

A magyarországi irányított ferde- és vízszintes fúrások mélyítésének technológiai és technikai összefoglalása

ETO: 622. 24



ID. ŐSZ ÁRPÁD
okleveles olajmérnök,
okleveles menedzser
szakmérnök,
MOL Nyrt. szakértő,
OMBKE- és SPE-tag.

A magyarországi szénhidrogén-kutatás és -termelés céljából lefűrt kutak statisztikai nyilvántartása 1908 – Böck János „A petróleumra való kutatások állása a magyar szent korona országában” című munkája és a Nagysármás határában telepített kutatófúrás – óta követhető megbízhatóan. Ezt megelőzően ásott kutakkal, kézzel mélyített aknákkal indult meg a kőolajkutatás és kőolajtermelés. Ezeknek a 15–70 méter mély ásott kutaknak, aknáknak a száma 1850–1880 között 43 volt. Az 1881–1893 között lemélyített kutatófúrások száma tekintélyes (137), melyek közül 21 már 1000 méternél mélyebb volt. 1894–1905 között 81 fúrás mélyült le 100 méternél nagyobb mélységre, és ezek közt már 16 fúrás volt 500 méternél mélyebb, sőt egynek a mélysége elérte az 1070 métert [1].

1908 óta 8506 kút mélyítettek le 1 647 000 méter összhosszban kőolaj- és földgázkutatás, -termelés céljából. Ebből megközelítően 350 kút irányított ferde- és 100 kút irányított vízszintes fúrással mélyült.

A kezdeti irányított ferdefúrások kizárólagosan szovjet technológiával és technikával mélyültek, amelynek hazai szakmai irodalma igen széles körű [2–18]. Később nemzetközi – elsősorban nyugati (amerikai egyesült államokbeli) – szervizcégek is bekapcsolódtak az irányított ferde-, majd 2000 óta az irányított vízszintes fúrások mélyítésébe egyre fejlődő technológiával és technikával, miközben teljesen feledésbe merült a szovjet korszerűtlen módszer.

Az elmúlt 15 év magyarországi irányított ferde- és vízszintes fúrások szakirodalmát is kiterjedt [19–41]. Ez a cikk ennek a technológiának és technikának a rövid összefoglalása.

1. Bevezetés

A kőolaj- és földgázkutak mélyítése során különböző különleges fúrési feladatok megoldására szolgál az irányított ferde- és vízszintes fúrás módszere. Ennek a fúrési módszernek a lényege az, hogy a fúróluk nem függőlegesen, hanem tudatos elferdítéssel mélyül, amelynek következtében a lyuktalp meghatározott irányban és mélységben, meghatározott távolságra, eltér a fúróberendezés megtelepítésére kitűzött felszíni fúrési ponton átmenő elméleti függőlegestől. Az irányított és vízszintes fúrás közben a fúróluk dőlésének (fer-

deségének) és dőlésirányának (irányának) folyamatos ellenőrzésével a fúróluk térbeli lefutása irányítható és követhető.

2. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások okai és céljai

2.1. Az irányított ferdefúrások okai és céljai

Az irányított ferdefúrás mélyítésének okai és céljai a következők lehetnek:

- a fúrólukat nehezen hozzáférhető felszíni pont (víztükör, hegy, műszaki objektum, épület stb.) alá kell irányítani;

- mezőgazdasági és erdőművelési vagy természetvédelmi terület miatt a fúráspontra nem telepíthető az elméleti helyen;
- egy fúrólukból kiágazóan (gyökérfúrás), vagy egy fúróberendezés alapról különböző irányba (bokorfúrás), több lyukat mélyítve több dőlésponton kell megütni a tárolóréteget;
- a kitört fúróluk vagy kút megközelítése vagy átdőlése, a körzetében távolabb telepített fúrópontról a kitörés megfékezése, megőlése vagy elcementezése céljából (mentesítő fúrás);
- a tárolóréteget elérve a réteg síkjában fúrva a réteg nagyobb felületen történő megnyitása;
- a meddő fúróluk tárolórétegre irányítása;
- a fúrólukban vagy a kútban maradt fúrószerszám vagy egyéb eszköz elkerülése [42].

2.2. A vízszintes fúrások okai és céljai

A vízszintes fúrások mélyítésének okai és céljai a következők lehetnek:

- a tárolóréteget elérve, a réteg síkjában fúrva, a réteg nagyobb felületen történő megnyitása;
- a beáramlási felület növelésével csökkenteni a kút termelési nyomáskülönbségét és növelni a hozamot;
- a kihozatal javítása.

3. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások tervezése

Az irányított ferde- és vízszintes fúrás lyuk tengelyének bármely P pontját a következő adatok meghatározott értékei jellemzik:

- a pont térbeli helyzete P (x, y, z) koordinátákkal;
- a lyukferdeség az adott P pontban – ahol a lyukferdeség alatt értjük a ferde lyuk tengely P pontjához tartozó képzeletbeli érintő és az elméleti függőleges által bezárt szöveget;
- azimut, vagyis a lyukferdeség iránya a P pontban – amely alatt értjük a ferde lyuk tengely P pontjához tartozó képzeletbeli érintő vízszintes vetületének a földrajzi mágneses északiránnyal alkotott szögét az óramutató járásával megegyezően számolva.

Minden irányított ferde- és vízszintes fúrás mélyítéséhez ferdtívési tervet készítenek [43]. A ferdtívési terv, amely a geológiai-műszaki terv, illetve a kiviteli terv melléklete, a következő adatokra épül:

- a fúrás pont elvi helyének koordinátái (KST, EOV);
- a fúróberendezés felszíni megtelepítésének koordinátái (KST, EOV);
- a fúrás tervezett talpi koordinátái (KST, EOV);
- a ferdtívésnek a hálózati északhoz viszonyított iránya;
- az elérendő vízszintes kitérés nagysága;
- az elérendő vízszintes hossz nagysága;
- a célréteg(ek) tetejének és talpának függőleges mélysege;
- a célréteg(ek) megnyitási helyének elfogadható távolsága az elvi kitűzési ponttól (megengedett eltérés sugara vagy távolsága);
- egyéb különleges igények fúrás, termelési vagy más szempontból, amely az irányított ferdtívés tervezése, illetve kivitelezése során figyelembe veendő.

A fentiek és a tervezett lyukkonstrukció adatai alapján történik a megfelelő lyukprofil kiválasztása, amely a rendelkezésre álló technika és technológia felhasználásával megvalósítható, ugyanakkor gazdaságilag is célszerűen figyelembe veszi a fúrás, a bélésűcsővezést, valamint a kút későbbi üzemeltetését.

Az adott feladat megoldására készítenő tervben részletes lyukprofil számítását végeznek a mindenkor rendelkezésre álló számítógépes program alkalmazásával. Ennek segítségével történik a lyukprofil egyes szakaszainak méretezése, illetve a lyuk tengely koordinátáinak meghatározása, amelyet a terv táblázat és rajz formájában tartalmaz. A geológiai-műszaki terv a függőleges vetület szerint készül, a lyuk tengely szerinti és a függőleges mélység közötti kapcsolatot a lyukprofil

terv adja. Ebből határozhatóak meg a bélésűcsővek saruállásai, a magfúrások helyei stb., a tervezett lyuk tengely szerinti mélységekben. A ferdtívési terv kiegészíthető a lyukprofil függőleges és vízszintes vetületi tervével és rajzaival. Különleges esetekben – amely a jelenlegi technológiától jelentősen eltérhet – egyedi részletes ferdtívési terv is készíthető.

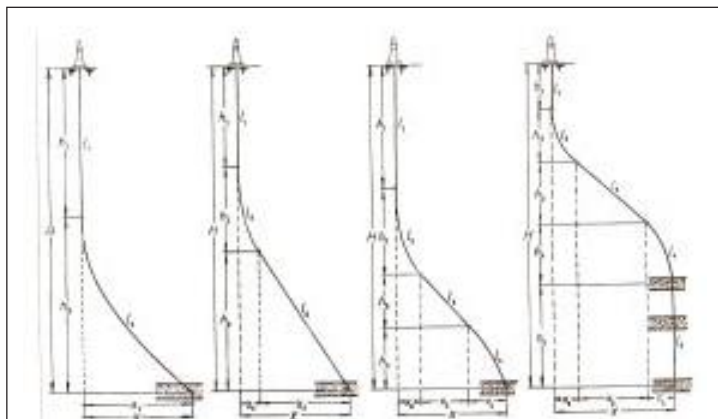
A jóváhagyott geológiai-műszaki tervnek a ferdtívésre vonatkozó részét, az elkészített ferdtívési tervet és az előzőekben mért ferdeség adatokat átadják a ferdtívési szervizt végző társaságnak, ahol elkészítik a ferdtívési terv kiviteli tervét, amely a következőket tartalmazza:

- saját számítógépes programjuk alapján elkészített lyukprofil;
- fúrószerszám-összeállításokat;
- szükséges eszközöket és szerszámokat;
- mérési programot.

Ezt követően tervegeztetés során véglegesítik a megrendelő és a ferdtívési szervizt végző társaságok a ferdtívési kiviteli tervet.

Az irányított ferdefúrás lyukprofilja lehet sík vagy térgörbe. Tervezésnél általában egy síkban – a telepítési ponton és az elvi kitűzés pontján átmenő függőleges síkban – tervezik a lyuk tengelyek lefutását. Azonban különleges esetekben ettől eltérően térgörbe szerint is lehet végezni a tervezést. A lyukprofil kettő, három, négy vagy öt jellegzetes szakaszt tartalmazhat, amelyek a következők (1. ábra):

1. ábra: Irányított ferdefúrás lyukprofilja



– **Felső függőleges szakasz (L1)**, amely többnyire magában foglalja a vezető vagy biztonsági bélésűcsőszlopot. Hosszát – vagyis a ferdtívés kezdetét, a kilépési pontot – elsősorban a megadott mélységben elérendő vízszintes kitérés határozza meg. Ennek a szakasz hosszának a felső laza rétegek vastagságánál mindig nagyobbak kell lennie, omlásra hajlamos vagy elnyelő rétegek ebben a szakaszban nem maradhatnak nyitva.

- **Lyukferdítés vagy ferdeségnövelés szakasza (L2)**, amelynek folyamán meghatározott egyenletes ferdeségnövelési ütemmel kell elérni a maximális ferdeséget a megadott azimut irányában. Ez a szakasz olyan lyukintervallumba kell hogy kerüljön, ahol a kőzetek viszonylag jó lehetőséget biztosítanak a megfelelő ferdeség eléréséhez és a lyuktengely irányának beállításához. Az elérendő maximális ferdeséget és a szakasz hosszát a ferdítési körülmények, elsősorban a szükséges vízszintes kitérés határozzák meg. Gyakorlati tapasztalatok, és elméleti megfontolások alapján a tervezett maximális lyukferdeség értékének el kell érnie legalább a 10–12°-ot. Kisebb ferdeség esetén a ferdefúrás azimutja labilis. Ezen felül a tervezés figyelembe veszi, hogy a lyukferdeség növekedésével fokozód(hat)nak a lyukmélyítési nehézségek (lyukfalon fellépő sűrűlódás, megszorulási veszély stb.). Ennek a szakasznak a mélyítése folyamán a ferdeség változását jellemzi a 10 méterenkénti görbületi szögváltozás, amelynek célszerű értéke általában 1–2°. Ez műszakilag jól megvalósítható és nem jelent hirtelen veszélyes görbületet a lyuktengelyen, ugyanakkor elég nagy ahhoz, hogy ilyen ferdeségnövelési ütemmel gyorsan elérhető legyen a maximális lyukferdeség.
- **Stabil szakasz (L3)**, amelynek folyamán a lyukferdeség és az azimut értéke nem változik. Ez az irányított ferdefúrásnak viszonylag hosszabb szakasza, így ez eredményezi a fúrólyuk vízszintes kitérésének jelentős részét. Ezen szakasz folyamán a fúrólyuk ferdeségének és azimutjának stabilan állandó értéken tartása különösen fontos követelmény és feltétele a célrétteg pontos elérésének. A stabil szakasz hosszának tervezésénél figyelembe veszik, hogy kisebb lyukferdeség esetén az irány (azimut) stabilitása viszonylag nehezebben valósítható meg.
- **Ferdeségcsökkentés szakasza (L4)**, amelynek folyamán ferdesége állandó azimutérték mellett fokozatosan csökken. A ferdeségcsökkentés intenzitása lehet állandó vagy változó – általában szintén csökkenő – értékű. A ferdeségcsökkentés szakaszát – lehetőség szerint – a természetes ferdeségcsökkenés kihasználásával tervezik. A természetes ferdeségcsökkenés mezőnként vagy területenként jellemző és üteme általában csökkenő tendenciájú, amelyet a tervezésnél konkrét meghatározott értékkel vesznek figyelembe. A görbületi változás (ferdeségcsökkentés) szögértéke nem haladhatja meg 10 méterenként az 1–2°-os ütemet, különösen, ha viszonylag nagyobb ferdeségről indul és a tervezett talpmélység fölött több száz méterrel kezdődik. A szakasz mélyítése folyamán a lyukprofil fokozatosan visszatér a függőlegesbe, vagy legalábbis ferdesége csökken a ferdítési feladatban megadott rétegmegnyitási szög értékéig,

illetve az alá. Az irányított ferdefúrás ebben a szakaszban éri el a megadott vízszintes kitérést, vagyis a kitűzött célhely megadott koordinátáit, illetve, ha a fúrás nem tér vissza a függőlegesbe, ebben a szakaszban éri el magát a célrétteget is.

- **Alsó függőleges szakasz (L5)**, amelynek folyamán a fúrólyuk gyakorlatilag függőlegesen mélyül. Függőlegesnek tekinthető a lyuktengely, ha a ferdesége nem haladja meg a 2°-os értéket. Ezen szakasz a ferdeségcsökkentés befejezésétől, vagyis a fúrólyuk függőlegesbe való visszatérésétől a végleges mélység eléréséig tart. Mélyítése közben a tervezett vízszintes kitérés gyakorlatilag már nem változik.

Az adott feladat megoldására tervezett irányított ferdefúrás lyukprofilja nem feltétlen tartalmazza mind az öt jellegzetes szakaszt. Leginkább leegyszerűsödhet a lyukprofil, ha a fúrás csupán egy meghatározott rétegre irányul. Ez esetben az 5. szakasz teljesen, a 4. szakasz pedig részben (a ferdeség ugyan csökken, de nem a függőlegesbe való visszatérésig) vagy teljesen elmaradhat. Így a célrétteg eléréséig megvalósított lyukprofil alapján az irányított ferdefúrás lehet: két részes; három részes; négy részes; öt részes.

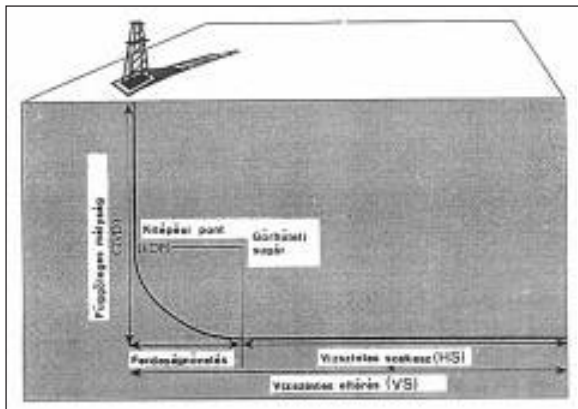
A lyukprofil kiválasztásánál és az egyes szakaszok meghatározásánál különösen szem előtt tartják az alábbiakat:

- Olyan lyukprofil típus kiválasztása célszerű, amely fúrástechnológiailag teljesíthető (kivitelezhető), gazdaságilag ésszerű, az adott feladat megoldására a legegyszerűbb és legkedvezőbb úgy a ferdefúrás kivitelezése, mint a kút későbbi üzemeltetése szempontjából.
- A lyuktengely függőlegesből való kitérését (a ferdítés kezdetét) úgy választják meg, hogy biztosítva legyen az előbbi szempontok messzemenő figyelembevétele mellett a kívánt lyuktalpi eltérés, a célpont eléréséhez rendelkeznie kell bizonyos tartalékkal, a kivitelezés folyamán esetleg előfordulható kedvezőtlen ferdeség vagy azimut kiigazítására. E célból számításba vehető a maximált lyukferdeség 2–3°-kal történő túllépése a ferdeségcsökkentés szakaszának vagy az alsó függőleges szakasznak a megrövidítése, illetve a nagyobb ferdeség alatti lyukszakasz megnyújtása mellett.

Az irányított vízszintes fúrás lyukprofil szempontjából különleges irányított ferdefúrásnak fogható fel (2. ábra), ahol a célrétteg(ek)ben történő fúrás alapján lehet:

- három részes (függőleges, ferdeségnövelési és vízszintes szakasz);
- öt részes (függőleges, ferdeségnövelési, stabil, ferdeségnövelési és vízszintes szakasz).

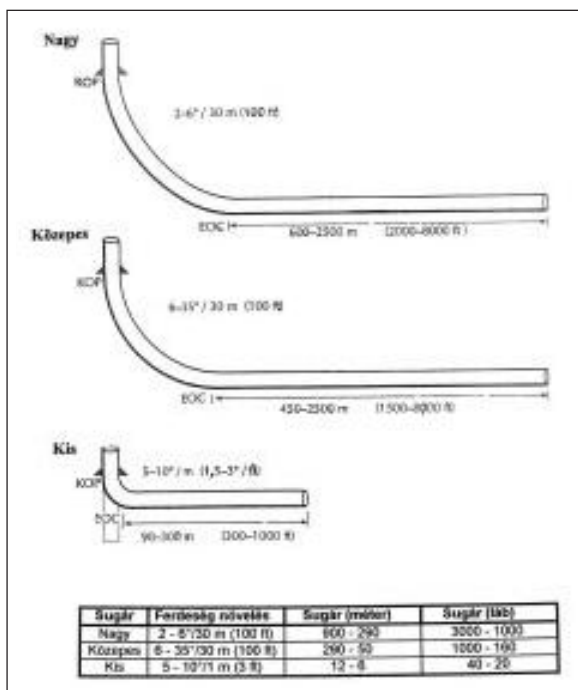
2. ábra: Vízszintes fúrás fogalmi meghatározásai



A vízszintesbe történő átmenet görbületi sugara alapján az irányított vízszintes fúrások lehetnek (3. ábra):

- nagy sugarú (2–6°/30 méter = 900–290 méter sugarú);
- közepes sugarú (6–35°/30 méter = 290–50 méter sugarú);
- kis sugarú (5–10°/10 méter = 12–6 méter sugarú);
- nagyon kis sugarú (6–1 méter sugarú).

3. ábra: Vízszintes fúrások görbületi sugara



Az irányított vízszintes fúrások tervezésénél alapvető kiindulási feltétel, hogy új kút mélyítésére kerül sor, vagy régi kutat nyitnak meg. A meglévő kútból történő kilépés esetén ellenőrzik, hogy a kút létesítése során nem tértek-e el a tervtől bejelentés vagy engedély

nélkül. Ha igen, akkor ezt az új munkálatok bejelentésekor tisztázzák az illetékes bányakapitánysággal. A tervezés első lépéseként tisztázzák az alkalmazandó termelési módot, hiszen ez határozza meg a kút szerkezetét és végső kiképzését. Új vízszintes kút esetén, valamint ha a megnyitott régi kút szerkezete megengedi, a tárolószakasz fúrását mindig külön átmérő szelvényben végzik, a ferdített szakasz cementezett bélésűvel történő biztosítása után. Így lehetőség nyílik „drill-in fluid” típusú öblítőfolyadék alkalmazására a tárolóban, nem kell tartani a ferde szakasz lyukfal-stabilitási és egyensúly-megbomlási problémáitól, nincs szükség körülményes és kockázatos cementezési technológiákra. Amennyiben a vízszintesen megfúrt tárolókörzet elég állékony és nincs szükség a vízszintes szakasz szelektív serkentésére, kezelésére, akkor a tárolót célszerű nyitva – bélésűvel – hagyni. Így nyerhetik a legnagyobb fakadó felszínt, ez a legegyszerűbb és legolcsóbb megoldás, a lyukfal hozzáférhető marad, valamint a kút további élete során tetszés szerint átképezhető. Ha szelektív rétegserkentés szükséges, akkor a legjobb megoldás a betétcső beépítése, cementezése, majd perforálása. Az előre perforált vagy réselet betétcső [44] ugyan megvédi a nyitott lyukszakaszt az összeomlástól és megkönnyíti a felcsévékelhető termelőcső közlekedését, beépítése azonban gyakorlatilag lehetetlenné teszi a nemkívánatos tároló szakaszok kizárását és a hatékony, irányított rétegserkentéseket, valamint nehézséget okozhat a termelésgeofizikai mérések értelmezésében. A különböző tároló szakaszok elválasztása az előre perforált vagy réselet betétcsővel beépített felfújható bélésű packerok segítségével ugyan elméletileg megoldható, de a gyakorlatban meglehetősen bizonytalan. Homoktermelésre hajlamos tárolók esetén kavicságyas szűrők alkalmazása szükséges. Felkészülnek annak lehetőségére, hogy az ablaknyitás után, az esetleg hibás cementpaláston keresztül a bélésűcsőn belül a már kizárt tároló(k)ból rétegtartalom áramlik az új fúrólyukba. Ha ez kitérésveszélyt jelent vagy a további műveletek sikerességét bizonytalanná teszi, akkor a hiba kiküszöbölését elvégzik. A fentiek megkönnyítése érdekében minden esetben biztosítják, hogy jó minőségű, értékelhető geofizikai szelvény álljon rendelkezésre a termelő bélésűcsőket teljes cementpalástjáról.

A függőleges lyuktengelytől való kilépés módjának meghatározását a tényleges feladat adja meg, azaz, hogy új fúrást mélyítenek, régi kutat fúrnak tovább, régi kutat nyitnak meg és ferdítenek el vagy vízszinteznek ki. Ezek alapján a kilépés módja lehet:

- ferdeátmenettel ellátott lyuktalpi csavarmotoros,
- ferdítópályás,
- ferdítópályás ablakmarás,
- szekciómáras.

A kilépés módjának meghatározásánál először megvizsgálják, hogy lehetséges és gazdaságos lenne-e a termelő béléscsórakat eltávolítása olyan mértékben, hogy az előző béléscsórakat saruja alatti kiferdítéssel vagy azon ablaknyitással egy új kút esetének megfelelő helyzet álljon elő. Ha ez lehetséges, akkor a termelő béléscsórakat régi fúrólukban maradó részét mechanikus vagy hidraulikus működtetésű dugóval és/vagy cementdugóval elzárják, majd a béléscsórakat biztonságosan a cementpalásttető fölött elvágják és kiépítik. A maradék béléscsővet béléscsőmaróval elmarják úgy, hogy a teteje a kilépési pont alatt minimum 30 méterrel legyen, a csonka béléscső tetejét cementdugóval lefedik, majd a cementdugót a kilépéshez méretre fúrják. Amennyiben a kilépési pont a termelő béléscsőoszlop saruja alatt van, akkor a sarut a lehető legnagyobb átmérőjű fúróval kifúrva fúrnak elő a kilépési pontig. A kilépési pontot legalább 30 méterrel mélyebbre választják a béléscső sarunál, így a kezdeti tájoláshoz nincs szükség giroszkópra. Ha a cementpalást jó, akkor gazdaságosság alapján választanak a szekciómarás és az ablakmarás közül. Rossz cementpalást esetén ferdítópályás ablakmarással lépnek ki, szükség esetén a megnyitás után nyomásos cementdugóval pótolják a cementpalástot a kilépés környezetében. Amennyiben az eredeti fúróluk a kiviszintezéshez kedvezőtlen irányba ferdült el, akkor a kilépést magasabban kezdik meg. Ferde kútban a ferdítópálya hatásirányát a hosszú oldaltól balra 50° és jobbra 30° közé ajánlatos beállítani ültetés előtt.

A ferdefúrési szervizcég által készített lyukprofil tervet tüzetesen átvizsgálva a kútpálya jellemző pontjainak koordinátáit egyeztetik a geológiai tervvel. A későbbi félreértések elkerülése érdekében ellenőrzik, hogy a szervizcég a kútpálya függőleges vetületét a tervezett ferdítési irány síkjára vetítve számította-e ki.

A fúrési folyadék megválasztását az adott rétegsor, a fúróluk vagy kút geometriai viszonyai, a szükséges sűrűség, a lyuktalpi hőmérséklet, a furadékkihordás, a fellép(het)ő részleges vagy teljes folyadékvesztés és a további termelési feltételek együttese határozza meg. A fúrési folyadékhoz kell meghatározni a kenőképesség javítását, a vízleadást minimalizáló adalékokat, valamint a furadék kisöprését szolgáló folyadékdugó összetételét.

A rendelkezésre álló számítógépes program alapján elvégzik a fúrószár súrlódás (drag) és a nyomaték (torque) számítását, szimulációt a tényleges tervezési adatok alapján.

Minden számítás az új forgatóasztal magasságához tartozóan végeznek el, a régi elevációt nem veszik figyelembe.

A tervezés nem ér véget a ferdítési és a kiviteli terv

kibocsátásával, hanem a tervező végigkíséri a kivitelezés folyamatát és elvégzi a kivitelezés során felmerülő tervezési feladatokat is.

4. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások szerszámjai és eszközei

Az irányított ferde- és vízszintes fúrások részben lyuktalpi motorral – elsősorban pozitív térfogat kiszorítású csavarmotorral – részben rotari fúrasi módszerrel mélyülnek. Az alkalmazott szerszám-összeállítás mindig meg kell hogy feleljen a tervezés során kiválasztott fúrasi módoknak és a végrehajtandó feladatnak.

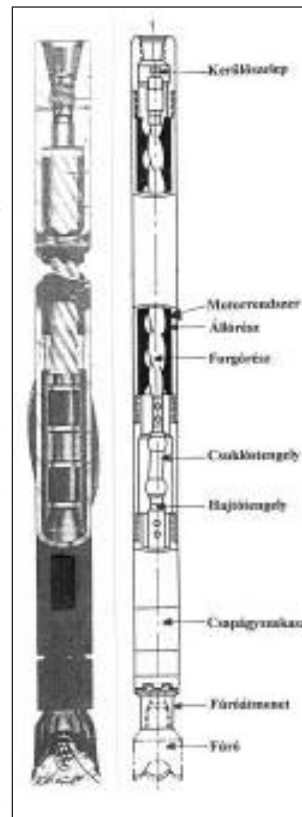
4.1. Fúrók

Az aktuális fúró helyes megválasztása mind görgős fúró, mind pedig műgyémánt fúró (PDC) típusoknál függ az átfúrandó rétegsortól és az alkalmazott fúrasi módszertől. Mindkét típusnál a teljes választék rendelkezésre áll [45].

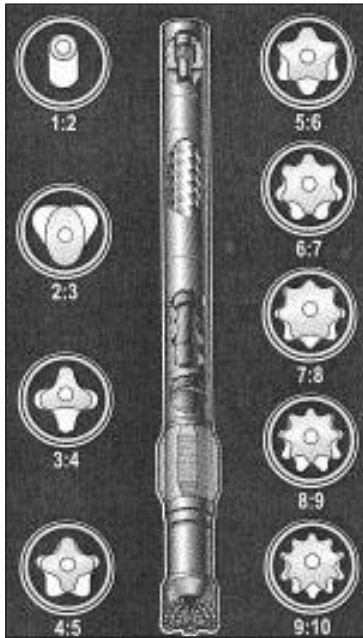
4.2. Lyuktalpi motor

A használatos lyuktalpi motorok csavarmotorok, azaz pozitív térfogat kiszorítású (Moineau-típusú) hidraulikus fúrómotorok (4. ábra), [46]. Az álló és forgó részből álló motorrendszer felett kerülőszelep helyezkedik el, amely a kiépítéskor biztosítja a lecsavart fúrócsőszakasz öblítőfolyadék mentességét. A forgó rész mozgását csuklóstengely adja át a hajtótengelynek. A csapágyszakasz a motorrésszel furattal ellátott hajtótengelyen keresztül csatlakozik. A motorrészből – pozitív térfogat kiszorítás után – az öblítőfolyadék a hajtótengelyen elhelyezett öblítőréson keresztül jut a hajtótengely furatába. A csuklós tengelypár a csatlakozó csapon keresztül adja át a forgatónyomatékot az excentrikusan forgó motorrendszerrel a csapágyrészben forgó hajtótengelyre. A talpi hidrosztatikus fúrómotor hajtótengelyének csapágyazása görgős – és csúszócsapágy

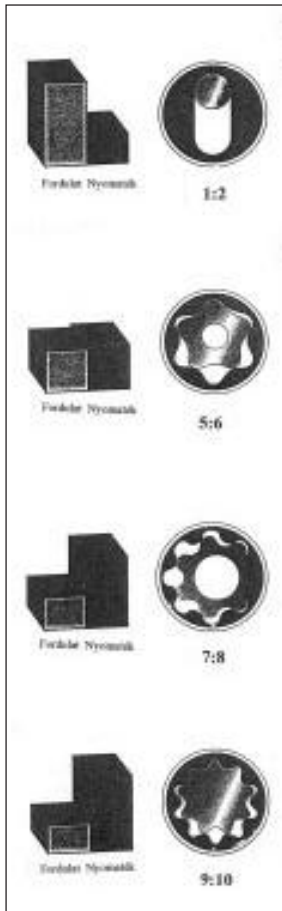
4. ábra: Lyuktalpi motor



5. ábra: Forgó- és állórész huzagolása



6. ábra: Fordulat és nyomaték



– kombinációból áll. A fűróterhelést a radiális golyóscsapágy a tányérrugókon keresztül adja át a köpenycsőnek.

A forgórész axiális terhelését görgőscsapágy veszi fel. A hajtóműtengelyt radiálisan a csúszócsapágy vezeti.

A lyuktalpi motorokat $1\frac{1}{2}$ "-tól $12\frac{3}{4}$ " méretig gyártják. A forgó és az álló rész huzagolása 1:2-től 9:10-ig készül (5. ábra). A huzagolások számával csökken a

fordulatszám és növekszik a nyomaték (6. ábra). A standard kivitelű csavarmotor alkalmazási hőmérsékletará 130 °C, a megerősített standard kivitelűé pedig 160 °C, azonban ilyen hőfokon a teljesítménye csak 50%-os. A magas hőtűrésű lyuktalpi motorok maximum 190 °C hőmérsékletig használhatóak. A ferdítési szervizt végzőknek minden esetben felhívják a figyelmét a várható lyuktalpi hőmérsékletre, és minden esetben a legkedvezőtlenebb esetekre készülnek fel.

A lyuktalpi motor kiválasztásánál a szükséges fűrólyukátmérőt, a talpi hőmérsékletet és az átfurandó rétegek tulajdonságait (puha, könnyen fűrható, alacsony nyomatékigényű, kemény, nehezen fűrható, magas nyomatékigényű) veszik figyelembe.

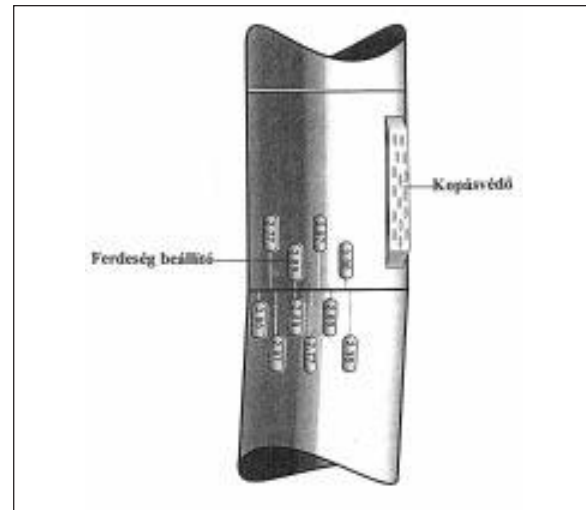
4.3. A ferdeátmenet vagy ferdítő közdarab

A ferdítő szerszám kéttengelyűségét, illetve az eltérítő nyomatékot a lyuktalpi motor fölé és/vagy a csuklóstengelynél beépített ferdeátmenettel lehet biztosítani. A 0–3° ferdeségű közdarabbal a támaszkodó nyomaték nagyságától függő fokozatos és jelentős mértékű ferdeségnövekedést (dőlésnövekedést) lehet elérni.

Kétféle ferdítő átmenet típus használható:

- állandó ferdeségű ferdeátmenet;
- felszínen állítható ferdeátmenet (7. ábra).

7. ábra: Felszínen állítható ferdeátmenet



4.4. A nem mágnesezhető súlyosbító

Az API Spec 7 szerint készített súlyosbítók nem mágnesezhető anyagból, lehetőleg spirál kivittelal biztosítják a mérések pontosságát.

4.5. Az MWD/LWD összeállítás

Az MWD (Fúrás alatti mérés) és az LWD (Fúrás alatti szelvényezés) összeállításoknál a standard kivitel alkalmazási hőmérsékletará 150 °C, azonban vannak magasabb hőtűrésűek is, amelyek 175–185 °C-ig használhatóak. Az MWD/LWD összeállítással mérhető műszaki – technikai és földtani – petrofizikai adatokat az 1. táblázat tartalmazza. Az adott feladat megoldására határozzák meg az összeállítást [47].

4.6. A giroszkóp

A beléscső vagy egyéb vastárgyak közelsége esetén a fűrószerszám vagy a ferdítópálya tájolására, a megfelelő irányba történő beállítására giroszkópot használnak.

4.7. A ferdítópálya

A ferdítópályát mind a nyitott fűrólyukban, mind pedig beléscsővezetett kútban használják (8. ábra), viszszeranyerhető vagy nem visszanyerhető kivitelben.

1. táblázat: Fúrás alatti mérés és szelvényezés adatai

Halmazállapot	Földmunka	Földmunka	Próbaföld
Asi	Arterisk	GR	Gamma Ray
Fac	Section	Grav	Gravity
TF	Tool Face	EMF	Total Magnetic Field
NBI	Stair Dr. Inclination	TGF	Total Geostrophical Field
TT	Tool Temperature	APT GR	APT Gamma Ray
MagFl	Magnetic Field Strength	LG	Local Gravity
LA	Lip Angle	AAPF	Apparatus APT
LV	Lateral Vibration	R	Radiosity
MFF	Magnetic Tool Face	PAR	Phase & Amplitude Sensitivity
GTF	Geostrophical Tool Face	LK	Lateral Sensitivity
RTDrama	Rotary Tool Status	RTS	Real-Time Images
LAV	Lateral & Axial Vibration	CSAS	Compressional & Shear Acoustic Shearwaves
SSL	Slack - Slip Severity Level	NP	Neutron Porosity
HAF	How Axial Pressure	NPSP	Neutron Porosity Near & Far Count
FF	Formation Pressure	CSS	Compressional & Shear Stresses
HDR	Hole Diameter & Ellipticity	NC	Neutron Capture
DPP	DPI Pipe Pressure	ENP	Electron Neutron Porosity
LAS	Lateral Acceleration & Slack	ACS	Acoustic Caliper & Standoff
M	Weight	EP	Tool Porosity
TQ	Torque	PH	Free Hole
DP	Dipole Pressure	EW	Electrical Window
FF	Fluid Flow (oil pipe, annulus)	W	Wiring
BPM	Motor Bit rpm	P	Porosity
UC	Ultrasonic Caliper	CPW	Capillary-Handled Water
US	Ultrasonic Standoff	PK	Permeability
DPS	Integrated Directional Survey	S	Seis
MOD	Weight on Bit	DD	Bit Density
ESM	Environmental Severity Monitor	Deta Rhe	
AD	AIT Direction	Pr Index	
		CD	Compositional Density
		MFR	Multi Frequency Resistivity
		ADZ	Acoustic Density
		SHADR	High Temperature Arched Gamma Ray
		SP	Spindle Porosity
		NMB	Nuclear Magnetic Resonance

A ferdítópálya elmozdulás ellen történő rögzítése lehet oldható mechanikus ültetésű éksorral, permanens packerrel, elcementezett alsó résszel, mentőharanggal (ékes vagy rúgós), illetve menet-összecsavarással. Az alkalmazandó ferdítópályát minden esetben az adott feladathoz választják meg. A ferdítópályát tájolóva vagy tájolás nélkül is lehet ültetni [48].

8. ábra: Ferdítópályák



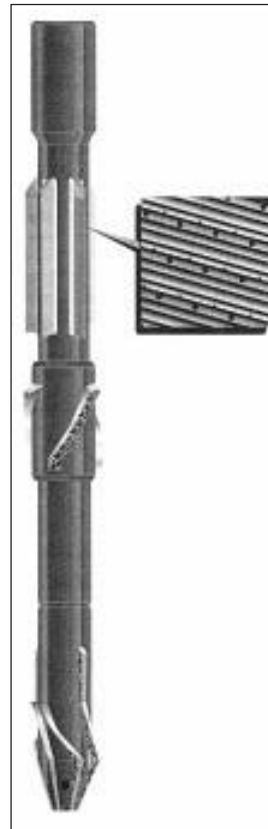
4.8. A marók

A beléscsővezetett kútból történő kilépéshez három módszer alkalmazható:

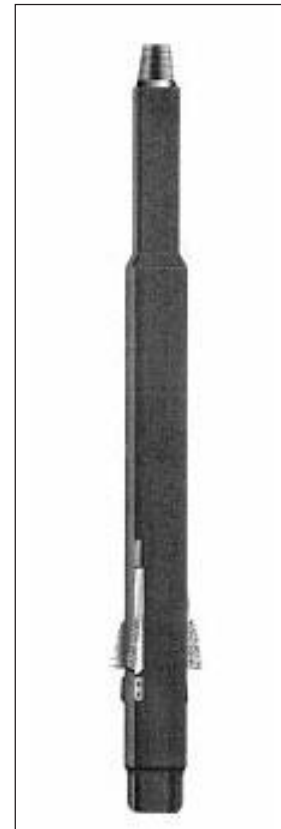
- a beléscső elmarása az előző beléscsőoszlop sarumélysége alá, a használatos beléscsőmarót a 9. ábra mutatja;
- a beléscsőoszlop egy közbenső részének teljes elmarása, ennek eszközeit a 10. ábra szemlélteti;
- ablaknyitás a beléscsőoszlopon ferdítópályával, amelynek maróit a 11. ábra mutatja.

A kilépés módját, illetve az alkalmazandó marók típusát mindig az adott feladat határozza meg [49].

9. ábra: Beléscsőmaró



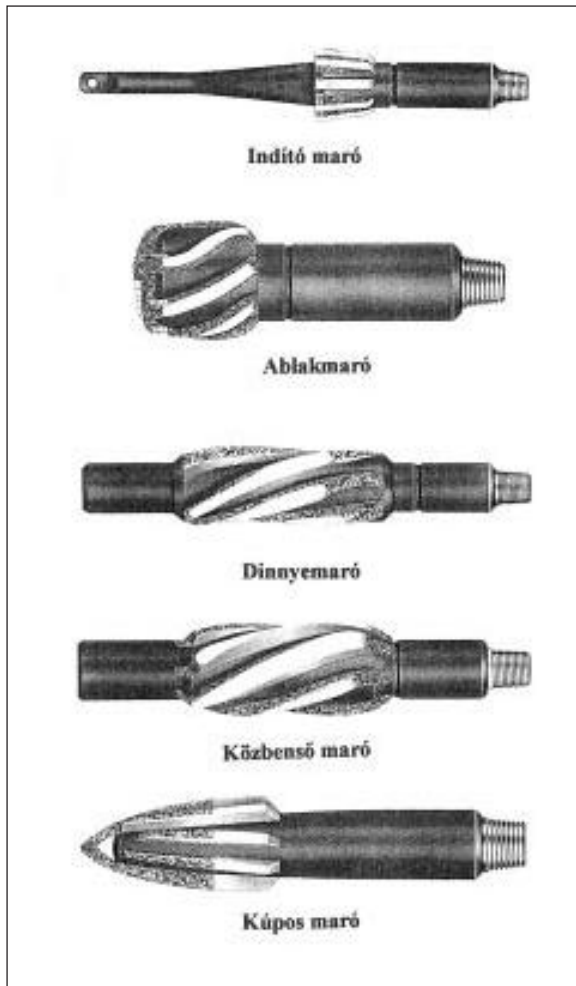
10. ábra: Beléscső szekciomaró



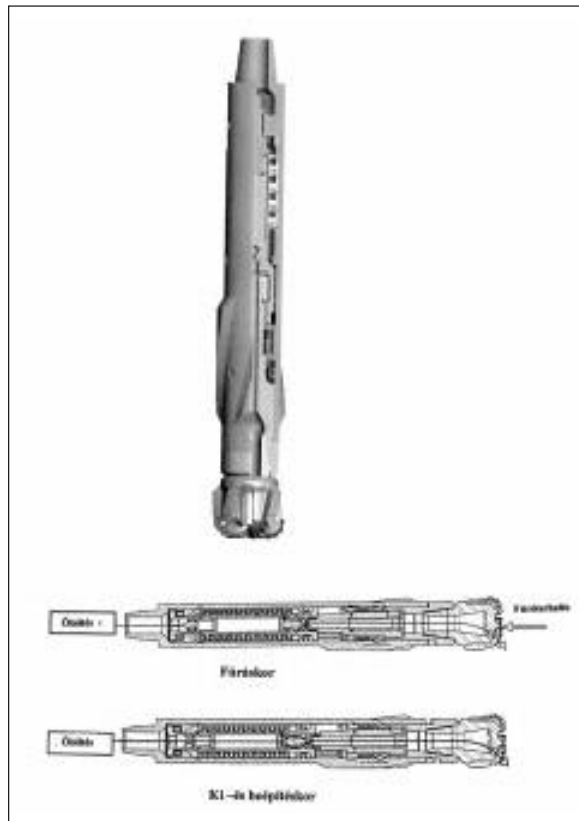
4.9. A nyomatékcsökkentő

A nyomatékcsökkentő olyan központosítóval rendelkező ferde és vízszintes fúrást segítő szerszám, amely magába foglal egy magas fordulátú turbinát, rotari-kalapács eszközt és reteszelő mechanizmust (12. ábra). A fúróra adott terhelés hatására a reteszelő mechanizmus kinyit, az öblítéssel és forgatással egyidejűleg a turbinával keltett radiális (oldalirányú) és a rotari-kalapáccsal keltett axiális (tengelyirányú) ütések együttesen segítik elő a fúró kőzetbontását, azaz csökkentik a kőzetbontáshoz szükséges nyomatékot.

11. ábra: Ferditőpályás ablaknyitó marók



12. ábra: Nyomatékcsoökkentő

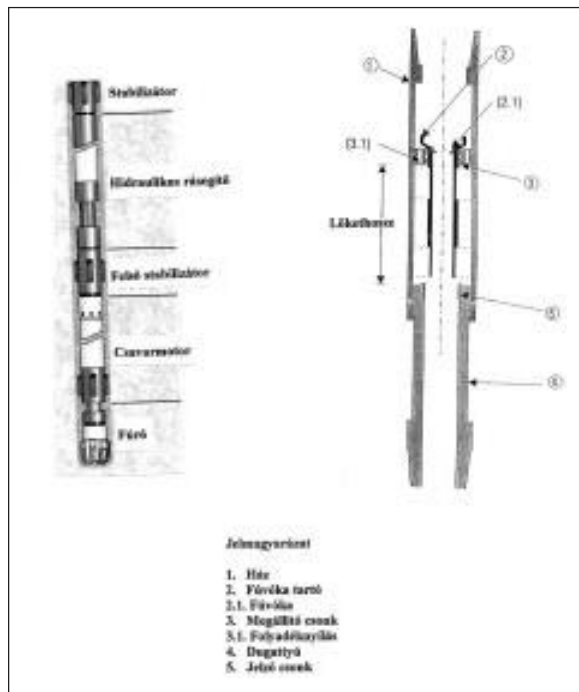


A nyomatékcsoökkentő használható forgatóasztalos és lyuktalpi motoros meghajtásnál is. Tekintettel azonban arra, hogy kétirányú ütéseket hoz létre, a nyomatékcsoökkentő csak műgyémánt fűrővel (PDC) használható. 4³/₄" , 6³/₄" és 9⁵/₈"-es méretben gyártják és kemény, nehezen fűrészható, magas nyomatékigényű kőzetekhez ajánlják [50].

4.10. A hidraulikus rásegítő

A nagyferdeségű irányított ferde és vízszintes fúrásoknál a 6³/₄" és annál kisebb lyukátmérők esetén gyakran előfordul, hogy a fűrőhöz nem jut le (nagy a sűrűség, fűrőszár terhelhetősége korlátozott) a szükséges terhelés. A megfelelő fűrőterhelést biztosítja a hidraulikus rásegítő (13. ábra), amely egy hidraulikus dugattyúrendszer, ami az öblítőfolyadék mennyisége és az alkalmazott fűrőka átmérőjének arányában biztosítja a szükséges terhelést. Kiképzése olyan, hogy lengéscsillapítóként is működik [51–53].

13. ábra: Hidraulikus rásegítő



- Jelölgyűjtés
1. Héz
 2. Fűrőka maró
 - 3.1. Fűrőka
 3. Megállító csanak
 - 3.1. Folyadéknyílás
 4. Dugattyú
 5. Jelöl csanak

5. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások mélyítése

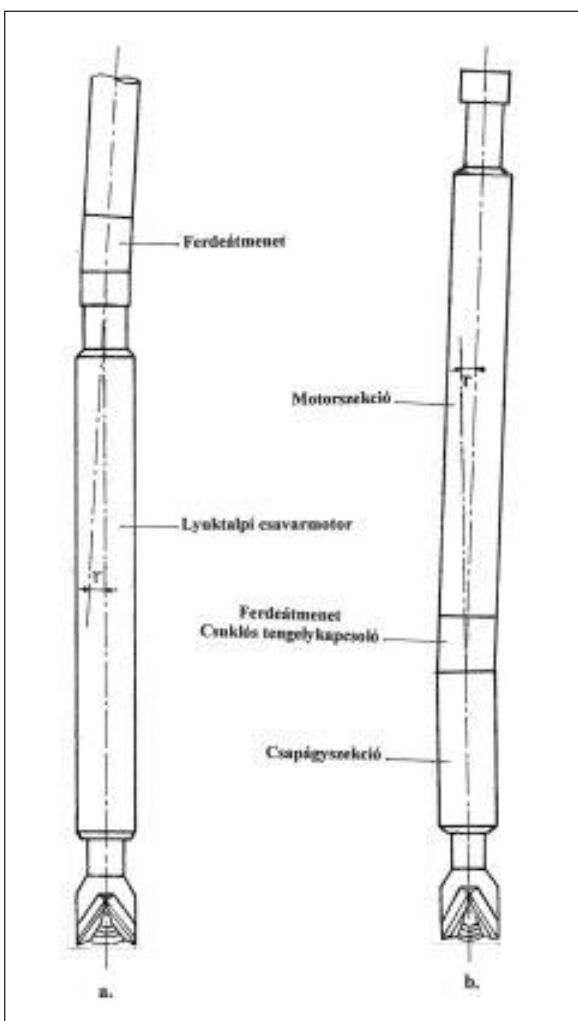
5.1. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások mélyítése

5.1.1. Az irányított ferdefúrás felső függőleges szakaszának mélyítésénél a szerszám-összeállítás meg- egyezik a függőleges fúrásokhoz alkalmazott összeállítással, és ugyanez érvényes az alsó függőleges szakaszban is (miután az irányított ferdefúrás visszatért a függőlegesbe).

5.1.2. A ferdeségnövelési szakaszban a fúróluk el-ferdítésére – az intenzív ferdeségnövelésre és az azimut beállítására – a következő szerszám-összeállítások alkalmazhatók:

- Fúró, lyuktalpi csavarmotor, ferdeátmenet (ferdítő-átmenet), súlyosbítók legalább 25 méter hosszban (14. a. ábra). A ferdeátmenet alsó, a lyuktalpi motorhoz csatlakozó, menetének tengelyszöge $0-3^\circ$ lehet, a felső csatlakozó menet tengelyéhez viszonyítva.

14. ábra: Lyuktalpi motoros szerszám-összeállítás



A ferdítőszerszám-összeállítás hatásossága döntően ennek a szögnek az értékétől függ. A ferdítőátmenet szögét úgy kell megválasztani, hogy a ferdítési feladat megfelelő intenzitással végrehajtható, a fúrószer- szám pedig szabadon beépíthető legyen.

- Fúró, ferdítő csavarmotor, súlyosbítók legalább 25 méter hosszban. A két tagból álló ferdítő csavarmotor alsó tagja (csapágyszekció) és felső tagja (motorszek- ció) között lévő csuklós tengelykapcsolónál helyez- kedik el a ferde menettengelyű összekötő átmenet (14. b. ábra). A menettengely ferdeségi szöge $0-3^\circ$ lehet és a ferdítő csavarmotor hatásossága jelentős mértékben ennek a szögnek a nagyságától függ.

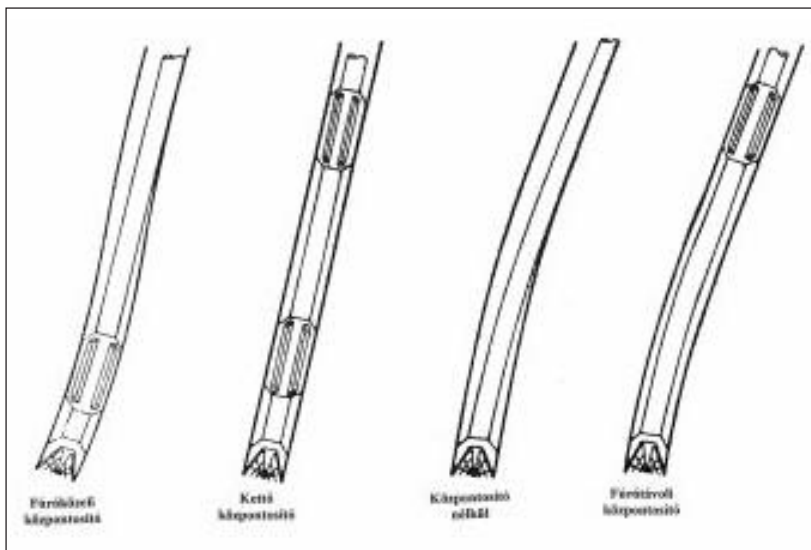
A ferdítőszerszám-összeállítás megválasztásánál figye- lembe veszik, hogy a ferdítő csavarmotor alkalmazása általában megbízhatóbb és előnyösebb ferdítő tulajdon- ságokkal rendelkezik. Azonban az erősen kavernás, üre- ges, kiöblösödő fúrásokban viszont célszerűbben alkalmazható a ferdeátmenetes szerszám-összeállítás.

Mindkét szerszám összeállításánál az alkalmazandó MWD/LWD eszközöket a lyuktalpi csavarmotor fölé közvetlenül építik be, és a nem mágnesezhető nehezi- tett fúrócsövet vagy súlyosbítót kell használni a kör- nyezetében.

5.1.3. Az irányított ferdefúrások mélyítése folyamán célszerűen alkalmazható a forgatóasztalos fúrési mód- szer enyhe ferdeségnövelésre, stabilizálásra és ferdeség- csökkentés céljából is. A különböző ferdefúrési (lyuk- irányítási) műveletek végrehajtására alkalmazható ro- tari-szerszám-összeállításokat a 15. ábra mutatja.

- Fúrószerzám-összeállítás egy fúróközeli központosí- tóval: fúró, rövid súlyosbító (2–3 méter), súlyosbító központosító, súlyosbítók. Ez az összeállítás ferdeség- növekedést eredményez enyhe növekedési ütemmel.
- Fúrószerzám-összeállítás két központosítóval: fúró, rövid súlyosbító (2–3 méter), súlyosbító központosí- tó, egy vagy kettő súlyosbító, súlyosbító központosí- tó, súlyosbítók. Egy súlyosbító (8–9 méter) alkalmá- zása esetén általában stabilizálja a fúróluk ferdesé- gét és irányát, míg két súlyosbítót (15–18 méter) alkalmazva ferdeségnövelés érhető el. A stabilizálás fo- kozására közvetlenül a fúró fölött is alkalmazható egy harmadik központosító.
- Fúrószerzám-összeállítás központosítók nélkül – ez az úgynevezett „sima” szerszám: fúró, súlyosbítók. Alkalmazása általában a lyukferdeség csökkenését eredményezi, a természetes ferdeségcsökkenés adott területre jellemző üteme szerint.
- Fúrószerzám-összeállítás a fúrótól távoli egy köz- pontosítóval: fúró, egynél több súlyosbító, súlyosbító központosító, súlyosbítók. A szerszám-összeállítás az előzőnél némileg intenzívebb, általában megfelelő ütemű ferdeségcsökkenést eredményez.

15. ábra: Forgatóasztalos szerszám-összeállítás



A központosítók átmérője 1–2 milliméterrel legyen kisebb a fűrő átmérőjénél. Különösen fontos ennek betartása a fűrő közelében elhelyezett központosítónál. Nagyobb méretű központosító alkalmazása megszorulást okozhat, míg a kisebb átmérő hatástalansághoz vezethet.

Az irányított mélyítést a „Ferdítési terv” szerint hajtják végre. A fúrás kútmunkálati felügyelője gondoskodik arról, hogy az ott dolgozó személyzet minden tagja ismerje az ezzel kapcsolatos reá háruló feladatokat.

5.1.4 A fűrőlyuk előkészítése: A ferdítés megkezdése, vagyis a ferdítőszerszám beépítése előtt, alapos lyuktalpi öblítést végeznek és gondoskodnak a megfelelő öblítőfolyadék-paraméterek beállításáról. Amennyiben 16 órán belül nem volt öblítés, a ferdítő szerszám nem építhető be, és előtte megfelelő lyukkondicionálást kell elvégezni.

5.1.5. A kút előkészítése: A régi kút továbbfúrása vagy megnyitása utáni irányított elferdítés esetén a kutat megfelelően előkészítik.

- A munkálatok előtti ellenőrzés: A kútban még termelés közben vagy a fűrőberendezés ráköltözése előtt leellenőrzik, hogy nem tapasztalható-e a kútfejen szivárgás, és nincs-e a bélésűcsőközön nyomás. Amennyiben rendellenesség van, a hibák kiküszöbölését is megtervezik. A fúráspontra költözéskor átvizsgálják a kútfej-szerelvények műbizonylatait. Ha ennek valamelyik könnyen szerelhető eleme – tolozár, közdarab, túszelep stb. – hiányzik, akkor azt az elemet a munkálatok során kicserélik. Ha olyan elem bizonylata hiányzik, amelynek cseréje bonyolult és igen költséges – pl. alapperem, bélésűcsőfej stb. – akkor ezt jelzik a felelős műszaki vezető felé, aki az illetékes bányakapitánysággal felveszi

a kapcsolatot, és megoldást találnak. A termelőcsőfej és minden olyan szerelvény, amelynek nem megfelelő a működése, lecserélésre kerül.

- A kútszűszedés: A kútszűszedését a kútjavítások technológiai utasítása tartalmazza. Ennek során azonban kiemelendő, hogy törekedni kell az egyszerű és biztonságos megoldásokra, kerülni kell az elhúzódo mentéseket, valamint a perforációkat megbízhatóan és egymástól elkülönítve kell kizárni. Amennyiben a kútból ferdítőpálya segítségével lépnek ki, akkor célszerű a perforációkat kizáró cementdugót úgy elhelyezni, hogy az a ferdítőpálya számára

műtalpként felhasználható legyen. A bélésűcsőoszlop és a cementdugó zárásáról nyomással és nivósökkenéssel győződnek meg, szükséges esetekben nitrogénnyomásos zárásvizsgálatot is végeznek.

- A fűrőszár ellenőrzése: A beszedésekor minden fűrőcsövet, nehezített fűrőcsövet, súlyosbító és minden egyéb fűrőszár elemet gondosan lesablonoznak, kalapáccsal megütögetnek, majd vízzel átöblítenek a rozsdá és egyéb törmelék eltávolítása érdekében. A fűrőszerszám első kiépítésekor ellenőrző mérést végeznek és a kútmunkálati felügyelő a fűrőcsőkönyv összesítését ellenőrzi. Törekedni kell a G-105 anyagfokozatú fűrőcsövek használatára.

- A cementpalást ellenőrzése: Amennyiben nem áll rendelkezésre jól értelmezhető geofizikai szelvény a termelő-bélésűcsőszakaszt cementpalástjáról, akkor cementpalást (CBL) – sűrűség (VDL) – karmantyú meghatározó (CCL) mérést végeznek. Ez szükséges egyrészt az ablaknyitás módjának kiválasztásához és a várható nehézségekre való felkészüléshez, másrészt a kútkiképzés tervezéséhez.

- A fűrőszerszám-pontosítás: Amennyiben van a kútban fűrőszerszámmal és karmantyú meghatározóval is egyértelműen azonosítható pont – például akasztótető –, akkor a pontosítás elvégezhető ezen pont alapján vagy az alap természetes gamma sugárzás (GR) szelvényhez pontosított karmantyú meghatározóval. Ha ilyen pont nem áll rendelkezésre, akkor a bélésűcsőkarmantyúk és a fűrőszerszám egymáshoz viszonyított helyzetét a fűrőszerszám keresztül végzett karmantyúmeghatározóméréssel ellenőrzik le. A pontosítást a következőképpen végzik:

Ha a kilépés módja ablakmarás ferdítőpályával, és a

műtálp mechanikus vagy hidraulikus működtetésű dugó lesz, akkor a kúpos műszerbevezetőt, bélésűcsőkaparót és az ablakmaráshoz használatos két dinnyemarót, két-három fúrócsőtoldót és a fúrócsőoszlopot építik be úgy, hogy a szerszámvég a tervezett kilépési pont fölött körülbelül 50 méterre legyen. A karmantyú-meghatározós mérés előtt a kutat alaposan átöblítik, nehogy a bélésűcsőről lekaptart törmelék visszaüledjen és a szerszám megszoruljon.

Ha a ferdítópályának szánt műtálp cementdugó lesz, akkor a bélésűcsőkaparót és a dinnyemarókat kihagyják a szerszámából.

Ha a kilépés módja szekciómarás, a fúrócsőtoldók és fúrócsőoszlop közé építik be, a szekciómaráshoz használandó súlyosbítókat is.

Beépítés előtt leellenőrzik, hogy a szerszám legszűkebb furata megfelel-e a karmantyú-meghatározó szonda külső átmérőjének.

A karmantyú-meghatározó szondát a fúrószerszámon keresztül engedik be és a tervezett kilépési pont alatt és fölött lehetőleg 100–100 méter karmantyúszelvényt mérnek. A szelvényt a számított szerszámvéghez pontosítva nyomtatják ki. Amennyiben a karmantyúszelvény és a számított szerszámvég között lényeges eltérés volna, annak okát kiderítik. A szerszámvég helyzetének számításakor nem szabad megfedkezni a fúrószár kiállításáról a forgatóasztal fölött. A szerszám-pontosítást a fúrási felügyelő személyes irányítása mellett végzik.

• A kilépés helyének meghatározása, előkészítése és a kilépés végrehajtása: A ferdítópályás ablakmarás esetén a ferdítópálya ültetéséhez műtálpot hoznak létre, amely – ha ez műszakilag lehetséges – a tervezett kilépési pont fölötti első bélésűcsőkarmantyú fölött egy méterre legyen. A műtálp lehet cementdugó vagy mechanikus/hidraulikus ültetésű dugó. A mechanikus/hidraulikus ültetésű dugó elhelyezése általában gyorsabb, olcsóbb és biztosabb megoldás. A cementdugót akkor érdemes műtálpként használni, ha az egyidejűleg a régi, még a nyitott perforációk kizárására is szolgál. Ha a körülmények – mélység, iszapsűrűség, hőmérséklet – kétséges teszik a cementdugózás sikerét, akkor a műtálp céljából mindenképpen mechanikus/hidraulikus ültetésű dugót használnak. Ez esetben a pontosításhoz beépített szerszámmal sablonoznak és kaparják a bélésűcsövet a dugó ültetési helyéig. Amennyiben a cementdugózásnak nincs különösebb kockázata és ez pl. összekapcsolható a perforációk kizárásával, akkor a pontosításhoz beépített szerszámmal – természetesen bélésűcsőkaparó és dinnyemarók nélkül – legalább 100 méteres cementdugót helyeznek el a kilépési pont alatt legalább 60 méterrel. A cementdugó méretre fúrása után bélésűcsőkaparót és az ablakmaráshoz használandó

két dinnyemarót építenek be a műtálpig a bélésűcső megtisztítása és sablonozása céljából. Elsősorban egy-beépítésű ferdítópályát (ferdítópálya-módosított ablakmaró-módosított közbenső maró-dinnyemaró) alkalmaznak, de a fúrásponton készenlétben tartanak egy ablakmarót és még egy dinnyemarót is tartalékban. További szerszám-összeállítás: egy darab nehezített fúrócső vagy „G 105” fúrócső-giroszkóp tartó közdarab, súlyosbító és fúrócsővek. Amennyiben a ferdítópályát betétcsőbe építik be, akkor meggyőződnek arról, hogy nem ül-e fel a lába és a kialakítása kúpos legyen. Az összeállított szerszámot óvatosan építik be, vigyázva arra, hogy a szerszám ne forogjon. Kerülik a hirtelen indításokat és megállásokat, és az éket csak akkor teszik be, ha a szerszám mozgása már megszűnt. A ferdítópályás ablakmarás szerszám-összeállítását minden esetben szervizmérnök végzi és az ablakmarás munkálatai is az ő irányításával történnek.

Szekciómarás esetén a bélésűcsövet a tervezett kilépési pont fölötti első karmantyú alatt mintegy 1 méterrel vágják el szekciómaróval és 15–20 méter hosszban marják el a bélésűcsövet. Kerülni kell a perforációk marását.

5.1.6. A fúrással kapcsolatos előírások: A ferdítőszerszám beépítése előtt a kútmunkálati felügyelő ellenőrzi:

- a ferdítőelem adatait, a ferdítő csavarmotor vagy a ferdeátmenet fokméretét, stabilizátorok, központosítók átmérőit és elhelyezésüket;
- a ferdítópálya, a marók, a ferdítőeszközök összeállítását;
- a lyuktalpi csavarmotor és az MWD felszíni próbáját;
- a biztonsági megbeszélés megtartását.

A ferdítőszerszám beépítése folyamán különös gondot fordítanak minden egyes menet megfelelő nyomtérrel történő összehúzására. Nem megfelelő összehúzás esetén fúrás közben a ferdítőszerszám hatásiránya a reaktív elcsavarodás következtében elállítható. Ha a fúrószerszám beépítése közben a nyitott lyukszakaszban 50–80 kN-nál nagyobb szorulás vagy felülés tapasztalható, a beépítést a szerszám 1/4–1/2 fordulattal jobbra történő elfordításával és megjáratásával segítik elő. A ferdítőszerszámmal a szorulási helyeken a hosszú utánfúrást kerülni kell. Ha a szerszámszorulás (felülés) meghaladja az 50–80 kN értéket, a ferdítőszerszámot kiépítik és a lyukszakaszt forgatóasztalos, rotari-szerszámmal utánfúrják. Az utánfúrást az előfúráshoz viszonyítva legalább kétszer nagyobb sebességgel végzik. Amennyiben a ferdítőszerszám (lyuktalpi csavarmotor vagy MWD) a lyuktalpra érve nem indul el, akkor 1 órás sikertelen beindítási kísérlet után azt kiépítik, és az okát meghatározva alkalmaznak lyuktalptisztítást vagy szerszámcsere-t. Ferdítőszerszámmal történő fúrás közben, ha a lyuktalpi csavarmotor leáll,

a szerszámot legalább 1 méterre megemelik, és terheletlen állapotban újraindítják, majd a lyuktalpat nagy óvatossággal elérve megkísérlik az előfúrást, és ha ekkor sem indul el, kiépítenek. A ferdítőszerszám kiépítése közben az asztallal történő szétcsavarást alkalmazni nem szabad.

Szoros együttműködés szükséges a kútmunkálati felügyelő, a kivitelező fűrómestere és a ferdefúrési szervizt végző szakember között. A ferdítő szerszámmal történő fúrás közben a fűrómester végzi a fúrást – a gépek kezelését – vagyis a ferdítést, miközben a munkapadon tartózkodik a ferdítést irányító szerviz szakember. Kritikus esetekben a ferdítést irányító szakember is kezelheti a gépeket, a kútmunkálati felügyelő engedélye alapján.

Az irányított ferde- és vízszintes fúrásokhoz nagy fúrási tapasztalattal rendelkező kútmunkálati felügyelőre van szükség, aki üzembiztosan kommunikál a megfelelő idegen nyelven és kritikával tudja kezelni a szerviz szakember által javasolt szerszám-összeállítást (16–24. ábra), valamint a szervizcég tevékenységét. Kiemelten figyel a ferdítőszerszám összeállításakor, hogy:

- a súlyosbító ne menjen ki a béléscsőből vagy a függőleges nyitott szakaszból;
- régi típusú keményfém vértézéssel ellátott fűrócsövek vagy nehezített fűrócsövek ne kerüljenek a nem függőleges béléscső rakatokba;
- kombinált fűrószerszám alkalmazása esetén a kisebb átmérőjű fűrócső nem érhet a béléscsőakasztó fölé, a két különböző méretű fűrócső közé az akasztott béléscsőnek megfelelő súlyosbító rakat kerüljön beépítésre;
- hosszabb munkálatok esetén protektor gumik vagy csapágyazott protektorok alkalmazása szükséges;
- ismeretlen területen vagy megszorulásra hajlamos rétegek átfúrása esetén fúrési ütőollót használjanak;
- a fűrószerszám sokféle átmérője miatt fokozottan ügyeljenek a helyes méretű és kifogástalan állapotú ékek, kulcsok és bilincsek használatára;
- a nem mágnesezhető eszközök könnyen megcsúsznak az ékben, kezelésük külön figyelmet igényel, további biztonságot ad a gyűrűs kitörésgátló bezárása;
- ha nincs kerülőszелеp a lyuktalpi csavarmotoron, akkor töltsék a szerszámot beépítés közben;
- minden esetben használják az öblítő-izsapszűrőt;
- a fűrószerszám összeállítását mindig a szerviz ember közvetlen irányítása és a kútmunkálati felügyelő személyes ellenőrzése mellett végezzék.

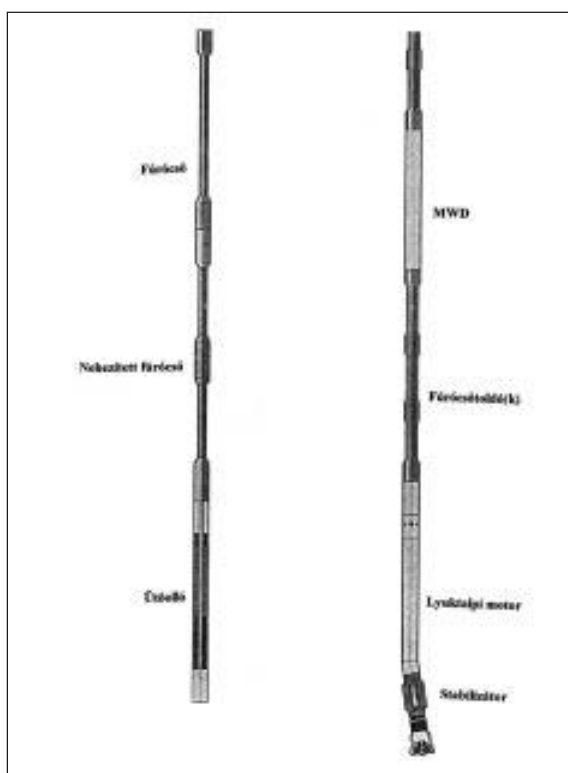
Amennyiben a lyukprofil alakulása engedi, akkor a frissen fűrt lyukszakaszt célszerű a rátoldás előtt forgatással egyszer-kétszer megjárítani. Azonban figyelembe kell venni, hogy a jól fűrhető kőzetekben ennek enyhe ferdeségcsökkentő hatása van. Ha stabilizátor nélküli

(Folytatás a 17. oldalon)

16. ábra: Szerszám-összeállítások



17. ábra: Egy ferdítőátmenetes összeállítás



A magyarországi irányított ferde- és vízszintes fúrások mélyítésének technológiai és technikai összefoglalása

ETO: 622. 24



ID. ŐSZ ÁRPÁD
okleveles olajmérnök,
okleveles menedzser
szakmérnök,
MOL Nyrt. szakértő,
OMBKE- és SPE-tag.

A magyarországi szénhidrogén-kutatás és -termelés céljából lefűrt kutak statisztikai nyilvántartása 1908 – Böck János „A petróleumra való kutatások állása a magyar szent korona országában” című munkája és a Nagysármás határában telepített kutatófúrás – óta követhető megbízhatóan. Ezt megelőzően ásott kutakkal, kézzel mélyített aknákkal indult meg a kőolajkutatás és kőolajtermelés. Ezeknek a 15–70 méter mély ásott kutaknak, aknáknak a száma 1850–1880 között 43 volt. Az 1881–1893 között lemélyített kutatófúrások száma tekintélyes (137), melyek közül 21 már 1000 méternél mélyebb volt. 1894–1905 között 81 fúrás mélyült le 100 méternél nagyobb mélységre, és ezek közt már 16 fúrás volt 500 méternél mélyebb, sőt egynek a mélysége elérte az 1070 métert [1].

1908 óta 8506 kút mélyítettek le 1 647 000 méter összhosszban kőolaj- és földgázkutatás, -termelés céljából. Ebből megközelítően 350 kút irányított ferde- és 100 kút irányított vízszintes fúrással mélyült.

A kezdeti irányított ferdefúrások kizárólagosan szovjet technológiával és technikával mélyültek, amelynek hazai szakmai irodalma igen széles körű [2–18]. Később nemzetközi – elsősorban nyugati (amerikai egyesült államokbeli) – szervizcégek is bekapcsolódtak az irányított ferde-, majd 2000 óta az irányított vízszintes fúrások mélyítésébe egyre fejlődő technológiával és technikával, miközben teljesen feledésbe merült a szovjet korszerűtlen módszer.

Az elmúlt 15 év magyarországi irányított ferde- és vízszintes fúrások szakirodalmát is kiterjedt [19–41]. Ez a cikk ennek a technológiának és technikának a rövid összefoglalása.

1. Bevezetés

A kőolaj- és földgázkutak mélyítése során különböző különleges fúrési feladatok megoldására szolgál az irányított ferde- és vízszintes fúrás módszere. Ennek a fúrési módszernek a lényege az, hogy a fúróluk nem függőlegesen, hanem tudatos elferdítéssel mélyül, amelynek következtében a lyuktalp meghatározott irányban és mélységben, meghatározott távolságra, eltér a fúróberendezés megtelepítésére kitűzött felszíni fúrési ponton átmenő elméleti függőlegestől. Az irányított és vízszintes fúrás közben a fúróluk dőlésének (fer-

deségének) és dőlésirányának (irányának) folyamatos ellenőrzésével a fúróluk térbeli lefutása irányítható és követhető.

2. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások okai és céljai

2.1. Az irányított ferdefúrások okai és céljai

Az irányított ferdefúrás mélyítésének okai és céljai a következők lehetnek:

- a fúrólukat nehezen hozzáférhető felszíni pont (víztükör, hegy, műszaki objektum, épület stb.) alá kell irányítani;

- mezőgazdasági és erdőművelési vagy természetvédelmi terület miatt a fúráspontra nem telepíthető az elméleti helyen;
- egy fúrólukból kiágazóan (gyökérfúrás), vagy egy fúróberendezés alapról különböző irányba (bokorfúrás), több lyukat mélyítve több dőlésponton kell megütni a tárolóréteget;
- a kitört fúróluk vagy kút megközelítése vagy átdőlése, a körzetben távolabb telepített fúrópontról a kitörés megfékezése, megőlése vagy elcementezése céljából (mentesítő fúrás);
- a tárolóréteget elérve a réteg síkjában fúrva a réteg nagyobb felületen történő megnyitása;
- a meddő fúróluk tárolórétegre irányítása;
- a fúrólukban vagy a kútban maradt fúrószerszám vagy egyéb eszköz elkerülése [42].

2.2. A vízszintes fúrások okai és céljai

A vízszintes fúrások mélyítésének okai és céljai a következők lehetnek:

- a tárolóréteget elérve, a réteg síkjában fúrva, a réteg nagyobb felületen történő megnyitása;
- a beáramlási felület növelésével csökkenteni a kút termelési nyomáskülönbségét és növelni a hozamot;
- a kihozatal javítása.

3. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások tervezése

Az irányított ferde- és vízszintes fúrás lyuk tengelyének bármely P pontját a következő adatok meghatározott értékei jellemzik:

- a pont térbeli helyzete P (x, y, z) koordinátákkal;
- a lyukferdeség az adott P pontban – ahol a lyukferdeség alatt értjük a ferde lyuk tengely P pontjához tartozó képzeletbeli érintő és az elméleti függőleges által bezárt szöveget;
- azimut, vagyis a lyukferdeség iránya a P pontban – amely alatt értjük a ferde lyuk tengely P pontjához tartozó képzeletbeli érintő vízszintes vetületének a földrajzi mágneses északiránnyal alkotott szögét az óramutató járásával megegyezően számolva.

Minden irányított ferde- és vízszintes fúrás mélyítéséhez ferdtívési tervet készítenek [43]. A ferdtívési terv, amely a geológiai-műszaki terv, illetve a kiviteli terv melléklete, a következő adatokra épül:

- a fúrási pont elvi helyének koordinátái (KST, EOV);
- a fúróberendezés felszíni megtelepítésének koordinátái (KST, EOV);
- a fúrás tervezett talpi koordinátái (KST, EOV);
- a ferdtívésnek a hálózati északhoz viszonyított iránya;
- az elérendő vízszintes kitérés nagysága;
- az elérendő vízszintes hossz nagysága;
- a célréteg(ek) tetejének és talpának függőleges mélyisége;
- a célréteg(ek) megnyitási helyének elfogadható távolsága az elvi kitűzési ponttól (megengedett eltérés sugara vagy távolsága);
- egyéb különleges igények fúrási, termelési vagy más szempontból, amely az irányított ferdtívés tervezése, illetve kivitelezése során figyelembe veendő.

A fentiek és a tervezett lyukkonstrukció adatai alapján történik a megfelelő lyukprofil kiválasztása, amely a rendelkezésre álló technika és technológia felhasználásával megvalósítható, ugyanakkor gazdaságilag is célszerűen figyelembe veszi a fúrást, a bélésűcsővezést, valamint a kút későbbi üzemeltetését.

Az adott feladat megoldására készítenő tervben részletes lyukprofil számítását végeznek a mindenkori rendelkezésre álló számítógépes program alkalmazásával. Ennek segítségével történik a lyukprofil egyes szakaszainak méretezése, illetve a lyuk tengely koordinátáinak meghatározása, amelyet a terv táblázat és rajz formájában tartalmaz. A geológiai-műszaki terv a függőleges vetület szerint készül, a lyuk tengely szerinti és a függőleges mélység közötti kapcsolatot a lyukprofil

terv adja. Ebből határozhatóak meg a bélésűcsővek saruállásai, a magfúrások helyei stb., a tervezett lyuk tengely szerinti mélységekben. A ferdtívési terv kiegészíthető a lyukprofil függőleges és vízszintes vetületi terveivel és rajzaival. Különleges esetekben – amely a jelenlegi technológiától jelentősen eltérhet – egyedi részletes ferdtívési terv is készíthető.

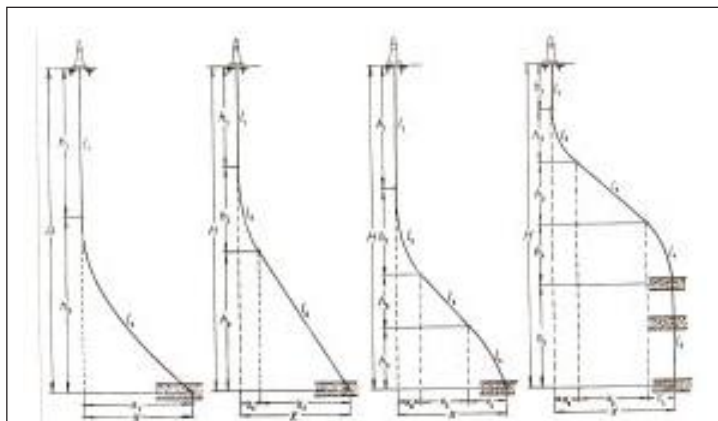
A jóváhagyott geológiai-műszaki tervnek a ferdtívésre vonatkozó részét, az elkészített ferdtívési tervet és az előzőekben mért ferdeség adatokat átadják a ferdtívési szervizt végző társaságnak, ahol elkészítik a ferdtívési terv kiviteli tervét, amely a következőket tartalmazza:

- saját számítógépes programjuk alapján elkészített lyukprofil;
- fúrószerszám-összeállításokat;
- szükséges eszközöket és szerszámokat;
- mérési programot.

Ezt követően tervegeztetés során véglegesítik a megrendelő és a ferdtívési szervizt végző társaságok a ferdtívési kiviteli tervet.

Az irányított ferdefúrás lyukprofilja lehet sík vagy térgörbe. Tervezésnél általában egy síkban – a telepítési ponton és az elvi kitűzés pontján átmenő függőleges síkban – tervezik a lyuk tengelyek lefutását. Azonban különleges esetekben ettől eltérően térgörbe szerint is lehet végezni a tervezést. A lyukprofil kettő, három, négy vagy öt jellegzetes szakaszt tartalmazhat, amelyek a következők (1. ábra):

1. ábra: Irányított ferdefúrás lyukprofilja



– **Felső függőleges szakasz (L1)**, amely többnyire magában foglalja a vezető vagy biztonsági bélésűcsőszlopot. Hosszát – vagyis a ferdtívés kezdetét, a kilépési pontot – elsősorban a megadott mélységben elérendő vízszintes kitérés határozza meg. Ennek a szakasz hosszának a felső laza rétegek vastagságánál mindig nagyobbak kell lennie, omlásra hajlamos vagy elnyelő rétegek ebben a szakaszban nem maradhatnak nyitva.

- **Lyukferdítés vagy ferdeségnövelés szakasza (L2)**, amelynek folyamán meghatározott egyenletes ferdeségnövelési ütemmel kell elérni a maximális ferdeséget a megadott azimut irányában. Ez a szakasz olyan lyukintervallumba kell hogy kerüljön, ahol a kőzetek viszonylag jó lehetőséget biztosítanak a megfelelő ferdeség eléréséhez és a lyuktengely irányának beállításához. Az elérendő maximális ferdeséget és a szakasz hosszát a ferdítési körülmények, elsősorban a szükséges vízszintes kitérés határozzák meg. Gyakorlati tapasztalatok, és elméleti megfontolások alapján a tervezett maximális lyukferdeség értékének el kell érnie legalább a 10–12°-ot. Kisebb ferdeség esetén a ferdefúrás azimutja labilis. Ezen felül a tervezés figyelembe veszi, hogy a lyukferdeség növekedésével fokozód(hat)nak a lyukmélyítési nehézségek (lyukfalon fellépő sűrűlódás, megszorulási veszély stb.). Ennek a szakasznak a mélyítése folyamán a ferdeség változását jellemzi a 10 méterenkénti görbületi szögváltozás, amelynek célszerű értéke általában 1–2°. Ez műszakilag jól megvalósítható és nem jelent hirtelen veszélyes görbületet a lyuktengelyen, ugyanakkor elég nagy ahhoz, hogy ilyen ferdeségnövelési ütemmel gyorsan elérhető legyen a maximális lyukferdeség.
- **Stabil szakasz (L3)**, amelynek folyamán a lyukferdeség és az azimut értéke nem változik. Ez az irányított ferdefúrásnak viszonylag hosszabb szakasza, így ez eredményezi a fúróluk vízszintes kitérésének jelentős részét. Ezen szakasz folyamán a fúróluk ferdeségének és azimutjának stabilan állandó értéken tartása különösen fontos követelmény és feltétele a célréteg pontos elérésének. A stabil szakasz hosszának tervezésénél figyelembe veszik, hogy kisebb lyukferdeség esetén az irány (azimut) stabilitása viszonylag nehezebben valósítható meg.
- **Ferdeségcsökkentés szakasza (L4)**, amelynek folyamán ferdesége állandó azimutérték mellett fokozatosan csökken. A ferdeségcsökkentés intenzitása lehet állandó vagy változó – általában szintén csökkenő – értékű. A ferdeségcsökkentés szakaszát – lehetőség szerint – a természetes ferdeségcsökkenés kihasználásával tervezik. A természetes ferdeségcsökkenés mezőnként vagy területenként jellemző és üteme általában csökkenő tendenciájú, amelyet a tervezésnél konkrét meghatározott értékkel vesznek figyelembe. A görbületi változás (ferdeségcsökkentés) szögértéke nem haladhatja meg 10 méterenként az 1–2°-os ütemet, különösen, ha viszonylag nagyobb ferdeségről indul és a tervezett talpmélység fölött több száz méterrel kezdődik. A szakasz mélyítése folyamán a lyukprofil fokozatosan visszatér a függőlegesbe, vagy legalábbis ferdesége csökken a ferdítési feladatban megadott rétegmegnyitási szög értékéig,

illetve az alá. Az irányított ferdefúrás ebben a szakaszban éri el a megadott vízszintes kitérést, vagyis a kitűzött célhely megadott koordinátáit, illetve, ha a fúrás nem tér vissza a függőlegesbe, ebben a szakaszban éri el magát a célréteget is.

- **Alsó függőleges szakasz (L5)**, amelynek folyamán a fúróluk gyakorlatilag függőlegesen mélyül. Függőlegesnek tekinthető a lyuktengely, ha a ferdesége nem haladja meg a 2°-os értéket. Ezen szakasz a ferdeségcsökkentés befejezésétől, vagyis a fúróluk függőlegesbe való visszatérésétől a végleges mélység eléréséig tart. Mélyítése közben a tervezett vízszintes kitérés gyakorlatilag már nem változik.

Az adott feladat megoldására tervezett irányított ferdefúrás lyukprofilja nem feltétlen tartalmazza mind az öt jellegzetes szakaszt. Leginkább leegyszerűsödhet a lyukprofil, ha a fúrás csupán egy meghatározott rétegre irányul. Ez esetben az 5. szakasz teljesen, a 4. szakasz pedig részben (a ferdeség ugyan csökken, de nem a függőlegesbe való visszatérésig) vagy teljesen elmaradhat. Így a célréteg eléréséig megvalósított lyukprofil alapján az irányított ferdefúrás lehet: két részes; három részes; négy részes; öt részes.

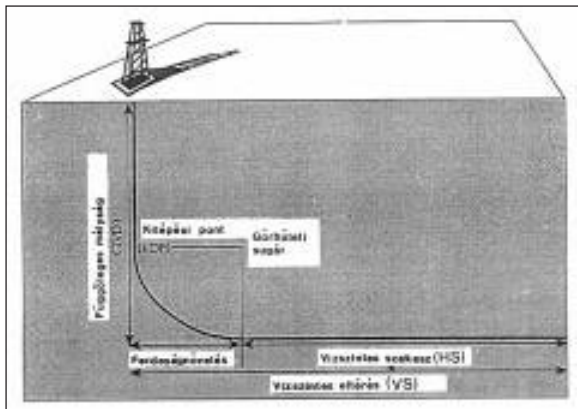
A lyukprofil kiválasztásánál és az egyes szakaszok meghatározásánál különösen szem előtt tartják az alábbiakat:

- Olyan lyukprofil típus kiválasztása célszerű, amely fúrástechnológiailag teljesíthető (kivitelezhető), gazdaságilag ésszerű, az adott feladat megoldására a legegyszerűbb és legkedvezőbb úgy a ferdefúrás kivitelezése, mint a kút későbbi üzemeltetése szempontjából.
- A lyuktengely függőlegesből való kitérését (a ferdítés kezdetét) úgy választják meg, hogy biztosítva legyen az előbbi szempontok messzemenő figyelembevétele mellett a kívánt lyuktalpi eltérés, a célpont eléréséhez rendelkeznie kell bizonyos tartalékkal, a kivitelezés folyamán esetleg előfordulható kedvezőtlen ferdeség vagy azimut kiigazítására. E célból számításba vehető a maximált lyukferdeség 2–3°-kal történő túllépése a ferdeségcsökkentés szakaszának vagy az alsó függőleges szakasznak a megrövidítése, illetve a nagyobb ferdeség alatti lyukszakasz megnyújtása mellett.

Az irányított vízszintes fúrás lyukprofil szempontjából különleges irányított ferdefúrásnak fogható fel (2. ábra), ahol a célréteg(ek)ben történő fúrás alapján lehet:

- három részes (függőleges, ferdeségnövelési és vízszintes szakasz);
- öt részes (függőleges, ferdeségnövelési, stabil, ferdeségnövelési és vízszintes szakasz).

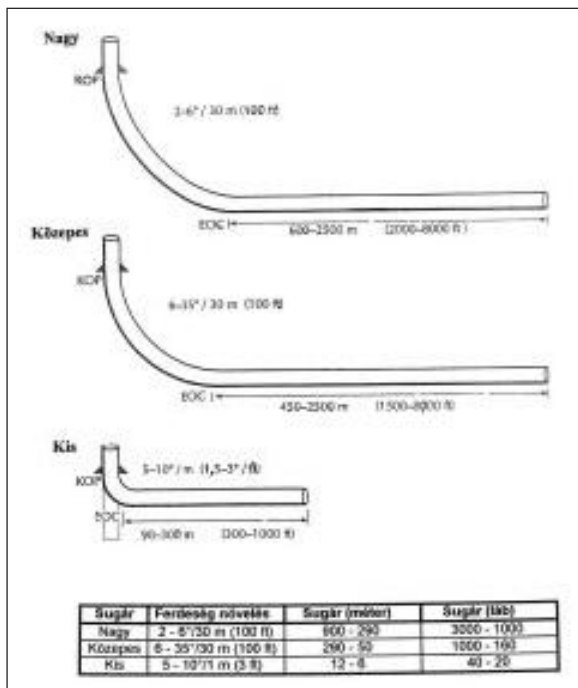
2. ábra: Vízszintes fúrás fogalmi meghatározásai



A vízszintesbe történő átmenet görbületi sugara alapján az irányított vízszintes fúrások lehetnek (3. ábra):

- nagy sugarú (2–6°/30 méter = 900–290 méter sugarú);
- közepes sugarú (6–35°/30 méter = 290–50 méter sugarú);
- kis sugarú (5–10°/10 méter = 12–6 méter sugarú);
- nagyon kis sugarú (6–1 méter sugarú).

3. ábra: Vízszintes fúrások görbületi sugara



Az irányított vízszintes fúrások tervezésénél alapvető kiindulási feltétel, hogy új kút mélyítésére kerül sor, vagy régi kutat nyitnak meg. A meglévő kútból történő kilépés esetén ellenőrzik, hogy a kút létesítése során nem tértek-e el a tervtől bejelentés vagy engedély

nélkül. Ha igen, akkor ezt az új munkálatok bejelentésekor tisztázzák az illetékes bányakapitánysággal. A tervezés első lépéseként tisztázzák az alkalmazandó termelési módot, hiszen ez határozza meg a kút szerkezetét és végső kiképzését. Új vízszintes kút esetén, valamint ha a megnyitott régi kút szerkezete megengedi, a tárolószakasz fúrását mindig külön átmérő szelvényben végzik, a ferdített szakasz cementezett bélésűvel történő biztosítása után. Így lehetőség nyílik „drill-in fluid” típusú öblítőfolyadék alkalmazására a tárolóban, nem kell tartani a ferde szakasz lyukfal-stabilitási és egyensúly-megbomlási problémáitól, nincs szükség körülményes és kockázatos cementezési technológiákra. Amennyiben a vízszintesen megfúrt tárolókörzet elég állékony és nincs szükség a vízszintes szakasz szelektív serkentésére, kezelésére, akkor a tárolót célszerű nyitva – bélésűvel – hagyni. Így nyerhetik a legnagyobb fakadó felszínt, ez a legegyszerűbb és legolcsóbb megoldás, a lyukfal hozzáférhető marad, valamint a kút további élete során tetszés szerint átképezhető. Ha szelektív rétegserkentés szükséges, akkor a legjobb megoldás a betétcső beépítése, cementezése, majd perforálása. Az előre perforált vagy réselet betétcső [44] ugyan megvédi a nyitott lyukszakaszt az összeomlástól és megkönnyíti a felcsévékelhető termelőcső közlekedését, beépítése azonban gyakorlatilag lehetetlenné teszi a nemkívánatos tároló szakaszok kizárását és a hatékony, irányított rétegserkentéseket, valamint nehézséget okozhat a termelésgeofizikai mérések értelmezésében. A különböző tároló szakaszok elválasztása az előre perforált vagy réselet betétcsővel beépített felfújható bélésű packerok segítségével ugyan elméletileg megoldható, de a gyakorlatban meglehetősen bizonytalan. Homoktermelésre hajlamos tárolók esetén kavicságyas szűrők alkalmazása szükséges. Felkészülnek annak lehetőségére, hogy az ablaknyitás után, az esetleg hibás cementpaláston keresztül a bélésűcsőn belül a már kizárt tároló(k)ból rétegtartalom áramlik az új fúrólyukba. Ha ez kitérésveszélyt jelent vagy a további műveletek sikerességét bizonytalanná teszi, akkor a hiba kiküszöbölését elvégzik. A fentiek megkönnyítése érdekében minden esetben biztosítják, hogy jó minőségű, értékelhető geofizikai szelvény álljon rendelkezésre a termelő bélésűcsőre teljes cementpalástjáról.

A függőleges lyuktengelytől való kilépés módjának meghatározását a tényleges feladat adja meg, azaz, hogy új fúrást mélyítenek, régi kutat fúrnak tovább, régi kutat nyitnak meg és ferdítenek el vagy vízszinteznek ki. Ezek alapján a kilépés módja lehet:

- ferdeátmenettel ellátott lyuktalpi csavarmotoros,
- ferdítópályás,
- ferdítópályás ablakmarás,
- szekciómárás.

A kilépés módjának meghatározásánál először megvizsgálják, hogy lehetséges és gazdaságos lenne-e a termelő béléscsórakat eltávolítása olyan mértékben, hogy az előző béléscsórakat saruja alatti kiferdítéssel vagy azon ablaknyitással egy új kút esetének megfelelő helyzet álljon elő. Ha ez lehetséges, akkor a termelő béléscsórakat régi fúrólukban maradó részét mechanikus vagy hidraulikus működtetésű dugóval és/vagy cementdugóval elzárják, majd a béléscsórakat biztonságosan a cementpalásttető fölött elvágják és kiépítik. A maradék béléscsővet béléscsömaróval elmarják úgy, hogy a teteje a kilépési pont alatt minimum 30 méterrel legyen, a csonka béléscső tetejét cementdugóval lefedik, majd a cementdugót a kilépéshez méretre fúrják. Amennyiben a kilépési pont a termelő béléscsőoszlop saruja alatt van, akkor a sarut a lehető legnagyobb átmérőjű fúróval kifúrva fúrnak elő a kilépési pontig. A kilépési pontot legalább 30 méterrel mélyebbre választják a béléscső sarunál, így a kezdeti tájoláshoz nincs szükség giroszkópra. Ha a cementpalást jó, akkor gazdaságosság alapján választanak a szekciómarás és az ablakmarás közül. Rossz cementpalást esetén ferdítópályás ablakmarással lépnek ki, szükség esetén a megnyitás után nyomásos cementdugóval pótolják a cementpalástot a kilépés környezetében. Amennyiben az eredeti fúróluk a kiviszintezéshez kedvezőtlen irányba ferdült el, akkor a kilépést magasabban kezdik meg. Ferde kútban a ferdítópálya hatásirányát a hosszú oldaltól balra 50° és jobbra 30° közé ajánlatos beállítani ültetés előtt.

A ferdefúrési szervizcég által készített lyukprofil tervet tüzetesen átvizsgálva a kútpálya jellemző pontjainak koordinátáit egyeztetik a geológiai tervvel. A későbbi félreértések elkerülése érdekében ellenőrzik, hogy a szervizcég a kútpálya függőleges vetületét a tervezett ferdítési irány síkjára vetítve számította-e ki.

A fúrési folyadék megválasztását az adott rétegsor, a fúróluk vagy kút geometriai viszonyai, a szükséges sűrűség, a lyuktalpi hőmérséklet, a furadékkihordás, a fellép(het)ő részleges vagy teljes folyadékvesztés és a további termelési feltételek együttese határozza meg. A fúrési folyadékhoz kell meghatározni a kenőképesség javítását, a vízleadást minimalizáló adalékokat, valamint a furadék kisöprését szolgáló folyadékdugó összetételét.

A rendelkezésre álló számítógépes program alapján elvégzik a fúrószár súrlódás (drag) és a nyomaték (torque) számítását, szimulációt a tényleges tervezési adatok alapján.

Minden számítás az új forgatóasztal magasságához tartozóan végeznek el, a régi elevációt nem veszik figyelembe.

A tervezés nem ér véget a ferdítési és a kiviteli terv

kibocsátásával, hanem a tervező végigkíséri a kivitelezés folyamatát és elvégzi a kivitelezés során felmerülő tervezési feladatokat is.

4. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások szerszámai és eszközei

Az irányított ferde- és vízszintes fúrások részben lyuktalpi motorral – elsősorban pozitív térfogat kiszorítású csavarmotorral – részben rotari fúrasi módszerrel mélyülnek. Az alkalmazott szerszám-összeállítás mindig meg kell hogy feleljen a tervezés során kiválasztott fúrasi módoknak és a végrehajtandó feladatnak.

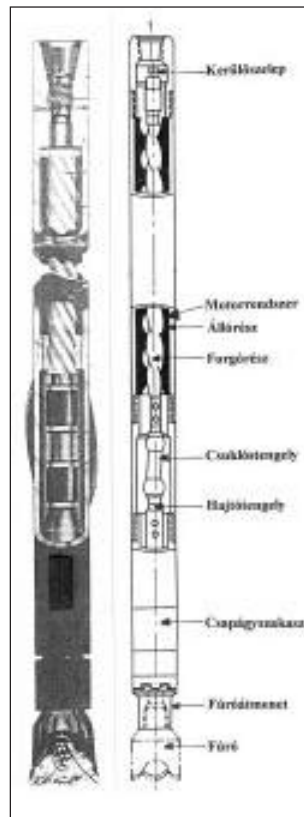
4.1. Fúrók

Az aktuális fúró helyes megválasztása mind görgős fúró, mind pedig műgyémánt fúró (PDC) típusoknál függ az átfúrandó rétegsortól és az alkalmazott fúrasi módszertől. Mindkét típusnál a teljes választék rendelkezésre áll [45].

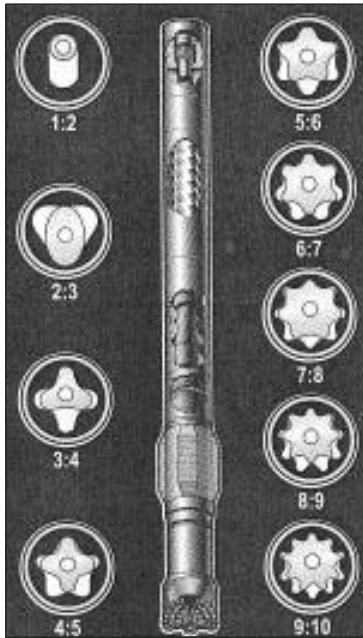
4.2. Lyuktalpi motor

A használatos lyuktalpi motorok csavarmotorok, azaz pozitív térfogat kiszorítású (Moineau-típusú) hidraulikus fúrómotorok (4. ábra), [46]. Az álló és forgó részből álló motorrendszer felett kerülőszelep helyezkedik el, amely a kiépítéskor biztosítja a lecsavart fúrócsőszakasz öblítőfolyadék mentességét. A forgó rész mozgását csuklóstengely adja át a hajtótengelynek. A csapágyszakasz a motorrésszel furattal ellátott hajtótengelyen keresztül csatlakozik. A motorrészből – pozitív térfogat kiszorítás után – az öblítőfolyadék a hajtótengelyen elhelyezett öblítőrésszen keresztül jut a hajtótengely furatába. A csuklós tengelypár a csatlakozó csapon keresztül adja át a forgatónyomatékot az excentrikusan forgó motorrendszerrel a csapágyrészben forgó hajtótengelyre. A talpi hidrosztatikus fúrómotor hajtótengelyének csapágyazása görgős – és csúszócsapágy

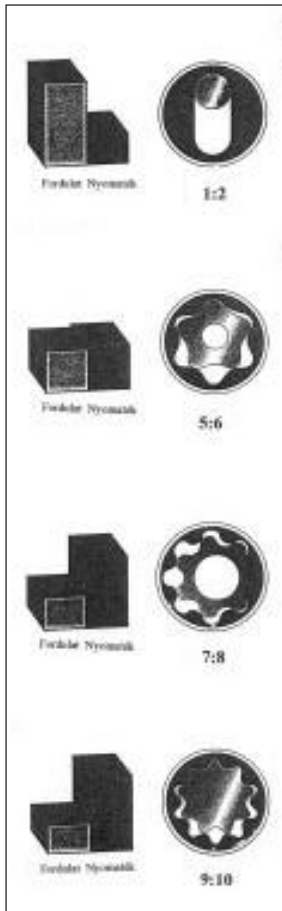
4. ábra: Lyuktalpi motor



5. ábra: Forgó- és állórész huzagolása



6. ábra: Fordulat és nyomaték



– kombinációból áll. A fűróterhelést a radiális golyóscsapágy a tányérrugókon keresztül adja át a köpenycsőnek.

A forgórész axiális terhelését görgőscsapágy veszi fel. A hajtóműtengelyt radiálisan a csúszócsapágy vezeti.

A lyuktalpi motorokat 1 1/2"-től 12 3/4" méretig gyártják. A forgó és az álló rész huzagolása 1:2-től 9:10-ig készül (5. ábra). A huzagolások számával csökken a

fordulatszám és növekszik a nyomaték (6. ábra). A standard kivitelű csavarmotor alkalmazási hőmérsékletará 130 °C, a megerősített standard kivitelűé pedig 160 °C, azonban ilyen hőfokon a teljesítménye csak 50%-os. A magas hőtűrűsű lyuktalpi motorok maximum 190 °C hőmérsékletig használhatóak. A ferdítési szervizt végzőknek minden esetben felhívják a figyelmét a várható lyuktalpi hőmérsékletre, és minden esetben a legkedvezőtlenebb esetekre készülnek fel.

A lyuktalpi motor kiválasztásánál a szükséges fűrólyukátmérőt, a talpi hőmérsékletet és az átfurandó rétegek tulajdonságait (puha, könnyen fűrható, alacsony nyomatékigényű, kemény, nehezen fűrható, magas nyomatékigényű) veszik figyelembe.

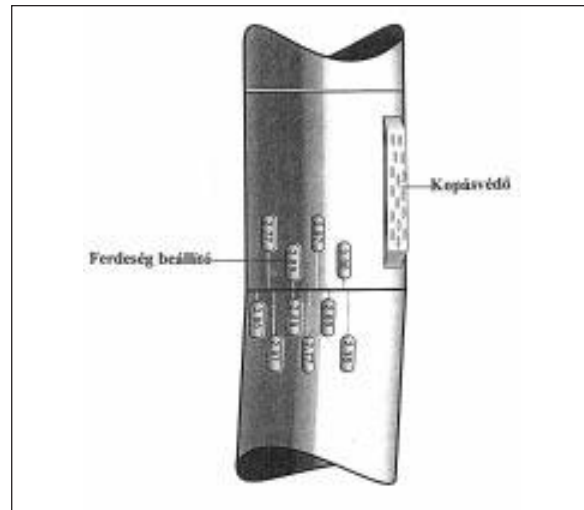
4.3. A ferdeátmenet vagy ferdítő közdarab

A ferdítő szerszám kéttengelyűségét, illetve az eltérítő nyomatékot a lyuktalpi motor fölé és/vagy a csuklóstengelynél beépített ferdeátmenettel lehet biztosítani. A 0–3° ferdeségű közdarabbal a támaszkodó nyomaték nagyságától függő fokozatos és jelentős mértékű ferdeségnövekedést (dőlésnövekedést) lehet elérni.

Kétféle ferdítő átmenet típus használható:

- állandó ferdeségű ferdeátmenet;
- felszínen állítható ferdeátmenet (7. ábra).

7. ábra: Felszínen állítható ferdeátmenet



4.4. A nem mágnesezhető súlyosbító

Az API Spec 7 szerint készített súlyosbítók nem mágnesezhető anyagból, lehetőleg spirál kivittelel biztosítják a mérések pontosságát.

4.5. Az MWD/LWD összeállítás

Az MWD (Fúrás alatti mérés) és az LWD (Fúrás alatti szelvényezés) összeállításoknál a standard kivitel alkalmazási hőmérsékletará 150 °C, azonban vannak magasabb hőtűrűsűek is, amelyek 175–185 °C-ig használhatóak. Az MWD/LWD összeállítással mérhető műszaki – technikai és földtani – petrofizikai adatokat az 1. táblázat tartalmazza. Az adott feladat megoldására határozzák meg az összeállítást [47].

4.6. A giroszkóp

A beléscső vagy egyéb vastárgyak közelsége esetén a fűrószerszám vagy a ferdítópálya tájolására, a megfelelő irányba történő beállítására giroszkópot használnak.

4.7. A ferdítópálya

A ferdítópályát mind a nyitott fűrólyukban, mind pedig beléscsővezetett kútban használják (8. ábra), viszszeranyszerhető vagy nem visszanyerhető kivitelben.

1. táblázat: Fúrás alatti mérés és szelvényezés adatai

Halmazállapot	Földmunka	Földmunka	Földmunka
AAI	Arterisk	GR	Gamma Ray
ABE	Abfraction	GRA	Gravity
TF	Tool Face	EMF	Total Magnetic Field
NDI	Near Dr. Inclination	TOF	Total Geotational Field
TT	Tool Temperature	APT GR	APT Gamma Ray
MagFR	Magnetic Field Strength	LG	Local Gravity
LA	Lip Angle	AAPF	Apparent APT
LV	Lateral Vibration	R	Radiosity
MFF	Magnetic Tool Face	PAR	Phase & Amplitude Sensitivity
GTF	Geotational Tool Face	LK	Lateral Sensitivity
RTDMS	Rotary Tool Status	RTS	Real-Time Images
LAV	Lateral & Axial Vibration	CSAS	Compressional & Shear Acoustic Shearwaves
SSL	Slack - Slip Severity Level	NP	Neutron Porosity
HAF	How Axial Pressure	NPSP	Neutron Porosity Near & Far Count
FP	Formation Pressure	CSS	Compressional & Shear Stresses
HDC	Hole Diameter & Ellipticity	NC	Neutron Capture
DPP	DPI Pipe Pressure	ENP	Electron Neutron Porosity
LAS	Lateral Acceleration & Slack	ACS	Acoustic Caliper & Standoff
M	Weight	EP	Tool Porosity
LQ	Liquor	PH	Free Hole
LP	Liquor Pressure	BM	Boreal Water
FF	Fluid Flow/Drift pipe, annulus	W	Wiring
BPM	MicroBit rpm	P	Porosity
UC	Ultrasonic Caliper	CPW	Capillary-Handled Water
US	Ultrasonic Standoff	PK	Permeability
DPS	Integrated Directional Survey	S	Seals
MOD	Weight on Bit	DD	Bit Density
ESM	Environmental Severity Monitor	Deta Rho	
AD	API Direction	Pc Index	
		CD	Compositional Density
		MFR	Multi Frequency Resistivity
		ADZ	Acoustic Density
		SHAGL	High Temperature Arched Gamma Ray
		SP	Spindle Porosity
		NMB	Nuclear Magnetic Resonance

A ferdítópálya elmozdulás ellen történő rögzítése lehet oldható mechanikus ültetésű éksorral, permanens packerrel, elcementezett alsó résszel, mentőharanggal (ékes vagy rúgós), illetve menet-összecsavarással. Az alkalmazandó ferdítópályát minden esetben az adott feladathoz választják meg. A ferdítópályát tájolóva vagy tájolás nélkül is lehet ültetni [48].

8. ábra: Ferdítópályák



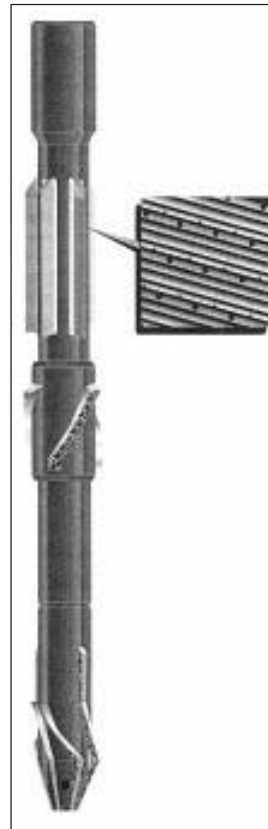
4.8. A marók

A beléscsővezetett kútból történő kilépéshez három módszer alkalmazható:

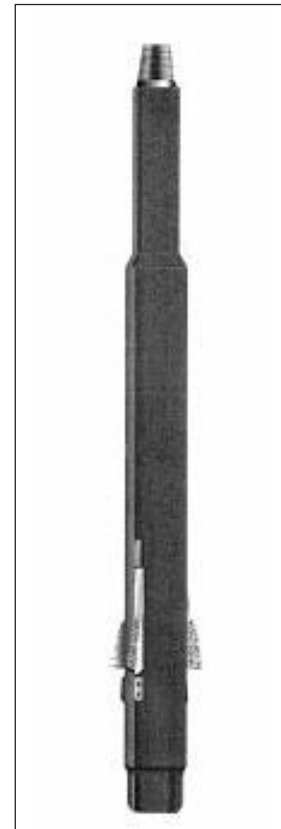
- a beléscső elmarása az előző beléscsőoszlop sarumélyisége alá, a használatos beléscsőmarót a 9. ábra mutatja;
- a beléscsőoszlop egy közbenső részének teljes elmarása, ennek eszközeit a 10. ábra szemlélteti;
- ablaknyitás a beléscsőoszlopon ferdítópályával, amelynek maróit a 11. ábra mutatja.

A kilépés módját, illetve az alkalmazandó marók típusát mindig az adott feladat határozza meg [49].

9. ábra: Beléscsőmaró



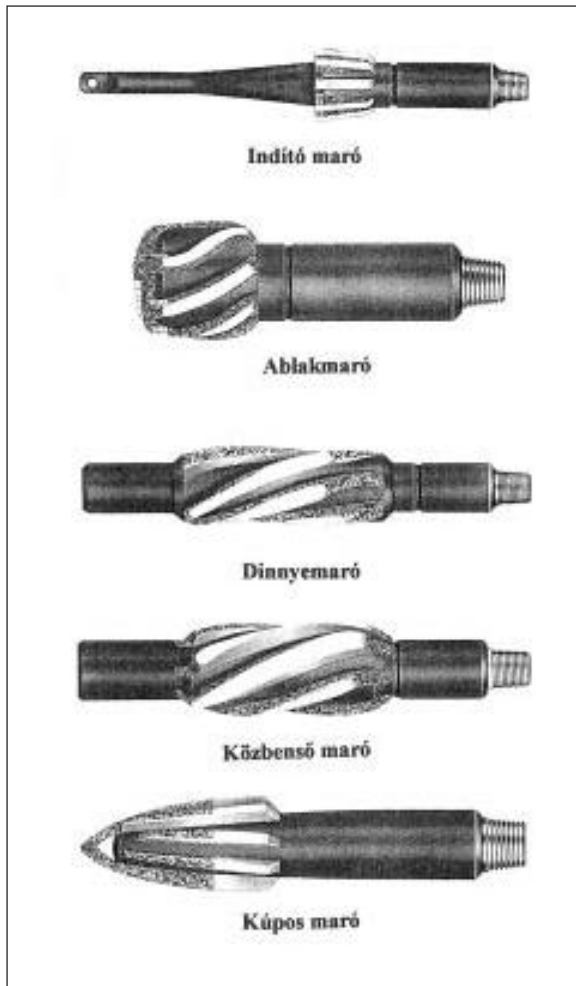
10. ábra: Beléscső szekciomaró



4.9. A nyomatékcsökkentő

A nyomatékcsökkentő olyan központosítóval rendelkező ferde és vízszintes fúrást segítő szerszám, amely magába foglal egy magas fordulátú turbinát, rotari-kalapács eszközt és reteszelő mechanizmust (12. ábra). A fúróra adott terhelés hatására a reteszelő mechanizmus kinyit, az öblítéssel és forgatással egyidejűleg a turbinával keltett radiális (oldalirányú) és a rotari-kalapáccsal keltett axiális (tengelyirányú) ütések együttesen segítik elő a fúró kőzetbontását, azaz csökkentik a kőzetbontáshoz szükséges nyomatékot.

11. ábra: Ferdítőpályás ablaknyitó marók

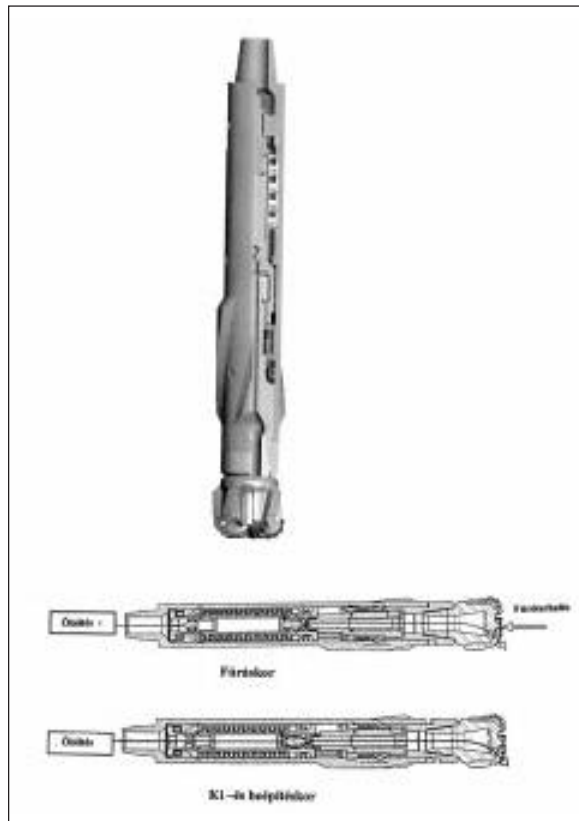


A nyomatékcsökkentő használható forgatóasztalos és lyuktalpi motoros meghajtásnál is. Tekintettel azonban arra, hogy kétirányú ütéseket hoz létre, a nyomatékcsökkentő csak mügyémánt fúróval (PDC) használható. $4\frac{3}{4}$ " , $6\frac{3}{4}$ " és $9\frac{5}{8}$ "-es méretben gyártják és kemény, nehezen fúrható, magas nyomatékigényű kőzetekhez ajánlják [50].

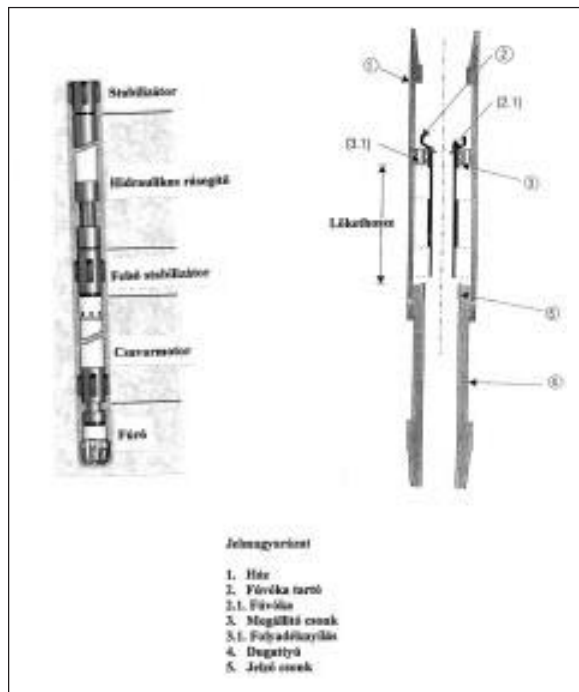
4.10. A hidraulikus rásegítő

A nagyferdeségű irányított ferde és vízszintes fúrásoknál a $6\frac{3}{4}$ " és annál kisebb lyukátmérők esetén gyakran előfordul, hogy a fúróhoz nem jut le (nagy a sűrűség, fúrószár terhelhetősége korlátozott) a szükséges terhelés. A megfelelő fúróterhelést biztosítja a hidraulikus rásegítő (13. ábra), amely egy hidraulikus dugattyúrendszer, ami az öblítőfolyadék mennyisége és az alkalmazott fúvóka átmérőjének arányában biztosítja a szükséges terhelést. Kiképzése olyan, hogy lengéscsillapítóként is működik [51–53].

12. ábra: Nyomatékcsökkentő



13. ábra: Hidraulikus rásegítő



5. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások mélyítése

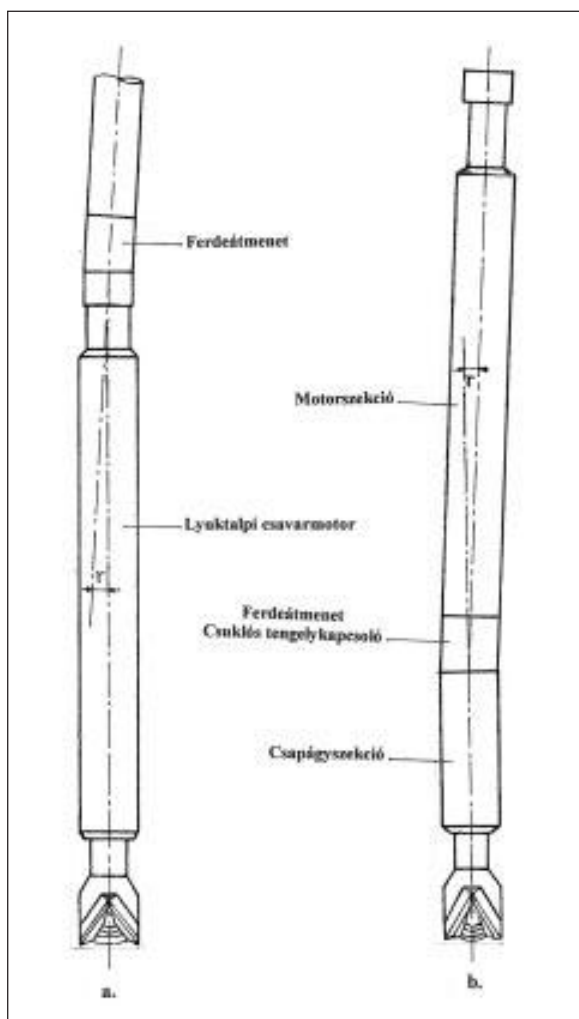
5.1. Az irányított ferde- és vízszintes fúrások mélyítése

5.1.1. Az irányított ferdefúrás felső függőleges szakaszának mélyítésénél a szerszám-összeállítás meg- egyezik a függőleges fúrásokhoz alkalmazott összeállítással, és ugyanez érvényes az alsó függőleges szakaszban is (miután az irányított ferdefúrás visszatért a függőlegesbe).

5.1.2. A ferdeségnövelési szakaszban a fúrólyuk el-ferdítésére – az intenzív ferdeségnövelésre és az azimut beállítására – a következő szerszám-összeállítások alkalmazhatók:

- Fúró, lyuktalpi csavarmotor, ferdeátmenet (ferdítő-átmenet), súlyosbító legalább 25 méter hosszban (14. a. ábra). A ferdeátmenet alsó, a lyuktalpi motorhoz csatlakozó, menetének tengelyszöge $0-3^\circ$ lehet, a felső csatlakozó menet tengelyéhez viszonyítva.

14. ábra: Lyuktalpi motoros szerszám-összeállítás



A ferdítőszerszám-összeállítás hatásossága döntően ennek a szögnek az értékétől függ. A ferdítőátmenet szögét úgy kell megválasztani, hogy a ferdítési feladat megfelelő intenzitással végrehajtható, a fúrószerszám pedig szabadon beépíthető legyen.

- Fúró, ferdítő csavarmotor, súlyosbító legalább 25 méter hosszban. A két tagból álló ferdítő csavarmotor alsó tagja (csapágyszekció) és felső tagja (motorszekció) között lévő csuklós tengelykapcsolónál helyezkedik el a ferde menettengelyű összekötő átmenet (14. b. ábra). A menettengely ferdeségi szöge $0-3^\circ$ lehet és a ferdítő csavarmotor hatásossága jelentős mértékben ennek a szögnek a nagyságától függ.

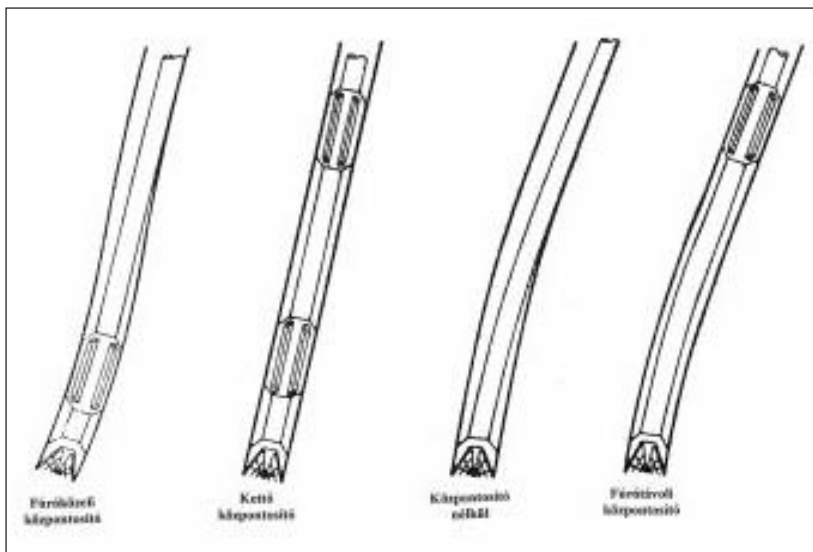
A ferdítőszerszám-összeállítás megválasztásánál figyelembe veszik, hogy a ferdítő csavarmotor alkalmazása általában megbízhatóbb és előnyösebb ferdítő tulajdonságokkal rendelkezik. Azonban az erősen kavernás, üreges, kiöblösödő fúrásokban viszont célszerűbben alkalmazható a ferdeátmenetes szerszám-összeállítás.

Mindkét szerszám összeállításánál az alkalmazandó MWD/LWD eszközöket a lyuktalpi csavarmotor fölé közvetlenül építik be, és a nem mágnesezhető nehezített fúrócsövet vagy súlyosbítót kell használni a környezetben.

5.1.3. Az irányított ferdefúrások mélyítése folyamán célszerűen alkalmazható a forgatóasztalos fúrési módszer enyhe ferdeségnövelésre, stabilizálásra és ferdeségcsökkentés céljából is. A különböző ferdefúrési (lyukirányítási) műveletek végrehajtására alkalmazható rotari-szerszám-összeállításokat a 15. ábra mutatja.

- Fúrószerszám-összeállítás egy fúróközeli központosítóval: fúró, rövid súlyosbító (2–3 méter), súlyosbító központosító, súlyosbító. Ez az összeállítás ferdeségnövekedést eredményez enyhe növekedési ütemmel.
- Fúrószerszám-összeállítás két központosítóval: fúró, rövid súlyosbító (2–3 méter), súlyosbító központosító, súlyosbító. Egy súlyosbító (8–9 méter) alkalmazása esetén általában stabilizálja a fúrólyuk ferdeségét és irányát, míg két súlyosbítót (15–18 méter) alkalmazva ferdeségnövelés érhető el. A stabilizálás fokozására közvetlenül a fúró fölött is alkalmazható egy harmadik központosító.
- Fúrószerszám-összeállítás központosítók nélkül – ez az úgynevezett „sima” szerszám: fúró, súlyosbító. Alkalmazása általában a lyukferdeség csökkenését eredményezi, a természetes ferdeségcsökkenés adott területre jellemző üteme szerint.
- Fúrószerszám-összeállítás a fúrótól távoli egy központosítóval: fúró, egynél több súlyosbító, súlyosbító központosító, súlyosbító. A szerszám-összeállítás az előzőnél némileg intenzívebb, általában megfelelő ütemű ferdeségcsökkenést eredményez.

15. ábra: Forgatóasztalos szerszám-összeállítás



A központosítók átmérője 1–2 milliméterrel legyen kisebb a fűrő átmérőjénél. Különösen fontos ennek betartása a fűrő közelében elhelyezett központosítónál. Nagyobb méretű központosító alkalmazása megszorulást okozhat, míg a kisebb átmérő hatástalansághoz vezethet.

Az irányított mélyítést a „Ferdítési terv” szerint hajtják végre. A fúrás kútmunkálati felügyelője gondoskodik arról, hogy az ott dolgozó személyzet minden tagja ismerje az ezzel kapcsolatos reá háruló feladatokat.

5.1.4 A fűrőlyuk előkészítése: A ferdítés megkezdése, vagyis a ferdítőszerszám beépítése előtt, alapos lyuktalpi öblítést végeznek és gondoskodnak a megfelelő öblítőfolyadék-paraméterek beállításáról. Amennyiben 16 órán belül nem volt öblítés, a ferdítő szerszám nem építhető be, és előtte megfelelő lyukkondicionálást kell elvégezni.

5.1.5. A kút előkészítése: A régi kút továbbfúrása vagy megnyitása utáni irányított elferdítés esetén a kutat megfelelően előkészítik.

- A munkálatok előtti ellenőrzés: A kútban még termelés közben vagy a fűrőberendezés ráköltözése előtt leellenőrzik, hogy nem tapasztalható-e a kútfejen szivárgás, és nincs-e a bélésűcsőközön nyomás. Amennyiben rendellenesség van, a hibák kiküszöbölését is megtervezik. A fúráspontra költözéskor átvizsgálják a kútfej-szerelvények műbizonylatait. Ha ennek valamelyik könnyen szerelhető eleme – tolózár, közdarab, túszelep stb. – hiányzik, akkor azt az elemet a munkálatok során kicserélik. Ha olyan elem bizonylata hiányzik, amelynek cseréje bonyolult és igen költséges – pl. alapperem, bélésűcsőfej stb. – akkor ezt jelzik a felelős műszaki vezető felé, aki az illetékes bányakapitánysággal felveszi

a kapcsolatot, és megoldást találnak. A termelőcsőfej és minden olyan szerelvény, amelynek nem megfelelő a működése, lecserélésre kerül.

- A kútszűszedés: A kútszűszedését a kútjavítások technológiai utasítása tartalmazza. Ennek során azonban kiemelendő, hogy törekedni kell az egyszerű és biztonságos megoldásokra, kerülni kell az elhúzódo mentéseket, valamint a perforációkat megbízhatóan és egymástól elkülönítve kell kizárni. Amennyiben a kútból ferdítőpálya segítségével lépnek ki, akkor célszerű a perforációkat kizáró cementdugót úgy elhelyezni, hogy az a ferdítőpálya számára

műtalpként felhasználható legyen. A bélésűcsőoszlop és a cementdugó zárásáról nyomással és nivósökkenéssel győződnek meg, szükséges esetekben nitrogénnyomásos zárásvizsgálatot is végeznek.

- A fűrőszár ellenőrzése: A beszedésekor minden fűrőcsövet, nehezített fűrőcsövet, súlyosbító és minden egyéb fűrőszár elemet gondosan lesablonoznak, kalapáccsal megütögetnek, majd vízzel átöblítenek a rozsdá és egyéb törmelék eltávolítása érdekében. A fűrőszerszám első kiépítésekor ellenőrző mérést végeznek és a kútmunkálati felügyelő a fűrőcsőkönyv összesítését ellenőrzi. Törekedni kell a G-105 anyagfokozatú fűrőcsövek használatára.

- A cementpalást ellenőrzése: Amennyiben nem áll rendelkezésre jól értelmezhető geofizikai szelvény a termelő-bélésűcsőszakaszt cementpalástjáról, akkor cementpalást (CBL) – sűrűség (VDL) – karmantyú meghatározó (CCL) mérést végeznek. Ez szükséges egyrészt az ablaknyitás módjának kiválasztásához és a várható nehézségekre való felkészüléshez, másrészt a kútkiképzés tervezéséhez.

- A fűrőszerszám-pontosítás: Amennyiben van a kútban fűrőszerszámmal és karmantyú meghatározóval is egyértelműen azonosítható pont – például akasztótető –, akkor a pontosítás elvégezhető ezen pont alapján vagy az alap természetes gamma sugárzás (GR) szelvényhez pontosított karmantyú meghatározóval. Ha ilyen pont nem áll rendelkezésre, akkor a bélésűcsőkarmantyúk és a fűrőszerszám egymáshoz viszonyított helyzetét a fűrőszerszám keresztül végzett karmantyúmeghatározóméréssel ellenőrzik le. A pontosítást a következőképpen végzik:

Ha a kilépés módja ablakmarás ferdítőpályával, és a

műtálp mechanikus vagy hidraulikus működtetésű dugó lesz, akkor a kúpos műszerbevezetőt, bélésűcsőkaparót és az ablakmaráshoz használatos két dinnyemarót, két-három fúrócsőtoldót és a fúrócsőoszlopot építik be úgy, hogy a szerszámvég a tervezett kilépési pont fölött körülbelül 50 méterre legyen. A karmantyú-meghatározás mérés előtt a kutat alaposan átöblítik, nehogy a bélésűcsőről lekaptart törmelék visszaüledjen és a szerszám megszoruljon.

Ha a ferdítópályának szánt műtálp cementdugó lesz, akkor a bélésűcsőkaparót és a dinnyemarókat kihagyják a szerszámából.

Ha a kilépés módja szekciómarás, a fúrócsőtoldók és fúrócsőoszlop közé építik be, a szekciómaráshoz használandó súlyosbítókat is.

Beépítés előtt leellenőrzik, hogy a szerszám legszűkebb furata megfelel-e a karmantyú-meghatározó szonda külső átmérőjének.

A karmantyú-meghatározó szondát a fúrószerszámon keresztül engedik be és a tervezett kilépési pont alatt és fölött lehetőleg 100–100 méter karmantyúszelvényt mérnek. A szelvényt a számított szerszámvéghez pontosítva nyomtatják ki. Amennyiben a karmantyúszelvény és a számított szerszámvég között lényeges eltérés volna, annak okát kiderítik. A szerszámvég helyzetének számításakor nem szabad megfeledezni a fúrószár kiállításáról a forgatóasztal fölött. A szerszám-pontosítást a fúrási felügyelő személyes irányítása mellett végzik.

• A kilépés helyének meghatározása, előkészítése és a kilépés végrehajtása: A ferdítópályás ablakmarás esetén a ferdítópálya ültetéséhez műtálpot hoznak létre, amely – ha ez műszakilag lehetséges – a tervezett kilépési pont fölötti első bélésűcsőkarmantyú fölött egy méterre legyen. A műtálp lehet cementdugó vagy mechanikus/hidraulikus ültetésű dugó. A mechanikus/hidraulikus ültetésű dugó elhelyezése általában gyorsabb, olcsóbb és biztosabb megoldás. A cementdugót akkor érdemes műtálpként használni, ha az egyidejűleg a régi, még a nyitott perforációk kizárására is szolgál. Ha a körülmények – mélység, iszapsűrűség, hőmérséklet – kétséges teszik a cementdugózás sikerét, akkor a műtálp céljából mindenképpen mechanikus/hidraulikus ültetésű dugót használnak. Ez esetben a pontosításhoz beépített szerszámmal sablonoznak és kaparják a bélésűcsövet a dugó ültetési helyéig. Amennyiben a cementdugózásnak nincs különösebb kockázata és ez pl. összekapcsolható a perforációk kizárásával, akkor a pontosításhoz beépített szerszámmal – természetesen bélésűcsőkaparó és dinnyemarók nélkül – legalább 100 méteres cementdugót helyeznek el a kilépési pont alatt legalább 60 méterrel. A cementdugó méretre fúrása után bélésűcsőkaparót és az ablakmaráshoz használandó

két dinnyemarót építenek be a műtálpig a bélésűcső megtisztítása és sablonozása céljából. Elsősorban egy-beépítésű ferdítópályát (ferdítópálya-módosított ablakmaró-módosított közbenső maró-dinnyemaró) alkalmaznak, de a fúrásponton készenlétben tartanak egy ablakmarót és még egy dinnyemarót is tartalékban. További szerszám-összeállítás: egy darab nehezített fúrócső vagy „G 105” fúrócső-giroszkóp tartó közdarab, súlyosbító és fúrócsővek. Amennyiben a ferdítópályát betétcsőbe építik be, akkor meggyőződnek arról, hogy nem ül-e fel a lába és a kialakítása kúpos legyen. Az összeállított szerszámot óvatosan építik be, vigyázva arra, hogy a szerszám ne forogjon. Kerülik a hirtelen indításokat és megállásokat, és az éket csak akkor teszik be, ha a szerszám mozgása már megszűnt. A ferdítópályás ablakmarás szerszám-összeállítását minden esetben szervizmérnök végzi és az ablakmarás munkálatai is az ő irányításával történnek.

Szekciómarás esetén a bélésűcsövet a tervezett kilépési pont fölötti első karmantyú alatt mintegy 1 méterrel vágják el szekciómaróval és 15–20 méter hosszban marják el a bélésűcsövet. Kerülni kell a perforációk marását.

5.1.6. A fúrással kapcsolatos előírások: A ferdítőszerszám beépítése előtt a kútmunkálati felügyelő ellenőrzi:

- a ferdítőelem adatait, a ferdítő csavarmotor vagy a ferdeátmenet fokméretét, stabilizátorok, központosítók átmérőit és elhelyezésüket;
- a ferdítópálya, a marók, a ferdítőeszközök összeállítását;
- a lyuktalpi csavarmotor és az MWD felszíni próbáját;
- a biztonsági megbeszélés megtartását.

A ferdítőszerszám beépítése folyamán különös gondot fordítanak minden egyes menet megfelelő nyomtérképpel történő összehúzására. Nem megfelelő összehúzás esetén fúrás közben a ferdítőszerszám hatásiránya a reaktív elcsavarodás következtében elállítható. Ha a fúrószerszám beépítése közben a nyitott lyukszakaszban 50–80 kN-nál nagyobb szorulás vagy felülés tapasztalható, a beépítést a szerszám 1/4–1/2 fordulattal jobbra történő elfordításával és megjáratásával segítik elő. A ferdítőszerszámmal a szorulási helyeken a hosszú utánfúrást kerülni kell. Ha a szerszámszorulás (felülés) meghaladja az 50–80 kN értéket, a ferdítőszerszámot kiépítik és a lyukszakaszt forgatóasztalos, rotari-szerszámmal utánfúrják. Az utánfúrást az előfúráshoz viszonyítva legalább kétszer nagyobb sebességgel végzik. Amennyiben a ferdítőszerszám (lyuktalpi csavarmotor vagy MWD) a lyuktalpra érve nem indul el, akkor 1 órás sikertelen beindítási kísérlet után azt kiépítik, és az okát meghatározva alkalmaznak lyuktalptisztítást vagy szerszámcsere-t. Ferdítőszerszámmal történő fúrás közben, ha a lyuktalpi csavarmotor leáll,

a szerszámot legalább 1 méterre megemelik, és terheletlen állapotban újraindítják, majd a lyuktalpat nagy óvatossággal elérve megkísérlik az előfúrást, és ha ekkor sem indul el, kiépítenek. A ferdítőszerszám kiépítése közben az asztallal történő szétcsavarást alkalmazni nem szabad.

Szoros együttműködés szükséges a kútmunkálati felügyelő, a kivitelező fűrómestere és a ferdefúrési szervizt végző szakember között. A ferdítő szerszámmal történő fúrás közben a fűrómester végzi a fúrást – a gépek kezelését – vagyis a ferdítést, miközben a munkapadon tartózkodik a ferdítést irányító szerviz szakember. Kritikus esetekben a ferdítést irányító szakember is kezelheti a gépeket, a kútmunkálati felügyelő engedélye alapján.

Az irányított ferde- és vízszintes fúrásokhoz nagy fúrási tapasztalattal rendelkező kútmunkálati felügyelőre van szükség, aki üzembiztosan kommunikál a megfelelő idegen nyelven és kritikával tudja kezelni a szerviz szakember által javasolt szerszám-összeállítást (16–24. ábra), valamint a szervizcég tevékenységét. Kiemelten figyel a ferdítőszerszám összeállításakor, hogy:

- a súlyosbító ne menjen ki a bélésből vagy a függőleges nyitott szakaszból;
- régi típusú keményfém vértézéssel ellátott fűrócsövek vagy nehezített fűrócsövek ne kerüljenek a nem függőleges bélésrész rakatokba;
- kombinált fűrószerszám alkalmazása esetén a kisebb átmérőjű fűrócső nem érhet a bélésrészakasztó fölé, a két különböző méretű fűrócső közé az akasztott bélésrésznek megfelelő súlyosbító rakat kerüljön beépítésre;
- hosszabb munkálatok esetén protektor gumik vagy csapágyazott protektorok alkalmazása szükséges;
- ismeretlen területen vagy megszorulásra hajlamos rétegek átfúrása esetén fúrési ütőollót használjanak;
- a fűrószerszám sokféle átmérője miatt fokozottan ügyeljenek a helyes méretű és kifogástalan állapotú ékek, kulcsok és bilincsek használatára;
- a nem mágnesezhető eszközök könnyen megcsúsznak az ékben, kezelésük külön figyelmet igényel, további biztonságot ad a gyűrűs kitörésgátló bezárása;
- ha nincs kerülőszelap a lyuktalpi csavarmotoron, akkor töltsék a szerszámot beépítés közben;
- minden esetben használják az öblítő-izsapszűrőt;
- a fűrószerszám összeállítását mindig a szerviz ember közvetlen irányítása és a kútmunkálati felügyelő személyes ellenőrzése mellett végezzék.

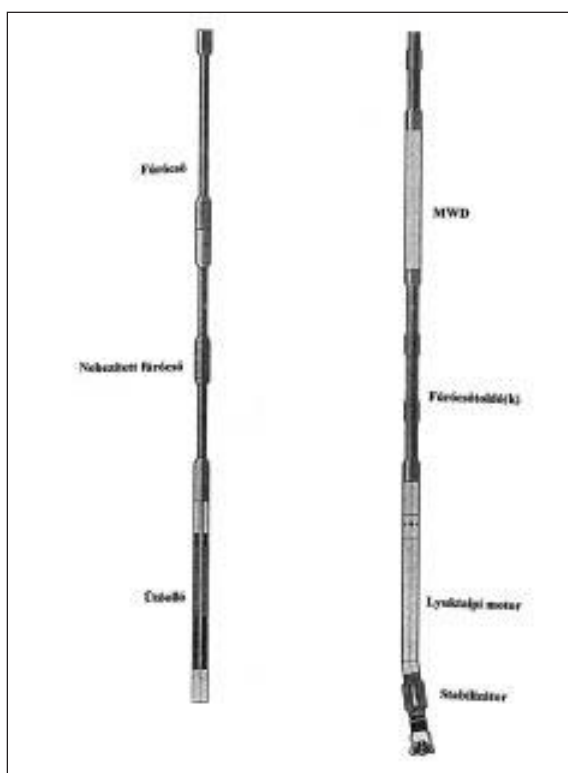
Amennyiben a lyukprofil alakulása engedi, akkor a frissen fűrt lyukszakaszt célszerű a rátoldás előtt forgatással egyszer-kétszer megjárni. Azonban figyelembe kell venni, hogy a jól fűrhető kőzetekben ennek enyhe ferdeségcsökkentő hatása van. Ha stabilizátor nélküli

(Folytatás a 17. oldalon)

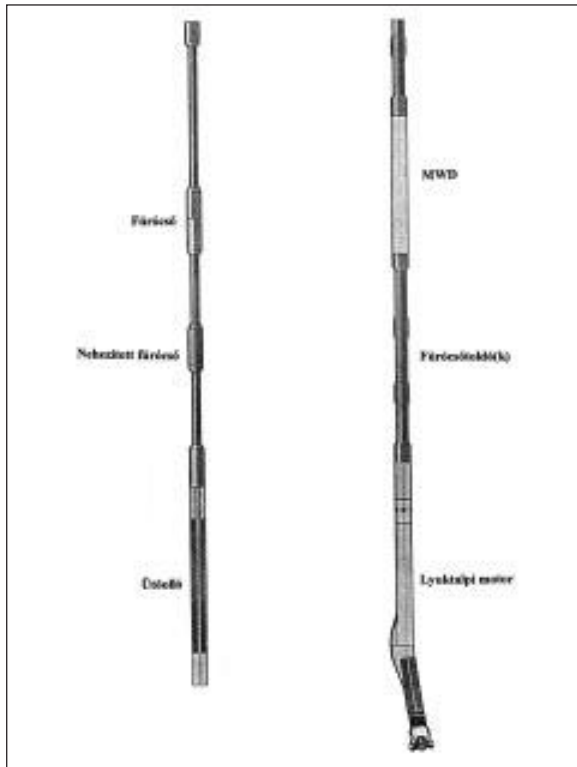
16. ábra: Szerszám-összeállítások



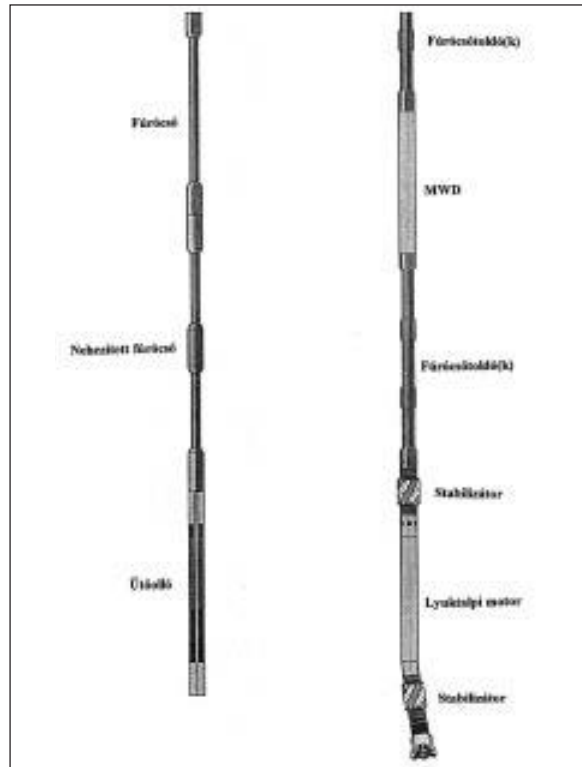
17. ábra: Egy ferdítőátmenetes összeállítás



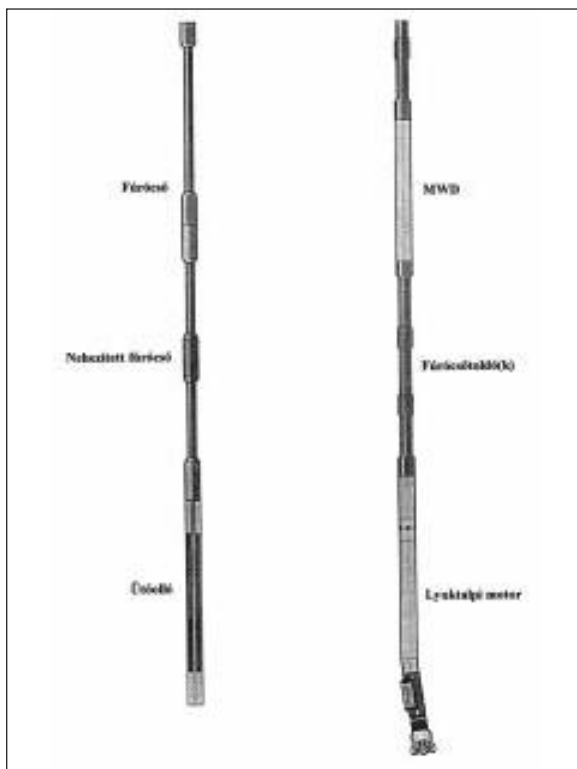
18. ábra: Egy ferdítőátmenetes összeállítás közepes sugárhoz



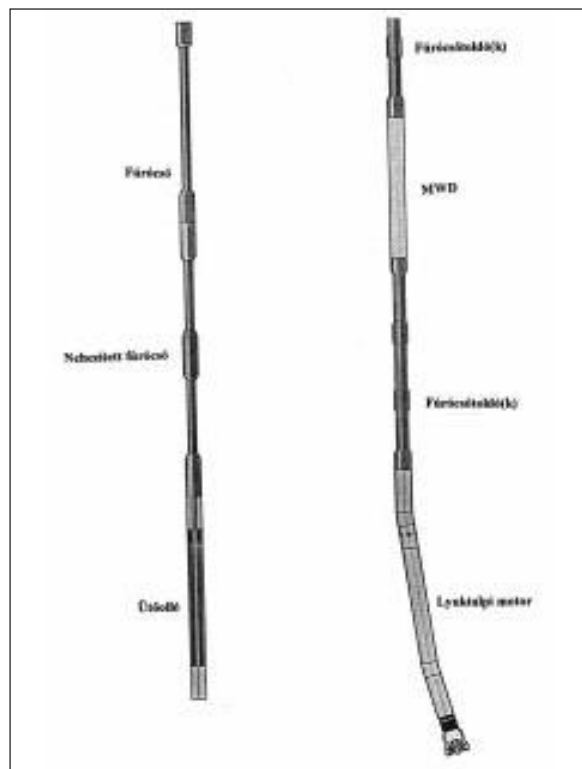
20. ábra: Egy ferdítőátmenetes összeállítás felső és alsó stabilizátorral



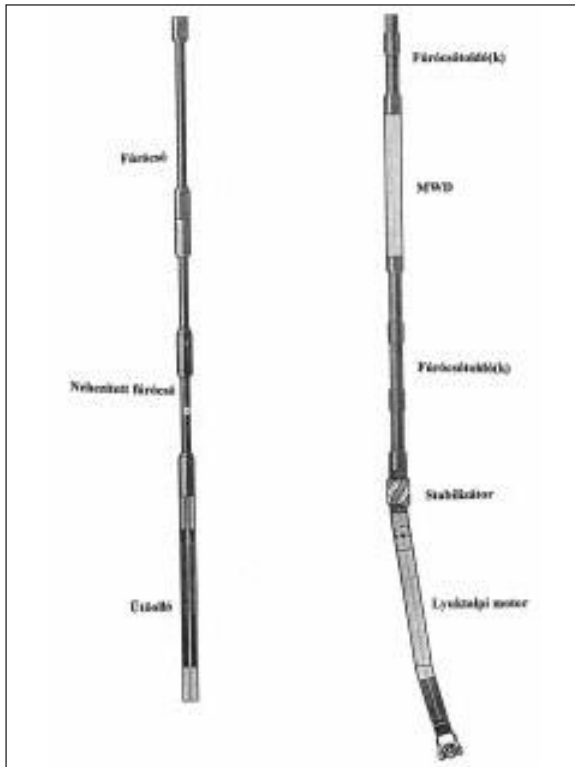
19. ábra: Egy ferdítőátmenetes összeállítás párnaalátétellel



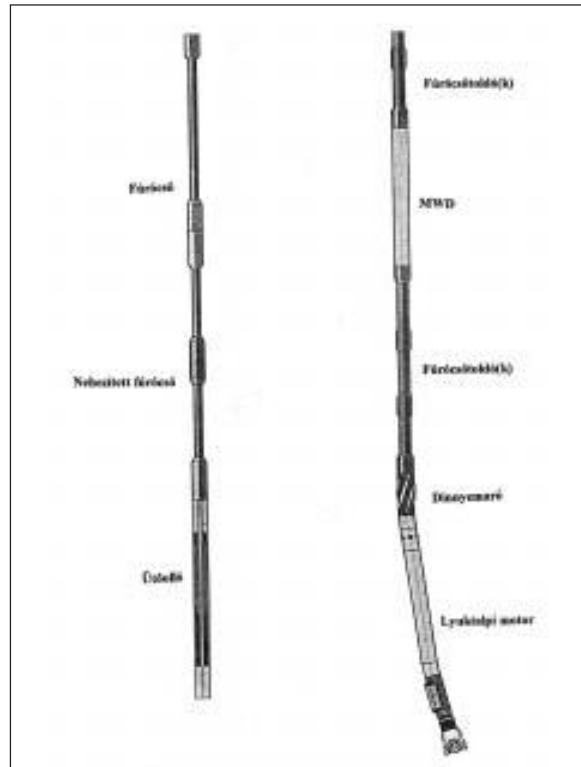
21. ábra: Két ferdítőátmenetes összeállítás



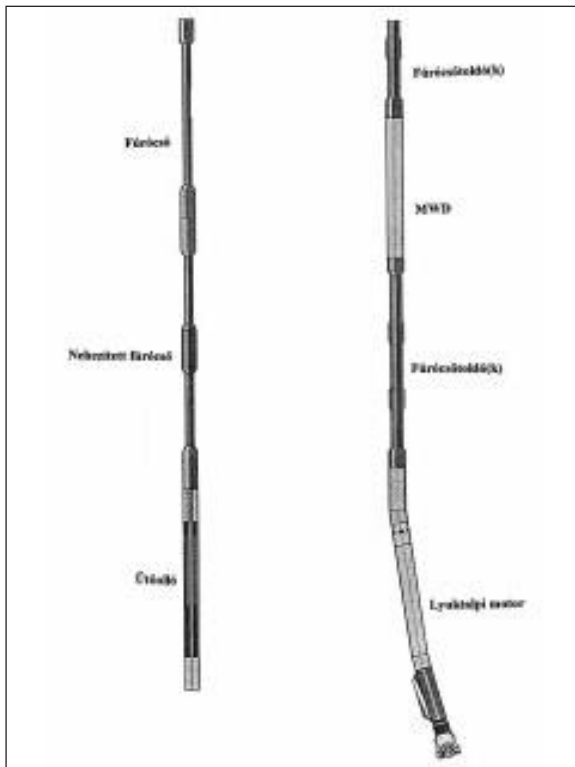
22. ábra: Két ferdítőátmenetes összeállítás felső stabilizátorral



24. ábra: Két ferdítőátmenetes összeállítás párnaalátéttel és dinnyemarával



23. ábra: Két ferdítőátmenetes összeállítás hosszú egyenes alátámasztással



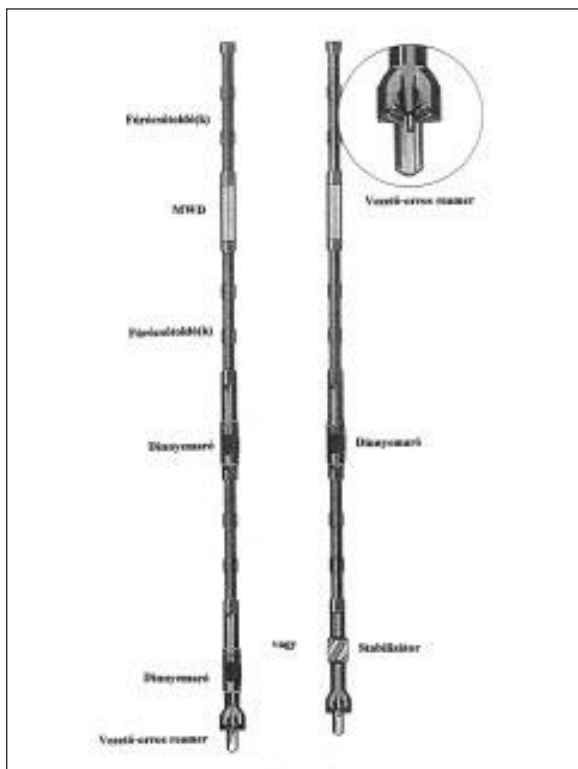
szerszám-összeállítást követően stabilizátoros lyukfalpi szerszám-összeállítás kerül beépítésre, akkor előtte ajánlatos utánjárni. Némely mezőben (pl. Algyő) szerzett tapasztalatok alapján a stabilizátor és a ferdítést segítő párnaalátét együttes használata szinte lehetlenné teszi az irányított fűrészt, használatuk itt és hasonló tapasztalatok esetén kerülendő.

Ha ferdeszakasz fűrésze során a lyukprofil nem a tervnek és az elvárásoknak megfelelően alakul, a földtani cél elérése bizonytalanná válik vagy a lyukpálya korrigálása későbbi szerszámmozgatási gondokat okozhat, akkor a hibás lyukszakaszt el kell cementezni és újra kell fűrni.

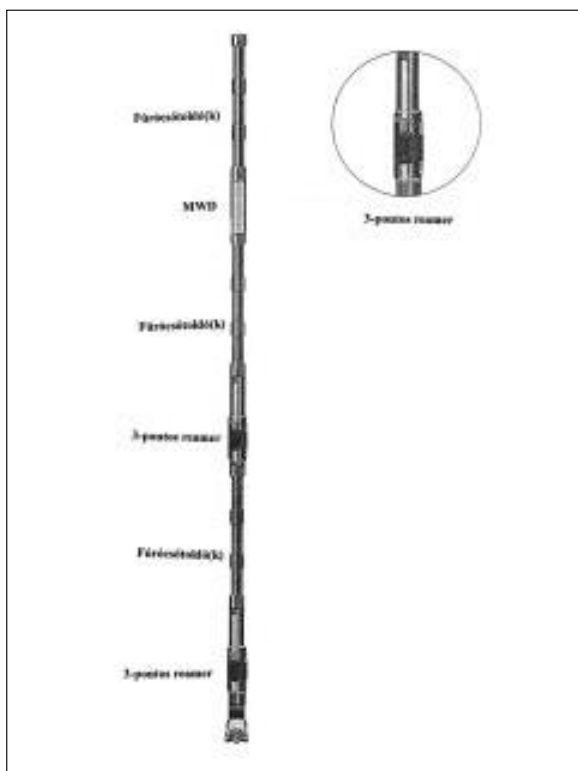
5.2. Az utánjárás

A szerszám-összeállítás cseréjekor, komolyabb szorulás és felülés esetén, valamint az irányított ferde- vagy vízszintes fűrésze befejezését követően a geofizikai szelvényezés előtt a fűrészyuk teljes nyitott szakaszát ajánlott utánjárni. Az utánjárató szerszám összeállítása lehet: vezető-orros (25. ábra), vagy görgős fűrésze három pontos (26. ábra) utánjáratóval. Gyakrabban használt a vezető-orros szerszám-összeállítás: vezető-orr – 1 rövid fűrésztoldó-dinnyemará – 1 rövid fűrésztoldó – dinnyemará-fűrésztoldó – fűrésztoldó – súlyosbító – fűrésztoldó – fűrészi ütőolló.

25. ábra: Vezető-orrós utánjárató összeállítás



26. ábra: Három-pontos utánjárató összeállítás



A kilépés helyétől kezdve forgatással végigdolgozzák a nyitott fúrólyukat legalább kétszer lejárta minden forgatórúdhosszat. Ezután ellenőrző lyukjártatást végeznek a nyitott lyukszakasz teljes hosszában. Ha a nagy lyukkönyökök, kavernák, üregek vagy egyéb okok miatt a fenti szerszám használata kockázatos, akkor a fúrócsötoldókat fúrócsövekkel helyettesítik, de utána lyukjártatást végeznek a merevebb fúrócsötoldókkal összeállított szerszámmal is. Erősen koptató kőzetekben két dinnyemará helyett az első menetben ajánlatos a keményfémbeütés utánjáratók használata.

5.3. A geofizikai szelvényezés

Az irányított ferde- és vízszintes fúrások geofizikai szelvényezése négy módon történhet: hagyományos geofizikai szelvényezéssel, szelvényezés fúrás közben (LWD), fúrószáron keresztül (PCL) és felcsévélhető termelőcsövön (CT) keresztül. A szelvényezés módjának kiválasztásakor figyelembe veszik a technikai korlátokat, a szükséges és a megszerzhető információ mennyiségét és minőségét, a várható költségeket, valamint a műszaki és anyagi kockázatot.

5.3.1. A hagyományos geofizikai szelvényezés

A hagyományos (kábeles) geofizikai szelvényezést az irányított ferdefúrásokban csak a biztonságos, a megszorulás veszélye nélküli esetekben alkalmazzák, a gyakorlati tapasztalatok alapján körülbelül 30° ferdeségig.

5.3.2. Szelvényezés fúrás közben

Ezzel a módszerrel geofizikai szelvényezés már fúrás közben megtörténik. Ez a leggyorsabb megoldás, így nyerhető információ a szinte szennyeztelen rétegekről, az érzékelők megfelelő elrendezésével pedig a fúrás a megfelelő paraméterekkel bíró teleprészben tartható. Az itt alkalmazott műszerek sokkal kevésbé sérülékenyek, mint a fúrószáron vagy a felcsévélhető termelőcsövön keresztül beépített műszerek. További előny, hogy nincs szükség külön szervizre a szelvényezéshez. Hátránya, hogy az így kapott szelvények minősége nem mindig éri el a hagyományos geofizikai mérésekét, nem minden esetben végezhető el és költsége is a másik módszerekénél.

5.3.3. A fúrószáron keresztüli szelvényezés

A speciális eszközöket (kábelvezető közdarab, nedves csatlakozó, felső kábelvezető tárcsa, hidraulikus csörlő stb.) igénylő szelvényezés biztonságos, azonban sok meghibásodási lehetősége miatt alapos előkészítést igényel.

5.3.4. Felcsévélhető termelőcsövön keresztüli szelvényezés

A szelvényezés felszereltsége megegyezik a fúrószáron keresztüli módszerével, azonban az alkalmazásának több kritikus eleme van, úgymint a fúrólyuk és a

felcsévélhető termelőcső mérete, a veszélyes kihajlás mértéke, a sok szerviz összehangolása. Ezért az előzőnél komolyabb előkészítés és a munka összehangolása szükséges.

5.4. A betétcsővezés

Az érvényben lévő „Technológiai utasítás béléscsővezésre” előírason túlmenően a következőket szükséges betartani:

- a felfújható béléscsőpacker homokkőbe vagy más mérettartó közetbe kerüljön, semmiképp sem agyag- vagy mészmárgába;
- az akasztó ültetése előtt lyukhűtés céljából hosszú öblítés szükséges, nehogy a hideg cement elmozdítsa a packert;
- a béléscsőre – az előre perforált vagy réselt béléscsővekre is – SpiraGlider központosítót használjanak.

5.5. A kitörésvédelem

Az irányított ferde- és vízszintes fúrások kitörésvédelme megegyezik a függőleges fúrásokéval, azonban a vízszintes fúrásoknál az alábbi sajátosságok vannak, és azokra fokozottabban figyelnek [29]:

- a vízszintes fúrásoknál a rétegrepszési gradiens rendszerint nem növekszik a vízszintes szakasz hosszával;
- a vízszintes szakasz hosszában a rétegnomás rendszerint végig azonos marad, kivéve, ha a fúrás egy zárt vetőn halad keresztül, ahol már nagyobb nyomás uralkodik;
- a gyűrűs térbeli öblítési nyomásvesztés a súrlódás következtében a vízszintes szakasz hosszával együtt nő;
- a gyűrűstéri nyomásvesztés egy folyamatosan növekvő egyenértékű öblítési sűrűségben (ECD) jelentkezik a vízszintes szakasz hosszának növekedésével;
- ha a vízszintes szakasz túl hosszú, az egyenértékű öblítési sűrűség megközelíti a repesztési gradienst, végeredményképpen, a vízszintes szakasz maximális hosszát behatárolja a rétegrepszési gradiens;
- amikor a kütszerkezet lehetővé teszi, feltétlenül el kell végezni a vízszintes szakaszban is a rétegerhelési próbákat;
- a vízszintes fúrások rendkívül érzékenyek a megduzzasztásra, ezért a rövid kiépítések szerepe felértékelődik;
- a fúrósár beépítésével keltett pozitív nyomáshullám (nyomásnövekedés) mértéke nő a fúrósár, illetve a vízszintes szakasz hosszával, ugyanakkor a rétegrepszési gradiens nem nő vele, így a rétegfelrepesztés lehetősége nagyobb;
- nehezebb a rétegtartalom beáramlásának felismerése, ugyanis a vízszintes szakaszban a gáz expanziója nem jön létre;

- a kiáramló öblítőfolyadék mennyisége nem növekszik;
- az iszaptartálysztint folyamatos növekedése késik;
- amíg a gáz a vízszintes szakaszban van, nyomásnövekedés nincs a felszínen;
- a beáramlás felismerése esetén több idő áll a fúrási személyzet rendelkezésére az egyensúly-helyreállítási művelet megtervezésére, előkészítésére és annak helyes végrehajtására;
- az egyensúly-helyreállítást kizárólag „Fúrós módszer”-rel kell végrehajtani;
- a vízszintes fúrásokban az egyensúly-helyreállítási művelet alatt az öblítési nyomás alakulása jelentősen eltér a függőleges fúrásokétól, így az öblítési nyomás módosítása szükséges;
- a zárt fúrósőnyomás és a zárt béléscsőnyomás azonos mértékű;
- a rétegtartalom kiöblítése hosszabb időt vesz igénybe;
- a béléscsősarunál kialakuló nyomások alacsonyabban;
- a vízszintes szakasz hossza és a ferdeségnövelés mértéke kihatással van a nyomások viselkedésére;
- a fúróluk geometriája és az öblítés mennyisége közepes hatással van az egyensúly-helyreállításra;
- a beáramlott rétegtartalom milyensége és mennyisége, valamint a kialakuló nyomáskülönbség a meghatározó tényező;
- a beáramlási tőrés nagyobb;
- a fúrószerszám ki- és beépítése kritikusabb művelet;
- a lyukegyensúly-helyreállítás nehezebben valósítható meg.

A fent elmondottak alapján az irányított vízszintes fúrások kitörésvédelmének biztosítása érdekében:

- rendszeresíteni kell a vízszintes fúrásokhoz készített lyukegyensúly helyreállítási munkalapot;
- a vízszintes fúrások lyukegyensúly-helyreállításában való jártasság megszerzése érdekében speciális oktatásokat és szimulátoros gyakorlatokat kell végezni.

5.6. A fúróberendezés kiválasztása

Az általános fúróberendezés kiválasztási szempontjain túlmenően az irányított ferde- és vízszintes fúrásokhoz a következő szempontokat is figyelembe kell venni:

- a fúrószerszám emelése és az öblítőszivattyúk meghajtása egymástól független legyen;
- az egyenletes öblítőfolyadék-szállítás érdekében triplex szivattyút kell alkalmazni olyan hengerbetét megválasztással, hogy ne használjanak alacsony löketszámokat;
- bonyolultabb fúrásokhoz felső meghajtást is biztosítani kell.

6. A zárójelentés

Az irányított ferde- vagy vízszintes fúrások befejezése után két héttel a ferdítést végző szervizcégnek el kell készíteni a zárójelentést, amely a következő fejezetekből áll:

- időfelosztásos napijelentés,
- tervezett lyukprofil,
- mérési jelentés,
- tényleges lyukprofil,
- lyuktalpi szerszám-összeállítás,
- ferdefúrási jelentés,
- mért geofizikai szelvény 1:1000 méretarányban.

7. Összefoglalás

Az elmúlt 15 év magyarországi irányított ferde- és vízszintes fúrások technológiájának és technikájának, a folyamatosan fejlődő módszerek és eszközök egy adott időpontjának színvonalát tükrözte ez a rövid összefoglaló. Nem térhetett ki minden apró részletre és megoldásra. Azonban ez az általános ismertetés jó kiindulási alapot ad arra, hogyha valaki mélyebben és részletesebben szándékozik e témakörrel foglalkozni, honnan is induljon el.

Természetesen, az ismertetett technológiák és technikák mellett más módszerek is ismeretesek – például a „Rotary Steerable System” = forgatásos irányítási rendszer –, mivel azonban ezek nem terjedtek el nálunk, így ezzel nem is foglalkozott a cikk.

Irodalom

- [1] *Dr. Alliquander Ö.*: A mélyfúrási technika kialakulása és fejlődése Magyarországon 1848–1918 között, a kőolaj- és földgáz kutatás szemszögéből. FK, 1980. XXII. évf., 4. szám, 47–55. o.
- [2] *Hegedüs F.*: A szovjet turbinafúró. BKL, 1955. 206–213. o.
- [3] *Hegedüs F.*: Az irányított ferdített fúrásmód alkalmazása a tárolórét nagy vastagsága esetén. BKL, 1956. 499–506. o.
- [4] *Borbisev G. I.*: A kisátmérőjű turbinafúrás bevezetésének perspektívái Magyarországon. BKL, 1960. 208–210. o.
- [5] *Balla I.*: A fúrószerszám elcsavarodásának vizsgálata turbinás irányított ferdítésekénél. BKL, 1969. 360. o.
- [6] *Tiraspolsky W.*: A vezetett turbinás fúrás új útjai. BKL, 1970. 236. o.
- [7] *Balla I.*: A ferdítőátmenet hatásirányának beállítása. BKL, 1971. 136. o.
- [8] *Balla I.*: Ferdeségmérési adatok értékelése. BKL, 1972. 289. o.
- [9] *Balla I.–Szabó, M.*: Irányított ferdefúrások mélyí-

tése spindeles fúróturbinák általános alkalmazásával. BKL, 1973. 328. o.

- [10] *Balla I.*: A ferdeségcsökkentés meghatározása irányított ferdefúrások kivitelezéséhez. KF, 10. (110.) évf., 2. sz., 1977. február, 54–57. o.
- [11] *Balla I.–Tatár A.*: Bokorfúrások előnyös alkalmazása. KF, 10. (110.) évf., 5. sz., 1977. május, 155–156. o.
- [12] *Balla I.–Tatár A.*: Az irányított ferdefúrások műszaki fejlesztése. KF, 11. (111.) évf. 10. sz., 1978. október, 300–306. o.
- [13] *Balla I.*: Bokorfúrások mélyítése Battonyán. KF, 13. (113.) évf. 4. sz., 1980. április, 113–119. o.
- [14] *Cseley A.*: Az irányított ferdefúrás valószínű térbeli helyzeteinek szimulálása. KF, 15. (115.) évf. 4. sz., 1982. április, 113–119. o.
- [15] *Kovács I.*: Érckutatás nagy mélységekben kis átmérőjű irányított gyökérfúrásokkal. KF, 18. (118.) évf. 10. sz., 1982. október, 299–303. o.
- [16] *Hadabás Z.*: Egyidejű irány- és lyukferdeség korrekció tervezése irányított ferdefúrások mélyítéséhez. KF, 22. (122.) évf. 9. sz., 1989. szeptember, 257. o.
- [17] *Horváth I.*: A Kőolajkutató Vállalat szegedi bányászati üzemének irányított ferdefúrási tevékenysége (1964–1989). KF, 23. (123.) évf. 7. sz., 1990. november, 348–349. o.
- [18] *Juratovics A.*: A Szeged-Móravárosi-mező kutatási és termelési elemzése. KF, 27. (127.) évf. 6. sz., 1999. június, 161–185. o.
- [19] *Kiss I.–Ősz Á.–Schwendtner I.*: Új talpi fúrómotor: a csavarmotor. KF, 15. (115.) évf. 10. sz., 1982. október, 299–303. o.
- [20] *Alliquander Ö.*: A rotari-fúrás technikai lehetőségei és hatásai. KF, 18. (118.) évf. 4. sz., 1985. április, 97–107. o.
- [21] *Tiraspolsky W.*: A fúrólyuktalpi csavarorsós (HELIX) motorok választéka. KF, 19. (119.) évf. 6. sz., 1986. július, 170–173. o.
- [22] *Alliquander Ö.–Szepesi J.*: A rotari-fúrás mai technológiája és várható csúcsteljesítményei. KF, 20. (120.) évf., 11–12. sz., 1987. november–december, 362–373. o.
- [23] *Alliquander Ö.–Szepesi J.*: A talpi hidraulikus fúrómotorok fajtái, jelentőségük és jövőjük a mélyfúrástechnikában. KF, 22. (122.) évf. 3. sz., 1998. március, 65–71. o.
- [24] *Hoznek I.*: A vízszintes ferdített kutak fúrási technológiájával kapcsolatos irodalom áttekintése. KF, 23. (123.) évf. 6. sz., 1990. június, 168–181. o.
- [25] *Horváth I.*: Dorozsma–64. – Magyarország első vízszintesbe ferdített kútfúrása. KF, 23. (123.) évf. 7. sz., 1990. július, 213–214. o.
- [26] *Braddick B.*: Vízszintes kútkiképzési rendszerek. KF, 25. (125.) évf. 7. sz., 1992. július, 207–210. o.

- [27] *Campbell A.–Traser I.*: Vízszintes kútkiképzés újszerű technológiája flexibilis (felcsévévelhető) termelőcső alkalmazásával. KF, 27. (127.) évf. 5. sz., 1994. május. 135–145. o.
- [28] *Henri C.–Federer I.*: A vízszintes kutakban kialakuló áramlási formák és a kútkiképzés kapcsolata. KF, 27. (127.) évf. 7. sz., 1994. július, 198–206. o.
- [29] *Ósz Á.*: Vízszintes fúrások kitörésvédelme. KF, 28. (128.) évf. 5. sz., 1995. május, 161–167. o.
- [30] *Vukov I.*: Sérült, kúttalp közeli zóna áthidalása kis görbületes rádiusszal mélyített, vízszintes fúrásokkal. KF, 29. (129.) évf. 1996. 129–136. o.
- [31] *Benkő A.–Labóczki E.–dr. Kiss B.–dr. Tóth J.*: The planning of horizontal wells is a new challenge for the reservoir modelling and characterization. KF, 29. (129.) évf. 1996. 341. o.
- [32] *Munkácsi I.–Palásthy Gy.–Pipicz V.*: Horizontal Wells in the Algyő Field. KF, 31. (131) évf., 1998. 10–13. o.
- [33] *dr. Megyery M.–Gyenesé I.–El-Khatib K.*: Vízszintes kutak hidrodinamikai vizsgálatainak tapasztalatai. KF, 32. (132.) évf., 1999. 237–240. o.
- [34] *dr. Federer I.*: Olaj- és gázkeveréket termelő kutak kiképzésének vizsgálata. KF, 33. (133.) évf., 2000. 33–36. o.
- [35] *Horváth I.*: A Szeged környéki szénhidrogén-előfordulások felkutatásának, feltárásának és termelésének tapasztalatai. KF, 36. (136.) évf. 85–95. o.
- [36] *Schwendtner I.*: Új talpi fűrómotor: a csavarmotor. Földtani Kutatás, 1985. 71–74. o.
- [37] *dr. Cseley A.–Ósz Á.*: Vízszintes fúrások korlátai és lehetőségei. OMBKE KFVSz XXIII. Vándorgyűlés és Kiállítás, Tihany, 1996.
- [38] *Kinzel H.–Ósz Á.–Kerk T.*: Economical Development of the Algyő-West Field by Horizontal Re-Entry Drilling. OIL GAS – European Magazine 3/1998. 27–30. p.
- [39] *Keresztesné N. T.–Keresztes N. T.–Ósz Á.*: Vízszintes fúrások a szénhidrogén-bányászatban. EMT B-F-K-Konferencia, Kolozsvár, 2000. március 17–19.
- [40] *Ósz Á.–Reizer T.*: Horizontal Drilling – Experiences of MOL Hungarian Oil & Gas Plc. IADC World Drilling 2004. 1–2 July, Dubrovnik.
- [41] *Biró R.–Feckó Zs.–Magyar R.–dr. Federer I.*: Algyő Felsőpannon vízszintes kutak mélységkorlátainak vizsgálata. OMBKE KFVSz XXVI. Nemzetközi Olaj- és Gázipari Konferencia, Kiállítás, F3, Tihany 2005. szeptember 21–24.
- [42] *dr. Alliquander Ö.*: Rotari-fúrás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.
- [43] Technológiai utasítás irányított ferdefúrások és vízszintes fúrások mélyítésére. MOL Rt., 2004. (Tervezet)
- [44] *Ósz Á.*: Lyukasztott, résel beléscsővek alkalmazása a szénhidrogénkutak kiképzésénél. KF, 39. (139.) évf. 7. sz., 1996. július, 181–185. o.
- [45] 2005 Drill Bit Classifier. World Oil, September 2005, D1–D22.
- [46] Motor Handbook. (Baker Hughes Inteq 2002, Drilex 1990, Black Max 1995, VARIDRIL 1999, COMPUTALOG 2002).
- [47] *Hartley, F.*: 2005 MWD/LWD Services Directory. Offshore, August 2005. 56–81. p.
- [48] Gyártmányismertető (Weatherford, Smith Services, Baker Oil Tools, 2005).
- [49] Gyártmányismertető (Smith Services 2005).
- [50] United Diamond, Precision Drilling Services: Torque Buster. Catalog, 2003.
- [51] *Hough, R.*: Slimhole Wells Present Tremendous Economic Opportunity. PEI, July 1995, 22–27. p.
- [52] *Klein, R.–Todd, S.–Clark, G.–Reich, M.–Dolman, L.*: Designer BHAs reduce costs on Andrew/Cyrus. WO, October 1997, 55–61. p.
- [53] *Good, A.*: Pushing the limits. Hart's E&P, December 1999, 75–77. p.

KÖNYVISMERTETÉS

A világ szénhidrogén-vagyonáról – publicisztika és valóság

A „TERMÉSZET VILÁGA” című folyóirat 2008 februári számában (p. 62–67.) jelent meg *Bárdossy György–Lelkesné Felvári Gyöngyi–Pogácsás György* tollából „A világ szénhidrogén-vagyonáról – publicisztika és valóság” c. cikke.

Az írás a szénhidrogénkészletek problémáit mutatja be, hol vannak a Földünkön konvencionális és nem konvencionális szénhidrogén-előfordulások. Megismerhetjük a kutatás módszereit és kockázatait, a készletek kiszámítását és osztályozásait, az ismert szénhidrogén-készleteket és a termelést, valamint a jövő perspektíváit, a bizonytalanságokat és a kockázatokat. Az 5 ábra és a 7 táblázat mellett számtalan olyan új irodalmi utalást és internet elérést is találunk, mint például egy nemrég alakult új társadalmi

szervezet folyóiratát, amely nagy olajvállalatok geológusaiból, geofizikusaiból és egyetemi kutatóiból alakult „Association of the Study of Peak-Oil” (ASPO) néven. A folyóirat neve „ASPO Newsletter”. A folyóirat minden számában diagram jelenik meg a kőolaj- és földgáztermelés eddigi és jövőbeni alakulásáról 2050-ig. A diagramot egy 2100-ig terjedő táblázat egészíti ki a konvencionális kőolajra vonatkozóan.

(Dr. Horn János)