

Tapadásrealizálás – azaz alapkérdések a futómű körül

2.rész – Még négy témakör 2008. március 21. | Szerző: XJS

Ismétlés az előző részből:

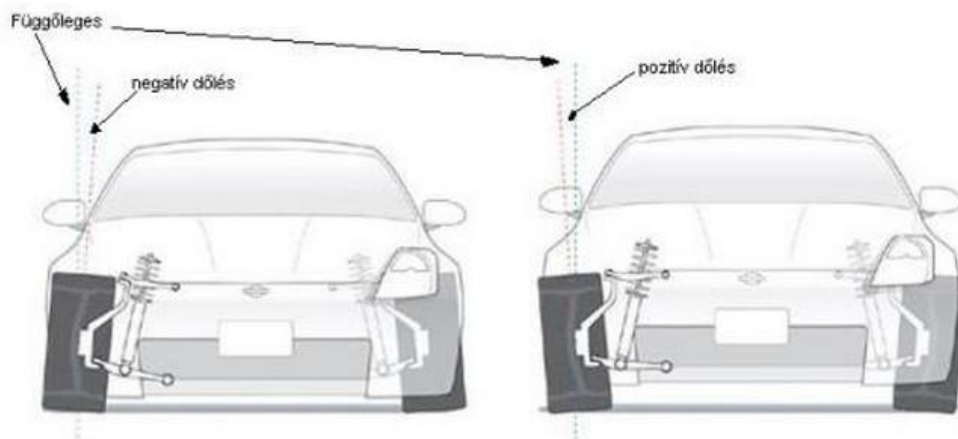
Azért szántam rá magam, hogy fordítok egy-két futóműves szösszenetet, mert amíg a magyarországi motortuningot a mágusok, varázslók és valódi, ámbár fellelhetetlen mesterek fémjelzik, addig a futómű témájában még az alapfogalmak körül is nagy a csend, sőt fellelhető információ vagy valaki, aki ismer olyat, aki hallott már olyanról aki ért hozzá, szinte nem is létezik. Az alábbiak főleg megjelent írárok ferdítése*, illetve neten talált ábrák és saját mórickerajzokból összeállított illusztrációk tematikus halmaza.

* ”Ferdítés”, mert az alapját valóban a cikk adta, de hozzátettem-elvettem, mert a forrás túl ”amerikai” nézőpontból íródott. Talán így kicsit ”lokalizáltabb”. Külön köszönet TéZé-nek, aki kigyomláta a szavakkal való garázdálkodásom vadhajtságait.

Még négy dolog, ami fontos lehet, ha futóműről beszélünk. Az előző futóműves postban szó volt négy egyszerű lépésről, amivel a vezethetőséget javíthatjuk. Abban a részben csak néhány alapvető alkatrészre volt szükség. Ebben a postban megnézzük, milyen egyéb alapszintű módosításokat lehet elvégezni, amitől jobban vezethető lesz az autó. Megpróbálunk felsorolni pár szörnyű hibát, amit mindenképp érdemes elkerülni, és belegondolunk kicsit a futómű geometriájának a részleteibe, persze csak felületesen.

5. Negatív kerékdőlés

Ahhoz, hogy a egy abroncs jól tapadjon, lehetőleg a teljes felfekvési felületét használnunk kellene. Az oldalfal terhelés alatti változása, és a futómű geometriájának dinamikus változása miatt ez elég ritkán történik meg. Amikor egy abroncs oldalterhelést kap, az oldalfala elhajlik (nyúlik), és csak a futófelület külső éle érintkezik az útfelülettel, a belső éle pedig elemelkedik attól. Ha keményen vezetesz, már valószínű feltűnt, hogy az abroncs külső pereme sokkal gyorsabban kopik, mint a futófelület többi része. Ez azt jelenti, hogy nem használjuk ki az összes elérhető tapadást.



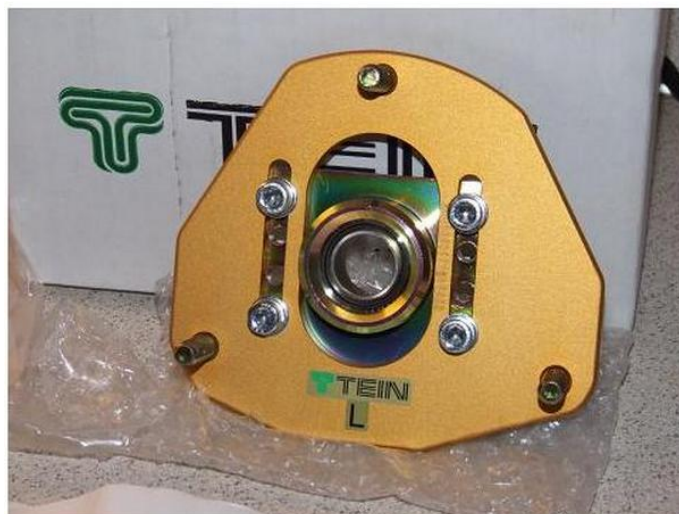
A tapadás növelése érdekében elsődlegesen a kasztni dőlését kell minimálisra csökkenteni. Az előző részben felsoroltunk egy-két lehetőséget, amivel csökkenthetjük a dölést: erősebb rugókat használhatunk, vagy kicserélhetjük a stabilizátorokat vastagabbra. A fő fegyverünk viszont a negatív kerékdőlés lesz. A kerékdőlés a kerék síkjának az eltérése a függőlegeshez képest. Ha befelé, a karosszéria felé dől, akkor negatív, ha kifelé, akkor pedig pozitív kerékdőlésről beszélünk. A trükk itt az, hogy pont annyi negatív dölést löjünk be, amittől a gumik felfekvési területének a legnagyobb része kanyarban, a kasztni dölése és berugózás közben is kapcsolatban marad az útfelülettel. Ha túl sokat döntünk a keréken, többet rontunk, mint segítünk vele. A túl sok negatív dőlés:

1. csökkenti a tapadást fékezéskor, 2. csökkenti a tapadást gyorsításkor (feltéve, hogy a hajtott keréken van sok dőlés), 3. növeli a hajlamot, hogy az autó kövesse a vályúkat és egyéb felületi egyenetlenségeket, 4. növeli a gumik kopását, a belső él gyorsabban fog kopni, ha nem kanyarodunk elég „keményen”.

Az autó és a vezetési stílus együttesen határozza meg, mennyi negatív dőlés kell. Agresszívebb sofőrök többet használnak, akiket elgondolkoztat a gyorsabb kopás, esetleg kevesebbet. A futómű felépítése szintén számít. MacPerson gólyalábakkal több dőlés kell, hogy jól dolgozzon kanyarban, egy nem egyenlő hosszú „A” karos felfüggesztésnek és a több lengőkaros típusoknak elég lesz kevesebb is – általában. Puhább futóművű összeállításoknak megint csak több dőlés kell, hogy jól tapadjon kanyarban. A következő táblázat egy hozzávetőleges útmutatás arról, hogy mennyi dölést használjunk különböző vezetési stílusokhoz. Meglepő lehet, mégis igaz, hogy a beállítások körülbelül megegyeznek elsőkeres, hátulhajtós, és 4WD autókra.

Útmutató dőlés beállításához				
Vezetési stílus	Elöl		Hátul	
	Lengőkaros	MacPherson	Lengőkaros	MacPherson
Agresszív utcai harcos	1.5	1.75	1	1
Nyílt napokra, egyéb íven autózás „amatőr” mutatóványokra	1.5-2	1.75-2.5	1-1.5	1.2-1.5
Éles versenyhez vagy drifthez	2.5-3.5	2.5-4.5	1.2-2	1.5-2.5

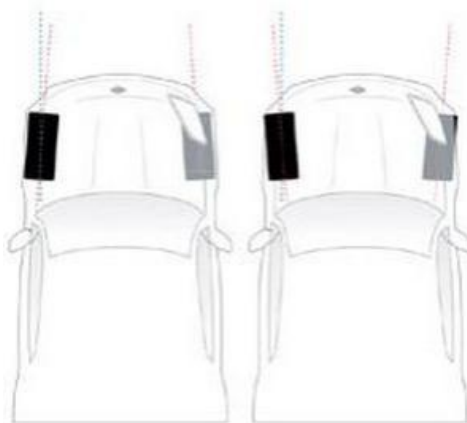
Sajnos, a legtöbb „modern” autón a kerékdőlés nem állítható. Ha véletlenül mégis, akkor sem annyira, hogy egy ültetett autót megfelelően beállítsunk. A legjobb megoldás egy tipikus MacPerson gólyalábban az állítható toronytányér, toronycsapággal együtt.



Ezek úgy működnek, hogy a középső nagy nyílásban, ami a csapágyat is tartja, a gátló tetejét odébb lehet húzni, ezáltal adva nagyobb dölést a keréknek. A legkevésbé drága (ámbár macerás) út az állítható dőléshez, ha az alsó lengőkar bekötési pontjához hegesztünk egy kengyelt, és excentrikus csavarral ehhez rögzítjük. Ahogy állítunk a csavaron, úgy állítódik a dőlés is. A másik módszer, ha a gátlóház alsó bekötési pontján kicsit nagyobb lyukat fúrunk, és abban mozgatjuk az egészet. Célszerű megfelelő teherbírású csavarokkal dolgozni, mert kemény menetek alatt a tapadás futómű elhúzhatja a rögzítést.

A több lengőkaros vagy „A” lengőkaros futóműveknél elég lehet, ha a felső lengőkar bekötési pontjain alátétekkel változtatunk. De szerencsére ezeknél a futómű konstrukciónál általában gyárilag lehet a dölést állítani. Néhány népszerű típushoz sokféle állítható lengőkart is kapni. A dőlés beállítása megéri a fáradságot. A pontosan, a vezetési stílushoz és konkrét típushoz belőtt dőlés gyakran a második legtöbbet hozó megoldás a tapadás hajszolásában, rögtön a gumik után.

6. Állítsunk összetartást



Az összetartást a két kerék és az autó hossz tengelyéhez képest mérjük felülről nézve. Ha a két kerék párhuzamos, nulla az összetartás, ha az autó hossz tengelyétől kifelé áll, akkor szét tartásról beszélünk, ha befelé, akkor összetartásról. Gépe válogatja, hogy fokban, vagy milliméterben adják meg ezt az értéket. Az összetartás finombeállítását sokan feleslegesnek tartják, pedig elég nagy hatása van az autó viselkedésére kanyarodáskor. Az első kerekek összetartásának a kanyar első harmadában van nagy szerepe, abban a kritikus szakaszban, ahol az irányváltáskor fellépő erők felépülnek. A hátsó összetartásnak pedig a kigyorsításkor lesz szerepe, a hátsókerék hajtású autóknál. Az „állítsunk minél többet” hozzáállás – mint egyébként minden futómű paraméternél –, az összetartásnál is problémákat okozhat. Túl sok össze- vagy szét tartás kopást eredményez a gumi mindkét peremén. Minden ~3,1 mm-nél nagyobb érték extrém kopáshoz vezethet, az agresszíven állított összetartás több gumit fogyasztott már ültetett autókban, mint bármilyen egyéb futómű-praktika. Itt egy körülbelüli számárvezető a beállításokhoz, a remélt hatásukkal együtt:

Első szét tartás	
Eppen jó	Túl sok
Csökkentett alulkormányozottság a kanyar kezdetekor, megnövekedett kormányzási visszajelzések, csökkenti az első és négykerekű autók terhelés alatt tapasztalható összetartási hajlamát	Fékezéskor instabilitás, egyenesfutáskor bizonytalanság, különösen a csak egyik kereket érintő útegyenetlenségeknél, vagy oldalanként különböző tapadású felületek esetén
Első összetartás	
Eppen jó	Túl sok
Általában sokkal stabilabbnak érezzük az autót	"Bóklászás" fékezéskor, nehézkes kanyarkezdés, vagy gyors kanyarkezdés alulkormányozottsággal követve
Hátsó szét tartás	
Eppen jó	Túl sok
Könnyen kezelhető kitérés hajlam, kisebb terhelés az első gumiknak	Veszélyes gázra túlkormányzott hátsókerekeseknél. Veszélyes megpördülés gázelvételkor vagy kézifékezéskor.
Hátsó összetartás	
Eppen jó	Túl sok
Könnyen kontrollálható túlkormányozottság gázadásra hátsókerekeseknél.	Lomha visszajelzések, orrtolás a kanyarok közepén, instabil kanyarkezdés

Minden autónak állítható az első összetartása a kormányösszekötőkön, minden többlengőkaros, és néhány gólyaláb rendszerű hátsó felfüggesztés is állítható. Merevtengelyes, ne adj' isten laprugós merevtengelyes gépeknél csak a híd hajlításával lehet össze- vagy szét tartást állítani (mint ahogy dölést is), amit célszerű egy ebben jártas műhelyre bízni. ([Itt egy bátor kísérlet Japánból](#), egy AE86 cuccokkal foglalkozó tuningcégtől, a dőlés híd hajlításával való állítására. Köszö a linket ZDoman! Én féltetem a féltengelyeim, de nálamnál kísérletezőbb kedvűeknek talán hasznos.)

Néhány tipikus beállítás, különböző stílusokhoz és eltérő autótípusokhoz:

Agresszív utcai harcos: Elsőkerekű vagy 4WD elöl: nulla, hátul nulla Hátsókerekű elöl: ~1,6mm össze, hátul ~3.1 mm össze

Nyílt napokra, egyéb íven autózós "amatőr" mutatványokra: Elsőkerekű vagy 4WD elöl-hátul: zerótól 3mm-ig szét Hátsókerekű elöl nulla, hátul 3.1mm-ig össze

Éles versenyhez vagy drifthez: Elsőkerekes vagy 4WD elől-hátul: ~1.6~3.1mm-ig szét, hátul nullától ~3.1mm-ig szét Hátsókerekes elől nulla, hátul nullától ~1.6mm-ig össze

Ezek az értékek természetesen autónként változhatnak, de az irányok jelzésére talán elégségesek.

(Nekem a következő beállítások ~2 másodpercet hoztak egy 2003-as Mazda MX-5-ön, a Hungaroringen: elől -1,5°, nulla összetartás, utánfutás maxra tekerve, hátul -1° dőlés, 1,4mm összetartás oldalanként.

Itt érdemes beszűrnöm, hogy a 2 Bar-os induló (hideg) guminyomás egy menet alatt (~6 kör a Hringen akkor) 2.4(BE)-2.3(JE) Bar-ra ment fel elől. A hátsó nem változott, a hidegen átlag 24°C-os slickek a jobb elején kívül 67°C, közepén 63°C, belsején 63°C; ill. a bal elején 58°C, 50°C, 53°C melegedtek fel. Ebből én azt a következtetést vontam le, hogy „kicsit” sok volt az induló nyomás, mert egyrészt eléggé a szélén futott a gumi. Másrészt viszont nagyon egyenlőtlen terhelést kapott a jobb és a baloldal, ergo különböző dölést kellene állítani. Hátul hasonló volt a helyzet, de oldalanként sokkal kisebb eltéréssel (63-65-67 és 67-63-67). Ez azt jelentheti, hogy akkor és ott, azon az autón, azokkal a gumikkal nagyjából egyenletes terhelést kapott mindkét oldal, de itt is aszimmetrikus dőlés kellett volna, és a túlfújás hátul is fennállt. Az első-hátsó viszonylatot azért nem érdemes elemezgetni, mert nem ugyanolyan keverékű slick volt fent a két tengelyen, ráadásul mind a négy eléggé elhasznált állapotban. Később, 1,5 Bar-os hideg nyomással kezdett a futófelület közepe is melegedni (de közben az aszfalt is melegedett), de a szélei közti eltérés maradt. Tehát még kisebb hidegen mért nyomással, és nagyobb döléssel lett volna közel ideális a tapadás. Mindezt egy júliusi napon, 23-25°C-os levegő- és 43-45°C-os, a depóban nyílt területen mért aszfalthőmérsékletek mellett mértem. Nem az értékek abszolút száma érdekes, sokkal inkább az egymáshoz való viszonya. Sokkal-sokkal több mérés és állítgatás lenne szükséges az ideális tapadás kialakításához! 2-3 különböző keverékű gumi, lehetőleg nitrogénnel töltve, keménységmérő, négysarkos mérleg, futóműves cucc, üres pálya, és nem utolsósorban egy konzisztens sofőr...:)

7. Merevítünk!

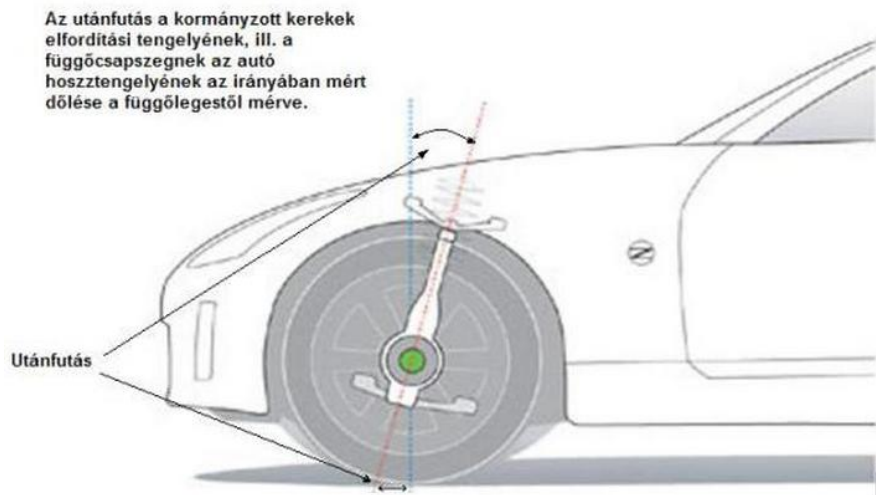
A kaszni merevsége kritikus része a futómű tuningjának. Egy nyeklő-nyakló kaszni meggátolja, hogy a futómű az úton tartsa a kerekeket, és eltompítja az egyéb beavatkozások (keményebb rugók és/vagy stabilizátorok) jótékony hatását. A legtokéletesebb megoldás, ha a kaszni gyári ponthegeztéseit megerősítjük még több hegesztéssel, és gyártatunk egy behegesztett bukócsövet. Sajnos, ez a megoldás a legkevésbé praktikus módja a problémánk megoldásának. Arról nem is beszélve, hogy a beavatkozás strukturális, és a bukócső esetében igencsak szem előtt lévő módja miatt a rend éber őrei esetleg kifogást találhatnak benne. Megoldás lehet erre belépni valamilyen autósport egyesületbe, akár drag, akár RTE, és az ott kifizetett ún. gépkönyv segítségével vizsgáztatni az autót.

A különböző merevítők használata előnyösebb, és főleg olcsóbb lehet, sőt, nincsenek is annyira szem előtt. A legelterjedtebb merevítő az első toronymerevítő, ami a két első tornyot támasztja ki egymáshoz. Ezt esetleg ki lehet egészíteni háromszöggé, azaz a két tornyot a tűzfalhoz is kitámaszthatjuk. Aztán ott van az alsó bölcső merevítése, az alvázra szerelhető (kereszt-küszöb) merevítők, az utastéren belüli oszlopok közötti merevítők, ezekhez akár a többpontos biztonsági övek vállpántjait is rögzíteni tudjuk. Aztán léteznek még zsanér merevítők (gaichiiri support, hinge brace), amik a tornyokat az ajtózsánérok "A" oszlopban található, eleve erősített rögzítési pontjaihoz képest támasztják, a hátsó tornyokat összekötő, netán a padlóra letámasztott hátsó toronymerevítők... De ide lehet sorolni a bölcsök bekötési pontjainak, az első-hátsó tornyoknak a kívülről új lemezzel való beborítását, „lelemezelését” is. Ezeket a merevítéseket akár külön-külön, akár együtt alkalmazva is ugrásszerű javulást érhetünk el. Egy másik módszer, hogyha a kasznti üregeit feltöltjük purhabbal, vagy valami hasonló könnyű, de meglehetősen merevséget garantáló anyaggal. Néhány autó a gyárból eleve így érkezik, úgyhogy annak ellenére, hogy sok idő és koszos meló, érdemes lehet megpróbálkozni vele. Ráadásul vizsgán sem nagyon tudnak belekötni... Vigyázzunk a készen, néha feltűnően olcsón kapható merevítőkkal, lehet, hogy inkább ártunk vele a hamis biztonságérzetünk miatt.

A interneten elterjedtnek mondható vélekedéssel szemben, lehetetlen egy kaszni túlmerevíteni. Szerencsére a különböző merevítők viszonylag olcsók, és kevés negatív mellékhatásuk van, ha van egyáltalán. Bizonyos merevítések agresszív futómű tuninggal egybekötve kezelhetőségi problémákat okozhatnak, de ezeket átgondolt beállításokkal kiküszöbölhetjük. Nem keveset fizettünk az állítható futóműért, hát állíttassuk is be rendesen!

8. Állítsunk utánfutást! (csapszegdölést, caster-t)

Minden autó kormányzott kereke csapszegeken fordul. Az utánfutás (néha előfutás, csapszegdőlés néven is találkozhatunk vele) az az elfordulási tengely dölése a függőlegeshez képest, lásd ábra. Általában szögben mérjük, de van, ahol a talajon a két tengely közötti távolságban adják meg.



Ha a felső bekötési pont az alsó mögött van, pozitív utánfutásról, ha előtte, negatív utánfutásról, azaz előfutásról beszélünk.

Ha a felső bekötési pont az alsó mögött van, pozitív utánfutásról, ha előtte, negatív utánfutásról, azaz előfutásról beszélünk. Itt van egy még egy kifejezés, amikkel angol nyelvű fórumokon gyakran találkozni, de magyar irodalmat alig találai róla: Kingpin Inclination Angle, KIA. Ez ugyanígy a csapszegek dőlése, de nem oldalról, hanem szemből mérve a függőlegeshez képest. Ha még emlékszünk, az előző részben beszéltünk a kormánygördülési sugárról. Na, ez majdnem az, de nem a kerék hosszanti tengelyéhez képest mérve (tehát a kerékdőlést nem beleszámolva) hanem a csapszegek dőlése a függőlegeshez képest, de szemből. Ez a szög nem állítható. Az oldalról mért csapszegdőlés, és a szemből mért csapszegdőlés együttesen határozzák meg az egyenesfutási tulajdonságokat, illetve a kerékdőlés kanyarodás közbeni változását.

Ha növeljük az utánfutást, azzal a kormányzási tengely metszéspontját is előre toljuk a gumik felfekvési területén belül. Minél nagyobb ez a távolság, annál nagyobb lesz a kerekek egyenesbe állási hajlama, valahogy úgy, mint a bevásárlókocsik kerekeinél. Ezért forog vissza

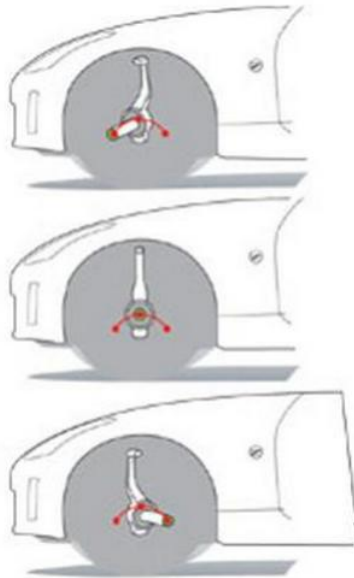
kanyar után akár magától is egyenesbe a kormány. Elsőkerekű autókban ezt szokták direkt az ellenkező (előfutás, negatív utánfutás) irányba is hangolni, ekkor kanyarban gázadásra kezd el visszaállni az elfordított kerék. Állítólag a szélérzékenység is csökken előfutással.

Nagyra állított utánfutásnál a megnövekedett erőkar okozza az elsőkerékű autók „kicsavarja a kezemből a kormányt” effektjét. Ezért első- vagy összkerekű autókban általában gyárilag sokkal kisebb az utánfutás, mint a hátsókerekűeknél. A nagy utánfutás okozza, hogy a kanyarban külső íven lévő kerék plusz dőlést szed össze. Gondoljunk csak egy szép hosszú villájú chopperre. Mikor parkol, az első kerék szinte maga alá fordul. Túl sok utánfutás megnöveli a gumik terhelését, és alulkormányzottságot okoz.



A szemből mért csapszegdőlés növeli a stabilitást azzal, hogy a tengelyek egy (oldalról nézve) lefordított U alakú ívben mozognak kanyarodás közben. Ha egyenesen áll a kormány, a tengelyek az ív csúcsán vannak. Ahogy a kerekek elfordulnak, kicsit megemelik az autó orrát. Ez az emelő hatás javítja a kormányzás érzetét, és az egyenesfutást is. Ellenben csökkenti a kerékdőlést....Mind a szemből, mind az oldalról mért csapszegdőlés alapvető tervezési megfontolás tárgya, az egyik legfontosabb futóműtervezési kérdés. Kiegyensúlyozottan

növekvő dőlés az utánfutás miatt, és csökkenő dőlés a szemből mért csapszegdőlés miatt két olyan paraméter, ami alapjaiban határozza meg a stabilitást és a kanyarodási képességeket.



Az utánfutást az utánfutásrúd, az állítható (ha állítható) lengőkarok és az állítható toronytányér segítségével hangolhatjuk. Ezek általában beszerezhetők minden olyan típushoz, amivel valaha is versenyeztek.

Némi segítség az utánfutás állításához:

Pozitív csapszegdőlés (utánfutás)

Éppen jó

Biztos egyenesfutás

Pontosabb kanyarkezdet

Jobb tapadás a kanyarban végig

Túl sok

Nagy kormányerő

Pontos kanyarkezdet, de utána alulkormányzottság a kanyarban

Nyomatékkormányzás

Általános beállítás: elsőkeres/négyszeresnél 3-4 fok pozitív, hátsókeresnél 4-10 fok pozitív.