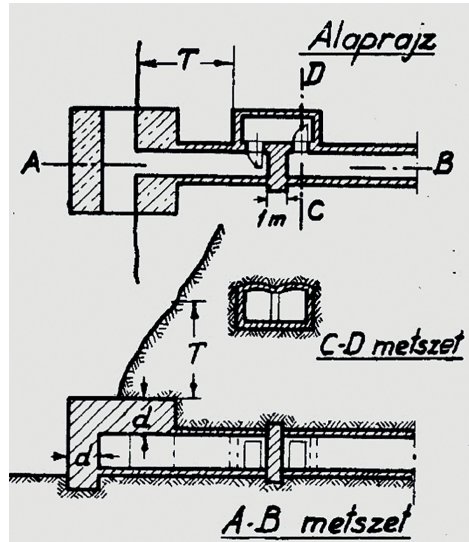
másfrontok intenzitását. Ilyen a 2. ábrán látható létesítmény védett autóáthajtója is, amely az alaprajz alsó részén látható.



2. ábra. A D0 (Isztambul kódnevű) vezetési pont sematikus alaprajza az egykori Jugoszláviában (ma már Boszniában)

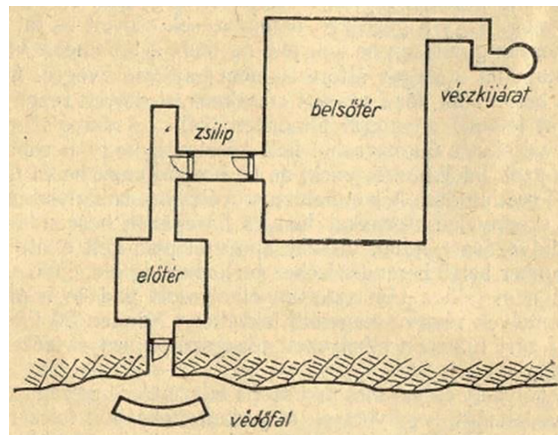
Forrás: [www.balkanimozaik.blog.hu/2013/12/05/az\\_egykori\\_jugoszlavia\\_titka\\_280\\_meterrel\\_a\\_fold\\_alatt%3flayout=5](http://www.balkanimozaik.blog.hu/2013/12/05/az_egykori_jugoszlavia_titka_280_meterrel_a_fold_alatt%3flayout=5) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 12.)

Hazánkban több, nehezen hozzáférhető kiadványban is megtalálhatóak a javasolt járatkialakítások. Ezek közül néhányat az alábbi (3.–7.) ábrákon mutatok be.



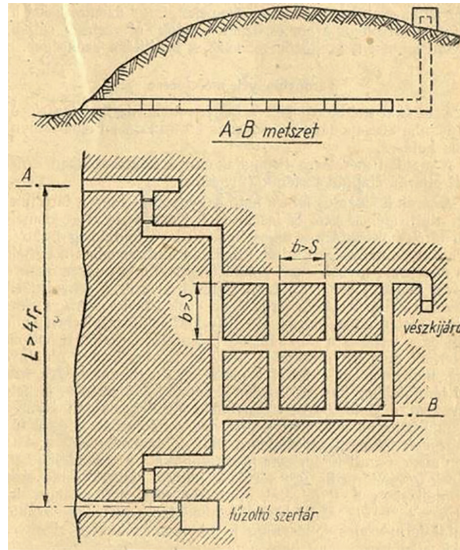
3. ábra. Javasolt vonalú táróbejárat-kialakítás 1943-ban

Forrás: SZÉNÁS 1944, 143.



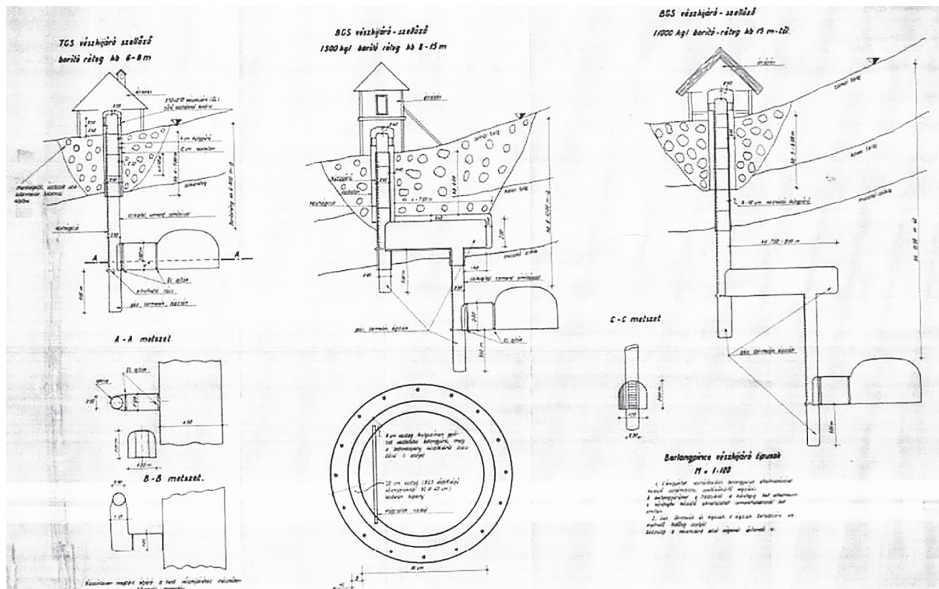
4. ábra. Tört vonalú bejáratú és vészkiáratú folyosó-vonalvezetés sematikus ábrája  
(expanziós tér helytelenül kiképezve)

Forrás: Utasítás légoltalmi óvóhelyek létesítésére 1951, 44–45.



5. ábra. Tört vonalú bejárati és vészkijárati folyosó-vonalvezetés sematikus ábrája

Forrás: Utatás légoltalmi óvóhelyek létesítésére 1951, 44–45.



6. ábra. Mélypince, bányatáró vészkijárótípusok

Forrás: FŐMTERV

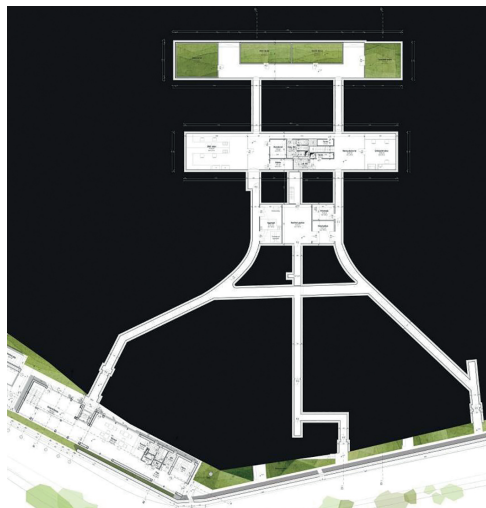


7. ábra. Régi vészkijárat folyosó kialakítás a budai várban a volt Állami Nyomda életvédelmi létesítményénél (ma már helytelenül egyenesre át van építve)

*Forrás:* Forster Központ Építési Geotechnikai Adattár gyűjteményéből

Az alábbi, 8. ábrán, Lillafüreden a Hámori tó partján lévő védett létesítmény alaprajzi kialakításán is látható a három bejáratú folyosóból egynél derékszögű, kettőnél tompaszögű tört vonalvezetés.

Bányászati technológiával épült földalatti létesítményekben gyakori, hogy a folyosókat az iránytöréseknél kivitelezési okok miatt továbbvezették. Ezek a „légzsákok” esetleg hasznosak lehetnek, mivel amennyiben – az iránytörés után – elegendő hosszon készülnek, akkor csökkenthetik a belépési tényezőket. Ezekre a meghatározásokra a szakirodalmakban ajánlás nem található. Viszont rombolófegyver által keltett lökőhullám hullámhossza általában nagyságrendekkel több mint a „légzsák” hossza így nem lehetséges, hogy nagy a csillapító hatása. Tehát javasolt ezek hatását elhanyagolni és egyszerűen derékszögű iránytörésként felfogni.

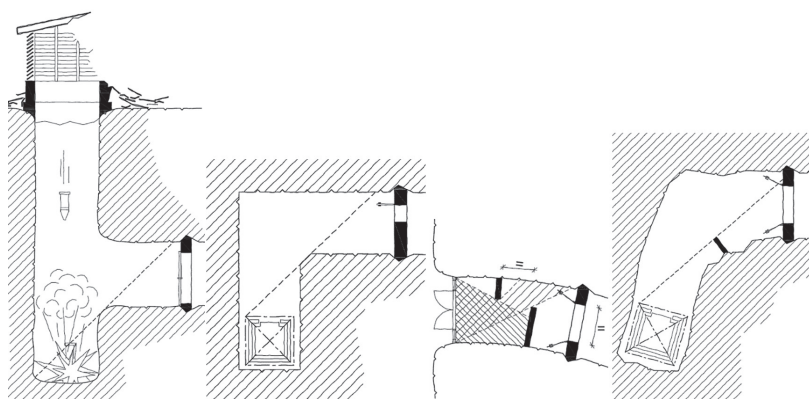


8. ábra. A lillafüredi volt honvédségi vezetési pont alaprajza

*Forrás:* [www.epiteszforum.hu/genbank-es-novenyi-diverzitas-kozpont-balogh-boglarka-diplomaterve1](http://www.epiteszforum.hu/genbank-es-novenyi-diverzitas-kozpont-balogh-boglarka-diplomaterve1)  
(A letöltés dátuma: 2016. 01. 05.)

Természetesen nemcsak a főbejáratok, hanem a vészkijáratok esetében is javasolt ilyen iránytörések alkalmazása. A vonalas létesítmények iránytörései a kontakt rombolófegyverek ellen is hatásosak lehetnek. Például egy légbeszívó aknába kerülő rombolóbomba hatásait lehet vele az alábbi (9.) ábrásor szerint csökkenteni. A lényeg, hogy a közvetlen nyomóhullám a létesítmény külső falait és nyílászáróit lehetőleg ne érhesse. Tehát ez a megfontolás egyezik az előzőkben ismertetett védőfal szerepével. Törekedni kell arra, hogy a robbanás által keltett lökőhullám közvetlenül ne érhesse a külső szerkezetet, nyílászárókat. Legfeljebb a másodlagos, módosult, csillapodott hullámok.

Ezeknek a védőfalaknak 2 atmoszféra túlnyomás felett van csökkentő hatásuk. E túlnyomás alatti értékek esetén éppen ellenkezőleg, növelik a terhelő túlnyomás értékét.<sup>5</sup> További előnyük, hogy a lökőhullám hatóidejét a többszöri törés eredményeképpen elnyújtják.



9. ábra. Javasolt külső kapcsolati kialakítások elrendezése finn ajánlás szerint

Forrás: Kallio-suunnittelu Oy Rockplan 2008, 51–53.

## Nyomáscsökkenés az egyenes vonalvezetésű vonalas létesítményekben

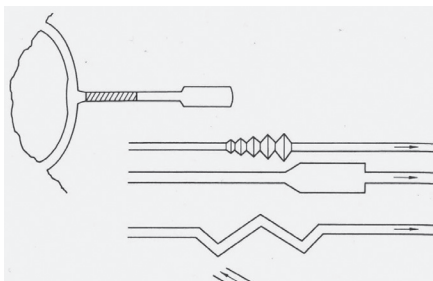
Egyenes vonalvezetésű folyósószakaszokban is csökken valamelyest a lökőhullám energiája, frontnyomása, de ez érthető módon jóval kisebb mint például iránytöréseknél. (5 atmoszféra belépő frontnyomás esetén 100 m hosszon 0,75–1,5 atmoszféra a nyomásesés.)

Például 5 atmoszféra belépő frontnyomás mellett egy egyenes gyalogos alagútban körülbelül 240 m hosszon esik felére a lökőhullám frontnyomása a súrlódási, hővéalakulási és egyéb veszteségek miatt. Mint várható is volt, ez nem hatékony nyomáscsökkentő kialakítás.

Felvetődik, hogy egyes folyósó- vagy alagútszakaszokon miként lehetne hatékonyabban a lökőhullám frontnyomását csökkenteni. Ehhez nyújt megoldási ötleteket a 10. ábra, ahol egymás utáni egyre nagyobb tágulási (expanziós) tereket, többszöri iránytöréseket, elágazásokat

<sup>5</sup> MI-04-260-4 1993, 37.

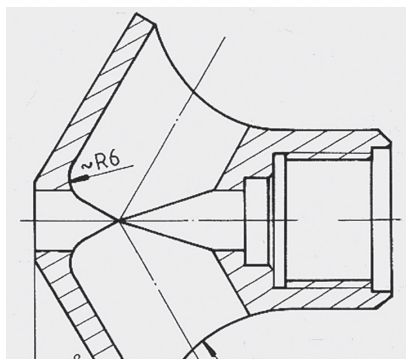
láthatunk. Ezek közül többet a mai napig is használunk. Sajnos ezek közül néhánynál a csökkentés mértékét nehéz számítani. Kizárólag számítógépes, (általában úgynevezett implicit megoldókkal dolgozó) szoftverekkel vagy kísérletekkel lehetne a csökkenés mértékét megfelelő pontossággal megadni. Illetve a legtöbb kivitelezése sem egyszerű.



10. ábra. Lökőhullám frontnyomásának csökkentési lehetőségei folyosóknál (a lökőhullám balról jobbra halad)

*Forrás: O'SULLIVAN 1961, 400.*

Érdemes megfigyelni, hogy a fenti ábra legelső képén pontosan ugyanaz az elv látható, amellyel a mesterlövész rombolópuskák (például a magyar gyártmányú Gepárd puska) csövének végén lévő, úgynevezett Egerszegi-féle csőszájfék van kialakítva (11. ábra). A fegyvernél ennek a szerepe a visszarugó erőhatás csökkentése a ferdén hátra kifúvó gázok nyomása révén.

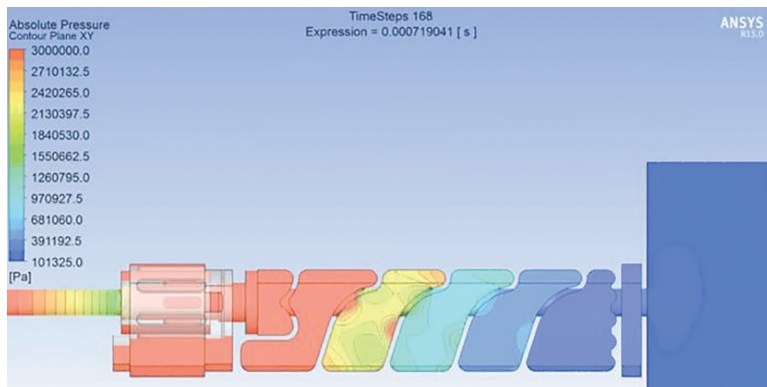


11. ábra. Csőszájfék kialakítása a Gepárd mesterlövész rombolópuskán

*Forrás: FÖLDI 2016*

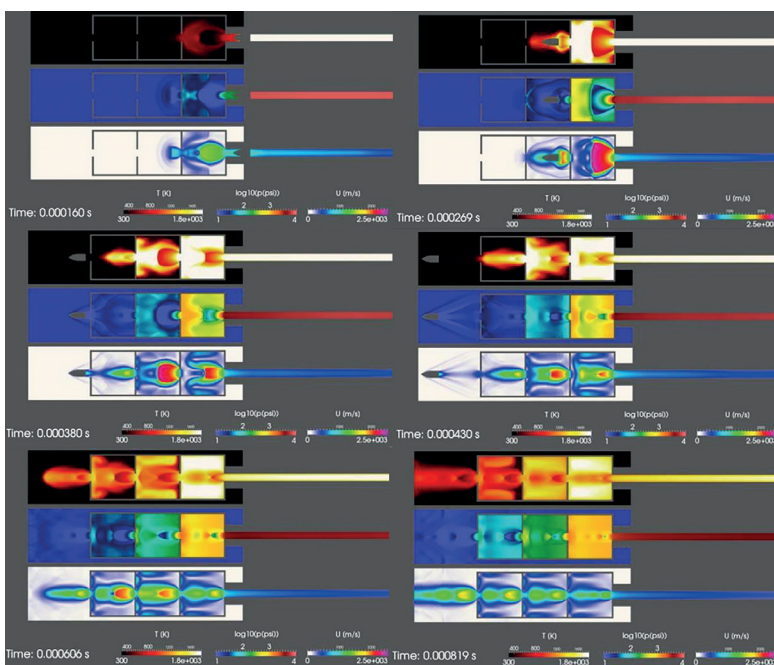
Az alábbi két ábrán (12. és 13. ábra) egy-egy lőfegyver hangtompítójának számítógépes modellezése és nyomáselemzése látható, távozó lövedék esetén. Az ábrákon látható, nyomáscsökkentésre használt kamrákat óvóhelyek expanziós tereiben is javasolt lenne használni. Jól látható a számítási eredményekből, hogy igen hatékony nyomáscsökkentésre képesek ezek a kamrák.





12. ábra. Lőfegyver hangtompítójában a nyomásváltozás számítógépes vizsgálata ANSYS autodyn szoftverrel (már távozott a lövedék)

Forrás: [www.youtube.com/watch?v=RIUZeCGGQeg](http://www.youtube.com/watch?v=RIUZeCGGQeg) (A letöltés dátuma: 2019. 08. 24.)

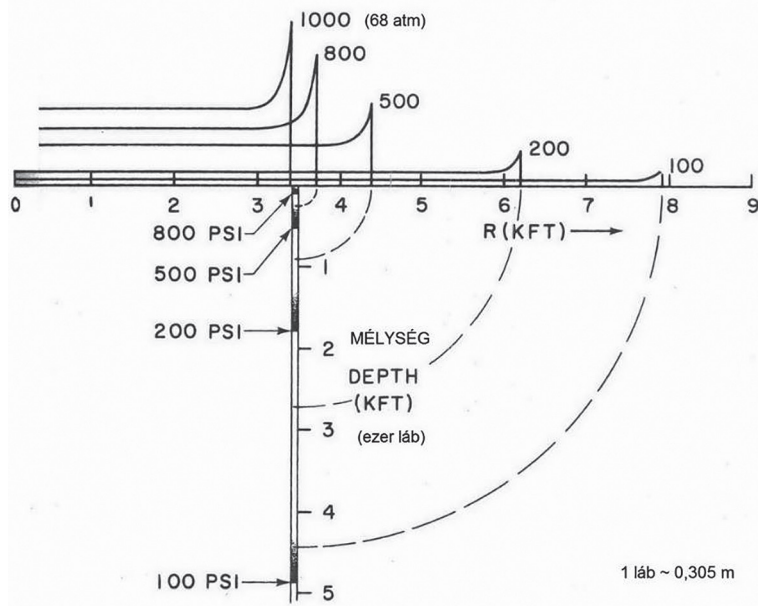


13. ábra. Lőfegyver hangtompítójának számítógépes vizsgálata (hat időpillanat kimerevített képe) (a nyomásváltozás minden képen a második ábrán látható)

Forrás: [www.youtube.com/watch?v=F\\_x4fDtraTk](http://www.youtube.com/watch?v=F_x4fDtraTk) (A letöltés dátuma: 2019. 08. 24.)



A 14. ábrán egy függőleges akna látható, amely a robbanás epicentrumától 1000 m-re helyezkedik el. Az epicentrumban egy 10 megatonnás robbanófej detonál. Jól látható, hogy a belépő 1000 PSI (68 atm) nyomás az akna felszínhez közeli szakaszában sokkal gyorsabban csökken, mint a felszínen haladó hullám nyomása, de ez körülbelül 1500 m után megfordul. Tehát itt a függvény ellaposodik. Ez az ábra is jól bizonyítja, hogy érdemes hosszú bevezető folyosókat építeni, majd belül (mintha nyitott külső terek lennének) azok keresztmetszetét érdemes felnövelni. Ilyen tereket szoktunk is építeni a védett létesítmények nyílászárói elé. Ezeket expanziós tereknek nevezzük.



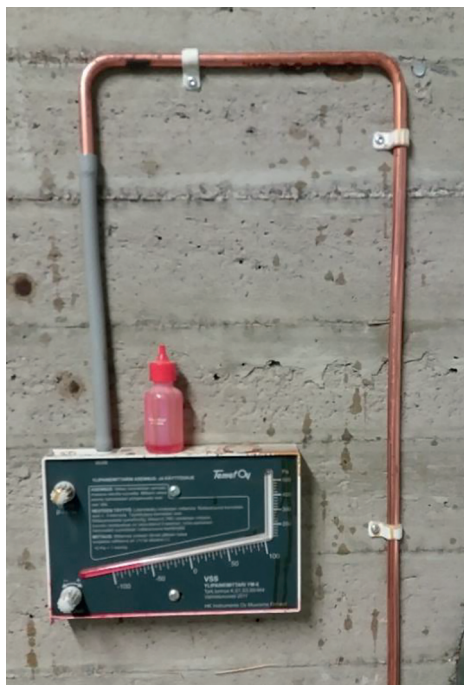
14. ábra. Lökőhullám frontnyomásának változása a robbanás epicentrumától 1000 m távolságra lévő függőleges aknában, 10 megatonnás robbanás esetén (1000 PSI = 68 atm)

Forrás: O'SULLIVAN 1961, 399.

Ismeretes, hogy a védett létesítmények belső terében úgynevezett ferdecsvés manométert használnak a külső és belső nyomások közötti különbség mérésére. Felmerül a kérdés, hogy ezekbe a mérőműszerekbe a kis átmérőjű, de a mérendő, védetlen külső oldalra vezető csővön keresztül a külső lökőhullám magas értékű frontnyomása ha behatolhat, nem károsítja-e a kényes és precíz mérőműszert?

Számítással kimutatható, hogy 5 atm belépő frontnyomás, 1 m hosszú, 5 mm belső átmérőjű cső végén a nyomás mindössze 174 Pa. Tehát már 1,0 m hosszú cső esetén is gyakorlatilag nullára csökken a mérőműszerhez érkező frontnyomás. (A mérőműszerek általában 500 Pa

nyomást minden károsodás nélkül kibírnak.) Javasolt a rézcső és a műszer között gumicsövet alkalmazni, hogy egy esetleges nyomóhullám ezt a lágy csövet kényszerítse alakváltozásra és ne a műszert. Ezzel a dinamikus hatás is tovább csökkenthető.



15. ábra. Ferdecsovés manométer a mérőcsövével

*Forrás:* a szerző felvétele a Pysäköintihalli földalatti garázsban, Helsinkiben 2017. szept. 8-án

Mivel a csövek egy zsilip belső ajtajától a külsőig vezetnek és azok között legalább 1,5-2,0 m távolság van, így belátható, hogy ez a hatás nem mértékadó a mérőműszerre nézve. (A lökőhullám a belső felületeken sűrűlve jelentős mértékben csillapodik, így a jelentős külső nyomás is igen kicsi nyomássá szelődül. Így a mérőműszert nem károsítja.) Ráadásul gyakori, hogy néhány derékszögű törést is beiktatnak, amelyek jelentősen csökkentik a frontnyomás értékét. Viszont nagy figyelmet kell arra fordítani, hogy a csőszakasz első részében a nyomás még magas értékű, tehát azt nyomásálló csőből kell építeni. Ezeken a részeken általában rézcsöveket szoktak használni.

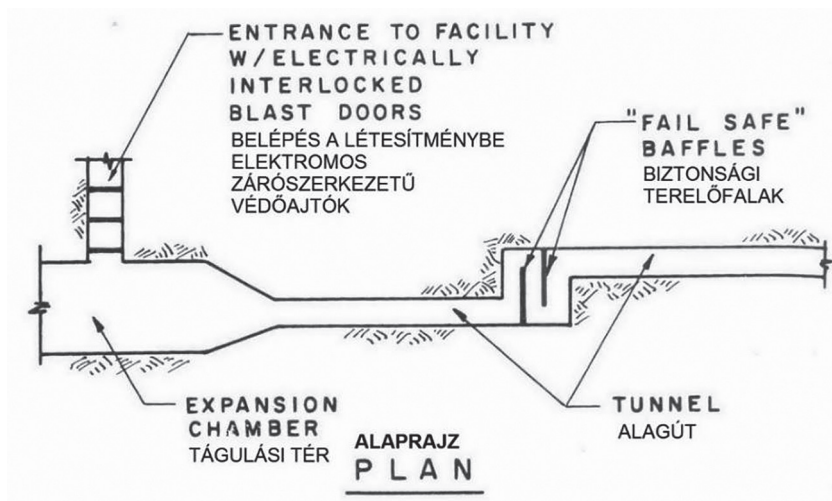
## Reflektált nyomás

Amint merev akadályba (például védőajtóba, elzáró szelepbbe) ütközik a lökőhullám a nyomása jelentősen megnő. Ezt reflektált (visszavert) nyomásnak nevezzük. Számítása a Rankine–Hugoniot-képlet alapján lehetséges.<sup>6</sup>

Közepes és magas beérkező frontnyomású lökőhullám esetén a merev akadálnál (például zárt állapotú nyílászáró vagy elzárószerkezet) a – reflektált – nyomás nagymértékben felerősödik, akár 5–6-szorosára is. A képlet 8-hoz tart.

Meg kell említeni, hogy nagyon nagy (36 atm feletti) nyomások esetén a reflektált hullám nyomása a beérkező hullám nyomásának 8-szorosánál is nagyobb lehet, mivel a gáz (azaz levegő) paraméterei nagy nyomáson és így nagy hőmérsékleten (1500 kelvin fok felett) megváltoznak. Így a visszaverődési tényező akár 12 fölé is nőhet. Esetünkben ennek gyakorlati jelentősége kisebb, mivel az igen nagy védőképességű védett létesítményeket is „csak” 10–20 atm belépő frontnyomásra méretezzük.<sup>7</sup>

Nagyon fontos, hogy a nyílászárókat és befoglaló szerkezeteiket ezekre a reflektált nyomásértékekre kell méretezni. A mérnököket már régóta foglalkoztatja, hogy miként lehetne egy a hosszához képest kis átmérőjű csőbe az egyik végén hatoló nyomást jelentősen csökkenteni. Erre több javaslat is napvilágot látott. Az egyik gyakorlatban is használható példa az alábbi (16.) ábrán látható.



16. ábra. Védett bejárat elvi alaprajza iránytörésekkel, védőfalakkal és expanziós térrel az Amerikai Egyesült Államokban az 1950-es évekből

Forrás: O'SULLIVAN 1961, 372.

<sup>6</sup> A III.-IV.-V. osztályú védőképességű óvóhelyek tervezése és méretezése 1970, 101.; NAGY 2012, 92.

<sup>7</sup> NAGY 2012, 89–90.

Természetesen a bonyolultabb esetekben a közelítő megoldást adó numerikus számítási módok helyett a számítógépes, úgynevezett explicit megoldók terjedtek el. Ezek segítségével szinte bármilyen geometriai kialakítású járatban a nyomásértékek pontosan számolhatóak. Az egyik ilyen szoftver az ANSYS autodyn nevű program.

## Levegőbeszívók és -kidobók nyomáscsökkentői

Mivel a kezdeti időkben a létesítmények légbeszívóit és légkidobóit nem tudták hirtelen zárni, így statikus (nem mozgó) nyomáscsökkentők beépítésével próbálkoztak. Tehát ezek korábbi szerkezeti megoldások mint az elzárószervezetek. Kezdetben ezeknek ma már furcsának tűnő és már nem használt típusai is voltak (mint például a földkutak, kavics-nyomáscsökkentők és diffúzorok). A ma is használatos megoldás az expanziós tér közvetlenül a lezárószelvények előtt. Alábbiakban megjelenésük és használatuk időrendi sorrendjében fogom a védelmi eszközöket ismertetni.

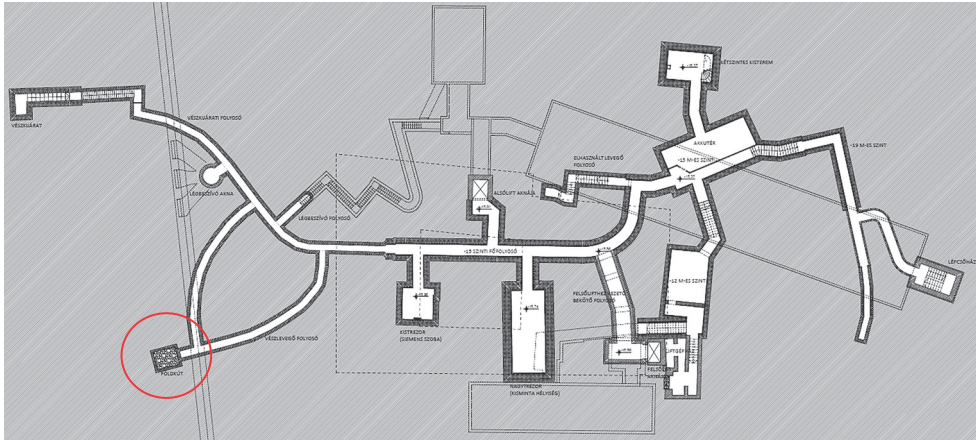
## Kavics-nyomáscsökkentők és -szűrők

Tudomásom szerint állandó telepítésű nagy védőképességű óvóhelyen az első hazai ilyen jellegű megoldás báró Reichlin-Meldegg Tibor a Magyar Nemzeti Bank műszaki hivatalának vezetőjétől származik, aki a budai Várban lévő Uri utca 72. számú épület alatti óvóhelyre 1935–1942 között egy úgynevezett földkút-légbeszívót tervezett (17. ábra). (Sőt, valószínűleg egy hasonlóan használt levegőkidobót is.)

Ennek lényege az volt, hogy egy körülbelül 10 m mély négyszögletes aknáat építtetett a felszínről a várfal tövében. Ezt kavicsokkal és földdel töltötte ki. Reichlin-Meldegg Tibor elmondása alapján egy légszivattyú ezen keresztül szívta volna be a részben megtisztított levegőt. Ez a megoldás egyben a nyomáscsökkentést is megoldotta volna, hiszen a kavicsok között a nyomóhullám olyan sokszor megtörik, hogy lökőhatása jelentősen csillapodik. Sőt még egy további haszna is van: temperált levegőt ad a létesítménybe.

Feltárásaink alkalmával találtunk a Mária Magdolna templom mellett, az óvóhely átellenes végében, a felszíntől 19 m-es mélységben egy három kis helyiségből álló műtárgyat, amely lyukacsos téglákkal van kibélelve. Valószínűleg e felett is kavicsos kitöltésű akna lehet, mivel a fák gyökerei az óvóhely szintjére lehatoltak. (A sziklarétegen és vastag agyagos márgán keresztül ez nem történt volna meg.) Ez szolgálhatott arra, hogy az elhasználtlevegő-többletet nyomáscsökkentett rendszeren keresztül a szabadba vezessék.

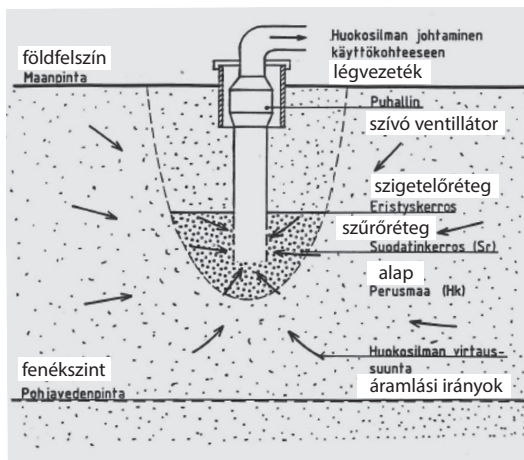
Ezek a rendszerek valószínűleg teljes elzárkózás esetén a belső túlnyomás fenntartásához szükséges levegőmennyiség pótlására lettek volna alkalmasak. Nincs róla információnk, hogy valaha is használták-e ezeket a szerkezeti megoldásokat.



17. ábra: Az óvóhely úgynevezett -15 m-es szintjén látható négyszögletű földkút (Uri utca 72.)

*Forrás:* Schüller és Társai Építésziroda Kft. által készített alaprajz 2016

Ilyen megoldás más országokban is létezett ebben az időben, például Finnországban, amely az alábbi, 18. ábrán látható. Azt hihetjük, hogy ezeknek a légszállítási kapacitása igen csekély lehet. Ez nem így van: egy 315 mm átmérőjű (alsó részén perforált) csövön keresztül, 3,2 kW teljesítményű ventilátorral akár a 6480 m<sup>3</sup>/óra légszállítási értéket is el lehetett érni.<sup>8</sup>



18. ábra. Kezdetleges szűrtlevegő-vételezés földkúton keresztül

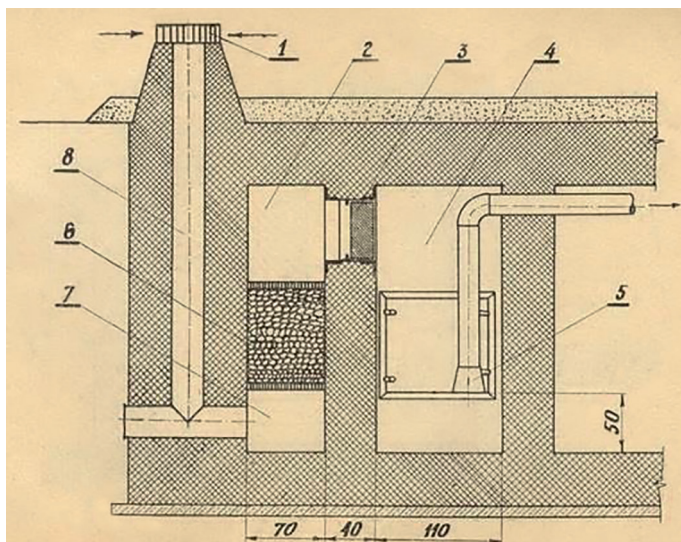
*Forrás:* RAJAJÄRVI 2016, 276.

<sup>8</sup> RAJAJÄRVI 2016, 276.



Továbbá a *Honvédségi Szemle* 1956. első számában a 47–48. oldalon is hasonló, nagyon korai „földszűrőket” lehet látni az ott közölt óvóhelyi alaprajzokon. A cikkben bemutatott példák nem az állandó erődítés, hanem a tábori erődítés körébe tartoznak, így bemutatásukat mellőzöm.

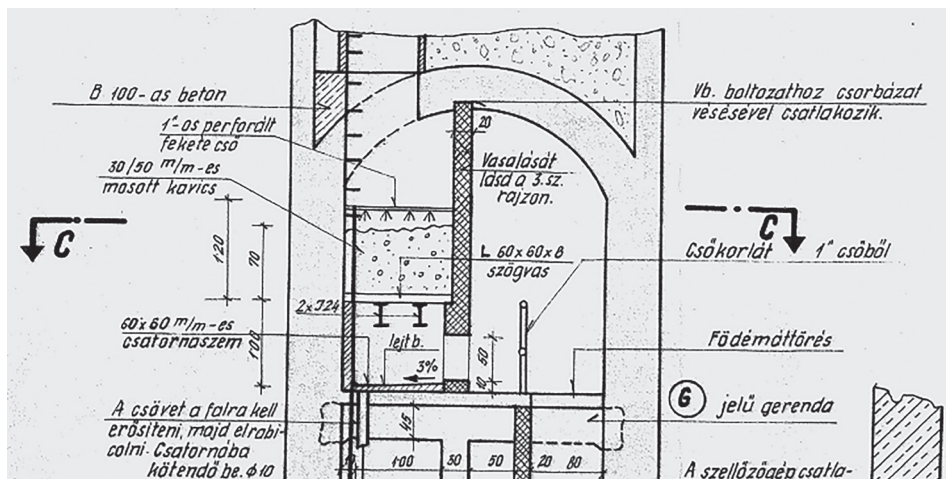
A nukleáris fegyverek megjelenésével a légbeszívó rendszerek is jelentősen korszerűsíteni kellett. A nagy védőképességű védett létesítményekben először a fenti kezdetleges földkút-rendszert fejlesztették tovább. Ezeket már olajos kavics nyomáscsökkentőnek és szűrőnek (röviden kavicsprizmáknak) nevezték. Lényegében ugyanazon az elven működtek, mint a fent bemutatott földkutak. A kavicsokon a lökőhullám energiát veszített (19. ábra).



19. ábra. Léglökésgátló berendezés kavicsprizmával (6-os sorszám alatt)

*Forrás: Csőtorkolatok léglökésvédelme é. n., 32.*

Az 1950-es években tervezett kavicsprizmák tervezői kiemelt létesítményeknél még a kavicsprizma átmosását is megoldották. Az alábbi ábrán egy ilyen megoldás látható. Itt a felül vezetett perforált csőből vizet juttattak a kavicsokra, amelyet alul összegyűjtöttek és a csatornába továbbítottak.



20. ábra. LOSK 0102/2 kavicsszűrője 1957-ből

Forrás: FÖMTERV

A volt Szovjetunió Állami Légoltalmi Tudományos Kutatóintézetében végzett kísérletek bebizonyították, hogy a legfeljebb 0,35 MPa (3,5 kg/cm<sup>2</sup> vagy 3,5 atm) frontnyomású lökőhullám kavicsrétegben történő mérséklése aránylag kis értékű (25–50%). A kísérletekből kiderült, hogy a kavicsréteg vastagsága nem befolyásolta a lökőhullám fékezését. 20–100 cm vastag kavicsrétegek megközelítőleg ugyanakkora mértékben csökkentették a frontnyomást.<sup>9</sup>

A kavicsokat olajba áztatták, hogy a por és egyéb koszok megüljenek a felületükön és ne a létesítménybe kerüljenek be, így azok szűrőfunkciót is elláttak. Ezzel az esetleges sugárzennyezés jelentős részét is kívül tudták tartani a védett tereken. Ez nem volt környezetbarát megoldás a földalatti terekben. A kavicsrácsokat függőleges vasbetonbordákra helyezték és a rácsokon nagy vastagságban, általában 12,5–50 mm átmérőjű kavicsot raktak körülbelül 70 cm vastagságban.<sup>10</sup> A beszívott friss levegőnek a kavicságyon felülről lefelé áramolva át kellett jutnia (20. ábra).

Még egy előnye volt a kavicsprizmáknak: külső tűz esetén a beszívott igen meleg levegőt nagy hőtároló képessége miatt le tudta hűteni. Így az épületgépész-mérnököknek a kavicsprizmákat úgy (is) kellett méretezniük, hogy megfelelő legyen a hőakkumuláló képességük.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Csőtorkolatok léglökésvédelme é. n., 5.

<sup>10</sup> MI-04-260-5 1993.

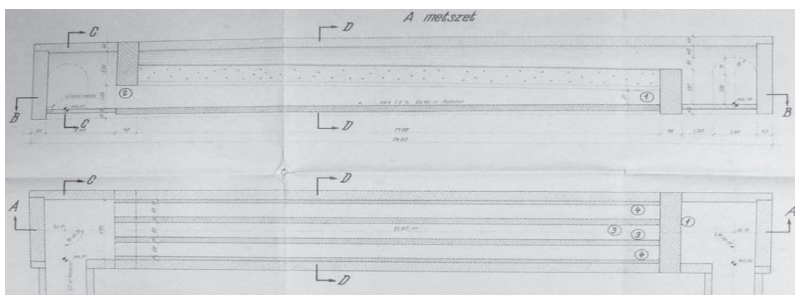
<sup>11</sup> MI-04-260-5 1993, 4., 9.





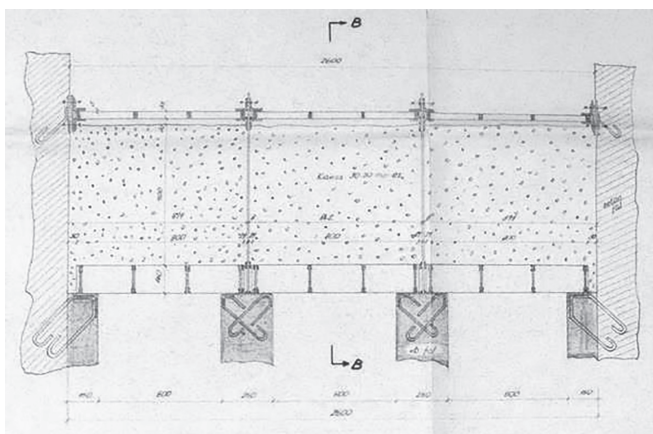
21. ábra. Részben elbontott olajos kavics-nyomáscsökkentő és -szűrő váza a KAGRA-létesítményben

*Forrás: a szerző felvétele 2011. 12. 12.*



22. ábra. Volt olajos kavics-nyomáscsökkentő és -szűrő alaprajza és hosszmetse a KAGRA-létesítményben

*Forrás: KAGRA-létesítmény tervtára*



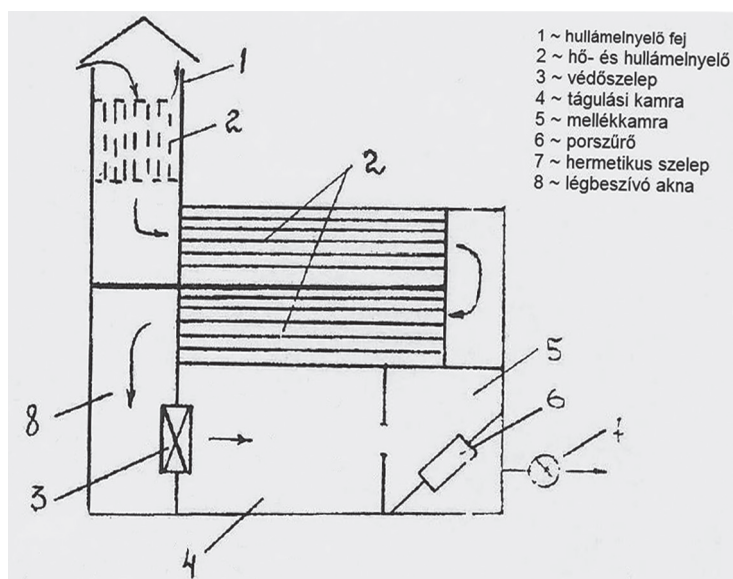
23. ábra. Volt olajos kavics-nyomáscsökkentő és -szűrő keresztmetszete a KAGRA-étesítményben

*Forrás: KAGRA-létesítmény tervtára*

Ilyen „kavicsszűrő” volt a LOSK 0101/1-ban (mai nevén Sziklakórház) is 1959-ig. A nyomáscsökkentő nem volt teljes megoldás, hiszen a nyomóhullám nem lett volna nullára redukálva (nem zárt le a rendszer) és így a sugárszennyezés esetleges bejutása ellen sem volt teljesen hatékony. Továbbá óriási volt a helyigénye (így az építési költsége is) és fenntartásának is igen tetemes költségvonzata volt, nem is beszélve a környezetszennyezésről, amelyet az olaj okozott (21–23. ábra).

Ezek megszüntetése után, megmaradt helyeiken alakították ki általában az expanziós tereket vagy a szűrő-szellőző gépházakat.

A 24. ábrán egy olyan különleges szűrő-szellőző rendszer vázlatja látható, amely elzárkózási időszakban is működőképes. Ebben az időszakban számítani kell a magas külső hőmérsékletű levegő beszívására is, amelyhez hőelnyelő rendszerre van szükség.



24. ábra. Javasolt légbeszívási vázlatrajz a nagy védőképességű létesítményhez

*Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások, 36.*

## Expanziós terek

A kavics-nyomáscsökkentőkkel és -szűrőkkel egyidőben jelentek meg az expanziós terek, amelyeket tágulási tereknek is neveznek. Felismerték, hogy nagy nyomással szűk résen keresztül nagy térfogatú térbe beáramló gáz a tágulása révén nyomását veszti. Ezt a mai napig is kihasználjuk. Minden jelentősebb létesítményben vannak ilyen terek. Még akkor is javasolt kihasználni, ha az expanziós tér megépítése jelentős összegekbe kerül. Előnye, hogy kis túlzással a helyiség

szinte bármilyen alakú lehet és bármilyen szögben lehetséges az elhelyezése (akár függőlegesen, akár vízszintesen).

Ezeket a helyiségeket, tereket a külső védő nyílászárók előtt (is) el kell helyezni, és csak akkor használhatók hatékonyan, ha mögöttük (a védett tér irányába) teljesen lezáródní képes, gyorsan záródó és magától bezáródní képes pillanatzár van.

Fontos, hogy a pillanatzárak mögé is expanziós kamrát kell kialakítani, mivel a pillanatzárak tehetetlensége (lökésre történő lassú mozgása) miatt a lökőhullám egy része képes mögöttük hatolni. Ezt a nyomásértéket hivatott csökkenteni a mögöttük elhelyezendő expanziós kamra.

Több magyarországi létesítménynél is megfigyelhető az a kialakítási hiba, hogy az expanziós tér külső oldali nyílásának szabad felülete közel azonos az expanziós tér keresztmetszetével. Ebben az esetben ez nem tekinthető expanziós térnek, hiszen így a betóduló levegő nem fog tudni terjeszkedni, csak végigvonulni a helyiségen szinte csillapítás nélkül. Helyes kialakítás, amikor az expanziós tér külső nyílásának szabad felülete jóval kisebb, mint maga a tér keresztmetszete, bár ügyelni kell arra, hogy az I. és II. üzemhez<sup>12</sup> tartozó légbeszívás miatt szükséges keresztmetszet rendelkezésre álljon.

Továbbá nagyon fontos figyelembe venni a tervezéskor, hogy a kis keresztmetszeten nagyobb térbe érkező légtömeg szétterjedése relatíve kis szög mentén történik. Ez általában max. 10–11 fokra vehető fel.<sup>13</sup>

Tehát az expanziós helyiség hosszát úgy kell meghatározni, hogy elegendően nagy legyen ahhoz, hogy a mozgó légtömeg szét tudjon oszlani. A tágulási kamra hosszát a szélességéhez viszonyítva 1,5–2,0 értékűre érdemes felvenni. Ennél hosszabb tágulási kamra már a gyakran használt arányok mellett nem okoz további jelentős nyomáscsökkenést.<sup>14</sup>

A kamra méretét a szükséges nyomáscsökkentés mértéke és a beáramló levegő mennyisége határozza meg. Ezeket a kamrákat a karbantartó személyzetnek meg kell tudnia közelíteni, ki kell tudnia takarítani és ott munkákat kell tudnia végezni. A kilépő csatornát a kamra oldalában kell kialakítani, hiszen ellenkező esetben a nyomóhullám közvetlenül érné azt.<sup>15</sup>

A legjobb megoldás, ha a védőajtót a betorkolló alagútra, folyosóra merőlegesen helyezzük el, hiszen ekkor már egy visszavert és a tágulás miatt csökkentett intenzitású nyomóhullámra kell a nyílászárót méretezni.

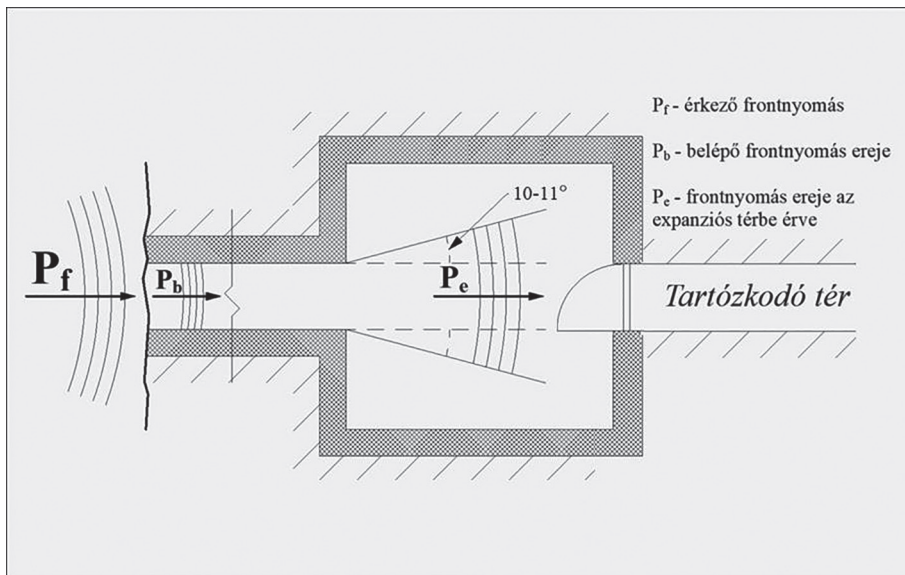
Az általában vasbetonszerkezetű tágulási kamrák belső felületét úgy kell kiképezni, hogy vízsugárral tisztíthatók legyenek, illetve mind a tisztítóvíz mind pedig a kondenzációs víz elvezetéséről gondoskodni kell. Dízelfüstgáz-kivezető tágulási kamráját régebben samott-téglával burkolták, de az kétséges, hogy nagy erejű lökőhullám esetén stabil marad-e. Ma már acéllappal javasolt burkolni, ellenkező esetben a beton a magas gázhőmérséklet miatt megrepedezhet. Az acéllapok és a betonszerkezet közé hőszigetelést kell helyezni.

<sup>12</sup> I. üzembn a létesítmények korlátozás (szűrés) nélkül szívnak be friss levegőt kívülről. Míg II. üzembn már csak durva és finom porszűrőkön, illetve harcigázsűrőkön keresztül teszik ezt (természetesen a technológiából adódó korlátozott ideig).

<sup>13</sup> Kísérletek videófelvételei alapján, illetve személyes megfigyelésem alapján ahol egy felfújt ugrólóvárból kis lyukon a levegő hasonló szög mentén áramlott ki (2 cm átmérőjű lyukon a lyuktól 40–45 cm-re kb. 13–14 cm volt a légsugár átmérője). FEKETE–MENYHÁRT 1975, 90–91.

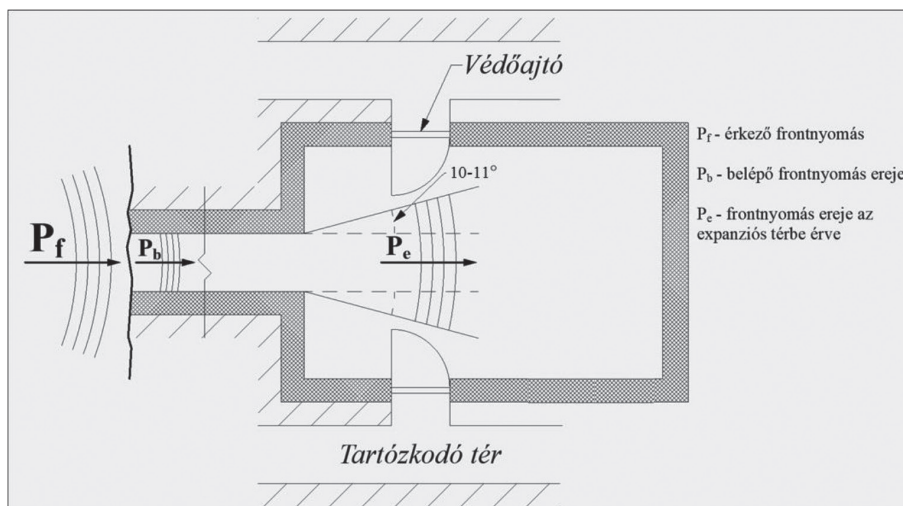
<sup>14</sup> *Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások* 1986, 16.

<sup>15</sup> *Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások* 1986, 14.



25. ábra. Bejárat expanziós tér helytelen kialakítása (nem megfelelő arányok és tartózkodó tér bejáratelhelyezés)

Forrás: TÓTOK 2019



26. ábra. Bejárat expanziós tér helyes kialakítása

Forrás: TÓTOK 2019

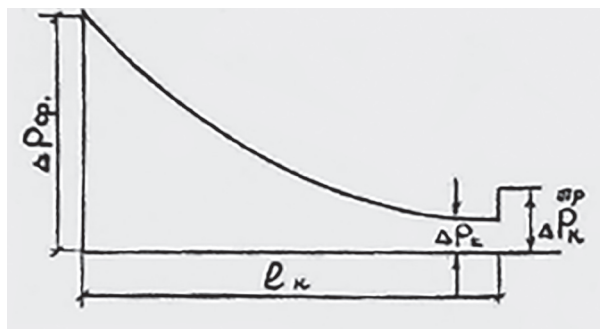
A tágulási kamrák méretét kétféleképpen kell meghatározni:

- nyomáscsökkentés mértéke alapján (a) és
- beáramló levegő mennyisége alapján (b).

A két számított értékből a nagyobb kamraméretet kell alkalmazni.

A volt Szovjetunió Állami Légoltalmi Tudományos Kutatóintézetében végzett kísérletek bebizonyították, hogy a tágulási kamra hatása jelentősen csökken a lökőhullám hatásidejének növekedésével.<sup>16</sup> Belátható, hogy ha a lökőhullám hosszú hatásidejű, akkor a tágulási kamrában a levegő „feltorlódik, beragad” és a nyomás nem csökken az elvárt mértékben. Ebből következik, hogy nagy hatásidejű lökőhullám esetén az expanziós kamrát igen nagyra kell kialakítani, és ahogy már említettem, kötelező a beáramló levegő mennyisége alapján is méretezni.<sup>17</sup> A tágulási kamra nyomáscsökkentő képessége a kamrakeresztmetszet és hozzá bevezető légcsatorna-keresztmetszet viszonyától, a kamra hosszától és a belépő és kilépő légcsatorna elhelyezkedési viszonyától függ.<sup>18</sup>

A kamra hátsó falába ütköző lökőhullám visszaverődik. Nagyon fontos, hogy az expanziós kamrában kialakuló nyomásérték a kamra falaiba ütközve visszavert nyomásként jelentkezik. Ezt a már előzőekben ismertetett Rankine–Hugoniot-képlet alapján kell számításba venni. Amennyiben a kilépő légcsatorna (helytelenül) a belépővel szemben van kialakítva, akkor a teljes visszavert (reflektált) lökőhullám fog arra hatni. Amennyiben oldalt van elhelyezve, akkor annak csak egy csökkentett része.



27. ábra. Nyomásváltozás jellege a tágulási kamrában

*Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 42.*

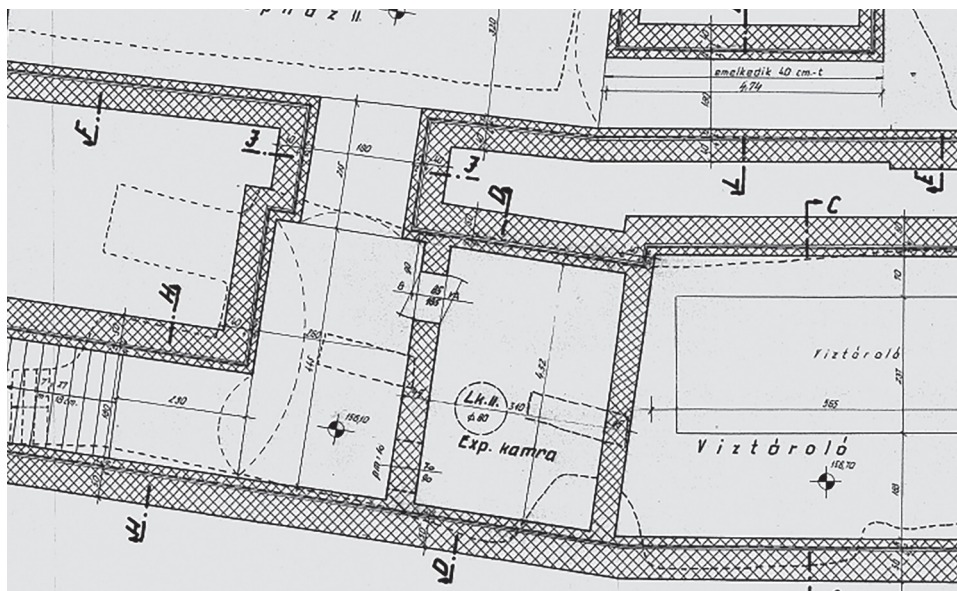
<sup>16</sup> *Csőtorkolatok léglökésvédelme* (é. n.), 5.

<sup>17</sup> *Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 3.*

<sup>18</sup> *Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 15.*



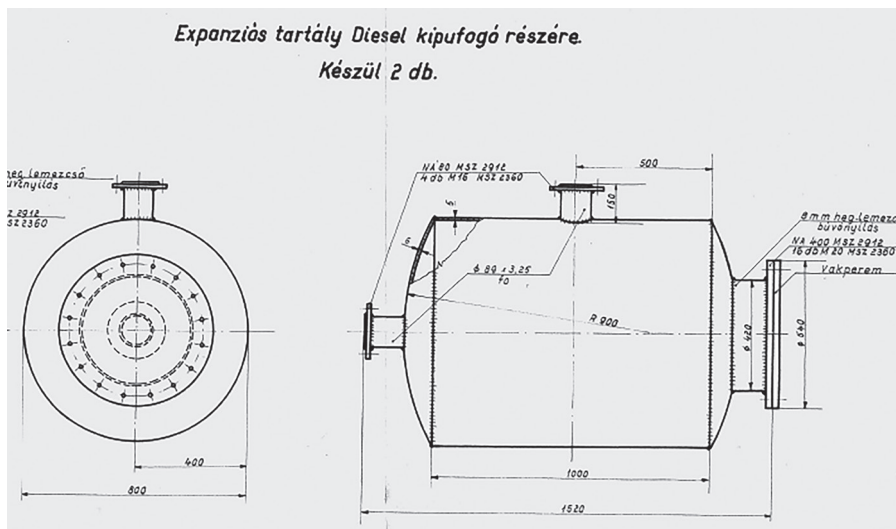
A tágulási kamra nyomáscsökkentő mértéke számítási képletének (a) nagy hiányossága, hogy nem veszi figyelembe a nyomóhullám hatásidejét. Belátható, hogy hosszú hatásidejű lökőhullámok esetén a „hosszú időn át” beáramló, nagy mennyiségű levegő feltorlódik a kamrában, így növelve meg a belső nyomást. Ennek leginkább atomrobbanások által keletkezett nyomóhullámok esetén van nagy jelentősége. Tehát a tágulási kamra méretét a beáramló levegő mennyisége alapján (b) is meg kell határozni.



28. ábra. Expanziós kamra a LOSK 0101/1 (ma Sziklakórház) egyik légkidobójánál

Forrás: FÖMTERV

Expanziós tereket az 1950-es évek végétől a felszíni kapcsolattal rendelkező gépészeti eszközök-nél is terveztek, mint például a dízelaggregátorok légbeszívói és kipufogói. Ezek szinte minden esetben hengeres acéltartályok voltak, amelyeket a csövek közé iktattak be. Természetesen ezek használata ma is kötelező.



29. ábra. Expanziós tartály Diesel kipufogó részére a LOSK 0101/1-ban (ma Sziklakórház)

Forrás: FŐMTERV

A drén<sup>19</sup>- és csatornarendszereket is el kell látni expanziós terekkel (illetve légüstökkel), mivel azok is külső csatlakozási pontok és a nemkívánatos lökőhullám onnan is támadhatja a létesítményt. Ezekről részletesebb leírást lásd a Védett közművek című fejezetben.

Természetesen az expanziós terek (alkalmazásuk esetén) a személyi bejáratok szerkezeteire ható nyomásokat is csökkenthetik, tehát javasolt közvetlenül a védőajtók előtt (is) elhelyezni expanziós teret, mivel ez jelentősen csökkentheti az ajtóra jutó terhelést.

Az expanziós terek használata továbbra is szükséges és javasolt. Javasolt több egybefűzött, egyre nagyobb méretű ilyen tér használata a védő nyílászárók előtt.

## Diffúzorok

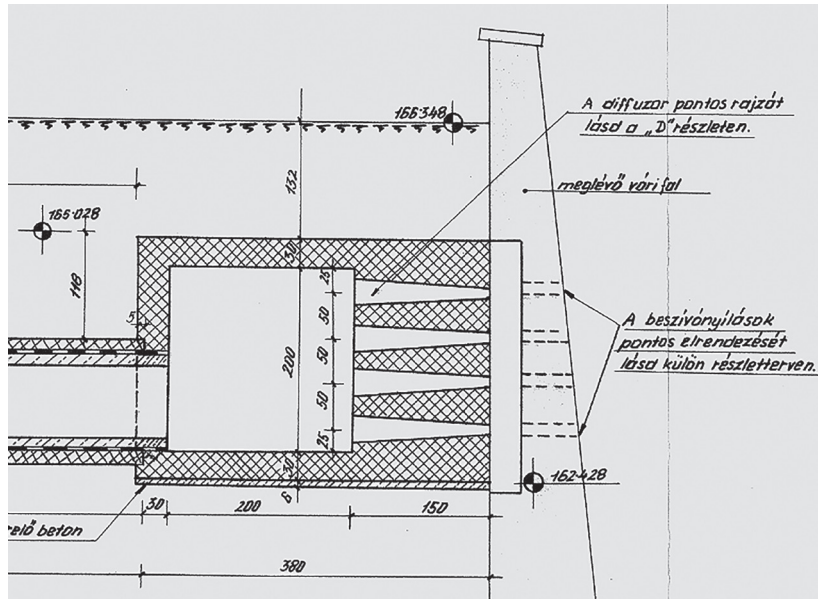
A diffúzorok is a kavics-nyomáscsökkentők után, azok részbeni helyettesítésére jöttek létre. Az expanziós terekkel együtt használták ezeket. Működési elvük is nagyon hasonló a tágulási térhez. Lényegében a kis keresztmetszetű lyukon beáramló levegő végighalad egy táguló keresztmetszetű (trombitaszerű) csövön, és így a levegő nyomása jelentősen csökken. Hatékonyan csak expanziós terekkel együtt volt érdemes használni.

Minél hosszabb a diffúzor és minél nagyobb a nyílásszöge, annál nagyobb a diffúzor helyi-ellenállás-tényezője ( $\zeta$ ). Körülbelül 10 fokos diffúzornyílásszög fölött már a mozgó légtömeg úgynevezett leváláson megy keresztül, amely jelentősen rontja a hatásfokát, tehát esetünkben

<sup>19</sup> A talaj és közetkörnyezetben lévő csurgalékvizek elvezetésére szolgáló vízvezetékrendszer.

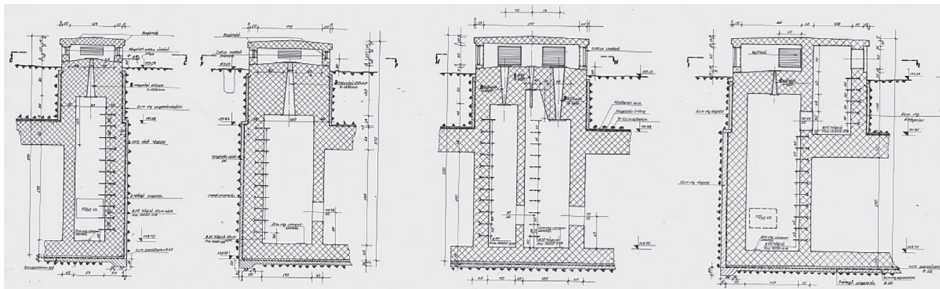


jelentősen növeli a nyomásvesztéséget, amely óvóhelyek esetében hasznos. Megjegyzem, hogy kis lyukon kiáramló levegőnél is ugyanez a folyamat játszódik le.



30. ábra. Diffúzor és expanziós kamra a LOSK 0101/1 (ma Sziklakórház) egyik légbeszívójánál

Forrás: FÖMTERV



31. ábra. Diffúzorok és expanziós kamrák kialakítása a SZLOK-létesítményben

Forrás: FÖMTERV

Ma már egyáltalán nem alkalmazzák a diffúzorokat, hiszen az expanziós terek ugyanúgy megfelelnek e célra. Belátható, hogy a szűk lyukon kiáramló, 10-11 fokos nyílású kúpban szétterjedő lökőhullám diffúzor nélkül is ugyanúgy viselkedik, tehát használatának nincs értelme, mindössze a költségeket és a helyszükségletet növeli. Előnye talán abban jelentkezett, hogy egy egyenes

nyomóhullámot kaptunk a belső oldalán, illetve súrlódása révén egy plusz veszteség is előállt benne. Ma már az expanziós terek teljes mértékben kiváltották ezeket.

## Lavallcsövek

A lavallcsövek rideg, törékeny öntöttvasból vagy kavart vasból készült csövek voltak (32. ábra). Az óvóhelyeknél a gáznemű anyagok (levegő, égéstermékek) szállítására alkalmas beszívói és kiodobói készültek ebből. Különleges szerepük az volt, hogy sérülésük esetén nem alakváltoztak, nem horpadtak, hanem ridegen törtek és így nem zárták le az áramlás útját. Bár a cső sérült, mégis a légmozgás (például a kipufogógázok) távozása megoldott maradt.

Ma már ezeket nem használjuk, hiszen sokkal modernebb megoldások állnak rendelkezésünkre.



32. ábra. Lavallcső kipufogóvezeték a Sziklakórháznál a budai Várban lévő Uri utca egyik ház homlokzata mellett

*Forrás: a szerző felvétele 2004. június 30-án*

## Védett közművek

Minden nagy védőképességű védett létesítmény bármennyire igyekszünk, hogy képes legyen az autonóm üzemmódra, mindig rendelkezik külső közműkapcsolatokkal. Ezek nélkül a létesítmény nem üzemképes. A kapcsolatok lehetnek kábelátvezetések vagy csőátvezetések.

Ezeket úgy kell kialakítani, hogy:

- ne csökkenjen a létesítmény védőképessége (egyen teherbírás),
- ne csökkenjen a létesítmény hermetizációs képessége,

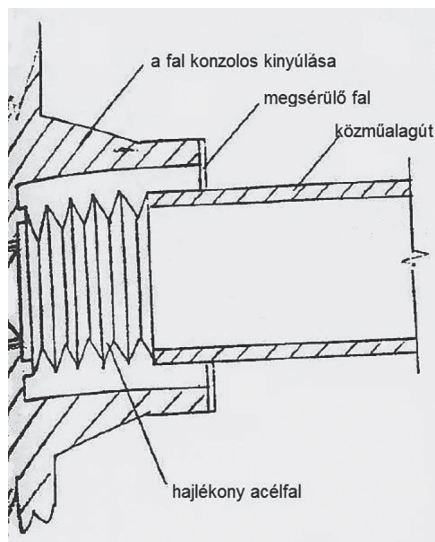
- ne csökkenjen a létesítmény vízszigetelő képessége,
- nem engedhető meg a lökőhullám hatásának bejutása a belső térbe és az ott lévő berendezésekhez,
- a közműcsatlakozás ne sérüljön meg az építmény elmozdulása esetén,
- lehetőség legyen az üzemeltetésre, hozzáférésre, cserére, javításra.<sup>20</sup>

A védett közműátvezetések között két igen bonyolult megoldható is van: az egyik a szennyvízcsatlakozás a másik pedig a drénrendszer átvezetése.

Legtöbb esetben a közműcsatlakozások úgynevezett kábelcsatornában vagy közműalagútban futnak, és ezekkel a műtárgyakkal kapcsolódnak a védett létesítményhez. Így elkerülhető a talajjal való közvetlen érintkezés, illetve a karbantartás, javítás is sokkal gyorsabb és egyszerűbb. A legtöbb esetben ezeket a kábel- és közműcsatornákat, alagutakat a létesítménytől dilatálva alakítják ki, hogy azok el tudjanak mozdulni a talajmozgás hatására. (Különben olyan jelentős feszültségek lépnének bennük fel, amelyeket nem képesek elviselni, a szerkezetek tönkremenének, eltörnének.) A legjobb megoldás mégis a flexibilis (mozgásra képes), de ezzel együtt nagy szilárdságú kapcsolatok, bár ezek általában jóval bonyolultabb kivitelűek.

## Kábelátvezetések

A kábeleket lazán kell fektetni, hogy képesek legyenek a mozgásra (33. ábra).

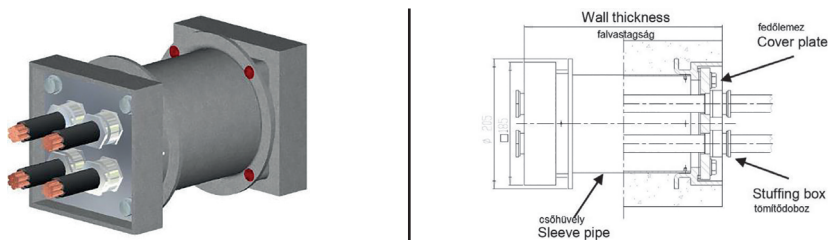


33. ábra. Javasolt flexibilis köz-műalagút-kapcsolat a létesítmény határolófalánál

Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 46.

<sup>20</sup> Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 22.

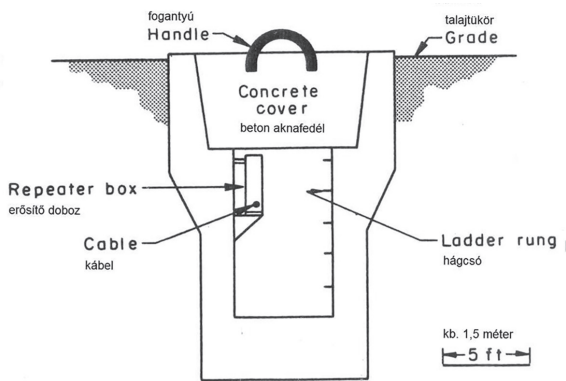
Falakon történő kábelek átvezetésére néhány cég gyárt úgynevezett kábelátvezető hüvelyeket. Ilyen megoldás például a finn Temet cég Wall Sleeve SJ-150 gyártmánya (34. ábra). Ez egy falba betonozandó acélcsőből és két rácsavarozható, többféle kábelképpel rendelkező laposacélból áll. A kábeleket a két utólag felcsavarozandó laposacélon kell átvezetni és a kábelek körüli szorítócsavarokkal lehet a kábelek körüli réseket gáztömörré tenni. A kábeleket mindkét oldalon a bevezetése környezetében lazán, ívesen kell vezetni, hogy a talaj- és szerkezetmozgások következtében ne szakadhassanak el.



34. ábra. TEMET SLEEVE SJ-150 kábelátvezető hüvely

*Forrás: [www.temet.com/uploads/pdf/Esitteet\\_vienti/TEMET\\_WALL\\_SLEEVE\\_SJ-150%20V00082-B.pdf](http://www.temet.com/uploads/pdf/Esitteet_vienti/TEMET_WALL_SLEEVE_SJ-150%20V00082-B.pdf) (A letöltés dátuma: 2016. 02. 12.)*

Természetesen a várható rombolási területen belül elhelyezkedő, de a létesítményen kívül lévő közműveket is védeni kell. Az alábbi, 35. ábrán a kábelvezetékek erősítői és karbantartása, cseréje számára készülő hírközlő kábelakna vázlatos rajza látható.

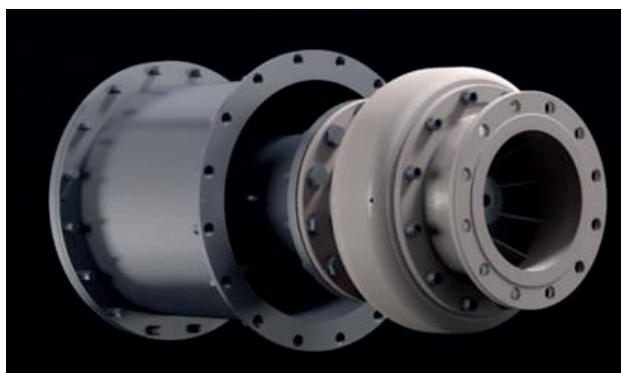


35. ábra. Megerősített hírközlési akna kialakítása

*Forrás: O'SULLIVAN 1961, 78.*

## Gázz szállító közművek átvezetése

Ezekbe a csővezetékekbe kompenzátorokat kell építeni. Gázz szállító csővezetékek falakon, födémeken történő átvezetésére is találunk gyártmányokat. Például a Temet cég gyártmányai között nemcsak szellőzőcsövek átvezetéseihez találhatunk különböző gyártmányokat, hanem dízel-gépcsoportok forrófüstgáz-kivezetéséhez is. A 36. ábrán magas hőmérsékletű (max. 650 °C-os) gázok kivezetéséhez ajánlott szerelvény látható pillanatzárral.



36. ábra. TEMET magas hőmérsékletű gázok átvezetésére alkalmas hüvely falakhoz

*Forrás: [www.temet.com/shelters/shelters\\_products/exhaust-blast-valves-and-vent-pipe-valves/](http://www.temet.com/shelters/shelters_products/exhaust-blast-valves-and-vent-pipe-valves/) (A letöltés dátuma: 2020. 05. 20.)*

## Folyadékszállító közművek átvezetése

A csatornarendszerbe flexibilis szakaszokat kell kialakítani. A védett átvezetés folyadékközvetítő közművek esetén jóval bonyolultabb és nehezebben megoldható. Itt arról is gondoskodni kell, hogy a folyadék (víz, csurgalékvíz, szennyvíz) közben szabadon tudjon áramolni.

Hazai és külföldi tapasztalataim alapján általánosságban elmondható, hogy ezeket a közműveket a mérnökök igen nehezen tudják megfelelően védeni a lökéshullám hatásaitól.

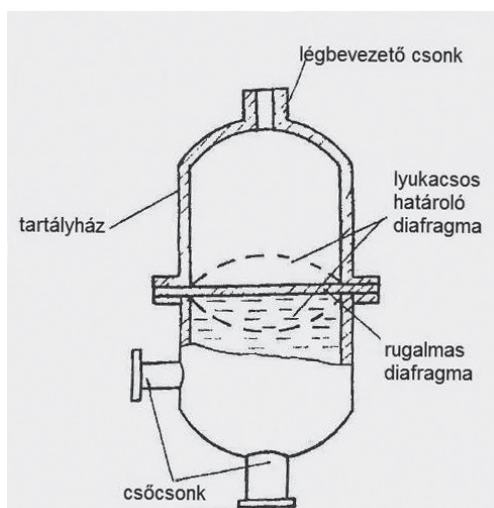
Napjainkban (lévén arra a kereslet gyakorlatilag nulla) sajnos ilyen előregyártott szerkezeti elemeket, megoldásokat egyik gyártó sem kínál. A tervezőmérnököknek maguknak kell megtervezniük minden tervezési követelménynek megfelelő kapcsolati rendszert, amelyet egyedileg kell legyártani, kivitelezni.

Egyszerűbb (nem kiemelt) létesítmények esetén szóba jöhet a zárt rendszerű szennyvíztároló létesítése és abból a szabadba szakaszosan szivattyúval történő eltávolítása. Nagyobb fontosságú létesítmény esetén az állandó üzemeltetést meg kell oldani bármikor érkező hatással szemben. Ezekben a csővezetékekben a terhelés hatására hidrodinamikai túlterhelés léphet fel.

A bejutó nyomás csökkentése több módon történhet:

- hidraulikus tágulási (gyűjtő) tartállyal,
- a folyadék egy részének a rendszerből való kiengedésével,
- a védett rendszer elválasztásával a károsító hatástól.<sup>21</sup>

Az első lehetőség, hogy részben összenyomható gázzal (levegővel), részben folyadékkal töltött tartályban gyűjtik a folyadékot. Ezeket légüstöknek is nevezzük (37. ábra). A benne lévő levegő gyakran sűrített levegő. A folyadék tartályba történő áramlásával a levegő összenyomódik és így megvédi a csőhálózat többi részét a túlzott nyomások kialakulásától. A megfelelő levegő- és folyadékegyensúly fenntartáshoz sűrített levegőt kell a tartály felső részébe juttatni. Tanulmányosorozatomban második, már megjelent részében részletesen írtam ezekről, amelyek egyben a gáztömörséget is biztosítják a folyadékközművek számára.

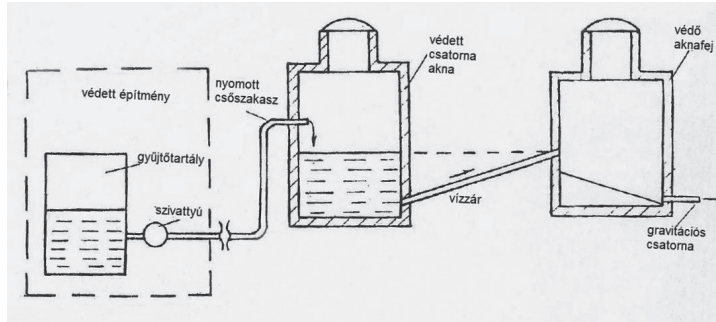


37. ábra. Hidraulikus tágulási tartály (légüst)

*Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 49.*

Hasonló kialakítású a hidraulikus tágulási kamra, de itt a benne lévő levegő nyomása mindössze a légköri nyomás. Ezek alkalmazása akkor javasolt, ha valahol folyadékkár is van a rendszerben. A 38. ábrán egy szilárd részeketől mentes szennyvízkivezetésre jól alkalmazható komplex rendszer látható folyadékkzárral, tágulási kamrával.

<sup>21</sup> *Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 22.*



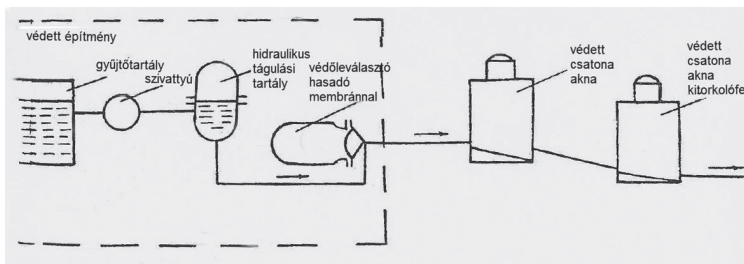
38. ábra. Szennyvízkivezetés védelmi vázlata hidraulikus tágulási kamrával

Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 49.

A második lehetőség a nyomás hatására a folyadék-közműből a felesleges folyadék eltávolítása különleges szelepek vagy úgynevezett szakadómembrán segítségével történik. Ezek úgy működnek, hogy a túlnyomás hatására kinyitnak vagy szakadnak és a lyukon keresztül a folyadék távozik. A szakadómembránok hátránya, hogy egyszer használatosak.

Harmadik és egyben egyszerűbb lehetőségek a tolózárak, amelyek elektronikus vagy kézi módszerrel történő teljes zárást tesznek lehetővé. Viszont, mivel általában nem tudjuk, hogy a káros külső hatás mikor várható, így nincs ezek zárására idő. Az állandóan üzemelő folyadék-közművek védelmét minden időszakban meg kell oldani.

Talán legmegbízhatóbb és ismétlődő behatásnál is használhatók a pillanatzárak. Ezek hasonlóak a tanulmány-sorozatomban, második, már megjelent részében ismertetett gázlégelzáró pillanatzárakhoz. Például jól használható a védőcsappantyú. Viszont hátránya, hogy mint minden pillanatzár, tehetetlensége folytán relatív lassan (de magától, a hatásra válaszolva) zár. Az áthatoló nyomáshullám csillapítására természetesen javasolt tágulási kamrákkal kombinálni. A 39. ábrán egy szilárd részeket is tartalmazó komplex és kombinált szennyvízkivezetés vázlata látható.



39. ábra. Kombinált szennyvízkivezetés védelmi vázlata

Forrás: Légellátó szakaszok védelmi berendezései, közműcsatlakozások 1986, 51.



Kémények és kipufogók léglökésvédelméről a tanulmány sorozat előző (régebben megjelent) részeiben már volt szó. Mindössze annyival egészíteném ki, hogy ezeknél is alkalmazzák az expanziós tereket a pillanatzárak előtt és után célszerűen azért, hogy a terhelő nyomást csökkentsék. A legtöbb esetben a kábeleket és csöveket rugalmasan ágyazva alakítják ki, hogy a rájuk ható ütőhatást csökkentsék. Minden nagy védőképességű létesítménynek rendelkeznie kell saját vízellátással. Ezt Magyarországon szinte kivétel nélkül saját kúttal oldották meg. Ezek a kutak védett kutak, amelyeket ugyanúgy meg kell védeni a külső hatásoktól, mint a létesítményt, pedig gyakran azokon kívül, azoktól távol helyezkednek el. Ráadásul a kutak idegenek általi hozzáférést is meg kell akadályozni. A kutak és a létesítmény között olyan csővezetékkel kell kialakítani (gyakran földalatti közműfolyosóban vezetve), amelyben a csövek védve vannak.

## Fejlesztési irányok

A fent bemutatott megoldások alapján a különböző külső kapcsolati járatok (kitorkolófejek, légbeszívók, bejárati alagutak, légbeszívó és légkidobó járatok, stb.) szerkezeteinek alakját, arányait megváltoztatva igen hatékonyan lehet a belső tér felé haladó lökőhullám túlnyomását módosítani, csökkenteni.

Bár úgy tűnhet, hogy az óvóhelyek eddigi, körülbelül 80-90 éves fejlesztési időszakában már sokféle ilyen megoldást kitaláltak, de ez még nagy lehetőségek előtt áll két ok miatt is. Az egyik az, hogy ilyen aerodinamikai fejlesztések esetén akár kisebb geometriai módosítások hatására is nagymértékű, előnyös változásokat lehet elérni. Továbbá ha kihasználjuk a számítógépek adta lehetőségeket, akkor megfelelő szoftverekkel bonyolult geometriai kialakítású szerkezeteket is képesek leszünk modellezni és vizsgálni. Azokat tudjuk majd optimalizálni, esetünkben minél nagyobb aerodinamikai ellenállásúvá tenni. Például a 13. és 14. ábrán látható lőfegyver hangtompítójában lévő nyomáscsökkentő cellák és bordák alkalmazása javasolt lenne óvóhelyek expanziós tereiben is. Továbbá ezek alapján hasonló, nagy hatékonyságú nyomáscsökkentő kialakításokat lehetne kifejleszteni szoftveres támogatás segítségével.

Mint láthattuk, a nagyon kicsi átmérőjű csövekben végighaladó lökőhullám túlnyomása nagyon gyorsan csökken. Ebből következik, hogy talán érdemes lenne megvizsgálni, hogy olyan légbeszívó rendszereket fejlesszünk, amelyek vastag falakban elhelyezett sok, nagyon kicsi átmérőjű párhuzamos csőből álljanak. Működőképes verzió lehetne, de nagy hely és anyagigénye miatt egyáltalán nem gazdaságos. Továbbá nemcsak lökőhullám esetén csökkenené a belépő levegő energiáját, hanem békeidőben, általános gépi, ventilátoros szellőztetés esetén is, amely az üzemeltetési költségek miatt nem gazdaságos. Hatékonyabb megoldások a pillanatzárak, amelyek a nyomóhullám hatására „önműködően” bezáródnak.

Szinte biztos, hogy a nyomáscsökkentésre szolgáló iránytörések a folyosók esetén a jövőben is megmaradnak, bár szerepük csökkenni fog, hiszen a nyílászárók egyre nagyobb túlnyomást képesek elviselni és az építési költségek is alacsonyabbak, ha ezek el tudnak maradni. Továbbá

a létesítmények használata is könnyebb ezek nélkül. Viszont tartószerkezeti okokból továbbra is javasolt minél több iránytörés beépítése a folyosórendszerekbe. Sőt, javasolt minden iránytörésnél a folyosószakaszok kismértékű (néhány m-rel való) továbbvezetése, hogy ezzel is csökkenthető legyen a nyomásszint.

Továbbra is javasolt a bejáratok előtt úgynevezett védőfalak építése. Ezek a lökőhullám közvetlen hatása ellen védik a bejáratot. IV. osztályú vagy nagyobb védőképességű óvóhelyek esetén a bejáratra ható túlnyomást csökkentik, a lökőhullám hatásidejét elnyújtják.

Az is biztosra vehető, hogy az expanziós kamrák még hosszú ideig meg fognak maradni a nagy védőképességű védett létesítményekben, hiszen egyelőre nem tudjuk azokat mással hatékonyan kiváltani.

Felvetődhet esetleg, hogy a szerkezetek és nyílászárók belső síkjára olyan vastag, puha és rugalmas bevonat kerüljön, ami a nyomóhullám energiájának egy részét elnyeli. Ehhez hasonló, de teljesen más funkciójú bevonattal találkozhatunk Helsinkiben az egyik kétfunkciós, kőzetbe vájt mélygarázsban (lásd tanulmányosorozatomban előző, már megjelent részemben). Ehhez hasonló a napjainkban gyártott harckocsik szendvicsszerkezetű páncélzata. Igazából ez egy folytonos, felületi amortizátor.

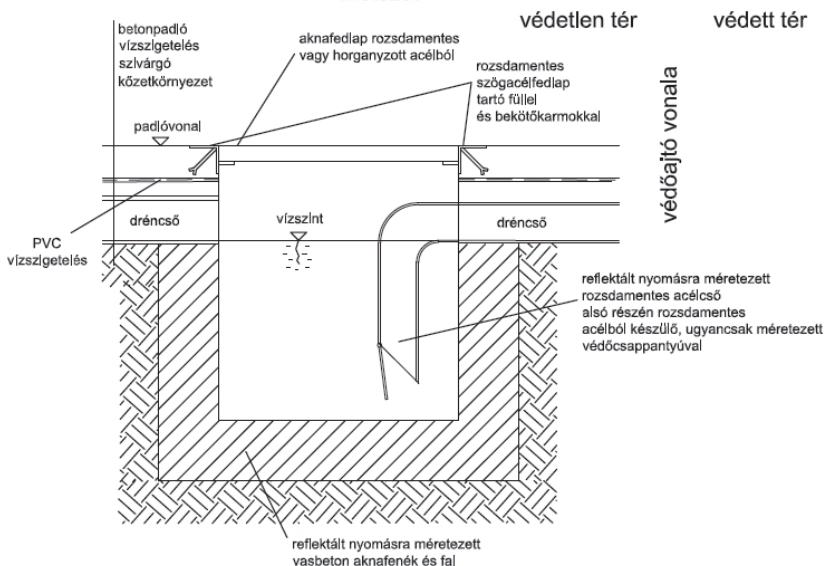
Azokat a szerkezeti megoldásokat, amelyek nem biztosítanak teljes elzárást a léglökéshullám ellen, már ma sem használjuk. A feltételeknek (részben) a pillanatzárok felelnek meg. Mivel tehetetlenségük miatt ezek „lassan” záródnak és így a lökőhullám egy része mögéjük jut, így a jövő mérnökeinek feladata ezt a hatást kiküszöbölni vagy jelentősen csökkenteni.

Kijelenthető, hogy a nagy védőképességű védett létesítmények egyik (ha nem a legnagyobb) kockázati tényezője az elzárkózott, de szűrt szellőzéssel is üzemelő (II. üzemmód), működőképes külső kapcsolatok léglökés elleni megfelelő védelme. Belátható, hogy amennyiben ilyenek nem lennének, akkor a létesítmények sérülésének a kockázata sokkal kisebb lenne. A jövő az lehet, hogy a tengeralattjárókhoz és űrhajókhoz hasonlóan a légellátást és mérgező gázok megkötését belső zárt rendszerben oldjuk meg. Ilyen technológiák már léteznek, de óvóhelyi használatukat tudomásom szerint még nem próbálták ki. (Bár tudjuk, hogy az ilyen jellegű kísérletek bárhol a világon titkosak lennének és nem biztos, hogy értesülnénk róla.) Lehetséges, hogy óvóhelyek esetén e drága és nem elterjedt technológia használata nem lenne gazdaságos.

A közműveket (kábel- és csőátvezetéseket) természetesen továbbra is gázzáro átvezetésekben keresztül, elmozdulást biztosító módon kell kialakítani. Ezekre sok óvóhelynél láthatunk különböző egyedi megoldásokat, amelyeket az ott dolgozó mérnökök terveztek meg.

A nehezen megoldható folyadékátvitelű közművek (például drénrendszer) léglökés elleni védelmére esetleg megfelelő megoldás lehet a vízzel telt nagyobb méretű akna, amelybe „L” alakú cső nyúlik be. Az alsó végére rozsdamentes védőcsappantyút javasolt szerelni. Így a csőben végigrohanó lökőhullám beérve az expanziós térként is funkcionáló, részben vízzel teli aknába, csillapodik. A vizet igyekszik lenyomni és belenyomni a lefele álló „L” alakú csőbe, de ha azon van egy védőcsappantyú, akkor le fog zárni. Gyakori ellenőrzés és karbantartás mellett sem biztos, hogy a korrozív és szennyezett környezet miatt élettartama során végig képes a feladatát ellátni.

## LÉGLÖKÉSVÉDETT DRÉNTISZTÍTÓ AKNA TÍPUSKIALAKÍTÁSA metszet



40. ábra. Drénrendszer lökésvédelmének lehetséges megoldása védett tér határa előtt (vázlat)

*Forrás: a szerző terve*

## Összefoglalás

Jelen cikkben igyekeztem a nagy védőképességű védett létesítmények külső kapcsolati járatainál (ki- és bejáratainál, légbeszívó és légkidobó, illetve közműkapcsolatainál) használatos, léglökésből származó energiaelnyelő rendszereket bemutatni. Ezek között voltak a kitorolófejek, a tört vezetésű vonalas létesítmények, a földkutak, a kavics-nyomáscsökkentők, az expanziós terek, a diffúzorok, a lavallcsövek és a védett közművek. Látható, hogy a fejlesztések során a tervezők a kor legkorszerűbb vívmányait használták fel ezekhez a magas műszaki színvonalat képviselő és különleges igénybevételeknek kitett szerkezetekhez.

Megjegyzem, hogy az 1970-ben kiadott *A III. -IV. -V. osztályú védőképességű óvóhelyek tervezése és méretezése* című műhöz képest furcsa módon az 1993-ban kiadott *Életvédelmi létesítmények tervezése* című műszaki irányelvben mind a belépési tényezők, mind pedig a derékszögű iránytöréseknél megadott csökkentő tényezők rendre 15-20%-kal magasabbak. Ennek magyarázatára nem sikerült választ találnom. A tanulmány végén a várható fejlesztési irányokat is megpróbáltam megjósolni.

A tanulmány sorozat első részében közölt táblázatban szereplő további különleges műszaki megoldások részletes bemutatását a *Műszaki Katonai Közlöny* következő számaiban szeretném közzé tenni.

## Felhasznált irodalom

- A III.-IV.-V. osztályú védőképességű óvóhelyek tervezése és méretezése* (1970). Budapest, Polgári Védelem Országos Parancsnoksága.
- Csőtorkolatok léglökésvédelme* (é. n.). Budapest, Zrínyi Nyomda. (orosz kiadvány fordítása, szerző és kiadás dátum megjelölése nélkül)
- Életvédelmi létesítmények tervezése: Óvóhely épületgépészeti előírások (műszaki irányelv) MI-04-260-5 1993. szeptember 16.
- Életvédelmi létesítmények tervezése: Óvóhely tartószerkezetek, méretezési előírások (műszaki irányelv) MI-04-260-4 1993. szeptember
- FEKETE Iván – MENYHÁRT József (1975): *A légtechnika alapjai*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó.
- Forster Központ Építési Geotechnikai Adattár gyűjteményéből.
- FÖLDI Ferenc (2016): *A hazai nagyteljesítményű mesterlövész és rombolópuskák fejlesztésének története és műszaki problémái*. 2016. 02.15-én a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájában elhangzott előadás. (Az előadás ppt formátumú változata a szerző birtokában.)
- FŐMTERV (Fővárosi Mélyépítési Tervező Intézet) volt TÜK tervek és irattár anyagaiból. (1024 Budapest, Lövéház utca 37.)
- KAGRA létesítmény tervtára (T3f1, azaz 3-as tartózkodó felső szint 1-es szoba) és kavics-nyomás-csökkenetű.
- Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd – Instakon Oy: Kalliosuojien Suunnittelu-Ja Rakentamisopas, Espoo 2008.
- NAGY Róbert (2012): Robbanásterhek közelítő felvétele. *Repüléstudományi Közlemények*, 24. évf. 2. sz. (Különszám.) 80–96.
- O'SULLIVAN, John J. szerk. (1961): *Protective Construction in the nuclear age*. Proceedings of the Second Protective Construction Symposium, Santa Monica, CA.
- RAJAJÄRVI, Pekka (2016): *Väestönsuojien rakentamisen historia ja käsikirja 1927–2016*.
- Schüller és Társai Építésziroda Kft. által készített alaprajz 2016. februárban.
- SZÉNÁS László (1944): Alagútóvóhelyek. *Légoltalmi Közlemények*, 05. 15.
- TÓTOK Dávid (2019): *Földalatti óvóhelyek létfenntartó képességei*. Szakdolgozat. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- Utasítás légoltalmi óvóhelyek létesítésére, Belügyminisztérium kiadványa, Budapest, 1951.

## Internetes források

- Az egykori Jugoszlávia titka 280 m-rel a föld alatt* (2013). Elérhető: [www.balkanimozaik.blog.hu/2013/12/05/az\\_egykori\\_jugoszlavia\\_titka\\_280\\_meterrel\\_a\\_fold\\_alatt%3flayout=5](http://www.balkanimozaik.blog.hu/2013/12/05/az_egykori_jugoszlavia_titka_280_meterrel_a_fold_alatt%3flayout=5) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 12.)
- Exhaust blast valves and vent pipe valves*. Elérhető: [www.temet.com/shelters/shelters\\_products/exhaust-blast-valves-and-vent-pipe-valves/](http://www.temet.com/shelters/shelters_products/exhaust-blast-valves-and-vent-pipe-valves/) (A letöltés dátuma: 2020. 05. 20.)
- Genbank és növényi diverzitás központ – Balogh Boglárka diplomaterve* (2013). Elérhető: [www.epiteszforum.hu/genbank-es-novenyi-diverzitas-kozpont-balogh-boglarka-diplomaterve1](http://www.epiteszforum.hu/genbank-es-novenyi-diverzitas-kozpont-balogh-boglarka-diplomaterve1) (A letöltés dátuma: 2016. 01. 05.)
- Osprey 9mm*. Elérhető: [www.youtube.com/watch?v=RIUZeCGQeg](http://www.youtube.com/watch?v=RIUZeCGQeg) (A letöltés dátuma: 2019. 08. 24.)
- Rifle suppressor CFD*. Elérhető: [www.youtube.com/watch?v=F\\_x4fDtraTk](http://www.youtube.com/watch?v=F_x4fDtraTk) (A letöltés dátuma: 2019. 08. 24.)
- TEMET Sleeve SJ 150*. Elérhető: [www.temet.com/uploads/pdf/Esitteet\\_vienti/TEMET\\_WALL\\_SLEEVE\\_SJ-150%20V00082-B.pdf](http://www.temet.com/uploads/pdf/Esitteet_vienti/TEMET_WALL_SLEEVE_SJ-150%20V00082-B.pdf) (A letöltés dátuma: 2016. 02. 12.)