

Önjáró fúró-, lyukbefejező- és kútjavító berendezések árbocainak kihorgonyozása

Anchoring masts of self-propelled drilling-, well completion- and workover rigs

ID. ŐSZ ÁRPÁD

E-mail: oszarpad46@gmail.com

Az utóbbi évtizedben két önjáró berendezés kihorgonyzott fúróárboca is eldőlt, ezzel nagy kárt okozott a fúrési vállalkozónak, szerencsére személyi sérülés nem történt. Az üzemi balesetek kivizsgálása során felmerült a kérdés, hogy megfelelő-e a fúróárbocok kihorgonyzásának magyarországi gyakorlata. Mivel a kivizsgálások megállapításai, az eldőlés okai, a keletkezett károk nagysága és az esetleges felelősségre vonás üzemi titoknak minősül, így azokat nem lehet a nagy nyilvánosság elé tárni. Azonban az érvényben lévő szabványok, szabályzatok és elérhető szakirodalmi források alapján érdemes a kihorgonyzás helyes gyakorlatát áttekinteni. Ezt a feladatot igyekszik elvégezni ez a tanulmány.

Kulcsszavak: bányá, bányanyílás (kútfej), bányavállalkozó, bányaiüzem, berendezés, engedélyes, fúróárboc, fúróberendezés, fúrótorony, horgonykötél (feszítőkötél, kikötőkötél), kihorgonyzott fúróárboc, kikötőkötél-horgony, kútmunkálat, kútjavító berendezés, lyukbefejező berendezés, szerelői ellenőrzés, üzemeltető

In the last decade, the anchored drilling masts of two self-propelled rigs have fallen over, causing great damage to the drilling contractor, but fortunately no personal injuries occurred. During the investigation of operational accidents, the question arose as to whether the Hungarian practice of anchoring drilling rigs is appropriate. Since the findings of the investigations, the reasons for the decision, the extent of the damage caused, and any potential liability are considered trade secrets, they cannot be disclosed to the general public. However, it is worth reviewing good anchoring practices based on current standards, regulations and available literature sources. This study attempts to accomplish this task.

Keywords: mine, mine opening (well head), mining contractor (operator), mining operation, rig, licensee (operator), drilling mast, drilling rig, derrick, anchor line (guy wires), guyed mast, guy anchor, well work, well completion rig, workover rig, mechanic inspection, drilling contractor

Előzmények

A European Gas and Electric Company (EUROGAS-CO) 1934 őszén hozta be Magyarországra az első, az akkori műszaki színvonal alapján korszerűnek mondható, amerikai gyártmányú forgatva működő (rotari) fúróberendezést. Európában ekkor még úgyis alig volt ismert, illetve alig terjedt el a forgató rendszerű fúrástechnológia. Abban az időben a kutak lefűrésán kívül azok kivizsgálását és termelésre történő kiképzését is a rotari fúróberendezések

végezték. A rotari fúróberendezéseknek kiegészítő kelléke volt az egydobos, szánkóra szerelt segédvitla. A forgatóasztal láncával hajtották meg a munkapadra helyezett – eredetileg a gyors-magszedőhöz tartozó – „Baret Robishow” segédvitlát a dugattyúzási vagy egyéb dróthuzalos műveletekhez. A Magyar Amerikai Olajipari Rt. (MAORT) már 1938-ban szorgalmazta a lyukbefejezés különválasztását a lyuk lefűrésától, mivel az 1938-ban behozott CARDWELL típusú berendezések (1. ábra) révén kedvező munkastílus vált megvalósíthatóvá.



1. ábra. CARDWELL berendezés



3. ábra. BAKINYEK berendezés



4. ábra. CSEPINYEK berendezés

Az egydobos, belsőégésű motorhajtású, kompaund elrendezésű CARDWELL egységek alkalmasak voltak cementfűrésra és után fűrésra is. A kiépítési és dugattyúzási munkákhoz teleszkopikusan összerolható csőárboc szolgált. Joggal lehetett ezeket a berendezéseket a szénhidrogénmezei lyukbefejezési munkák gazdaságos egységeinek tekinteni. Gyakorlatilag csak akkor váltak teljes értékűvé a lyukbefejező berendezések a szénhidrogénmezők feltárása során, amikor fontos kiegészítő tartozékok: önjáró, saját árboc, forgatóasztal és szivattyú is rendelkezésre álltak. Ezt valósította meg elsőként a Németországból 1941-ben behozott WUELFEL egydobos, önjáró, saját árboccal rendelkező berendezés. Még korszerűbb FRANK'S kétdobos, önjáró, saját teleszkopikus árbocú, asztalhajtású berendezés 1948-ban érkezett hazánkba. (2. ábra) Ezek a berendezések feleslegessé tették a fűrőtornyok helyben tartását a fűrólyuk lemélyítése után. Abban az időben ezeket a berendezéseket kútkiképző–termelésbeállító–kútgondozó berendezéseknek hívták.

A szénhidrogén-bányászat állami kezelésbe vétele után átcsoportosították a korábbi időszak kútkiképző–termelésbeállító–kútgondozó berendezéseit az újonnan megszervezett szénhidrogén-bányászati vál-

latoknak megfelelően. A fűrés vállalatoknál működő egységeket „lyukbefejező” berendezéseknek (Lyb-1. stb.), a termelő vállalatoknál működő egységeket „kútjavító” berendezéseknek nevezték el. A kútjavító berendezések egyik csoportját – számozás nélkül – sajátosan csak megnevezésükkel jelölték (MAZALÁN-DÁG, BAKINYEK (3. ábra), CSEPINYEK (4. ábra) stb.

A kútjavító berendezések másik csoportját „kútkezelő” berendezéseknek jelölték (KK-1. stb.), ezek elsősorban a SALZGITTER (SMG) különböző típusú berendezései voltak. Az első SALZGITTER önjáró, saját árbocos lyukbefejező–kútjavító berendezést (SALZGITTER SMG BK 100/7) 1952-ben állították üzembe, majd ezt követően egymás után érkeztek be a különböző típusok: SALZGITTER ZA-292, ZA-312 (5. ábra), ZA-315S, WB-160/92, ZA-160/92.2.

(Megjegyzés: Az akkor érvényes szénhidrogén-ipari embargó miatt berendezést nem volt lehetséges importálni nyugatról. Így a behozott berendezések megnevezésében ez kifejezésre is jutott: BK (Bakran) = Építkezési daru, WB (Wasserbohranlage) = Vízkút-fűró berendezés, ZA (Zerlegbare Autowinde) = Szét-szedhető autó-villa). A román gyártású T-50 típusú,



2. ábra. FRANK'S berendezés



5. ábra. SALZGITTER ZA-312 berendezés



6. ábra. T-50 berendezés

önjáró, saját árbocos lyukbefejező-kútjavító berendezések (6. ábra) – amelyekkel sekélyebb fúrásokat is mélyítettek – 1967-ben érkeztek be Magyarországra.

Az eddig elmondott önjáró, saját árbocú lyukbefejező-kútjavító berendezések BIR = Back-In-Rambler megnevezésűek voltak, amely arra utal, hogy a berendezés hátramenettel állítható rá a vizsgálandó, kiképzendő vagy javítandó kútra. A nagyobb mélységű kutak kivizsgálására alkalmas lyukbefejező berendezéseket 1965-től az osztrák Schoeller-Bleckmann Stahlwerke (SBS) cég szállította. Bár mindkét (SMG és SBS) típus magas technikai színvonalat képviselt, a típusváltás az SBS irányába főként az alacsonyabb ár és a DIR megoldás döntött (DIR = Drive-In Rambler), amely azt jelenti, hogy a berendezés előre menetben állítható rá a lefúrandó, a vizsgálandó vagy a javítandó kútra. 1965-től több SBS típus érkezett be: SBS DIR-110 (7. ábra), -308 (8. ábra), -309, -311, -379, -551, -5506 (9. ábra), -5512, -5519, -7005, -7007.



7. ábra. SBS DIR-110 berendezés

Ezek közül több berendezéssel sekélyebb kutakat is fúrtak. 1977-től a Szovjetunióból hozták be az A-50U típusú önjáró, univerzális lyukbefejező-kútjavító berendezéseket. 1974-től kezdve a kútjavító berendezések ismét közös szervezeti egységben működtek a fúró- és lyukbefejező berendezésekkel, így elmosódott a lyukbefejező és kútjavító berendezések korábbi megkülönböztetése. 1987-től érkeztek be



8. ábra. SBS DIR-308 berendezés



10. ábra. SBS DIR-806 berendezés



9. ábra. SBS DIR-5506 berendezés

a mélyebb kapacitású SBS fúróberendezések: SBS DIR-806 (10. ábra), DIR-806/A [1, 2].

Az előzőekben említett fúró-, lyukbefejező- és kútjavító berendezések önjáróak, saját, kihorgonyzott,

összecsukható fúróárboccal rendelkeznek, melyeket teleszkopikusan nyitnak ki végleges méretűre (a függőlegeshez képest 5–7°-os dőlésszögűek), és azután kihorgonyozzák őket. A horgonyzó köteleket az árboc teherbírásában számításba veszik.

Értelmezések

Ezen összeállítás alkalmazásában:

Bánya: Az ásványi nyersanyagok feltárására, kitermelésére és elsődleges feldolgozására irányuló munkák végzése céljából kialakított felszíni vagy felszín alatti térség, ideértve a szénhidrogének tárolására kialakított földtani szerkezetet is.

Bányanyílás/kútfej: A bányának, kőolaj- és földgáz-bányászati üzemnek az az első technológiai pontja, ahol a kitermelt, nyers bányatermék (a meddővel és a kísérő ásványi nyersanyaggal együtt) első alkalommal hitelesen méri (mennységi mérés).

Bányavállalkozó: A bányászati tevékenységre jogosult jogi vagy természetes személy, illetve jogi személyiséggel nem rendelkező társaság.

Bányaüzem: Viszonylagosan önálló műszaki-gazdasági egység, amelyet a bányavállalkozó az ásványi nyersanyagok kutatása, feltárása (mezőfejlesztés) és kitermelése, a földalatti gáz tárolása és a geotermikus energia kinyerése, valamint a kitermelt ásványi nyersanyagok előkészítése (elsődleges feldolgozás) céljából működtet.

Berendezés: A fúrasi- és kútmunkálatok elvégzésére a telephelyen felszerelt fúró-, lyukbefejező-, kútjavító berendezések.

Engedélyes: Az a személy, aki a fúrasi-, kútvizsgálati-, kútkiképzési- és kútmunkálati tevékenységre kiadott hatósági engedély jogosultja, aki az engedélyezett tevékenységet végzi, vagy az üzemeltetővel végezteti.

Fúróárbc: Olyan, csak néhány nagy szállítási egységre szétszerelhető rácsos idomacél, vagy csőszerkezetű fúrótorony, amelyet már összeszerelt vagy néhány elemből a felszínen összeszerelhető állapotban, vízszintes helyzetből, egy darabban gépi úton lehet felállítani. Jellemzője, hogy a kiemelt fúró- vagy termelőcső-rakatokat rendszerint a rácsos idomszerkezeten kívül, az úgynevezett külső kapcsolóállásban helyezik el.

Fúróberendezés: A fúrás gépi berendezéseinek összessége, vagyis erőátviteli elemekkel kapcsolódó gépi berendezések (erőgépek, hajtóművek, emelő-, forgató- és öblítő-munkagépek) és eszközeinek (fúrószár, felszíni öblítőrendszer, kitorésgátló stb.) a technológiai folyamatba illesztett együttese, része a fúrótorony vagy a fúróárbc.

Fúrótorony: A fúrólyuk fölé emelt, acélelemből (csőből, idomacélból) összeszerelt csonkagúla alakú rácsos szerkezet, amelynek tetején, a főtárcsára támaszkodó koronacsígsoron függ a fúrószerszám és alkalmas a fúróberendezés működőképes elhelyezésére.

Horgonykötél, feszítőkötél, kikötőkötél:

- ❑ A fúrótornyot vagy fúróárbcot a stabilitás növelése érdekében földbe ázott vagy becsavart horgonyhoz rögzítő acélsodronykötél.
- ❑ Kihorgonyzott fúróárbcot a fúróberendezés alapjához vagy földbe ázott vagy becsavart horgonyhoz rögzítő acélsodronykötél, amely az árbocterhelés viselésében számításba vett elem.

Kihorgonyzott fúróárbc: Kihorgonyzott vagy összecsiszított fúróárbcokat rendszerint egyben szállítják és felállításuk után, teleszkopikusan vagy csuklósan nyitják ki végleges méretükre, és azután kihorgonyozzák, s amelynek kikötőkötélei a méretezésekor figyelembe vett teherviselő elemek.

Kikötőkötél-horgony: Földbe ázott vagy fúrt test, amelyhez a fúrótorony vagy a fúróárbc kikötő elemeit erősítik.

Kútmunkálat: Meglévő kút karbantartására, kiképzésének, funkciójának módosítására és a réteg produktivitási jellemzőinek megváltoztatására irányuló munkálatok.

Lyukbefejező berendezés, kútjavító berendezés: A beléscsővezetett fúrólyukban a tárolóközet vizsgálatok, a termelési kísérletek elvégzésére, a szükséges mélybeli kútszerelvények beépítésére, továbbá a kiképzett és termelő kutak karbantartására, javítására és átképzésére alkalmas motorhajtású, saját árboctól, célszerűen járműalvázra szerelt kétdobos vitla.

Szerelői ellenőrzés: A gép, villamos berendezés alapvető hibáinak kimutatása céljából megtekintéssel és működési próbákkal elvégzett valamennyi ellenőrzés, ideértve a vonatkozó nemzeti szabványokban szerelői ellenőrzésként, vizuális vagy közeli felülvizsgálatként meghatározott tevékenységet.

Üzemeltető: Az a személy, aki a fúrasi-, kútvizsgálati-, kútkiképzési- és kútmunkálati tevékenységet az engedélyes megbízása alapján végzi.

Szabványok

A szabványok alkalmazása nem kötelező, csupán ajánlott. Azonban, a felügyeleti hatóság vagy az engedélyes előírhatja az üzemeltetőnek a szabványok részleges vagy teljes körű kötelező használatát. A fúró-, lyukbefejező- és kútjavító berendezések kihorgonyzására érvényes szabványok [3]:

API:

- ❑ API RP 4G 2019 (2020): Operation, Inspection, Maintenance and Repair of Drilling and Well Servicing Structures
- ❑ API Recommended Practice 8B: Recommended Practice for Procedures for Inspections, Maintenance, Repair, and Remanufacture of Hoisting Equipment
- ❑ API Recommended Practice 9B: Application, Care, and Use of Wire Rope for Oil Field Service
- ❑ API Recommended Practice 54: Occupational Safety for Oil and Gas Well Servicing

AISC:

- ❑ AISC 335-89: Specification for Structural Steel Buildings—Allowable Stress Design and Plastic Design
- ❑ AISC 360: Specification for Structural Steel Buildings

MSZ EN ISO:

- ❑ MSZ EN ISO 13534: 2001: Hoisting equipment – care/maintenance
- ❑ MSZ EN ISO 13535: 2001: Drilling and production equipment – Hoisting equipment
- ❑ MSZ EN ISO 13626: 2005: Drilling and well-servicing structures

Hazai szabályozás

A kihorgonyzott fúró-, lyukbefejező- és kútjavító berendezések árbocokra vonatkozó érvényben lévő hatósági szabályozások:

16/2022. (I. 28.) SZTFH rendelet a Kőolaj- és Földgázbányászati Biztonsági Szabályzatról [4]

II. Fejezet

Mélyfúrás és kútmunkálatok

Eszközök, berendezések

19. § (1) A fúrási, lyukbefejezési és kútjavítási tevékenységnél használt eszközt és berendezést úgy kell méretezni, kiválasztani, hogy biztonsággal megfeleljen a rendeltetésszerű használata során fellépő igénybevételnek.

(2) A fúrási, lyukbefejezési és kútjavítási tevékenységnél az Európai Unió belüli gyártó által adott megfelelőségi nyilatkozattal vagy tanúsító szerv által kiadott megfelelőségi tanúsítvánnyal rendelkező eszköz és berendezés használható.

20. § (1) A fúróárboc és a munkapad részére az alapot a talaj szilárdságát számításba véve kell elkészíteni.

(2) Fúrási, lyukbefejezési és kútjavítási munkához a várható igénybevételnek megfelelő teherbírású fúróárbocot kell használni.

(3) A fúróárboc adattábláján fel kell tüntetni a gyártó nevét, a torony típusát és gyári számát, a megengedett maximális korona- és horogterhelést a kötélfeszültségek számával, valamint a kihorgonyzás módját.

(4) A fúróárboc kapcsolóállását legkésőbb az üzembe helyezés előtt el kell látni menekülőkötéllel és menekülőláncokkal. Menekülőkötélként legalább 110 kN/mm² szakítóerejű, korrózió ellen védett sodronykötelet kell alkalmazni.

(5) A menekülőkötél alsó rögzítő horgonyát a fúróárboctól olyan távolságra kell elhelyezni, ahol a kötélfeszültség mért hajlásszöge legfeljebb 30°.

(6) A kapcsolóállás, a koronacsigához vezető lépcsők, létrák, azok háttámaszai, valamint a pihenőpadozatok kialakításának meg kell felelnie a gyártó által a fúróárboc tekintetében előírtaknak.

(7) A fúróárbocokon, alépítményeken öt évente szerkezeti felülvizsgálatot kell végezni.

21. § (1) Az emelő és teherviselő eszközöket, elemeket a gyártó előírásai szerint kell használni, karbantartani és ellenőrizni.

(2) Az emelő és teherviselő eszközöknek meg kell felelniük a vonatkozó szabvány követelményeinek vagy annál nem alacsonyabb gyártói előírásnak.

22. § (1) A fúró, lyukbefejező és kútjavító berendezéseknél a gyártó vagy akkreditált intézmény által kiállított megfelelőségi tanúsítvánnyal ellátott kötélfűrészt használható.

(8) A torony kihorgonyzó köteleinek méretét, teherbírását, elrendezését, az üzem közben megengedett

kötélfeszültségeket, a kötélfűrészt és rögzítéseinek ellenőrzési módját, gyakoriságát, lecserélésének feltételeit a gyártó előírásait figyelembe véve az üzemeltető üzemi utasításban határozza meg.

(9) Függesztéknek egyedi azonosítóval ellátott, a karbantartási utasításban előírt rendszerességgel ellenőrzött, megfelelőségi tanúsítvánnyal rendelkező eszköz használható.

(10) Az üzemeltető az emelő- és teherviselő eszközökre ellenőrzési utasítást dolgoz ki, amelyben rögzíti a különböző elemekre vonatkozó ellenőrzési, felülvizsgálati és színkódolási vagy azzal egyenértékű jelölési előírásokat.

(11) A fúróberendezésen lévő összes függesztőelemről – ideértve a félszemet, a megtörő csigát, a hegesztett és a rögzített fülecset, valamint a kötelet – térképet kell készíteni.

5/2022. (I. 24.) SZTFH rendelet a Mélyfúrési Biztonsági Szabályzatról [5]

5. Mélyfúró berendezés

6. § (1) A fúrási, lyukbefejezési és kútjavítási tevékenységeknél csak a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról szóló miniszteri rendelet szerinti megfelelőségi nyilatkozattal vagy a mellékletben előírt vizsgálatok alapján kiadott mélyfúrási alkalmassági bizonyítvánnyal rendelkező mélyfúró berendezés használható.

(2) A fúrási, lyukbefejezési és kútjavítási tevékenységeknél használt eszközöket, berendezéseket úgy kell méretezni, kiválasztani, hogy a rendeltetésszerű használatuk során fellépő igénybevételnek biztonsággal megfeleljenek.

(3) A fúrótorony felbillenés elleni biztonságának – kikötés nélkül – 33 m/s talajszinti szélességet feltételezve, 1,5-szeresnek kell lennie. A kikötőelemek az ún. kihorgonyzott típusú fúrótorony esetében a felbillenés elleni biztonság számításánál figyelembe vehetők.

8. Emelő- és forgató-berendezés, kulcsok

9. § (3) A teherviselő elemeket úgy kell megválasztani, hogy a névleges teherbírás a kivételesen megengedett terhelésnek legalább 1,25-szorososa legyen.

(4) Csak minőségi bizonyítvánnyal (műbizonylattal) ellátott teherviselő elemek használhatóak.

Kihorgonyzott fúróárbocok terhelése

A szabványok a fúróárbocoknak – így a kihorgonyzott fúróárbocoknak is – csak a főméreteit írják elő, a fúróárboc tervezőire bízák a szerkesztés és a merevítés módját az előírt terhelési feltételezések és méretezési elvek szerint. Bármelyik kihorgonyzott árboc típusról legyen is szó, mindegyik előre dőlt árboc és legalább

kettő horgonykötél teherviselő elem. A szabványok nem rögzítik a merevítés, tehát a rácsos szerkezet módját, hanem csak

- ❑ a számításba veendő terhelőerőket;
- ❑ a terhelési eseteket;
- ❑ a terhelőerők csoportosítását;
- ❑ a felhasznált tartóelemek karcsúsági viszonyait és
- ❑ az acélanyagot

írják elő.

Terhelési esetek lehetnek:

- ❑ üzemi terhelések, amikor a berendezés dolgozik (csövek ki- és beépítése, forgatás, öblítés, mentés, túlhúzás, rogyasztás, szélterhelés stb.);
- ❑ üzemen kívüli terhelések, amikor a berendezés nem dolgozik (kiállított vagy beépített csőszakatok, nincs forgatás, nincs öblítés, nincs túlhúzás vagy rogyasztás, leállított meghajtó motor(ok), szélterhelés felléphet, ez a helyzet a rétegvizsgálati műveletkor vagy várakozás esetén).

A kihorgonyzott fúróárbocokra ható terhelések:

- ❑ függőleges terhelések;
- ❑ vízszintes terhelések;
- ❑ csavaró terhelések.

Függőleges terhelések: A szabványok a kihorgonyzott fúróárbocok teherbírását a koronaterheléssel vagy a horogterheléssel adják meg. A koronaterhelés a maximális figyelembe veendő horogterhelésből, a húzó- és holtkötélszál maximális terhelésének megfelelő kötél feszültségéből és a csigasor, a horog és a fúrókötél önsúlyából áll. A maximális koronaterhelés 1,2-szerese a kivételes koronaterhelés (biztonság a fúrószár vagy a termelőcső-oszlop megszorulása, a mentés, a koronacsigasor és a szállítócsigasor összehúzása stb. esetére). A kiinduló horogterhelés maximumaként a legnehezebb csőoszlop folyadékban mért tömegét fogadják el és 1,5-1,6 biztonsági tényezővel figyelembe veszik a súrlódási ellenállást is. A fúróárbocok kapacitását az API is a maximális névleges horogterheléssel írja elő, meghatározott árbochajlásszög, csigasorbefűzés és holtkötél-lekötés mellett. A függőleges terheléseknél megkülönböztetnek, és a méretezésnél számolnak statikus, dinamikus, normális és kivételes terhelésekkel.

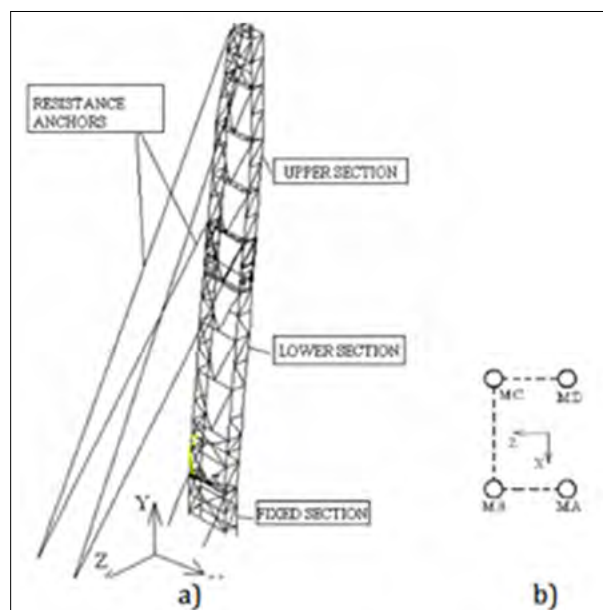
Vízszintes terhelések: A szabványok figyelembe veszik a korona síkjában a húzó-, illetve a holtkötél-szál ferde irányú erőhatások vízszintes összetevőjét. Ez a kivételes horogterhelés 0,01%-a,

de maximum 1350 kP. Ugyancsak vízszintes irányúnak feltételezik a szabványok a szélterhelést is, mint a torlónyomás többszörösét is, ahol figyelembe veszik az árbocszerkezet alakját. A különböző szabványok más és más szélességet és hozzátartozó szélnyomást feltételeznek a magasság függvényében. A vízszintes terheléseknél megkülönböztetnek, és a méretezésnél számolnak az árbocra-, az árbocra átló mentén- és a kiállított csőszakatokra ható szélterheléssel, a kiállított csőszakatok és a koronára ható erők vízszintes összetevőjével. A szabványokban a szélességek és szélnyomások nagyságát rögzítik üzemi viszonyok és üzemen kívüli viszonyok, valamint különböző magasságok (8, 20, 40 és 100 m) szerint.

Csavaró terhelések: Csavaró terhelések nagy szélességek, szélnyomások, szélirányok hirtelen változása (örvénylés) esetén lép(het)nek fel, amelyek az árboc rácszatára, a kapcsolóállásra, a kiállított csőszakatokra, a fúrókötélre és a szállító-csigasorra hatnak. Ezt külön nem számolják, hanem a szélességek és a szélnyomások által kiszámolt terheléseknél 2–2,8 körüláramlási együtthatóval veszik figyelembe.

Az érvényben lévő szabvány szerint az önjáró berendezések árbocát – mint rácsos szerkezetet – 120 km/óra szélességre kell tervezni.

Önjáró berendezések horgonyzatlan árbocának stabilitásával kapcsolatban végelem módszerrel számításokat végeztek a szél és a horogterhelés összetett hatását vizsgálva (11. ábra).

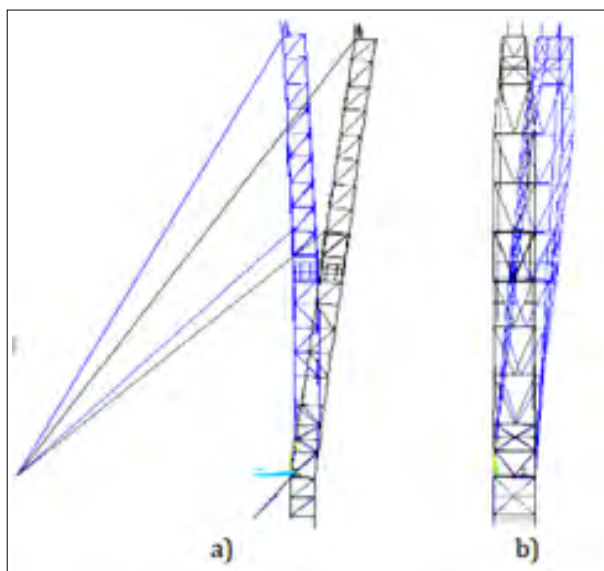


11. ábra. Önjáró berendezés árbocának számítási modellje: a) szerkezeti nézet; b) árboc keresztmetszet

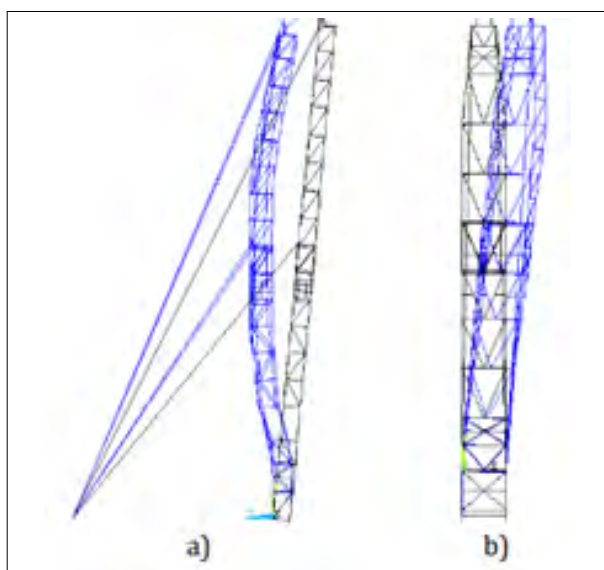
A számítás célja az volt, hogy meghatározza az árboc stabilitását horogterhelés nélkül és horogterheléssel. A számítás kiinduló adatai:

- ❑ szélesség 120 km/óra;
- ❑ szélirány a „Z” tengely irányában (előlről hátra, hosszirány);
- ❑ szélirány az „X” tengely irányában (oldalról keresztirány);
- ❑ nincs horogterhelés;
- ❑ különböző horogterhelés.

A számítások kimutatták, hogy ilyen típusú árbocoknál összetett tengelyirányú- és hajlító feszültségek



12. ábra. A terheletlen árboc deformált alakja 120 km/h szélesség hatására. a) hosszirányú szél esetén; b) keresztirányú szél esetén

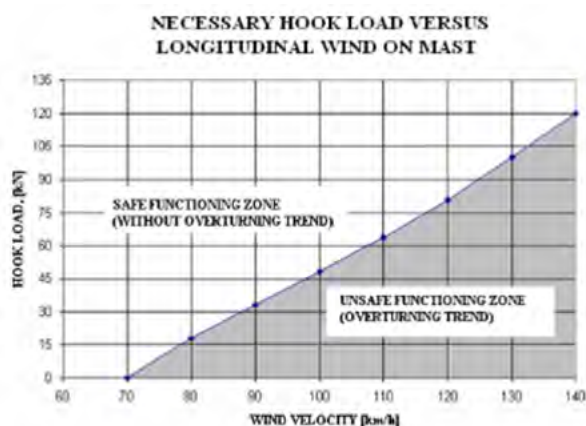


13. ábra. A terhelt árboc deformált alakja 120 km/h szélesség hatására: a) hosszirányú szél esetén; b) keresztirányú szél esetén

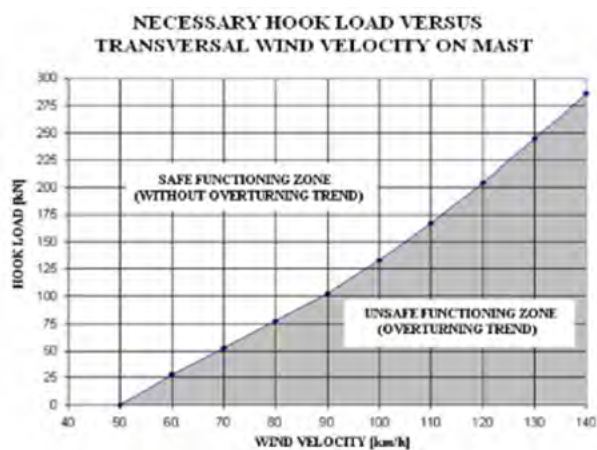
lépnek fel. Az árboc deformált alakját 120 km/h szélesség hatására a 12. és 13. ábrák mutatják. Látható, hogy az árboc hátrafelé dől, tehát nagy a felborulás veszélye, sőt az „MA” és az „MD” tartóoszlopokon elhelyezkedő összekötő elemek – amelyek a berendezéshez kikötött szakaszt az alépitménnyel kötik össze – tengelyirányú erői feszítőerők, ami azt jelenti, hogy az árboc hátsó részén tovább nő a felborulás esélye.

A modellezés és a számítások megerősítették a földhöz történő kihorgonyzás szükségességét és azt, hogy a horgonykötelek és a horgonyok teherviselő elemek, amelyek előfeszítésének mértékét meg kell határozni.

Az árbocra előlről hátrafelé ható hosszirányú szél hatás miatt az árboc hátrafelé felborulásának nagy az esélye, azonban a horogterhelés ellentétes hatást gyakorol a felborulásra. Egy adott szélességnél minél nagyobb a horogterhelés, annál inkább csökken az árboc felborulási lehetősége. Sok számítást elvégezve az 1. és 2. diagramokat tudták összeállítani. Tovább növeli az árboc felborulási lehetőségét az árbocba kiállított csórákatok mennyisége.



1. diagram. Árboc megbízhatósági diagram hosszirányú szél hatására



2. diagram. Árboc megbízhatósági diagram keresztirányú szél hatására

1. táblázat. Szélsebesség és szélnyomás
(Átváltások: $1 \text{ kg/m}^2 = 0,00980665 \text{ kPa}$; $1 \text{ kPa} = 0,01 \text{ bar}$; $1 \text{ kg/m}^2 = 9,80665 \times 10^{-5} \text{ bar}$)

Beaufort-fokozat	Szél jellege	m/s	km/h	tmh (csomó/h)	A szél nyomása kp/m^2
0	szélcsend	0–0,2	<1	<1	0
1	leheletszerű	0,84 0,3–1,5	1–5	1–3	0,05
2	széllő	0,84 1,6–3,3	6–12	4–6	0,4
3	gyenge	3,34 3,4–5,4	12–19	7–10	15
4	mérsékelt	6,69 5,5–7,9	20–23	11–16	3,5
5	élénk	9,35 8–10,7	29–38	17–21	56
6	erős	12,29 10,8–13,8	39–49	22–27	11,8
7	igen erős	15,5 13,9–17	50–61	28–33	18,7
8	viharos	18,92 17,2–20,7	62–74	34–40	28
9	vihar	22,57 20,8–24,4	75–88	41–47	39,3
10	erős vihar	26,44 24,5–28,4	89–102	48–55	54,3
11	heves vihar	30,5 28,5–32,1	103–114	56–63	72,7
12–17	orkán	34,75 32,7–36,1	>117	>64	94,4

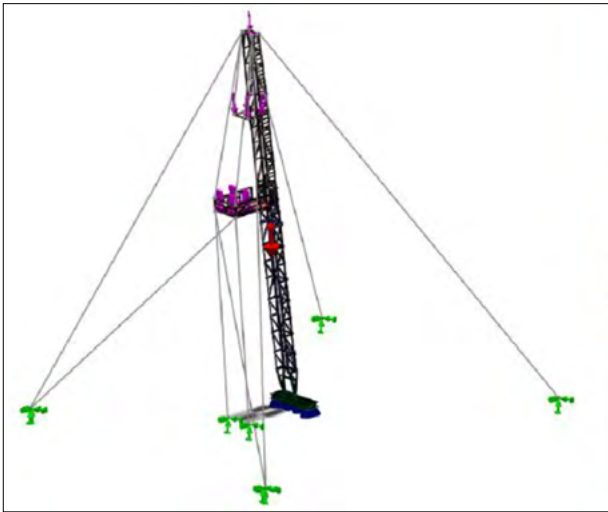
A szél nagyságát (erejét) a szélsebességgel, vagyis az áramló levegőnek az időegység alatt megtett útjával (m/mp vagy km/óra egységekben) mérik. A szélsebesség mellett a széltől az irányára merőlegesen elhelyezkedő lapra gyakorolt nyomást is mérik. Szélsebesség- vagy szélnyomásmérő eszköz hiányában becsülni szokták a szelet, erre 0–12 fokokat felölölő léptéket állapítottak meg: 0 a tökéletes szélcsendet jelenti 1 nagyon gyenge, alig észrevehető fuvallat, és a lépték növekedő számai fokozatosan erősebb szeleket jelentenek. Az 1. táblázat feltünteti a szélerő-fokoknak megfelelő szélsebességeket m/mp és km/óra egységekben, továbbá a széltől az irányára merőlegesen álló lap területességére (1 m^2) gyakorolt nyomást kilogrammsúlyban [6].

Önjáró fűró-, lyukbefejező- és kútjavító berendezések fűróárbocainak kihorgonyozása

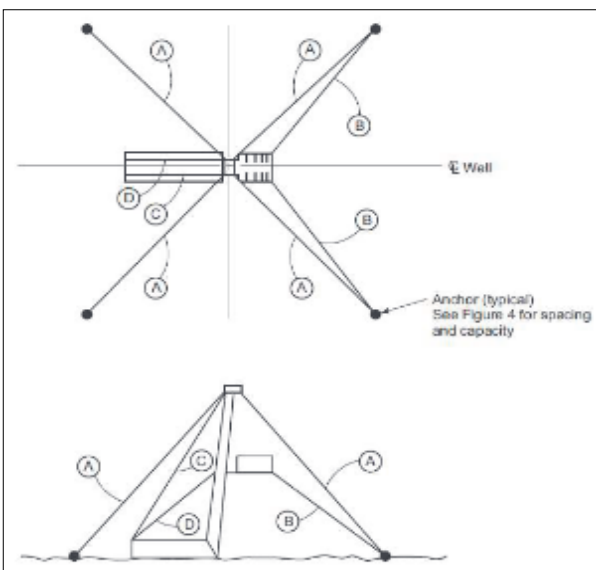
Minden olyan fűróárbocnál, amelyet arra terveztek, hogy a horgonykötelek az árbocok stabilitását biztosítsák, az összes alkalmazott horgonykötélnek a helyén kell lennie a munka megkezdése előtt (14. ábra).

A horgonykötelek számának, elhelyezésének és méretének meg kell felelnie a következő kritériumoknak:

- ❑ Elsősorban az árbocgyártó ajánlásait kell alkalmazni. (Új fűróárboc oldalán vagy alján a gyártójának van egy adattáblája, az ajánlott horgonytávolságokkal.)
- ❑ Amennyiben a gyártó a kihorgonyzás követelményeit nem jelöli meg az adattáblán, az árbocot a 15. ábrának megfelelően kell kihorgonyozni.
- ❑ Amennyiben a 15. ábra vagy az árbocgyártó kihorgonyzási ajánlásai nem használhatók fel a fűrás vagy a kút telephelyén fellépő akadályok miatt, akkor más kihorgonyzási minták is használhatók, feltéve, hogy azok egy erre a feladatra jogosultsággal rendelkező személy műszaki számításain alapulnak. Ezeknek a mintáknak tartalmazniuk kell a horgonykötél-terhelések meghatározását a kút helyspecifikus körülményei között, beleértve a horogterhelést, a szélterhelést és az alapozás megfelelőségét is. A kihorgonyzás-mintának elérhetőnek kell lennie a berendezésnél.



14. ábra. Fúróárbc kihorgonyzása



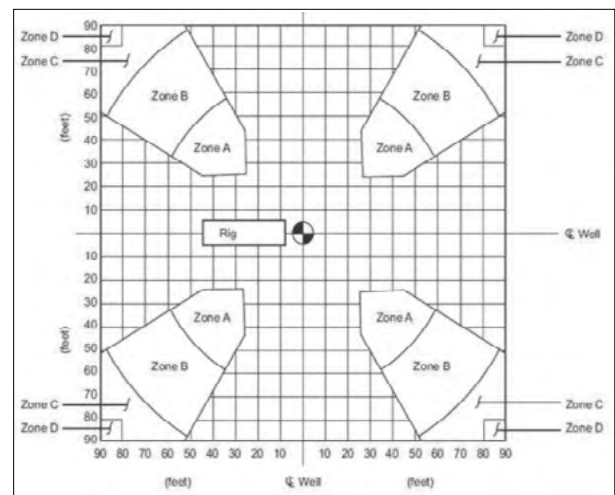
15. ábra. Ajánlott kihorgonyzási vázlat

A 16. ábrán és a 2. táblázatban bemutatott értékek az irányadóak.

2. táblázat. Horgonykapacitás

Zone	Anchor Capacity (tons)		
	Double Mast	Single Mast	Pole Mast
A	15.6	7.0	7.0
B	11.5	5.0	5.0
C	9.0	5.0	5.0
D	7.4	5.0	5.0

A horgonyköteleknek 6×19 vagy 6×37 szabványméretűnek, minimum javított húzottvas minőségűnek (Improved Plow Steel = IPS) és független drótkötélmagú (Independant Wire Rope Core = IWRC) drótkötélnek (lásd API RP 9B) kell lenni.



16. ábra. Horgonytávolság és kapacitási kritériumok

ük, továbbá korábban nem használhatták őket más alkalmazásokban.

A horgonykötélként használt drótkötelet el kell távolítani, ha az alábbi feltételek bármelyike fennáll:

- ❑ három törött kötélszálat találnak a kötélszozon belül;
- ❑ két törött kötélszál található a végsatlakozásnál a kötéloronyban.

A horgonykötél forgalomból való eltávolításának további feltételei a következők:

- ❑ korrózió jelentkezik a kötélszalakon;
- ❑ korrózió látható a végsatlakozásoknál;
- ❑ a végsatlakozások repedtek, meghajlottak, kopottak vagy nem megfelelően vannak kiképezve;
- ❑ törés, zúzódás, vágás, laposodás vagy gubancolódás figyelhető meg a kötélszalakon.

Minden horgonykötelet használat közben naponta legalább egyszer szemrevételezéssel meg kell vizs-

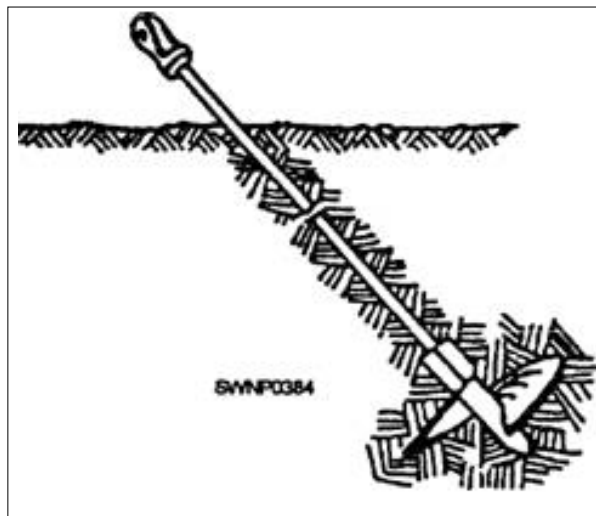
gálni. A horgonyköteleket havonta egyszer részletesen ellenőrizni kell, és a havi ellenőrzésről nyilvántartást kell készíteni, megjelölve az esetleges észlelt hibákat.

A horgonykötél végeket a jó üzemi gyakorlatnak és az API RP 9B ajánlásainak megfelelően kell rögzíteni. A horgonyköteleket soha nem szabad visszafordítani kis sugarú szemek körül, megfelelő méretű fordítókat kell használni a horgonykötelek visszafordítására. Drótkötélbilincsek használata esetén dupla nyereg típusú bilincsek használata javasolt, amelyeket a gyártó ajánlásainak megfelelően kell felszerelni, beleértve a megfelelő nyomaték alkalmazását az anyákra. Amennyiben a horgonykötél visszafordítására tárcsát használnak, plusz még egy bilincs használata szükséges. Ha az árbocgyártó által ajánlottaktól eltérő megoldásokat használnak, ellenőrizni kell a horgonykötelek árbochoz vagy kapcsolóálláshoz való rögzítéséhez használt konzolokat, hogy megbizonyosodjanak arról, hogy elegendő kapacitással rendelkeznek-e a maximális várható terheléshez. A horgonykötelekhez kapcsolódó elemek (bilincs, visszafordító, feszítő, láncok stb.), amelyek a horgonykötél rendszerben maradnak, biztonságos munkaterhelési kapacitással kell rendelkezniük, amely eléri vagy meghaladja a horgony szakítási erejének 40%-át. A kapaszkodóhorgok vagy a nyitott horgok használata a horgonykötél végének rögzítésére nem ajánlott.

A megfelelően megtervezett berendezés alépítményeket és alaperendákat a gyártó tervezte és hagyta jóvá, és az árbocok horgonyzóhelyeként is használják. Ilyen esetekben a horgonykapacitást a berendezések és a gyártott alkatrészek határozzák meg. Az ilyen elemek kapacitása mérnöki számításokkal határozható meg. Az alépítmény horgonyhúzási vizsgálata nem szükséges, de a számításokat a horgony gyártójának vagy egy jogosultsággal rendelkező mérnöknek kell elvégeznie. A befűrható típusú horgonyok gyártói a horgonykapacitást a horgony felszereléséhez szükséges nyomatékkal korrelálták. Ez a nyomatékmódszer, ha a horgonygyártó utasításaival összhangban alkalmazzák, érvényes módszer a

horgonyteljesítmény meghatározására. A befűrható horgonyokat mechanikus módszerrel (kézi vagy gépi) fűrik be a talajba. A horgonyokat újra meg kell vizsgálni a horgony kapacitásának ellenőrzése érdekében, ha deformációval vagy sérüléssel járó változások történnek. A fűróárboc tervezési és telepítési tervek határozzák meg a kikötőkötél horgony típusát, helyét és a horgony szükséges furatmélységét. A horgonytengelyeknek vagy rudaknak eléggé ki kell nyúlniuk a talaj fölé ahhoz, hogy az összes horgonykötél rögzítése mentes legyen a növényzettől és az állóvíztől. A tengelyeket és az összekötő tartozékokat alaposan meg kell tisztítani, majd be kell vonni egy kőolajalapú tartósítószerrel az időjárás hatásának késleltetése érdekében. A 17. ábrán látható a befűrható horgony, amelyet úgy csavarnak be a földbe, hogy a horgonyrúd szöge megegyezik a horgonykötél szögével.

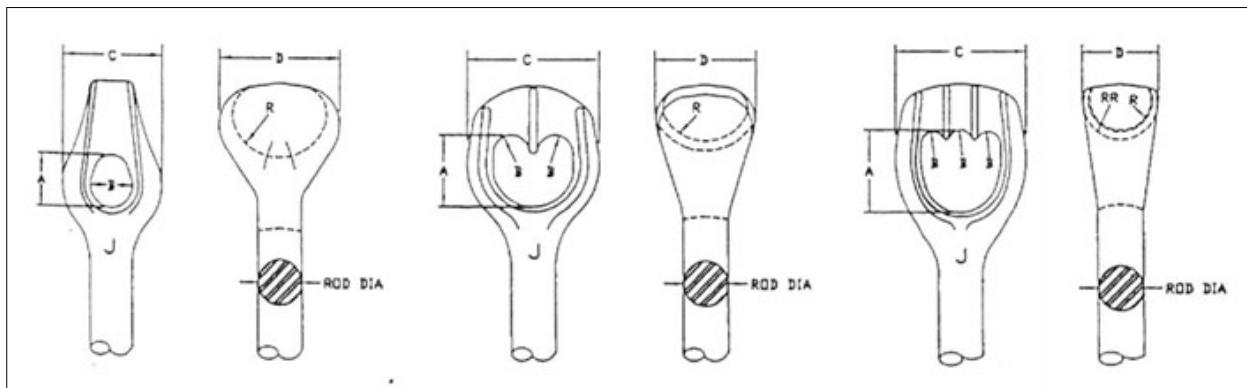
A befűrható horgony (18. ábra) méretei:



17. ábra. Befűrható horgony becsavarása



18. ábra. Befűrható horgony



19. ábra. Kötélszemtípusok

3. táblázat. Talajosztályozási adatok

SOIL CLASSIFICATION DATA				
Class	Common Soil-Type Description	Geological Soil Classification	Prove Values in.-lb. (NM)	Typical Blow Count "N" per ASTM-D1586
0	Sound hard rock, unweathered	Granite. Basalt, Massive Limestone	N/A	N/A
1	Very dense and/or cemented sands; coarse gravel and cobbles	Caliche, (Nitrate-bearing gravel/rock)	750–1600 (85–181)	60–100+
2	Dense fine sands; vary hard silts and clays (may be preloaded)	Basal till, boulder clay caliche; weathered laminated rock	600–750 (68–85)	46–60
3	Dense sands and gravel; hard silts and clays	Glacial till weathered shales, schist, gneiss and siltstone	500–600 (56–68)	35–50
4	Medium dense sand and gravel; very stiff to hard silts and clays	Glacial till, hardpan; marls	400–600 (45–56)	24–40
5	Medium dense coarse sands and sandy gravels; stiff to very stiff silts and clays	Saprolites. residual soils	300–400 (34–45)	14–25
6	Loose to medium dense fine to coarse sands to stiff clays and silts	Dense, hydraulic fill, compacted fill; residual soils	200–300 (23–34)	7–14
**7	loose fine sands alluvium, loess medium - still and varied days; fill	Flood plain soils; take clays; adobe; gumbo, fill	100–200 (11–23)	4–8
**8	Peet, organic sits, inundated site, fly ash very Inose sands, very sort to soft days	Miscellaneous fills, swamp marsh	less than 100 (0–11)	0–5
Class 1 soils are difficult to probe consistently and the ASTM blow count may be of questionable value				
**It is advisable to install anchors deep enough, by the use of extensions, to penetrate a Class 5 or 6, underlying the Class or 8 soils				

- ❑ Horgonyrúd átmérő: ¾" (19 mm) vagy 1" (25,4 mm);
- ❑ Hossz: 6 láb (1,8 m), 7 láb (2,1 m), 8 láb (2,4 m);
- ❑ Spirális fúró méret: 6" (152 mm), 8" (203 mm);
- ❑ Kötélszem: egyes, kettős, hármas.

A horgonyrúd végén található kötélszem (19. ábra) típusát úgy választják ki, ahány horgonykötél csatlakozik a kikötő-horgonyhoz.

A megfelelő horgonyméret meghatározásához talajvizsgálatra van szükség. A talajmintavételt mechanikus talajvizsgáló szonda szerszámmal végzik, amelyet a talajba fúrnak. A mintavétel által kinyert talajmag ellenálló nyomatékát (rögzítő nyomatékát) (in·lb vagy N·m) összehasonlítják a talajosztályozási adatokkal (3. táblázat) és az alapján határozzák meg a csavaros horgony méreteit.

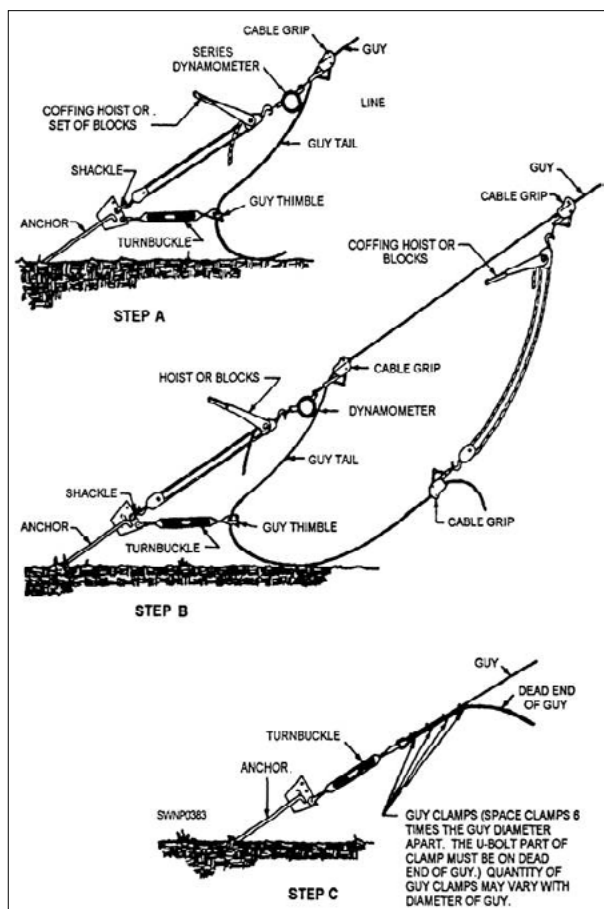
A szabványok szerint alkalmazhatók még a beton-horgonyok is (20. ábra). A földbe mélyített és helyben kiöntött betonhorgonyokat általában különösen nagy igénybevételek és rendkívül rossz talajviszonyok esetén használják, amikor is több horgonykötelet rögzítenek egyetlen beton rögzítési ponthoz.

A horgonykötelek előfeszítésének mértékét a be rendezés gyártójának előírásai szerint kell beállítani. A szükséges húzóerők dinamóméterrel (erőmérővel) történő beállításának két módszere van:

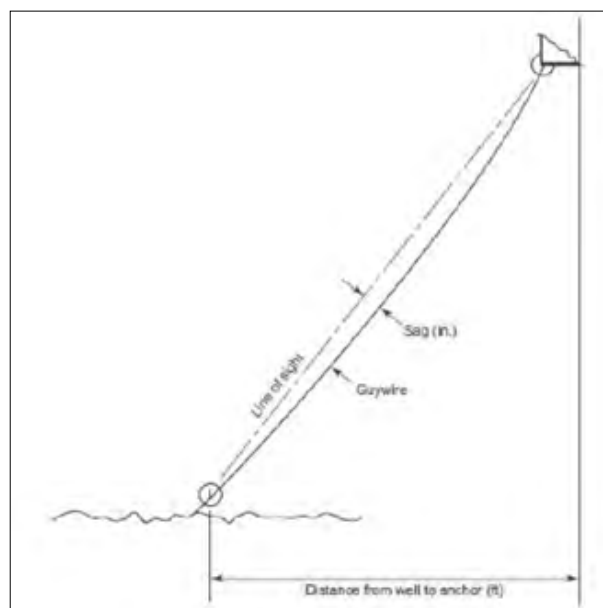
- ❑ Minden horgonykötél rendelkezik erőmérővel, amelyek végig beépítve maradnak;
- ❑ Egy erőmérővel végzik el az összes horgonykötél előfeszítését, amelyet a beállítás után eltávolítanak. Ezt a módszert mutatja be a 21. ábra.



20. ábra. Betonhorgony



21. ábra. Erőmérő alkalmazása és eltávolítása



22. ábra. Horgonykötél-behajlás

Az előfeszítés mértékének mérésére vagy rögzítésére használt eszközöket, illetve mindkettőt évente kell kalibrálni, vagy ha azokat egy minősített független szolgáltató javította. A kalibrálás aktuális nyilvántartását a berendezés üzemeltetőjének meg kell őriznie.

A horgonykötél behajlása felhasználható a megfelelő előfeszítés becslésére a 22. ábrán látható módon.

4. táblázat. Ajánlott előfeszítés

Guyline ^a	Recommended Size	Recommended Pretension	Sag ^b
External Guy A	5/8 in.	1000 lb (373 kg)	See Figure 3
External Guy B	9/16 in.	500 lb (187 kg)	See Figure 3
Internal Guy C (2)	7/8 in.	1500 lb (560 kg) each	3 in. (76 mm)
Intermediate Guy D (2) ^c	5/8 in.	1000 lb (373 kg) each	3 in. (76 mm)

^a All guywires should be 6×19 or 6×37 class, regular lay, IPS, IWRC
^b Guywire catenary or sag may be used to estimate pretension, see Table 4
^c Intermediate Guywires D are recommended at option of manufacturer only

5. táblázat. Horgonykötél-behajlásértékek

Distance to Well Anchor ft (m)	Guywire Sag in. (mm)					
	Pole Mast		Single Mast		Double Mast	
	Tubing Board Guy	Crown-ground Guy	Tubing Board Guy	Crown-ground Guy	Tubing Board Guy	Crown-ground Guy
40 (12)	—	4 (102)	4 (102)	4 (102)	6 (152)	5 (127)
60 (18)	—	6 (152)	8 (203)	6 (152)	12 (305)	8 (203)
80 (24)	—	10(254)	15(381)	10 (254)	17 (432)	11 (279)
100 (30)	—	16(406)	22 (559)	16 (406)	26 (660)	15 (381)
120 (37)	—	10(457)	32 (813)	18 (457)	32 (813)	21 (533)

A 4. és 5. táblázat pedig útmutatóként használható a megfelelő előfeszítési értékek és a horgonykötél-behajlás meghatározására [7].

Felelősség

A berendezések kihorgonyzásért az üzemeltető, az engedélyes vagy a független kapacitásellenőrző társaság (amennyiben megbízzák) a felelős.

Üzemeltető. Az üzemeltető felelős a következőkért:

- ❑ a berendezés gyártói dokumentációk, utasítások és ajánlások megléte és maradéktalan betartása;
- ❑ a berendezés üzemi utasításainak megléte és maradéktalan alkalmazása;
- ❑ az önjáró kihorgonyzott berendezés megfelelő beállása az aknára vagy a kútfejre;
- ❑ a horgonykapacitás ellenőrzése, a kapacitásellenőrzés legfrissebb nyilvántartásainak egy időjárásálló címkén kell lenniük, amely biztonságosan rögzítve van minden vizsgált horgonyhoz, a címkének fel kell tüntetnie az egyes horgonyok kapacitását és a kapacitás-ellenőrzés dátumát;
- ❑ a horgonytávolság és horgonykapacitás az előírásoknak és a várható terhelésekre megfelelő legyen;
- ❑ a befűrható horgony méretének kiválasztása;
- ❑ a talaj azon körülményeinek vizsgálata, amelyek a horgonykapacitás csökkenését okozhatják;
- ❑ a horgonyok és horgonykötelek teljes átvizsgálása felszerelés előtt;
- ❑ az összes kihorgonyzás napi ellenőrzése és szükséges javítása vagy cseréje;
- ❑ a telepített vagy vizsgált horgonyok állománylistájának vezetése, a dokumentációnak tartalmaznia kell a telepítés dátumát, az egyes kapacitás-ellenőrzéseket, valamint a behajlási tesztábrázolókat;
- ❑ látható jelölő elhelyezése minden horgonyon és horgonykötélen.

Engedélyes. Az engedélyes felelős a következőkért:

- ❑ az üzemeltető üzemi utasításainak és azok betartásának ellenőrzése;
- ❑ a kihorgonyzás műszaki ellenőrzése;
- ❑ az előírt nyilvántartások meglétének ellenőrzése;

- ❑ minden olyan dokumentum átvizsgálása, amely a kihorgonyzott önjáró berendezés biztonságos munkáját szolgálja.

Független kapacitás-ellenőrző társaság. A független kapacitás-ellenőrző társaság felelős a következőkért:

- ❑ a vizsgálóberendezések jó üzemi állapotban tartása;
- ❑ a szükséges nyilvántartások biztosítása az üzemeltető és az engedélyes számára;
- ❑ az időjárásálló címke felszerelése minden húzási vizsgálat után, a címkének fel kell tüntetnie az egyes horgony kapacitását, a kapacitásellenőrzés időpontját, a vizsgálatot végző társaság nevét és telefonszámát;
- ❑ a vizsgálóberendezést évente legalább egyszer vagy sérülés/javítás után kalibrálni kell.

Befejezés

Ez az összeállítás nem utasítás, nem javaslat és nem is kritikai elemzése a hazai gyakorlatnak, hanem csupán a meglévő és érvényben lévő szabványok, szabályozások és szakirodalmi adatok összegfoglalása. Remélhetőleg elősegíti az önjáró fúró- lyukbefejező- és kútjavító berendezések fúróárbocainak kihorgonyzására vonatkozó engedélyes-üzemeltető együttműködést, esetleg a mindennapi gyakorlat javítását.

Irodalom

- [1] Ötven éves a magyar kőolaj- és földgázbányászat. KfV 1937 – 1987. Kőolaj- és Földgázbányászati Vállalat, Nagykanizsa, 1987.
- [2] Az olaj tükrében. A nagyalföldi szénhidrogén-kutató- és feltárás összefoglalója. Kőolajkutató Vállalat, Szolnok, 1987.
- [3] API, AISC, MSZ EN ISO szabványok, 2025.
- [4] 16/2022. (I. 28.) SZTFH rendelet a Kőolaj- és Földgázbányászati Biztonsági Szabályzatról, 2025.
- [5] 5/2022. (I. 24.) SZTFH rendelet a Mélyfúrási Biztonsági Szabályzatról, 2025.
- [6] Aurelian Iamendei, Serban Nicolae Vasilescu, Ion Popa, Lavinia Silvia Stanciu, Razvan George Ripeanu: Analysis of the behaviour of a 480 kN maximum hook load workover rig mast in the case of wind stress. U.P.B. Sci. Bull., Series D, 83/4, 2021. https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/fulle1a_115210.pdf
- [7] Drilling mast in the oil and gas rig. Drilling Manual. 2022-10-05.