

ÚJ FILOZÓFIA A KITÖRÉSVÉDELEMBEN, A WELL BARRIER RENDSZER

SZABÓ TIBOR, PHD

Olajmérnöki Intézeti Tanszék, egyetemi docens
Miskolci Egyetem, Kőolaj és Földgáz Intézet, Miskolc, Egyetemváros
oljszati@uni-miskolc.hu

Absztrakt. Öt évvel ezelőtt világszerte az egyik vezető hír volt a híradásokban egy hatalmas, mexikói öbölbeli kitörés elhárításának eseményei. Mindenki érdeklődve figyelte az újabb és újabb technikák bevetését a kiömlő olaj útjának elzárására. A Macondo 252-es fúróluk kitörése és az azt követő olajszennyezés jelentős hatással volt iparágunkra, sok változást hozott. Ez a cikk például a fúrólukak biztonságos egyensúly megtartását szolgáló eszközök azóta átgondolt rendszerét mutatja be.

Kulcsszavak: *well barrier rendszer, kitörésvédelem*

1. BEVEZETÉS

A kialakult fúrési gyakorlatban egy-egy kitörésveszélyes szituációra gondolván elfogadott megközelítés az volt, hogy az elsődleges kitörésvédelmet a fúrési folyadék hidrosztatikus nyomásával (sűrűségével) biztosították, míg az úgynevezett másodlagos kitörésvédelmet a kitörésgátló rendszer jelentette. Ha ezekkel a kitöréseket nem lehetett megakadályozni, akkor más módszereket kellett alkalmazni, és azokat már harmadlagos elemnek neveztük. A Macondo 252-es fúróluk és több hazai kút kitörése is rávilágított arra, hogy a nem kellőképpen átgondolt zárási lehetőségek könnyen kitörésekhez vezethetnek. A mexikói öbölbeli kitörés okainak feltárását követően az amerikai és a nemzetközi olajipar jelentősen átalakult, jellemzően szigorodtak az engedélyezési szabályok, új, a biztonságra fókuszáló hivatalok és szervezetek alakultak, és különösen tengeri fúrások esetében, nagyon kemény feltételek mellett lehet folytatni a kutatási tevékenységet. Indokolt volt a zárási lehetőségek áttekintése is, ezt az alaposan átgondolt well barrier rendszert mutatja be ez a cikk [1].

2. A BARRIER MEGHATÁROZÁSA

Nagyon fontos megérteni és meghatározni a fúrólukak záró eszközeinek, a veszélyes beáramlások ellen védő „gátaknak” – azaz a barriereknek a természetét, fúrás, magfúrás és a kiépítések során való alkalmazásuk filozófiáját, fontosságát. Egy barrier olyan eszköz, amely állhat akár több összefüggő eszközből, amely alkalmas a folyadékok vagy gázok egy formációból a felszínre vagy más formációba való áramlásának megakadályozására.

A kút barrier rendszer elemei fúrás, magfúrás és kiépítés alatt a következők lehetnek [2]:

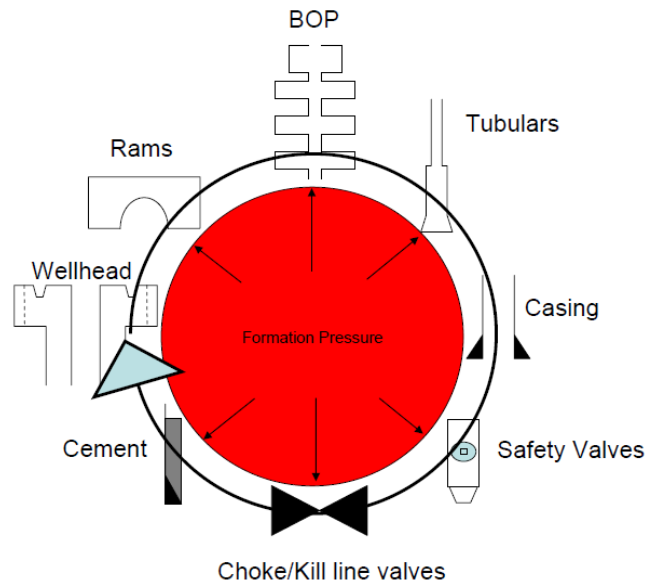
1. folyadékok,
2. béléscső és cementpalást,
3. fúrószerszám,
4. fúrási, vitla, CT, kútjavítási kitörésgátlók,
5. csőfej,
6. mélyben ültetett termelőcső dugó,
7. termelési packer,
8. beépített biztonsági szelep,
9. kútkiképzési rakat/szerelvény,
- 10.10.termelőcső akasztó.

A kút barriereket a munkálatok megkezdése előtt meg kell határozni, hogy azok a munkálatok idején rendelkezésre álljanak, de eszközök esetén az átvételi feltételeket is előre rögzíteni kell. A kiválasztás szempontjai:

- Az elsődleges barrierék zavarmentes fúrási műveletekben.
- Meg kell határozni a másodlagos barrier elemeket.
- A barrierék ellenőrzésének tartalmi követelményei.

Egy elsődleges barrier az az első eszköz vagy „gát”, amely megakadályozza, hogy egy térből nem kívánt beáramlás történjen, például az öblítő iszap, amely megakadályozza, hogy a formációból kőolaj, földgáz vagy víz lépjen be a kútba. Ez legtöbbször folyadék barrier, hiszen a kutat feltöltő folyadék hidrosztatikus nyomásának nagyobbak kell lenni, mint a formáció nyomása.

A másodlagos barrier lehet az az alkalmas eszköz, amely megakadályozza, hogy a rétegfluidum a felszínre áramoljon.



1. ábra

Barrier elemek fúrás közben, Forrás: [2]

Néhány barrier elem fúrás közben:

- Fúrószerszám-tubulars.
- Béléscső-casing.
- Biztonsági szelep (safety valves) pl. Kelly-csap.
- Távirányítású kitörésvédelmi fúvóka(k)/ a lefúvató és a lyukmegőrlő vezetékek tolózárai – choke/kill line valves.
- Cement palást-cement.
- Csőfej-wellhead.
- Kitörésgátló betétek-rams.
- Kitörésgátló – BOP.

Barrier elemek és a járulékos eszközök

A barriernek néhány fontos elemet kell tartalmaznia, hogy megbízható, elfogadható legyen.

- A kitörésgátlónak sokféle alkatrészt és járulékos eszközt (pl. ellenőrző rendszert, hidraulikus működtető egységet) kell biztosítani, hogy azt barrierként el lehessen fogadni. A kitörésgátlót ezért egyedi barriernek kell tekinteni.
- A kitörésgátló rendszer akár csak egyetlen pontjában bekövetkező hiba (pl. a csőfej/kitörésgátló csatlakozás hibája) esetében a kitörésgátló már nem lehet barrier.
- A járulékos eszközök (pl. az ellenőrző rendszer vagy a kitörésgátló hidraulikus működtető) rendszere is olyan kritikus biztonsági rendszer, mint maga a kitörésgátló.

A barrierék elfogadhatóságának feltételei

A barrier elfogadhatóságának szempontjait technikai és működési feltételek alapján kell meghatározni, hogy biztosan megfeleljen a tervezett igényeknek és kielégítsék a biztonsági követelményeket.

A barrierék szükséges száma és funkciója

A barrierék funkciói egyértelműen meghatározhatók. Alaphelyzetben legalább egy barriernek kell lenni egy akármilyen funkciójú kútban, és bármilyen tevékenység is folyik a kútban. Tehát ez egy időlegesen lezárt vagy véglegesen felhagyott kút esetében is érvényes követelmény, ahol olyan nyomáskülönbség van, melynek hatására ellenőrizhetetlen átfejtődés alakulhat ki a kútban megnyitott eltérő nyomású formációkba.

Legalább két barriernek kell rendelkezésre állnia egy fúrólyukban, bármilyen tevékenység folyik, vagy bármilyen műveletet végeznek, még az időszakosan vagy véglegesen lezárt kutakban is, ahol olyan nyomáskülönbség áll fenn, melynek hatására ellenőrizhetetlen kiáramlás (kútkitörés) léphet fel a felszínre, a külső környezetbe.

3. EGY KITÖRÉSGÁTLOVAL MINT BARRIERREL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A kitörésgátló egységet mint egy eszközcsoportot kell figyelembe venni, ami magába foglalja a csőfej-csatlakozást, a fűrési kitörésgátlókat, a lyukelfojtó és a lefúvató vezetéket és a szerelvényeiket is, a lefúvató fúvókát, a kitörésgátló működtető egységet, tartálszintjelzőt, gázérzékelőt, valamint a kifolyóintenzitás-érzékelőket, melyek lehetővé teszik a gázdugó belépésének érzékelését és szabályozott kiöblítését.

A kitörésgátló rendszer képes kell legyen a másodlagos nyomás ellenőrzés biztosítására, továbbá megfelelő furatátmérővel kell rendelkezzen, amely lehetővé teszi a nagy átmérőjű fűrőszerszám beépítését, ekkor nagy nyomáshatárú kitörésgátlók alkalmazása válhat szükségessé. A kitörésgátló olyan kimenő öblítőnyílással kell rendelkezzen, hogy a lezárt kitörésgátló mellett is biztosítson öblítési lehetőséget. Négyperemes közdarab felszerelése esetén a kimenő öblítőnyílás biztosított, más esetekben a kitörésgátló oldalsó nyílásán keresztül lép ki a visszatérő folyadékáram. Az összes kívánalomnak megfelelő kitörésgátló rendszer általában többrészes kitörésgátló rendszer.

Természetesen nem minden kitörésvédelmi eszköz nagy és nehéz, mint a kitörésgátló rendszer, de növekvő nyomáshatárok esetén az eszközök egyre zömökebbek, összetettebbek, csökkentve ezáltal hibás működtetésükkel kapcsolatos problémák jelentkezését. A fűrési személyzet minden tagja számára természetes legyen az eszközök ismerete, valamint legyen tájékozott azok működési korlátairól.

Funkcióval kapcsolatos követelmények

A csőfej-csatlakozó meg kell hogy akadályozza a kútfluidumoknak a kútból a környezetbe való kiáramlását, és megbízható, mechanikus kapcsolatot kell biztosítani a kitörésgátló és a csőfej között. A kitörésgátló funkciója, hogy lehetőséget biztosítson a kút lezárásához, és zárást kell biztosítani akkor is, ha nincs, és akkor is, ha van szerszám a kútban.

Tervezéssel, gyártással, kiválasztással kapcsolatos követelmények

- 1) A fűrési kitörésgátlókat szabvány szerint kell gyártani!
- 2) A kitörésgátló nyomás fokozatának – a kútelfojtások miatt – biztonsággal nagyobbak kell lenni, mint a várható max. kútfelnyomás!
- 3) Dokumentumokkal kell bizonyítani, hogy a vágó/tömítő betét el tudja vágni a fűrőcsövet, a termelőcsövet, a vitla huzalt, a CT-rakatot vagy más beépített szerszámot, és vágás után biztosan lezárja a kútat. Ha ez a gyártó részéről nincs dokumentálva, kvalifikációs tesztet kell végezni és azt kell dokumentálni!
- 4) Ha el nem vágható eszközt építenek a kútba, akkor minimum egy olyan csőre záró vagy egy gyűrűs kitörésgátlót kell biztosítani a rendszerben, amely képes a nem elvágható eszköz körüli gyűrűsteret lezárni.

- 5) Ha többféle méretű fúrócsövet építenek be, akkor minden csőméretre külön-külön alkalmas rúdra záró kitérésátgátlókat kell alkalmazni. A változó méretű csőre záró betét felfüggesztő terhelhetősége megfelelő kell legyen.
- 6) A legalsó kitérésátgátló alatt egy olyan csatlakozást is biztosítani kell, ami végső megoldásként bizonyos esetekben használható lyukelfojtásra, pl. bull-heading alkalmazásakor!
- 7) Nagy hőmérsékletű, nagynyomású kutak esetében (HTHP) biztosítani kell a nyomások és a hőmérséklet biztonságos távolságból való leolvashatóságát.

Használattal kapcsolatos követelmények

A fúrási kitérésátgátló elemeit a kitérésvédelmi utasításban leírtak szerint kell működtetni!

4. A BARRIEREK ZÁRÁSI ÉS MŰKÖDÉSI VIZSGÁLATÁNAK DOKUMENTÁCIÓJA

A vizsgáló nyomás iránya

A nyomást az áramlás irányából kell biztosítani, ha ez nem megoldható, akkor az áramlási irányával ellentétesen is lehetséges, feltéve ha a barrier elemet mindkét irányból való zárásra készítették, vagy a még megengedhető mértékben csökkenteni kell a barrier elem feletti nyomást, ez a beáramlási záráspróba.

A barrierék zárási és működtetési vizsgálatának dokumentációja

A kutak minden nyomásos vizsgálatát dokumentálni kell, és a dokumentumokat hivatalos személlyel kell elfogadtatni. A hivatalos személy lehet a fűrómester, a főfűrómester, a fúrási és kútjavítási felügyelő, az eszközöket és azok szervizét biztosító cég szakembere.

A felszerelési vázlatnak (chart) és a vizsgálati dokumentumnak tartalmaznia kell:

- A vizsgálat típusát.
- A vizsgálati nyomást.
- A vizsgálatához használt fluidumot.
- A vizsgált rendszert vagy annak valamely vizsgált részét.
- A nyomás alá helyezett rendszer kb. térfogatát.
- A ténylegesen szivattyúzott térfogatot.

5. AZ EMBER MINT A RENDSZER RÉSZE

Ennek az új filozófiának talán legnagyobb újdonsága a rendszerszintű szemlélet, az, hogy az embert is a rendszer részének tartja. A rendszer magába foglalja a szervezeti és a munkakörnyezetet is, a technológiát, a szervezést, a tréningeket, az üzlet politikát és a munkafolyamatokat. Ez az új filozófia átveszi Reason professzor gondolatmenetét a hiba evolúciójáról, tehát azokra az elemekre mutat rá, amelyek utat engednek az emberi hibának, végső soron egy hiba balesetté fejlődését teszik lehetővé [3]. A kutatási eredmények a szemléletes és logikus Reason-féle

„Svájci sajt modell”-ben öltének testet, ahol a sajt szeletek a hiba megakadályozásának, illetve megállításának szintjeit jelképezik. Az elgondolás lényege az, hogy a hibához hozzájáruló tényezők között minden esetben találhatunk olyanokat, melyek a maguk szintjén hiányosságokat – ezek a sajtban a lyukak – hordoznak. Ezek a hiányosságok engednek utat a hiba súlyos következményekkel járó balesetté fejlődésének. Reason a hiba kifejlődésekor dinamikus és statikus elemeket különböztet meg. Ezek a tettek és körülmények, illetve ezek kombinációi válnak a baleset okozóivá. A dinamikus elemek közé a biztonság sérelméért felelős akciókat, tehát a különféle szándékos és önkéntelen emberi hibákat sorolja. Ez a megközelítési mód széles körben elterjedt. [4]

Be kell látnunk, hogy az emberek is követnek el hibákat, mivel az ember nem tökéletes, és teljesítményének vannak korlátai. Az emberi hiba a rendszer hibájából vagy abból a rendszerből ered, amelynek meg kell akadályoznia, hogy hiba keletkezzön vagy ha hiba lép fel, a hibából ne keletkezzen nagyobb probléma. Ha felelni kell arra a kérdésre, hogy ki követte el a hibát, vagy egy hiba miért következett be, akkor meg kell vizsgálni az embert, aki a hibát elkövette. Egyszerűen, hibák következhetnek be akkor, ha több olyan tényező egyszerre jelentkezik, ami elősegíti a hiba bekövetkezését. Valójában az „emberi hiba” rendszerhiba.

Az „emberi hiba” elleni védekezés elvei, példák a védekezésre az olajiparban

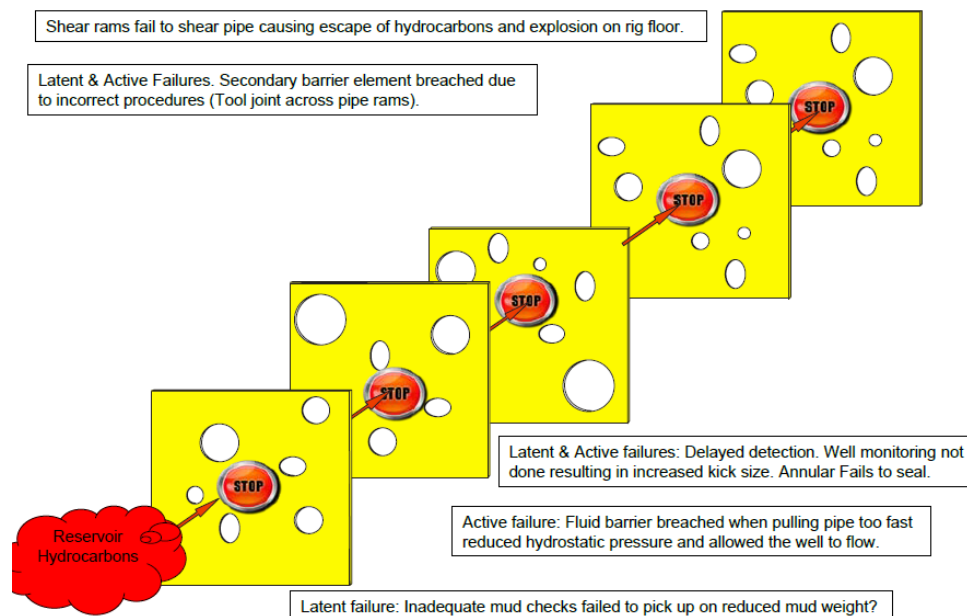
1. Az iszap sűrűségének ellenőrzése.
2. A helyes beavatkozás kiválasztása, nem végrehajtani egy beavatkozást (ha tudott, hogy az helytelen).
3. A riasztás pontos/helyes beállítása.
4. Gondos ellenőrzési folyamat elvégzése.

Ha a védelem gyengül vagy megsérül, akkor az emberi hibák váratlan eseményeket és baleseteket okozhatnak. A védelmi szintek diagramokon ábrázolhatók, mint a „svájci sajt szeletei”. Néhány hiba rejtett marad, ez azt jelenti, hogy régebben bekövetkezett, de észrevétlen maradt. A rejtett hiba már a barrier tervezése során is bekövetkezhetett, vagy a management döntéseinek vagy biztonsági politikájának következménye.

A frontvonal emberei (pl. supervisorok, fűrómesterek stb.) is követhetnek el hibákat, ezek az aktív hibák. A védekezési rendszerben lévő sok „lyuk” jelentősen elősegíti, hogy a hibák veszélyhelyzeteket vagy baleseteket okozzanak. Bizonyos esetekben, amikor a lyukak egy vonalba esnek és egyik védelmi szint sem működik, a kitörés bekövetkezik!

Egy példa az egyszerű „sajt modell” alapján, hogy a kitörés miért következhet be

1. A vágóbetét nem vágja el a fűrócsövet, ez lehetőséget biztosít, hogy a gáz vagy kőolaj a munkapadon robbanást okozzon.
2. Rejtett és aktív hibák: A másodlagos barrier (rúdra záró kitörésgátló betét) hibásan működött (rázárták a fűrócső kapcsolóra).



2. ábra

Egy kitörés kialakulása, Forrás [2]

3. Rejtett és aktív hibák: késői felismerés. A kút ellenőrzésekor nem észlelik, hogy a beáramlás térfogata nő. A gyűrűs kitörésgátló nem zár.
4. Aktív hiba: A folyadék barrier nem működött, amikor túl gyorsan emelték fel a szerszámot, a hidrosztatikus nyomás lecsökkent, ez lehetővé tett a kút beindulását.
5. Rejtett hiba: Az iszap gondatlan ellenőrzése miatt csökkent iszapsűrűséggel kezdték meg a kiépítést.

Hasonló veszélyekhez vezetnek a következő hibák, például a döntéshozók rossz döntése – rejtett hiba vagy a végrehajtás (Line Management) hiányosságai – szintén rejtett hiba. Lehet hiba az előfeltételekben – például a nem biztonságos művelet pszichológiai előjelei, szintén rejtett hibaként. Aktív hiba lehet a hibás döntés hatékony végrehajtása. És egy elégtelen védelmi szint már az utolsó ablak a baleset bekövetkezése előtt.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A Macondo 252-es fúróluk kitörése sok változást eredményezett. A sorozatban elkövetett hibák az iparágunk szakembereit a kitörésvédelem átgondolására készítették, kialakult új, well barrier rendszerben az ember a rendszer aktív eleme. A kitörések sohasem vezethetők vissza egyetlen kiváltó okra, hanem a védelmi szintek hiányosságai, a rossz döntések és ezek végrehajtása, valamint a különböző

emberi hibák kombinációja vezet a katasztrófához. Ezeket ez az új filozófia együtt, egy rendszerben kezeli.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ keretében készült.

IRODALOM

- [1] ENDRESS, A. (2015): Five years after Macondo. *Drilling Contractor Magazine*
- [2] IWCF: *Well Barriers*. International Well Control Forum, 2014.
- [3] REASON, J. (1990) The Contribution of Latent Human Failures to the Break-down of Complex Systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society* (London), Series B, 327: 475–484.
- [4] DUDÁS Z.: (2009) *Repülésbiztonsági kockázat, repülésbiztonsági felelősség*. Repüléstudományi konferencia , Szolnok.