

Dr. Peták György

**A JAS-39 Gripen típusú svéd vadászrepülőgép  
kialakításának főbb harcászati követelményei  
és aerodinamikai indokai**

Jelen ismertetéssel céloim forrásmunkák alapján az olvasó megismertetése a repülőgéppel szemben támasztott harcászati követelmények biztosítására, illetve az ennek megfelelő aerodinamikai kialakítás eldöntésére irányuló törekvések megvilágítása.

A svéd Gripen típusú vadászrepülőgép követelményrendszerének végleges kialakítása az 1980-as évek elején történt több éves kutatás után, amibe bekapcsolódott a Svéd Légierő, az Anyagi Technikai Hivatal, a Védelmi Kutató Intézet és a Svéd űrtechnikai ipar. A kutatás során megvizsgálták a lehetséges harcstereket a tervezett követelmények meghatározásához. A gazdaságossági szempontok azt diktálták, hogy a korábbi trend, ami világszerte az egyre nehezebb és drágább repülőgépek irányába mutatott, megtöri. Ezen túlmenően a harci hatékonyság, a kis méretek és kis súly, ami szintén a költségek csökkentéséhez vezet, fontos követelmény legyen a Gripen tervezési folyamatában. Alapul véve a jelenlegi Svéd frontvadász repülőgépet a Viggent, mint referenciát, keményen meghatározott cél volt, hogy az újonnan tervezendő repülőgépnél:

- a súly a fele legyen,
- azonos legyen a fegyverzeti terhelhetősége,
- teljesítménye lényegében azonos, vagy jobb legyen.

A Svéd katonai gondolkodás fontos eleme a sajátos "Légibázis koncepció". Ennek alapján háborús helyzetben minden katonai repülőgép gyorsan széttelepül nagyszámú ideiglenes bázisra, ahol az országutakat használják fel és leszálló pályaként, ezáltal kevésbé sebezhetővé téve a légi erőt az ellenség támadása esetén. Ez a stratégia különleges igényeket állít a repülőgép képességei elé azért, hogy tegye lehetővé harcászati alkalmazását rövid és különösen keskeny felszállópályáról. Szintén tervezési követelmény volt a Gripennél, hogy a harctevékenység biztosítása minél függetlenebb legyen a komplex földi ellátó rendszerektől és a startszolgálati műszaki üzemeltető tevékenység akár sorállománnyal is végrehajtható legyen.

## A többcélúság képessége

Korlátozott számú repülőgép esetén, melyek több bázisról tevékenykednek, a többcélúság képessége figyelemreméltó érték. A követelmény előírja, hogy egyetlen repülőgép legyen képes háromféle harc feladat teljesítésére. A JAS rövidítés a feladatok Svéd megnevezéseinek első betűiből tevődik össze, úgymint Jakt (elfogó), Attack (csapásmérő), Spaning (felderítő). A repülőgép képes kell legyen mindhárom feladatra anélkül, hogy akár a hardver, akár a szoftver részt cserélni kellene és a feladat megváltoztatása mindössze néhány percet vehet igénybe. Ebből következik, hogy a repülőgép csapásmérő feladatnál képes kell legyen nagyon különböző külső függesztményeket vinni, beleértve a nehéz fegyverzetet is, amire rendszerint csak nagyobb repülőgépek képesek.

A repülőgép tervezési folyamata során az elrendezés kiválasztását az alapkövetelmények és a részletes követelmények határozták meg mindhárom típusú harc feladatra, melyet a negyedik tervezési követelmény, mint végeredmény fogott össze. Általánosan a különböző követelmények különböző, néha ellentétes tervezési megoldásokat foglalnak magukba. A követelmények közötti egyensúlyozás egy optimális kompromisszumot eredményezett különböző elrendezésekkel, attól függően, hogy melyik követelményt tartjuk meghatározónak a másikkal szemben.

A lehetőleg maximális üzemanyag mennyiségi követelmény és annak megoszlása külső függesztésű és belső tartályok között a harcú őrzőparatkozás és a földi csapásmérés speciális feladatainak ellátását kellett magába foglalja, biztosítsa.

Az elfogási feladat részére fontos volt a manőverező képesség, a gyorsulás és a csússzebeség biztosítása. A földi csapásméréshez és a felderítéshez a nagyszámú külső függesztési lehetőség és a nagy hatótávolság a fontos. A következtetések levonása a harcászati tanulmányokból azt mutatta, hogy a manőverező képességet és a gyorsulóképességet előnyben kell részesíteni.

A Gripen szerkezetileg 9g túlterhelés elviselésére tervezték. Fontos követelmény volt a magas, állandósult, hosszantartó fordulási szögsebesség és a kis fordulósugár a szubszonikus sebességtartományban. Az áramlási helyzet miatt előforduló Bafting típusú rezgés elkerülése a szárny megfelelő aerodinamikai kialakításával vált lehetővé.

A sebességi követelménynek megfelelően a Gripen szuperszonikus sebességre képes vízszintes repülésnél, harcú fegyverzettel minden magasságon.

A legfőbb követelmény a kezelés minőségére és a repülési teljesítményre vonatkozik. Más követelmények nem közvetlenül vonatkoznak a repülési teljesítményre, azonban hatással vannak a repülőgép aerodinamikai tervezésére. Egy példa a repülőgépvezető jó látási viszonyainak biztosítása légiharcban, illetve leszállás során a keskeny országúti leszállópályák megközelítésekor. Ezek vezettek a nagyobb repülőgépvezető fülkéhez, ami növelte a szuperszonikus homlokellenállást. A beépített segédhajtómű (APU) -autonóm fedélzeti indítást és teljeskörű elektromos és hidraulikus táplálást biztosít földön és levegőben, létfontosságú az igényeit magasfokú autonómiához a széttelepítési bázison, ugyanakkor növeli a repülőgép keresztmetszetét, amikor a karcúság a lehető legnagyobb fontosságú a szuperszonikus homlokellenállás csökkentése szempontjából.

### Aerodinamikai elrendezés

A tervezés kezdetén a tanulmányozás központját a repülőgép geometriai elrendezésének kiválasztása képezte. A nyilvánvaló vezérlő elv az egyszerűség volt. Bizonyos döntések már korábban megtörténtek, melyek a svéd gyártási, üzemeltetési tapasztalatok előzetes tanulmányozásra alapozódtak.

Az egyszemélyes kialakítás eldöntése a harcra repülőgépekkel kapcsolatos korábbi tapasztalatokon alapult. Az új fülketervezés biztosítja, hogy az elektronikus repülőgép vezérlési rendszer (EFCS) berendezései hozzájáruljanak a repülőgép hatékony alkalmazásához minden feladattípusnál, a repülőgépvezetőre háruló munkamegterhelés növelése nélkül.

A többesatornás elektromos repülőgép vezérlési rendszer (EFCS) fejlesztése olyan fejlettségi állapotot hozott létre a megbízhatóság, a súly és a költségek vonatkozásában, hogy reális választási lehetőség állt elő a repülőgép teljes hatékonysága szempontjából a hagyományosan mechanikusan is működtethető repülésvezérlő rendszer és a fly-by-wire teljesen elektromos rendszer között (FBW).

Függetlenül a repülőgép elrendezésétől az EFCS rendszer korszerűbb volt a hagyományosnál. Ezért korán döntést hoztak az előnyösebb digitális EFCS rendszer érdekében. Ez lehetővé tette a repülési teljesítmény növelését megengedve és fenntartva szigorú korlátok között a tanulmányozott elrendezésnél az alapvető keresztengely körüli aerodinamikai instabilitást, ugyanakkor mesterségesen fenntartva a stabilitást az EFCS repülésvezérlő rendszer állandó működésével.

Az egy, vagy két hajtóműves változat kérdését két szempontból vizsgálták. Először a repülésbiztonság szempontjából a Svéd Légierő előnyösebbnek tartotta a két hajtóműves

kialakítást. Azonban más tanulmányok nem erre a következtetésre jutottak, vagyis technikai szempontból az egy hajtóműves koncepció rendszerint kisebb súlyhoz, kisebb aerodinamikai ellenálláshoz és alacsonyabb költségekhez vezet.

A döntő tényező azonban két rendelkezésre álló megfelelő, megbízható hajtómű volt, ami lehetővé tette az egyhajtóműves elrendezést. Ezek a General Electric F 404 és Rolls-Roys RB 199 voltak. A javított változatai ezeknek a hajtóműveknek már gyártásban voltak. Nem volt jó lehetőség a kéthajtóműves változat kialakítására. A nagyobb teljesítményű Pratt és Whitney F 100 és PW 1120 típusokat is tanulmányozták, de a követelmények kisebb hajtóművet igényeltek, jelentősen kisebb költséggel.

Kezdetben a változatok többféle elrendezést tartalmaztak, de hamarosan két alternatív elrendezési tervre koncentráálódtak. Ezek a mellső vezérsík (un.kacska típus) szárny egymáshoz közeli és delta kialakítású megoldása, valamint a hagyományosabb hátsó vezérsík elrendezés. Ezen elrendezések részletes aerodinamikai, valamint szerkezeti tervezése és rendszereik tanulmányozása végrehajtásra került. A lényeges jelleggörbék elemzése megtörtént, az eredmény alapján határoztak a jobb paraméterű elrendezés kiválasztásáról a további finomításokról és a repülőgép végleges fejlesztéséről.

#### **Az instabil Delta-kacska elrendezés**

Nagyon kényes feladat egy korrekt összehasonlító elemzést készíteni a különböző javasolt repülőgép elrendezések különböző előnyeiről. Nem lehetséges minden jelentős teljesítmény karakterisztikát, minden elrendezésre azonosan tartani és megoldani a végső, teljes költségen történő összehasonlítást mindegyik repülőgépre. Néhány jellemző különböző lesz és ezek mindegyikének hozzájárulása a teljes harci hatékonysághoz eltérő. Azonban a tanulmányozás megmutatta, hogy az adott követelményeknek a Delta-Kacska elrendezés kiválasztása felelt meg legjobban mind technikai, mind gazdaságossági okokból. Szintén ez az elrendezés ajánlotta a repülési jellemzők jobb optimalizálási lehetőségeinek figyelembevételét az elektromos repülés vezérlő rendszerrel (EFCS).

Külön előnye a kiválasztott rövid Delta-Kacska elrendezésnek a további fejlesztés és optimalizáció vonatkozásában a Viggen repülőgép korábról biztosított tapasztalata.

Ennek alapján milyen különleges előnyt biztosított a rövid-Delta-Kacska-párosított elrendezés? Néhány speciális jellemzőt ismertettek a továbbiakban. Azt észre kell venni, hogy látszólag nem egyedül az elrendezés volt döntő. Egyensúlyozva az előnyök és hátrányok között, amikor összehasonlítjuk a hátsó vezérsíkkal rendelkező repülőgépet a kacska típusúval úgy találjuk, hogy az utóbbi a legjobban jelöli a meghatározott követelmények teljesítésére.

A szárny kilépő élén elhelyezett fékszárnyak a legáltalánosabb aerodinamikai eszközök a kiegészítő emelő erő létrehozására a fel és leszálló manőver során. Ez a kiegészítő emelő erő együtt jár egy nagy orrleadást előidéző hosszirányú nyomatékkal. A hátsó vezérsík elrendezés esetén ez a hosszirányú nyomaték ki kell egyensúlyozódjon a vezérsíkon létrehozandó lefelé irányuló erővel, következtetésképpen a nagy emelőerő, ami a fékszárnynál keletkezik csökken a vezérsíkon létrehozott erővel (1.a. ábra).

A kacsza típusú elrendezésnél azonban, mivel a vezérsík a repülőgép súlypontja előtt helyezkedik el, a rajta létrehozott kiegyenlítő erő felfelé irányul és növeli a repülőgépre ható emelő erők összegét (1.b. ábra)

1/a. ábra: Hátsó vezérsíkkal ellátott repülőgép



1/b. ábra: A "KACSA" elrendezésű vezérsík

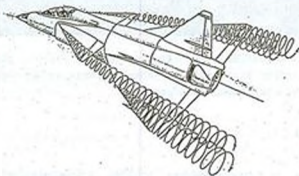
A "KACSA" elrendezés ellenben - állandó állásszög esetén - pozitív irányú erőt ébreszt a vezérsíkon.



Azonban a kacsza vezérsík, -amikor kompenzálja a szárnyon lévő fékszárnylap kitérítéséből adódó emelő erő- lényegesen nagyobb terhelést hoz létre mint a hátul elhelyezett vezérsík. Ennek oka, hogy a kacsza elrendezésnél a repülőgép súlypontja és a vezérsík közötti távolság lényegesen rövidebb. A hátsó vezérsík elrendezésnél rendszerint a vezérsík messze a szárny mögött helyezkedik el hosszú nyomaték-kart biztosítva, ezáltal csökkentve a kompenzáláshoz szükséges erőt. Egy tipikus rövid-Kacsza-Delta típusú repülőgépnél a vezérsíkon fellépő erő több mint kétszer akkora lehet, mint a hátsó vezérsík elrendezésnél, azonos stabilálási tartalék mellett. Mint következtetés levonható, hogy a kacsza szárny típusú elrendezés kitűnő nagy emelési tulajdonságokat és megbízható repülési viszonyokat biztosít a legnagyobb terhelések esetén is. Pontosan ez a szárny- kacsza-szárny egymáshatás az egyik legjelentősebb jellemzője a rövid-Kacsza-Delta szárny elrendezésnek.

## Egymásrahatás

A rövid-Delta-Kacsa elrendezés nagyon fontos a kacsaszárny és a fő szárny közötti közös interferencia szempontjából. Ez a hatás tanulmányozva volt a Viggen program korai elvi kutatási szakaszában (2.sz.ábra) A szárnyhoz viszonyított megfelelő kacsa elrendezés esetén a kacsa belépő élétől kiinduló örvények a fő szárny felett fognak elhelyezkedni, létrehozva egy nagy lemosást (lefelé áramlást) a szárny középrészén és egy nagy felfelé áramlást a szárnyvégeken.



2. ábra.

A rövid Delta-"KACSA" elrendezésnél a közös interferencia jelenség a "KACSA" és a fő szárny között nagyon fontos

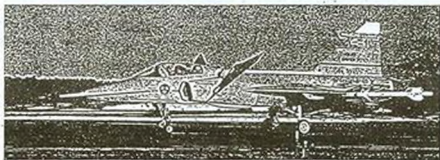
Ez az elrendezés késlelteti a középrészén a nagy állásszög kialakulását, míg a végrészek felé növeli azt.

A kacsa elrendezés a szárny felső részén létrehoz egy gyorsított áramlást, ami előnyös a nyomásgradiens szempontjából, és stabilizálja a szárny felső részét. Ez az áramlási helyzet nagyobb állásszögeken a kacsa elrendezés egyik fő előnye. A fő szárny feletti áramlás a kacsa elrendezésnél növeli a stabilitást, lényegesen növeli a szárny emelő erejét, a szabadon repülő szárnyhoz viszonyítva.

Ez az egymásrahatás nagyon fontos az emelőerő szempontjából kis sebességen és manőverező repülés közben, amikor nagy állásszögeken az emelőerő-homlokellenállás viszonyt javítja.

## Leszállásnál rövidtávú kifutás

Leszállásnál, kifutás során a pilóta a kacsza szárny orrészét eltéríti lefelé az aerodinamikai fékezéshez (3.sz.ábra). Az orrészét lefelé eltérítő nyomaték lefelé irányuló terhelése kiegyensúlyozására a szárnyon lévő fékszárny kitérésre kerül felfelé. Ez azon kívül, hogy növeli a homlokellenállást, drasztikusan javítja a pályához való kapcsolódást és a kerékfékezést a lefelé mutató légerő által. Ezért nincs szükség fékernyő alkalmazására.



3. ábra: A leszállás utáni kifutási Uzemmod során a "KACSA" szárny kitérésre teljesen lenyomja az orr-részt az aerodinamikai fékezéshez

## Terület elosztás

A transzszónikus és szuperszónikus repülési teljesítményhez a repülőgép keresztmetszeti területek hossz tengely mentén való eloszlása nagyon fontos. A nagyfokú karcsúság előnyös, ezért a maximális keresztmetszetű felületek adott mennyisége optimális eloszlást igényel. Ez a felület eloszlás rendszerint nem teljesen elérhető, de nagy erőfeszítés történik a minél lehetséges megközelítésére.

Nagyon fontos a farokrész enyhe görbülete. Az instabil kacsza elrendezés érdekében a szárny helyzete elől van a törzson, ezáltal létrehozva egy tiszta hosszú hátsórészt a hajtómű belső integrálásával és a farokrész kis homlokellenállásának biztosításával.

## Hosszirányú (kereszt tengely körüli) instabilitás

Jelentős jellemzője a Gripen repülőgépeknek a hosszirányú instabilitás a szubszónikus sebességeken. Ez lesz az első instabilnak gyártott katonai, kacsza elrendezésű repülőgép. A legutóbbi időkig, egy bizonyos természetes minimális stabilitási szint előírt követelmény volt a repülőgépek tervezésénél. Egy statikusan stabil repülőgép a ráható aerodinamikai erők és nyomatékok következtében az áramlás megzavarása -vagyis a szárnyon áramlási rendellenesség- esetén törekszik a repülőgépet visszahozni eredeti kiegyensúlyozott helyzetébe. Egy instabil repülőgép nem marad sokáig ilyen helyzetben a vezérlő felületek ellensúlyozása nélkül.

Az instabilitás megfelelő beavatkozás nélkül elfogadhatatlan térbeli helyezethoz és a repülőgép sebességének elvesztéséhez vezet.

Az instabil elrendezés a mellső vezérsík alkalmazásával egy új irányzat az utóbbi időszak katonai repülőgép tervezői között. Ráadásul nemcsak a Gripen, hanem a Francia Rafale, a Brit EAP -az Eurofighter prototípusa- és az Izraeli Lavi (amit gazdasági és politikai okokból töröltek) ezt az elvet követte.

Azonban a koncepció, hogy létrehoznak egy instabil repülőgépet a szárny előtti részen elhelyezett vezérsík felülettel nem új. Az instabil kacska elrendezésű légi jármű repült már a század elején a Wright testvérek Kitty-Hawk nevű repülőgépeként. De amíg a testvéreknek saját maguknak kellett vezérelni a saját instabil repülő szerkezetüket a Gripen repülőgép vezetője figyelemreméltóan nagyobb sebességen meg kell bízson egy gyors komputerben, ami stabilizálja a vezérlést.

Miért kell törődni a "mesterséges" stabilizációval ahelyett, hogy maradnánk a hagyományos, természetes, a repülőgépben benne rejlő stabilitásnál, amely láthatóan biztonságosabb és olcsóbb?

Jól ismert tény, hogy a hosszirányú stabilitás szintjének csökkentése javítja a repülőgép kormányozhatóságát, teljesítményét minden szempontból. A harci manőverezhetőség növelése életfontosságú egy vadász repülőgépnél, de lényeges utazó üzemmódon a mérföldenkénti üzemanyagfogyasztás csökkenése is. Ezek nagyon egyszerű okok.

Egy stabil repülőgépnél (4.a. sz. ábra) az eredő aerodinamikai erő az állásszög növelése következtében elmozdul hátrafelé a repülőgép súlypontjához viszonyítva. Az állásszög növelése a manőver során, vagy a leszállási megközelítési manővernél következtetésképpen létrehoz egy orr leeresztő nyomatékot. A hosszirányú kiegyensúlyozás érdekében a hátsó vízszintes vezérsík felületén a kilépő él felfelé mozgásával negatív légerőt hozunk létre, vagy tovább terhelünk egy már megterhelt mellső kacsaszárnyat.

Egy instabil repülőgépnél (4.b. sz. ábra) az aerodinamikai erők az állásszög növelésekor létrehoznak egy orr emelő nyomatékot, mivel az eredő aerodinamikai erő előre mozdul a repülőgép súlypontjához viszonyítva. A hosszirányú kiegyensúlyozást a fékszárny kilépőél lefelé mozdításával érjük el, ez növeli az emelő erőt a repülési manőver, vagy a leszállási megközelítés során. Az emelőerőtől függő homlokellenállás közvetlenül a szárny állásszögétől függ. Egy instabil repülőgép nyilvánvalóan kisebb állásszögben fog repülni mint egy statikusan stabil repülőgép adott repülési feltételek mellett (5.sz. ábra).

A hosszirányú instabilitás növeli a felhajtóerőt.



4/a. ábra

A statikusan stabil repülőgépnél az eredő aerodinamikai erő az állásszög változása esetén a súlypont mögött helyezkedik el.

#### A STABIL REPÜLŐGÉP:

Az eredő aerodinamikai erő az állásszög függvényében a súlypont mögött helyezkedik el. Az állásszög növelése orrfelemelő nyomatékot eredményez.

A hosszirányú kiegyensúlyozás a kormányfelület kitérítésével felfelé, lefelé irányuló erőt hoz létre a repülőgép hátsó részén.



4/b. ábra

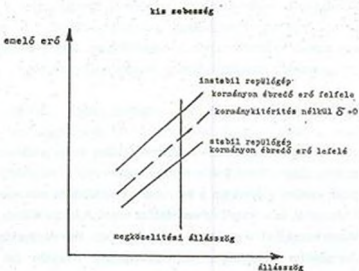
Az instabil repülőgépen az állásszög változásából adódó aerodinamikai erők létrehozhatnak egy orrfelemelő kereszttengetely körüli nyomatékot, mivel az eredő aerodinamikai erő támadás pontja a repülőgép súlypontja előtt helyezkedik el.

#### AZ INSTABIL REPÜLŐGÉP:

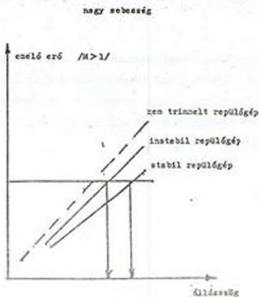
Az eredő aerodinamikai erő az állásszög függvényében a súlypont előtt helyezkedik el. Az állásszög növelése orrfelemelő nyomatékot eredményez.

A hosszirányú kiegyensúlyozás a kormányfelület kitérítésével lefelé, felfelé irányuló erőt hoz létre a repülőgép hátsó részén.

5. ábra: Teljesítmény növelés a hosszirányú aerodinamikai instabilitással.



As emelő erővel függő hozótelekellátás egyenszen erőnyos a szárny állásosságával



Hozótelekellátás - emelőerő  $\cdot \sin \alpha$

As adott repülési feltételek mellett az instabil repülőgép kisebb állásosságban fog repülni, mint a stabil repülőgép. Ábratérkép alapján a felhajtó erővel függő hozótelekellátás  $C_L = f(C_D)$  esütközés tendenciájú ha csökkent a hosszirányú stabilitás.

Következésképpen az emelkedőtől függő homlokellenállás tendenciája (gradiense) csökken a hosszirányú stabilitás csökkenésével.

Ezen hatások alkalmazása a hátsó vízszintes vezérsíknál éppúgy mint a kacsa elrendezésnél megvannak, de a kacsa elrendezésnél hangsúlyozottabbak. A modern komputerek és elektromos repülés vezérlő rendszerek bemutatkozása lehetővé tette ezen lehetőségek alkalmazását és ugyanakkor a repülésbiztonság kezelését, sőt javítását.

Alapvető különbség van a tervezett instabilitás szintjében, melyet elértek a kacsa típusú elrendezéssel, illetve a hátsó vezérsík kialakítással. Ez összefüggésben van a repülésbiztonsággal. A hátsó vezérsík elrendezésnél a vezérsík felülete maga pozitívan járul hozzá a repülőgép stabilitásához. Ezért a hátsó felület néhány manővernél túlterhelődik és az áramlás leválik, ez a legtöbb esetben súlyosítja a helyzetet az instabilitás növelése által előidéző egy orrfelemelő divergenciát, és a vezérlés elvesztéséhez vezet. A kacsa elrendezésnél a kacsa felület maga jelentősen hozzájárul a repülőgép instabilitásához. Következésképpen a vezérsík felület áramlásleszakadása a repülőgép stabilizálódásának irányába hat és a repülőgép maga visszatér a kisebb állásszögek felé.

Ezeket a jellemzőket alkalmazza a Gripenen, a kacsa elrendezésnél a repülésvezérlő rendszer támogató üzemmódja, ahol a mellső vezérsík felületek lebegnek és engedik a légáramban a szabad lebegést. A hosszirányú stabilitás növekedése enyhíti a vezérlő felületek figyelési igényét és következésképpen a hidraulika rendszer teljesítőképességét minimálisan terheli.

A bemutatott ábrákon ismertetett aerodinamikai sajátosságok jól mutatják, hogy a repülőgép építésnél az elektronikus számítógépek alkalmazásával új és új lehetőségeket kap az aerodinamika hatékonyabb felhasználása. Jelen ismertetésben -források alapján- a JAS 39 Gripen típusú repülőgép által megvalósított új tudományos technikai megoldásokra igyekeztem -a teljesség igénye nélkül- rávilágítani.