



Mechatronikai rendszerek

GEMRB004-B (4 kredit)

2ó ea.+2ó gy. (Gyakorlati jegy)

A tananyagot összeállította: Dr. Rónai László

Robert **Bosch** Mechatronikai Intézeti Tanszék

2024



Követelmények

- A félév során 2 db zárthelyi (5. és 13. hét), külön-külön 50%-ot minimálisan el kell érni.
- Gyakorlatokon:
 - Elektropneumatika
 - PLC programozás (ST, LD, FBD, CFC, SFC)
- Gyakorlatok elején számítani lehet beugróra (jelkép, képlet, kapcsolási rajz, mérés célja)

Ajánlott irodalom

- [1] Bosch Rexroth oktatási anyagok (IndraWorks, IndraLogic, MMS, Elektropneumatika), gyakorlati füzetek
- [2] Robert H. Bishop: The Mechatronics Handbook, 2002 CRC Press, Boca Raton-London-New York-Washington, D.C.
- [3] Bokor J., Gáspár P.: Irányítástechnika, járműdinamikai alkalmazásokkal, Typotex, Budapest 2008.
- [4] SICK: Útmutató a biztonságos gépekhez – hat lépés a biztonságos géphez – , 8017955/2015-07-07, SICK AG, Németország, 2015.



A hibakeresés stratégiája

Hibakeresés

Cél: A hibát minél hamarabb megtaláljuk → az adott gép a legkevesebb ideig álljon.

Hiba: Olyan állapot, amelyben legalább az egyik elengedhetetlen funkció nem tesz eleget a vizsgált objektum követelményeinek.

Funkció: Meghatározza a vizsgált elem tevékenységének célját, feladatát.

Üzemzavar: A vizsgált objektum egy funkciója nem rendeltetésszerűen vagy egyáltalán nem működik.

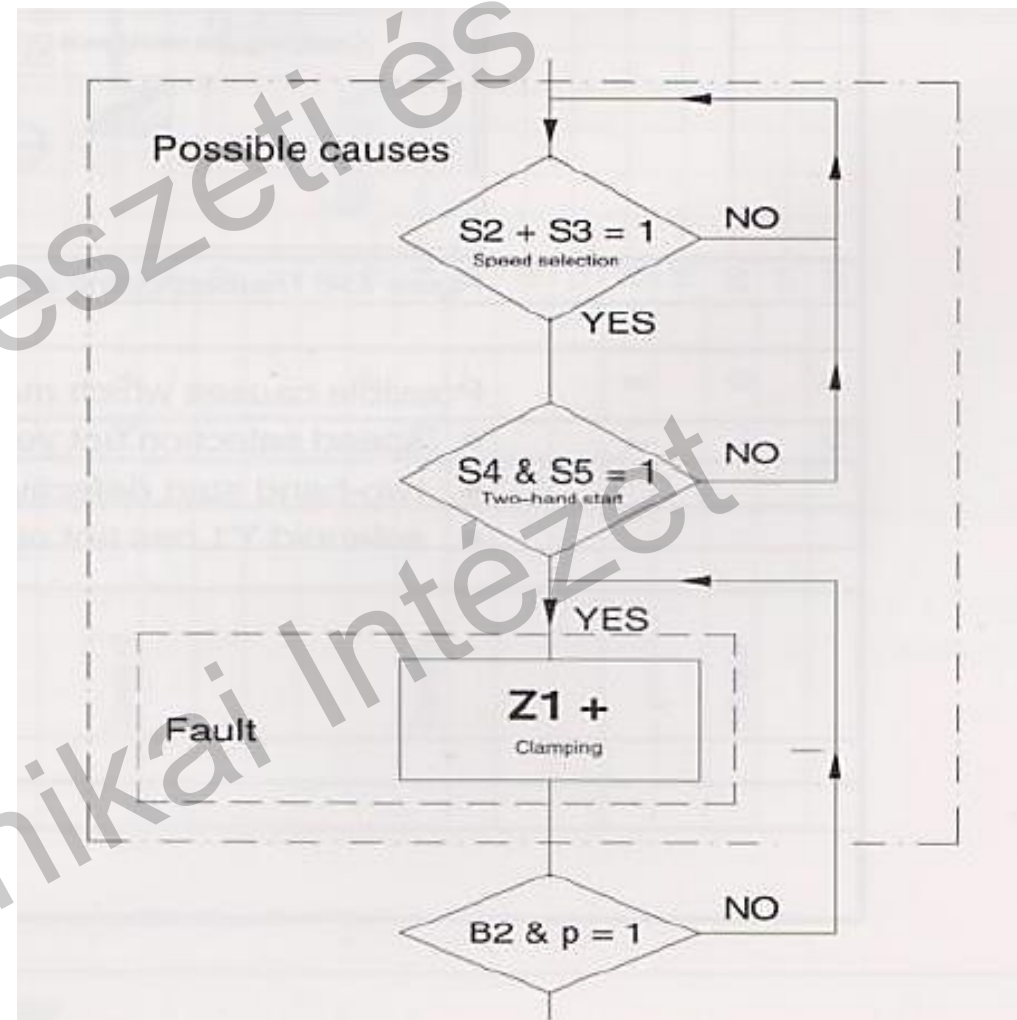


Hibakeresés eszközei

- **Rajzok segítségével:**
 - Program folyamatábra,
 - Szekvenciális funkcióábra,
 - Funkcióábra,
 - Kapcsolási rajzok,
 - Sematikus vázlatok.

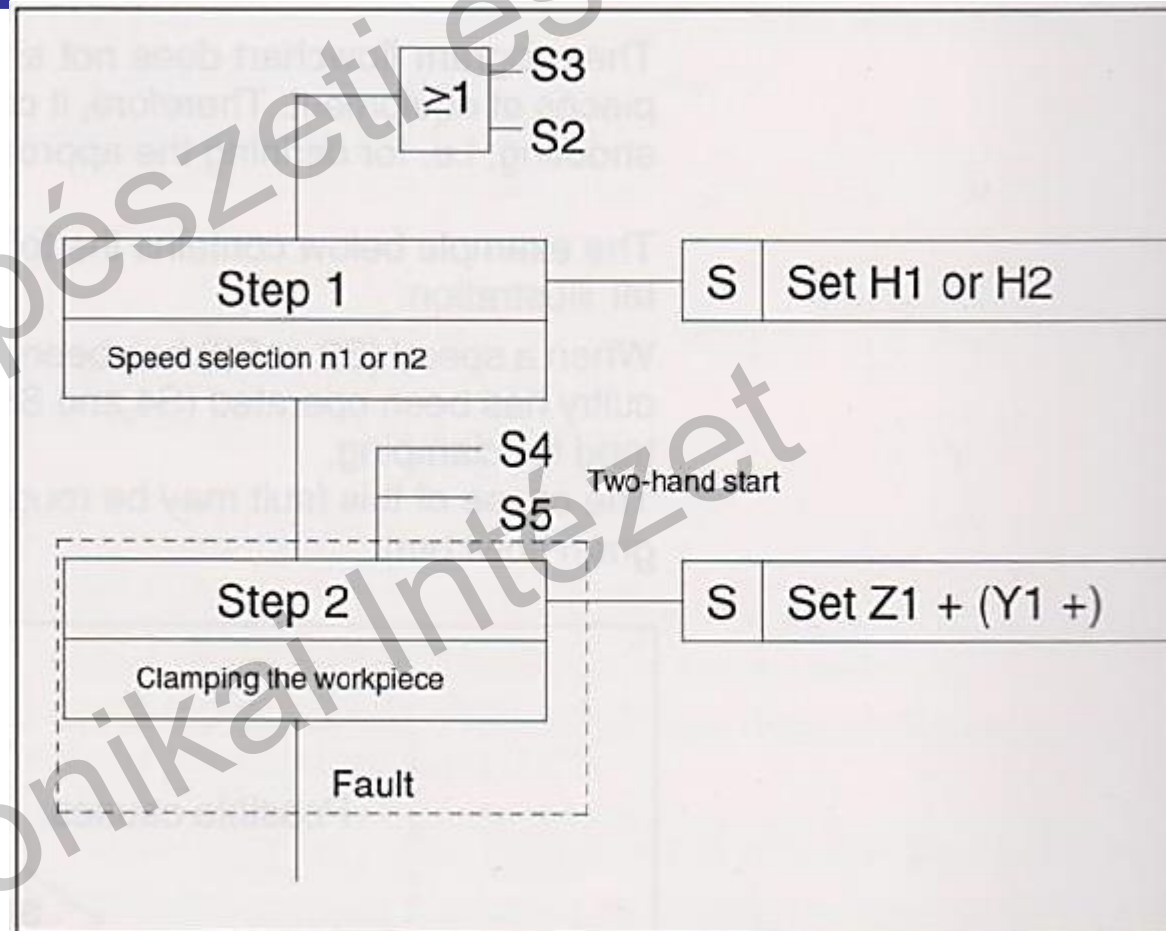
Program folyamatábra

- DIN 66001 szabvány által definiált, előírja az ábrázolás módját.
- Folyamat lépéseinek demonstrálására.
- Nem mutatja a technikai adatokat.
- A hiba helyének közelítő meghatározására felel meg.
- Példa munkadarab leszorítása pneumatikusan:
- Milyen lehetséges hibák lehetnek?



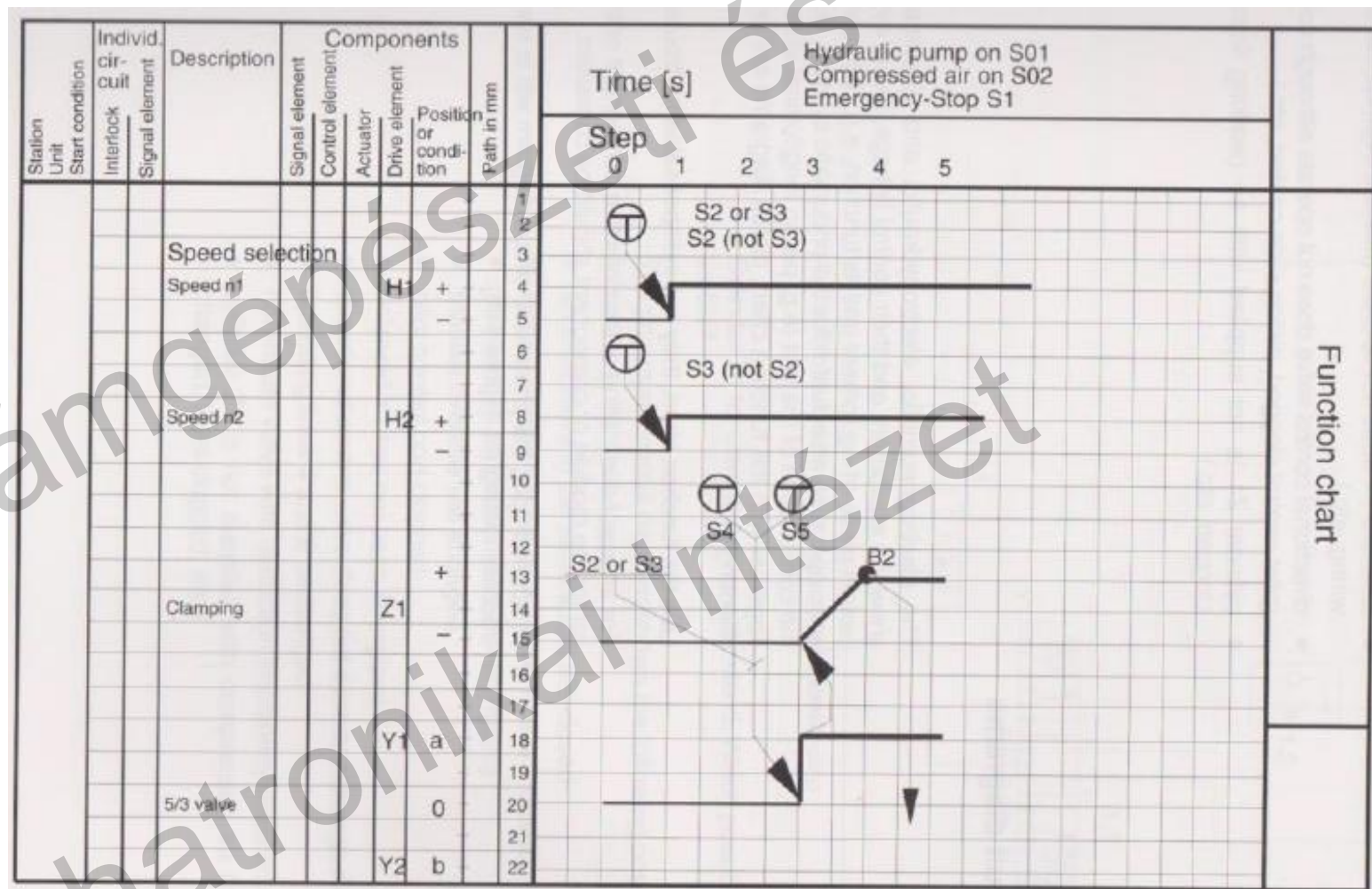
Szekvenciális funkcióábra

- DIN 40719 szabvány.
- Sorrendi vezérlés prezentálására (SFC).
- Segítségével jobban behatárolható a hiba helye.



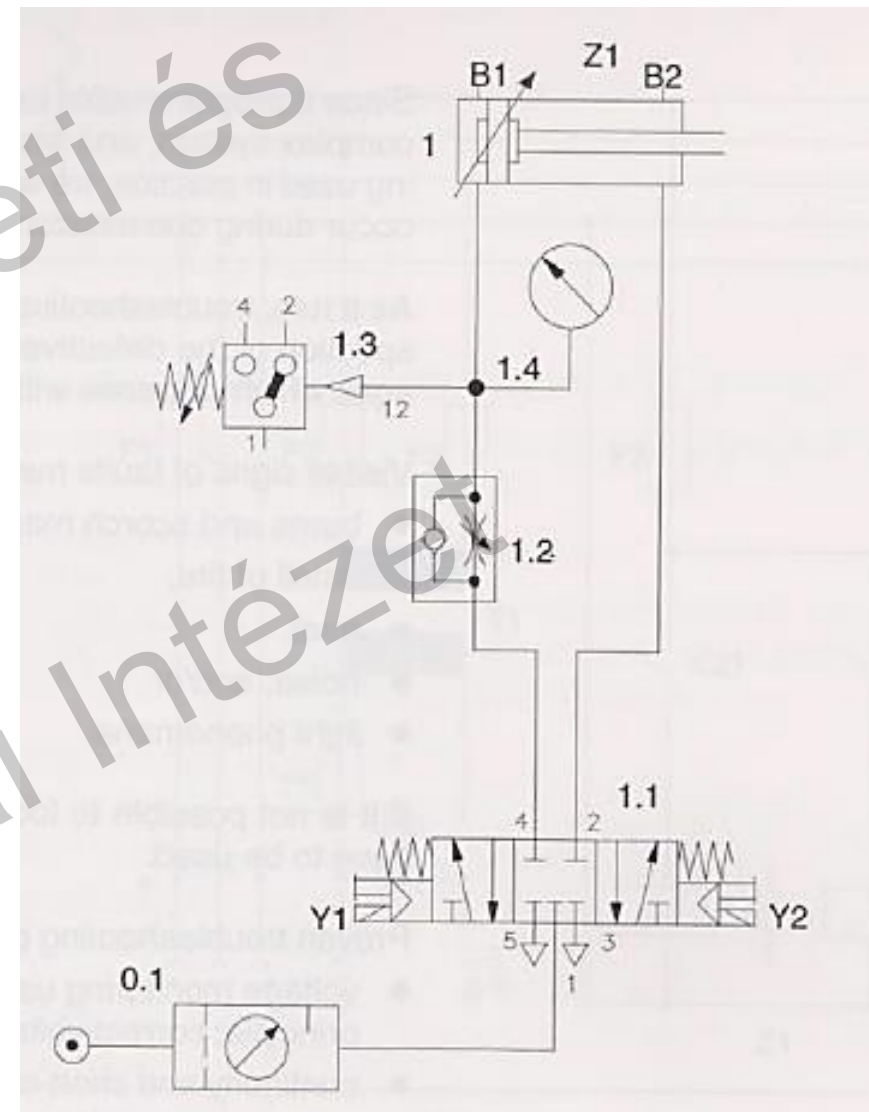
Funkcióábra

- (Ütemdiagram) VDI3260 szabvány definiálja,
- Kölcsönhatásokat, az egyes elemek funkcionális sorrendjét mutatják,
- Sematikus diagrammal hatékony,
- Nagy, ha komplex folyamatot mutat be.



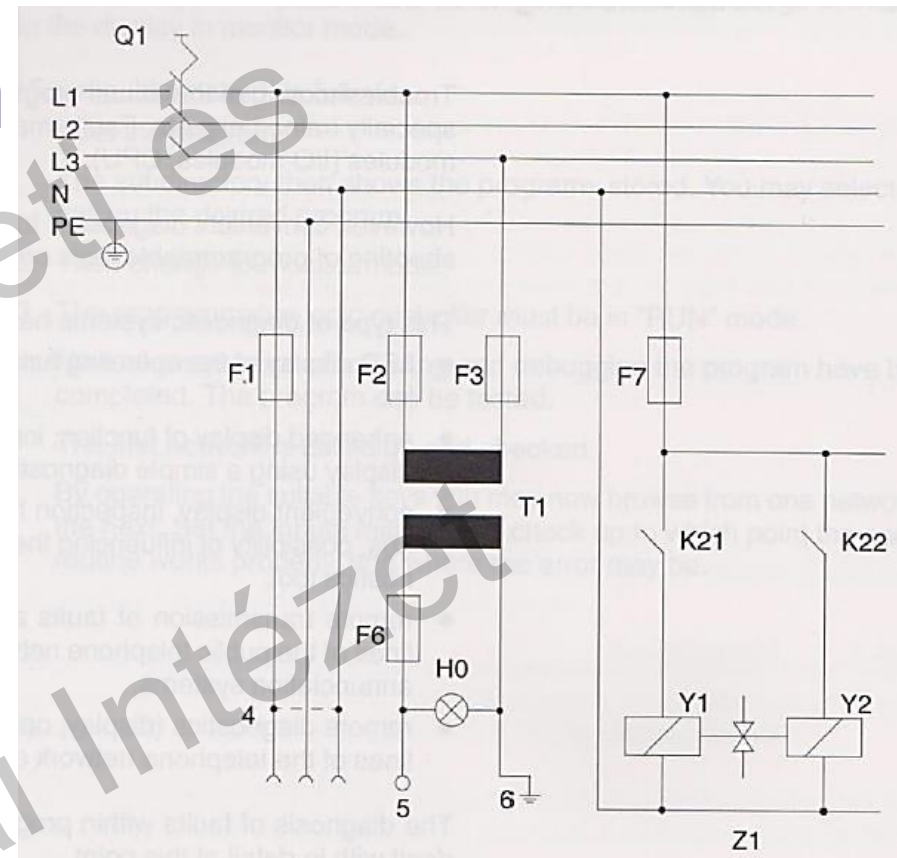
Kapcsolási rajzok

- Megmutatja a felhasznált elemeket és a köztük lévő kapcsolatokat.
- Alkatrész egzakt behatárolásához darabjegyzék szükséges.
- Z1 kétoldalról működtetett munkahenger nem megy a vég helyzetére, oka?



Hibakeresés elektromos körben

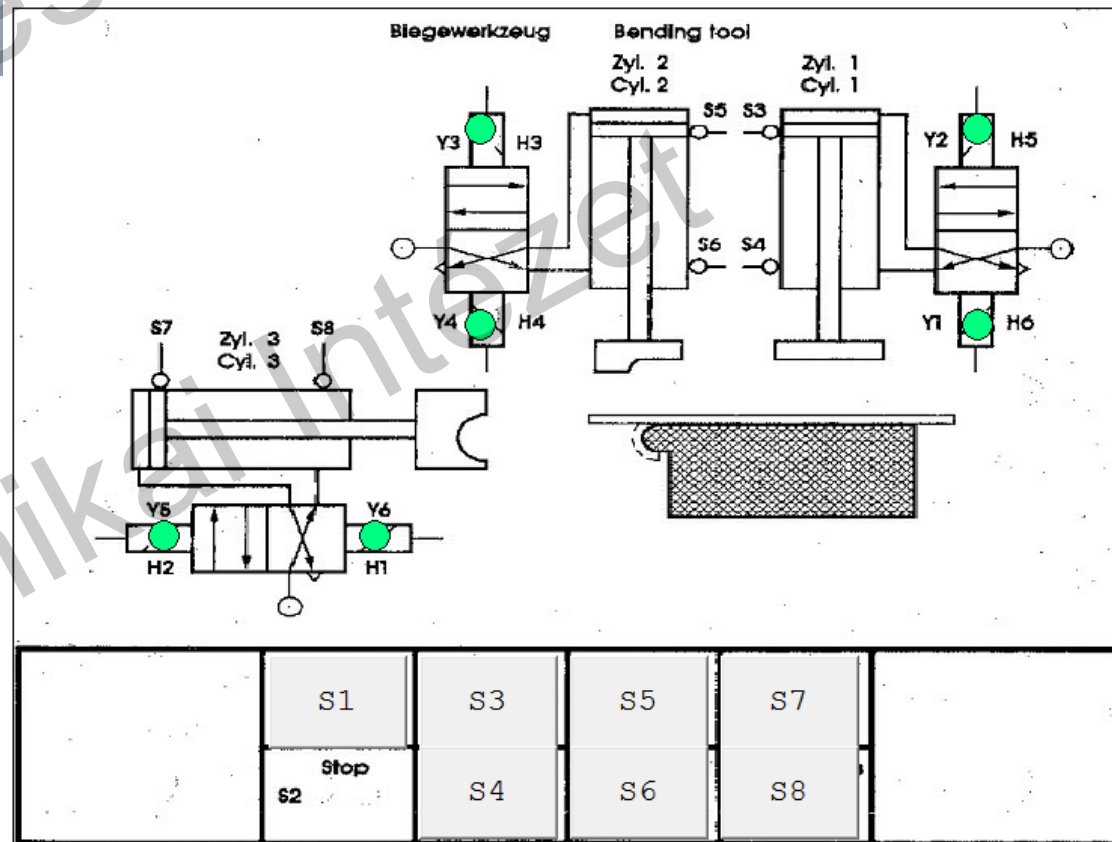
- Az iparban a PLC nem minden vezérlési feladatot lát el.
- Még előfordul a relés logikák használata.
- A hiba sok esetben látható, hallható, érezhető:
 - NYÁK-on égés nyom,
 - Fényjelenség,
 - Zaj,
 - Túlmelegedés,
 - Füst.
- Ha nem határozható be a hiba helye, akkor további megoldásokat kell eszközölni:
 - Multiméterrel feszültség mérése az adott körben,
 - Szakadás vizsgálat,
 - Funkció teszttel járó mérések pl. relé meghúzásának vizsgálata,
 - Ha ez sem segít → oszcilloszkópos mérések.



Hibakeresés PLC esetén

• Hibaelhárító eszközök:

- LED kijelzés az üzemi funkciókról,
 - LCD kijelző,
 - Hibák távjelzése,
 - Számítógépes diagnosztikai lehetőség,
 - Távoli diagnosztika online kezelőfelülettel.
- A programkód ellenőrzése szimulációval, vizualizációval.



Hibakeresés PLC esetén

- Ha a programkód megfelelőnek bizonyul, akkor hardveres hiba lesz, ez lehet:
 - A PLC egység,
 - Távadók, szenzorok,
 - Vezetékezés, kontakt hiba,
 - Alrendszerek (Pneumatikus, elektromos, hidraulikus).
- Jól járunk el, ha az alrendszerek beüzemelése helyett a bemeneteket kézzel állítjuk be, és nyomon követjük a PLC által futtatott programot diagnosztikai üzemmódban, így könnyen megtalálható a hiba oka.



Hibakeresés hidraulikus, pneumatikus rendszerekben

- Levegő előkészítő egység,
- Kapcsolás ellenőrzése,
- Manométerek leolvasása, összevetni az elvárt értékekkel,
- Kompresszor / hidraulikus tápegység vizsgálata.



A hibaelkerülési ellenőrzések

Elektromos hajtásoknál

- **Elemek ellenőrzése, elhelyezésük elektromos kapcsolási rajz alapján,**
- **Bizonyos egységeknél ellenőrizni a beállított értéket pl. feszültség, ha eltérés tapasztalható, akkor korrigálni kell,**
- **Elektromos vezetékek útvonalának ellenőrzése (kábelvédelem szükséges),**
- **Egységek címkéinek ellenőrzése,**
- **Robbanásvédelem, porvédelemről szükséges esetekben gondoskodni kell pl. megfelelő burkolat kialakítás stb.**
- **Egységek, mint pl. léghűtéses villanymotor megfelelő beépítési távolságának ellenőrzése,**
- **Biztosítékok ellenőrzése,**
- **Érintésvédelem, földelés, szigetelések ellenőrzése.**



Pneumatikus rendszerek

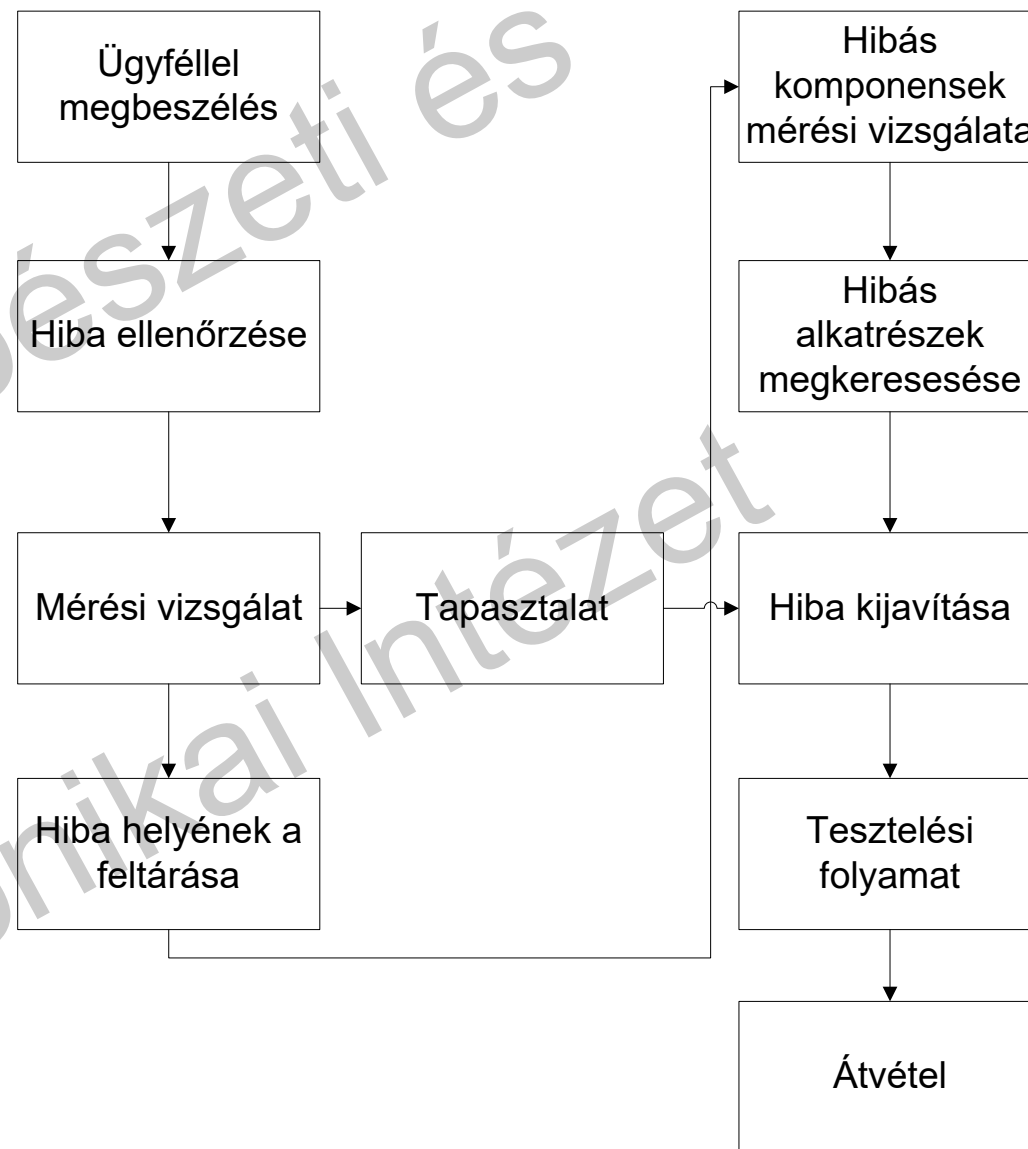
- A hiba oka gyakran a rossz karbantartás, túlzott elvárás a komponensek élettartamával kapcsolatosan.
- Elemek ellenőrzése, elhelyezésük kapcsolási rajz alapján,
- Pneumatikus kapcsolási rajzokon feltüntetett értékeket ellenőrizni kell,
- Plombák, feliratok ellenőrzése,
- Biztonságos leszellőztetés lehetőségének ellenőrzése,
- Elektromágnesek működőképességének ellenőrzése,
- Szűrők ellenőrzése,
- Olajködkenő ellenőrzése,
- Kondenzvíz elvezető ellenőrzése.



Ha már bekövetkezik a hiba

Elektromos rendszerek

- A hibaelhárítás lépéseit szisztematikusan kell végrehajtani:



Komplex rendszerek üzembe helyezése



Üzembe helyezés

- Az ipari gyakorlatban az üzembe helyezés feladata az összeszerelt berendezés megfelelő időn belüli működőképessé tétele és ellenőrzése.
- Magába foglal minden olyan tevékenységet, amelyet a gyártó és a felhasználó alapvetőnek vél az előtte ellenőrzött modulok helyes összeszerelésekor.
- Az alkatrészek állapotának ellenőrzése nem az üzembe helyezésnek, hanem a minőségbiztosításnak a része.



A termékkel szemben támasztott követelmények

- **Költséghatékony,**
- **Könnyen gyártható,**
- **Könnyen összeszerelhető és szétszedhető,**
- **Könnyen karbantartható,**
- **Könnyen üzembe helyezhető,**
- **Könnyen csomagolható és szállítható stb.**



Gépbiztonság



Rövid jogszabályi háttér

- **Az automatizálás nagyfokú fejlődésével a gépek biztonságával szembeni követelmények megváltoztak.**
- **Védőberendezések integrálása az adott munkafolyamatokba nélkülözhetetlenné vált.**
- **Az Európai Unióban többszintű szabványrendszer gondoskodik a gépek megfelelő biztonsága érdekében.**

Irányelvek

- Európai Közösség alapelvei: polgárok egészségvédelme, áruk szabadmozgása → különböző irányelvek megalkotása → Tagállamoknak nemzeti törvények formájában kell megvalósítaniuk.
- Több fajta irányelv:
 - A gép gyártójának szóló irányelv,
 - A berendezés üzemeltetőjének szóló irányelv,
 - További irányelvek: EMC és ATEX irányelvek stb.
- A gépek biztonságáról a **2006/42/EK irányelv** (Gépdirektíva - MD) rendelkezik. → Gépek gyártóinak, alkatrészek gyártóinak, forgalmazóinak. Összes tagállamban alkalmazandó!
- Meghatározza az egészségvédelmi és biztonsági követelményekkel kapcsolatos tennivalókat, melyeket egy új berendezés/gép esetén kell szavatolni.

Gépgyártó feladatai

- **Gépek biztonságos kialakítása:** A tervezési/fejlesztési folyamattól kezdődően a gépdirektívának megfelelően.
- **Műszaki dokumentáció elkészítése** → irányelv VII. melléklete szerint: jegyzőkönyvek, tervek, számítások
- **Adott berendezéshez üzemeltetési útmutató csatolása**

Megfelelőségi nyilatkozat

- A gép megépítése, fejlesztése után a gyártónak igazolnia kell (CE-jelölés), hogy a berendezés megfelel a kötelező jogszabályi előírásoknak. Ha a CE jelölés megvan, akkor az EGT területén forgalomba hozható az adott gép.
- A CE jelölést a gépen el kell helyezni.



16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet

- **A gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról szóló rendelet.**

Biztonsági követelmények

3. § (1) * Gép vagy részben kész gép csak akkor hozható forgalomba vagy helyezhető üzembe, ha megfelel az e rendelet szerinti biztonsági és egészségvédelmi előírásoknak, és rendeltetésszerű összeszerelés, karbantartás és használat, vagy az ésszerűen előre látható rendellenes használat mellett nem veszélyezteti a személyek, állatok életét, testi épségét, egészségét és a vagyónbiztonságot, valamint adott esetben a környezetet.

(2) * A gépet vagy részben kész gépet úgy kell tervezni, gyártani, kialakítani, és akkor lehet forgalomba hozni, ha megfelel az 1. mellékletben meghatározott alapvető biztonsági és egészségvédelmi követelményeknek. A környezetvédelemmel kapcsolatos alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények csak az 1. melléklet 2.4. pontjában említett gépekre alkalmazandók.

(3) Az olyan gépet, amely a CE jelölést viseli, és amelyhez mellékeltek a 3. melléklet A. pontjában meghatározott tartalmú EK-megfelelőségi nyilatkozatot, úgy kell tekinteni, mint amely megfelel e rendelet rendelkezéseinek.

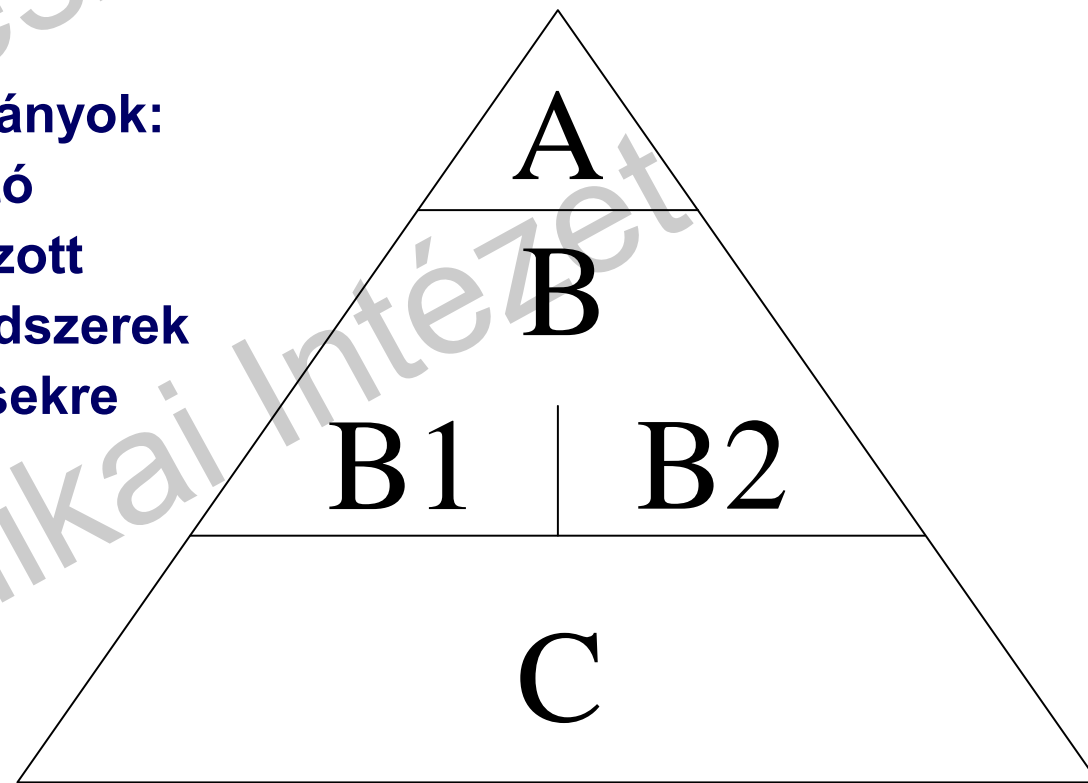
(4) A honosított harmonizált szabványnak megfelelően gyártott gépet úgy kell tekintetni, hogy az megfelel a szabvány által lefedett alapvető biztonsági és egészségvédelmi követelményeknek.

(5) A (4) bekezdésben említett honosított harmonizált szabványok jegyzékét a Magyar Szabványügyi Testület a hivatalos lapjában közzéteszi.

Biztonsági szabványok típusai

A gépdirektíva szabványainak csoportosítása:

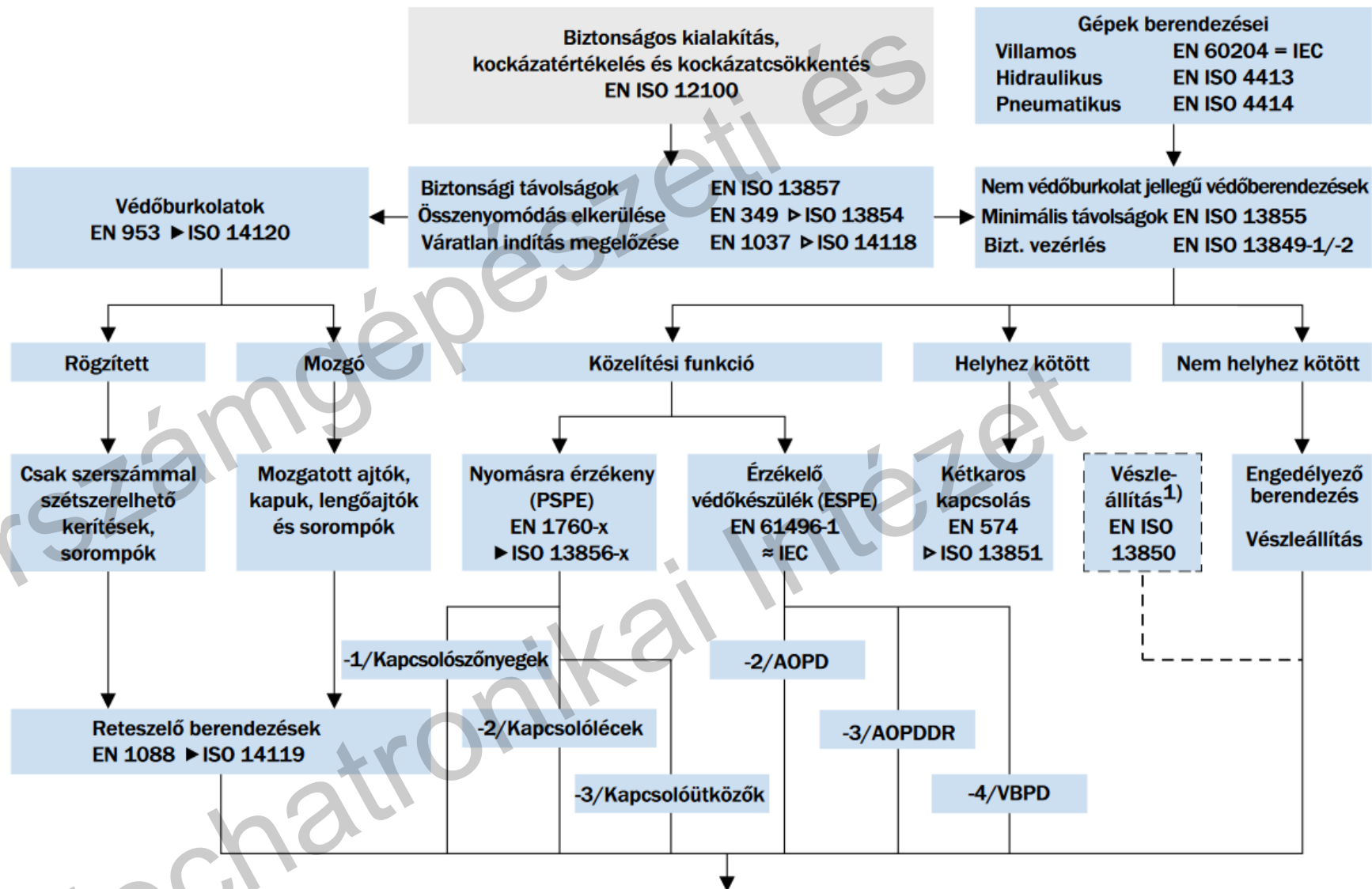
1. A típusú szabvány → biztonsági alapszabványok (Jelenleg: **MSZ EN ISO 12100: 2011. sz. szabvány**)
2. B típusú szabványok → biztonsági csoportszabványok: a gépek egy nagyobb csoportjához felhasználható szabványok. Két alcsoportja van: B1 (meghatározott biztonsági szempont vonatkozik pl. vezérlési rendszerek követelményei, zajok), B2 (biztonsági berendezésekre vonatkoznak pl. kétkezes biztonsági indítás, burkolat kialakítása).
3. C típusú szabványok → Termékszabványok, amelyek részletes biztonsági követelmények egy konkrét gép/géptípus esetén.



Ha van ilyen szabvány, akkor elsőbbséget élvez az A és B szabványokkal szemben.

A védőberendezések szabványainak áttekintése

- A, B, C típusú szabványok elkülönülése



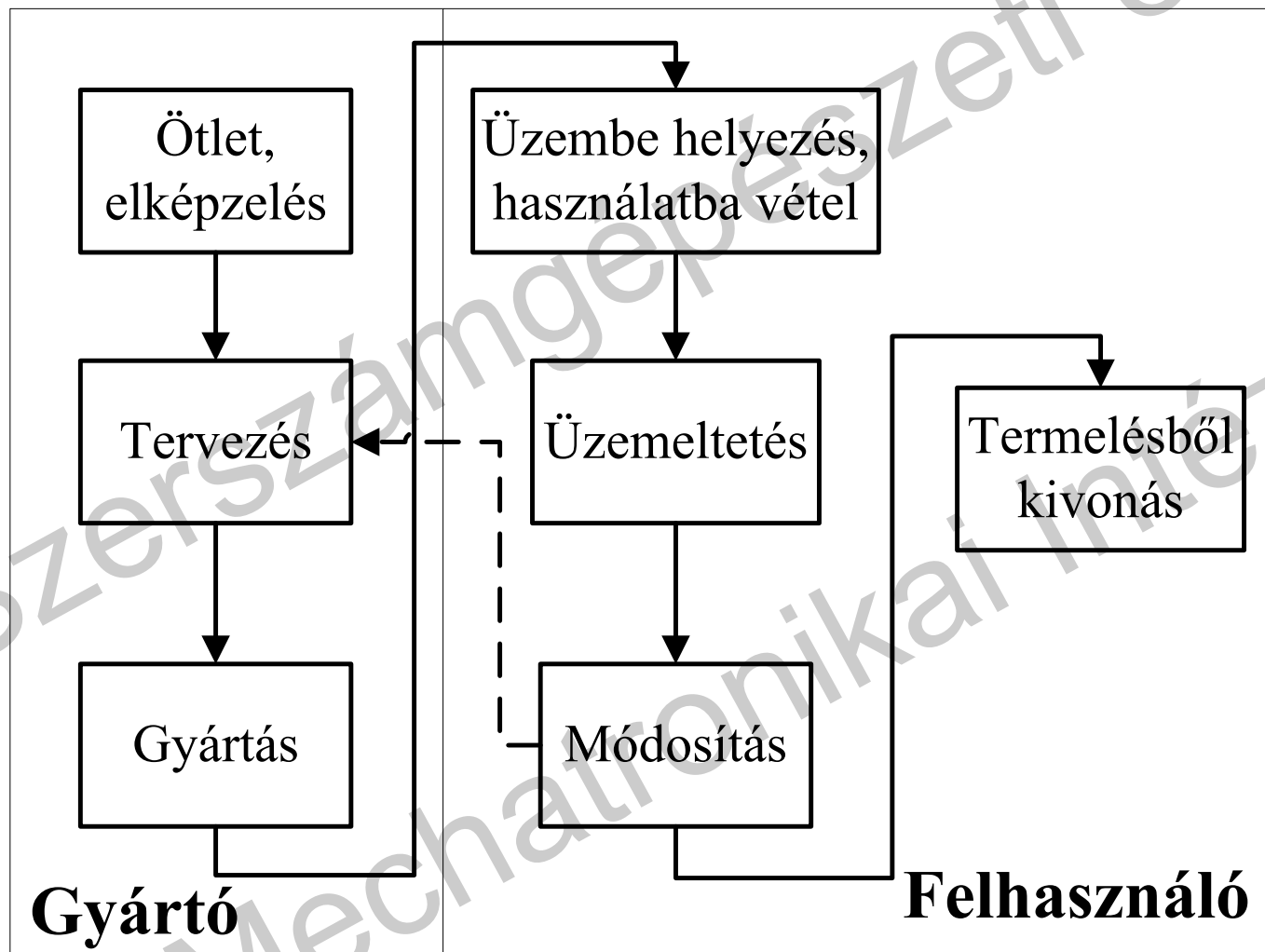
Ábra forrása: [4]

GÉPSPECIFIKUS, C TÍPUSÚ SZABVÁNY, pl.: EN ISO 10218-2 Robotok és robotszerkezetek

Szabványügyi szervezetek

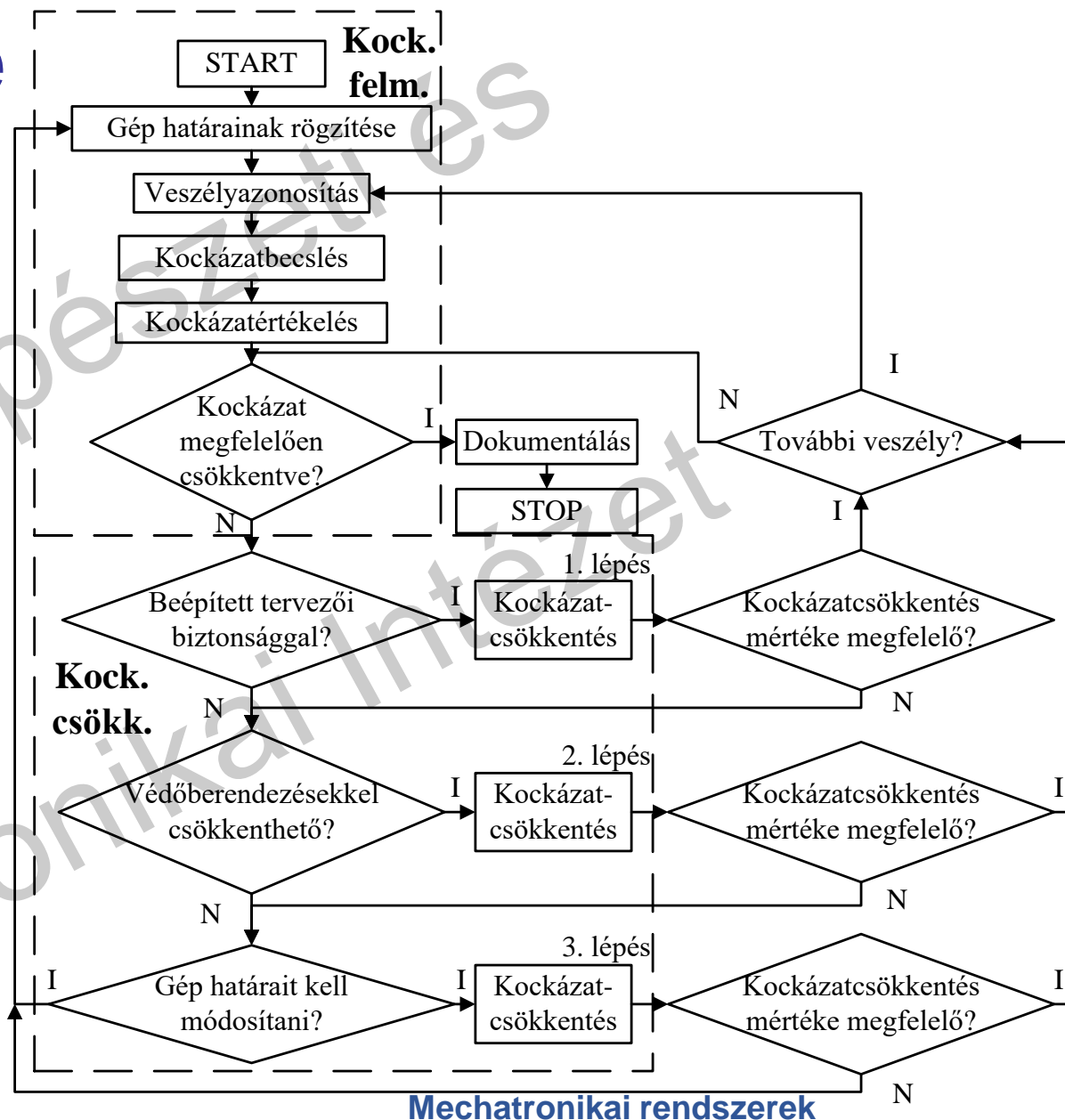
- **ISO** - International Standardization Organization: Nemzetközi szabványok kidolgozása.
- **IEC** - (International Electrotechnical Commission: Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság, amely az elektronika területén dolgoz ki nemzetközi szabványokat.
- **CEN** - Európai Szabványügyi Bizottság: Európai (EN) szabványok kidolgozása (nem elektromos területen). Együttműködés az ISO-val.
- **CENELEC** - Európai Elektrotechnikai Szabványügyi Bizottság: EN szabványok kidolgozásáért felelős elektrotechnikai területen. Törekszik az IEC szabványok átvételére, a számozások figyelembevétele mellett.

Gépek életciklusának folyamatábrája



Gépek kockázatelemzése és csökkentése

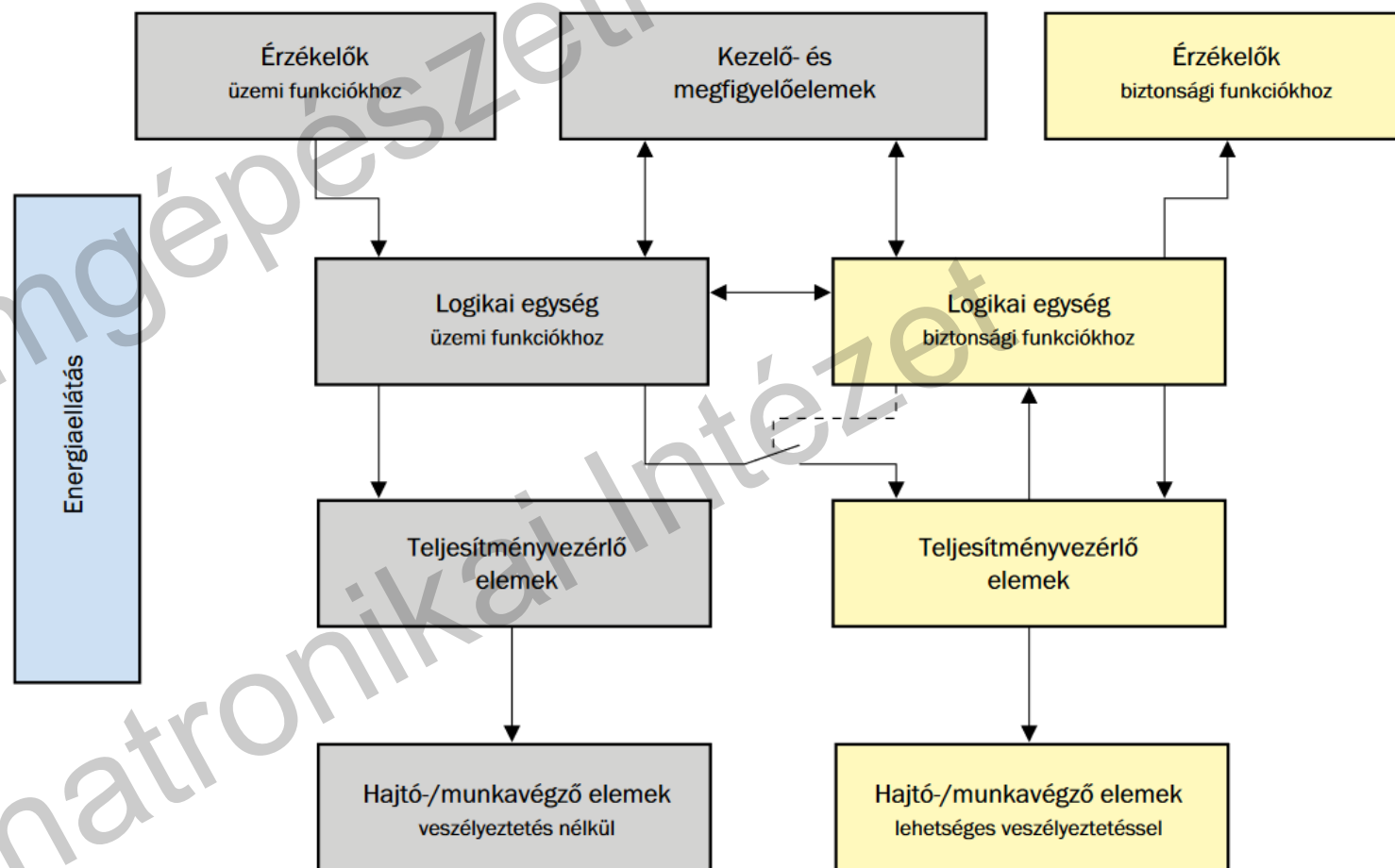
- Kockázatelemzés az **MSZ EN ISO 12100** alapján (A típusú szabvány)
- Lehetővé teszi a módszeres elemzést iteratív úton. Minden veszélyre szükséges elvégezni.
- Kockázatbecslés:
Kockázat = Kár mértéke * Bekövetkezés valószínűsége. → ez alapján kell meghatározni, hogy szükséges-e óvintézkedés foganatosítása.
- Kár mértéke: Könnyű vagy súlyos sérülés stb.
- A 2. lépésben a védőintézkedés az **MSZ EN ISO 13849** alapján történik.



Gépvezérlés funkcionális felépítése

Ábra forrása: [4]

- A vezérlésekhez tartozó biztonsági elemeket, úgy, mint érzékelőket, aktuátorokat a biztonsági funkcióknak és a biztonsági szintnek megfelelően kell kiválasztani.
- Egy konkrét biztonsági funkció egy vagy több biztonsági komponens alkalmazásával is megvalósítható. Több biztonsági funkció is oszthat egyazon vagy több komponensen.
- A vezérléseket úgy kell kialakítani, hogy a veszélyes helyzetek elkerülhetők legyenek. A gép elindítása csak egy erre tervezett vezérlő készülék szándékos működtetésével lehet lehetséges.



Gép funkcióinak meghatározása

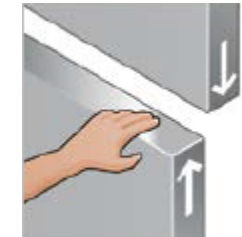
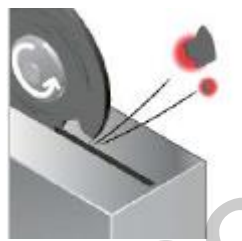
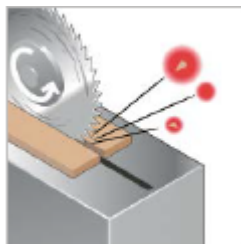
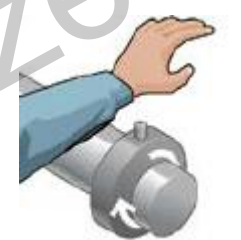
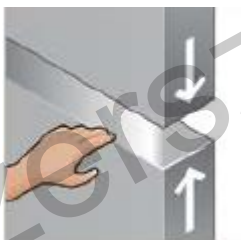
Ezek az alábbiak lehetnek:

- a gép specifikálása (alkalmazási terület, gyártási teljesítmény, tervezett anyagok),
- a térbeli határok és az alkalmazási hely definiálása,
- a tervezett élettartam,
- a tervezett funkciók és üzemmódok,
- a várható működési hibák és üzemzavarok,
- a gépi folyamatban érintett személyek,
- a géppel összefüggésben álló termékek,
- előrelátható hibás használat.

Veszélyekre példák

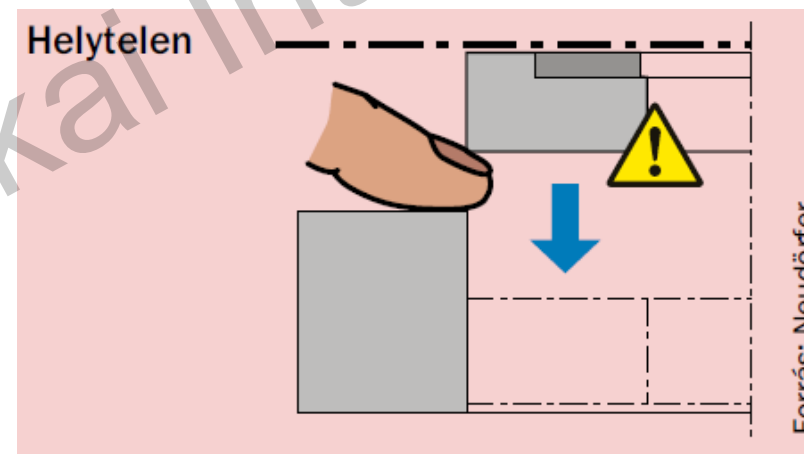
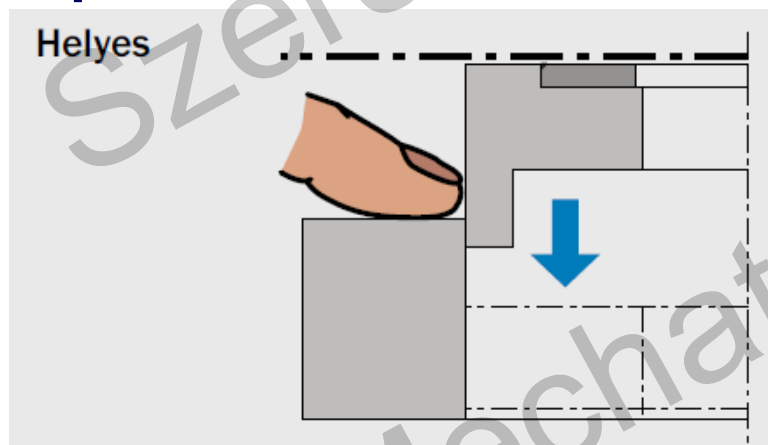
- Előrelátható veszélyek detektálása, meghatározása.
- Mechanikus-, villamos-, hőhatás okozta-, zaj okozta-, rezgések okozta-, sugárzás okozta-, anyagok és összetevők általi veszélyek, továbbá: ergonómiai alapelvek figyelmen kívül hagyásából eredő veszélyek stb.

- Pár példa:



Kockázatcsökkentés biztonságos kialakítással

- A tervezés és a kialakítás fázisában megtörténik a lehetséges veszélyek kizárása.
- Minden egyes kialakításnak elsődlegesen azt a célt kell szolgálnia, hogy a veszélyek ki se alakulhassanak.
- Mechanikai tervezésre példa: éles peremek, sarkok és kiálló részek kerülése, zúzódnási, nyírási és behúzási helyek kerülése, a kinetikus energia korlátozása, ergonómiai alapelvek betartása.



Ábrák forrása: [4]

Néhány műszaki védőintézkedés

- Minden olyan veszélyt, amely nem hárítható el tervezéssel, ahhoz biztonsági funkció (SF) meghatározása szükséges.
- A biztonsági intézkedés hatékonysága a vezérlés helyes működésétől függ → funkcionális biztonság (meg kell határozni a biztonsági funkciókat, szinteket → megfelelő alkatrészek megválasztása)
- Példák SF-ra:
 - Belépés, hozzáférés tartós megakadályozása → burkolatok,
 - Belépés ideiglenes megakadályozása → reteszelt ajtó,
 - Indítás megakadályozása pl. fényfüggönnyel,
 - Gépparaméterek felügyelete pl. helyzetellenőrzés.



Néhány műszaki védőintézkedés

- **Optoelektronikai védőberendezések**

- Fényfüggönyök, fénysorompók (AOPD – Active Opto-Electronic Protective Devices)
- Biztonsági lézerszkennerek (AOPDDR – Active Opto-Electronic Protective Device Responsive to Diffuse Reflection)
- Kamera alapú védőberendezések (VBPD – Vision Based Protective Device)



Ábrák forrása: [4]

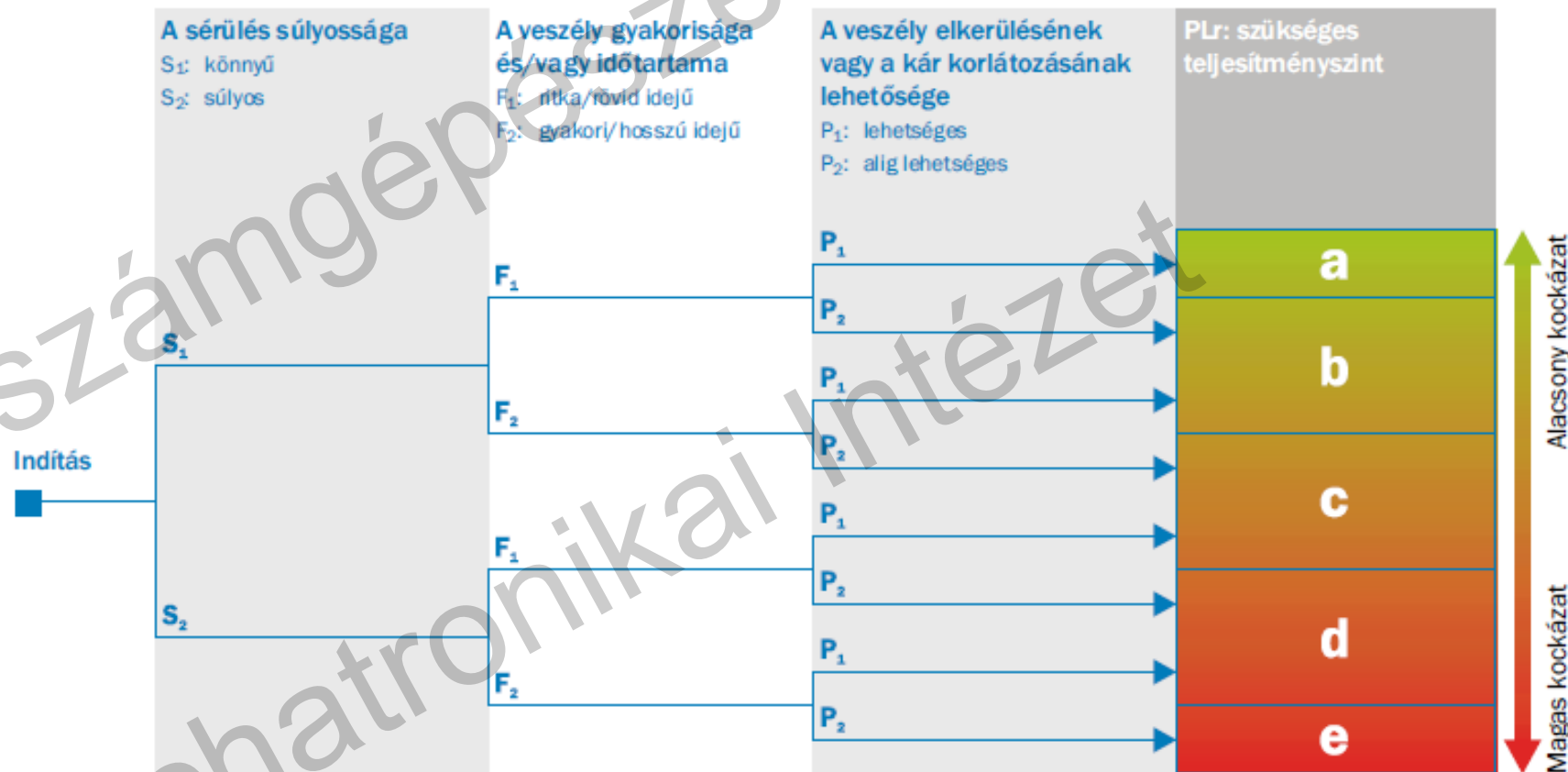
Szükséges biztonsági szint megállapítása

- A kivitelezéshez tartozó ráfordítások a fennálló kockázattal arányosak legyenek.
- A kockázatértékelés a következő paraméterek figyelembevételével történik:
 - a lehetséges sérülés/egészségkárosodás súlyossága,
 - a veszélynek való kitettség gyakorisága és/vagy időtartama.
- A veszély elkerülésének lehetősége a paraméterek kombinációjából határozható meg a szükséges biztonsági szint.
- A biztonsági szint meghatározására szolgáló, a szabványokban leírt eljárás alkalmazásakor a gép vizsgálata védőberendezések nélkül értendő.
- Rendszerint C típusú szabványok írják elő, amelyet minden egyes biztonsági funkcióra meg kell határozni.
- Ha nincs C típusú szabvány, akkor: **ISO 13849-1** vagy **IEC 62061**.
- A biztonsági szint által információ kapható meg, hogy a vezérlőrendszer mekkora biztonsággal valósítja meg a biztonsági funkciót.

Szükséges biztonsági szint megállapítása

- **ISO 13849-1** szerint: a biztonsági funkciókra meg kell határozni a szükséges / megkövetelt teljesítményszintet (PLr) → required performance level, amely a megvalósításra vonatkozik.
- Kockázati gráf használata.
- A teljesítményszint egy öt fokozatú skála alapján határozható meg, amely a megvalósításra vonatkozó követelményérték.

Ábra forrása: [4]



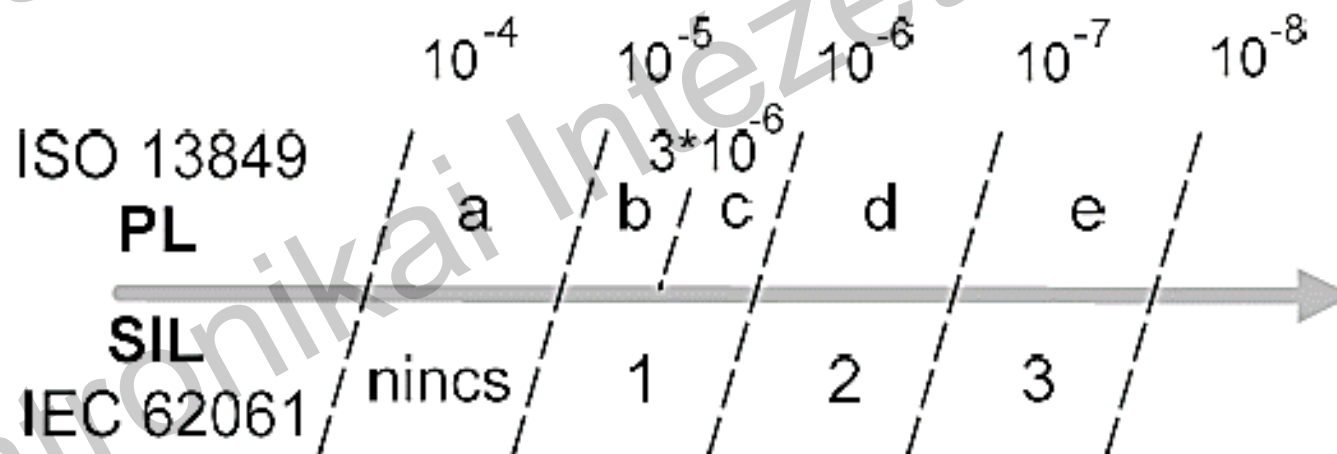
Szükséges biztonsági szint megállapítása

- **ISO 13849-1**
- A teljesítményszint egy diszkrét szint, amelyet a vezérlőrendszer biztonsággal kapcsolatos részeinek azon képességének determinálására használnak, hogy előrelátható körülmények között biztonsági funkciót hajtsanak végre.
- Fontos szempont: a tényleges PL-nek nagyobbnak vagy egyenlőnek kell lennie, mint a PLr.
- Minél nagyobb kockázatot jelent egy berendezés, annál magasabb teljesítményszintre van szüksége. „PLa” a legalacsonyabb, az „e” pedig a legmagasabb.
- Példa: egy kicsi, lassan mozgó mobil robot alacsonyabb teljesítményszintet igényel (közelebb a PLa-hoz), mint egy nagy, gyorsan mozgó mobil robot.

Szükséges biztonsági szint megállapítása

- **ISO 13849-1** szabvány érvényes elektromos, fluidtechnikai, mechanikus rendszerekre.
- **IEC 62061** szabvány (EN 61508 általános szabványból) a villamos rendszerekre érvényes. SIL (Safety Integrity Level - biztonságintegritási szint) → 3 fokozatú skálát használ.
- A két szabvány egyaránt definiálja a vezérlések biztonsági szempontból fontos alkatrészeinek megvalósításához szükséges követelményeket.

A veszélyes meghibásodás órára vonatkoztatott értéke
(PFHd Propability of dangerous failure per hour)



SIL meghatározásának menete

Kifejezi a vezérlő funkciók biztonsági követelményeit, meghatározása után a megfelelő alkatrészek kiválasztása és tesztelés szükséges.

1. Kár mértékének meghatározása (S) pl. visszafordítható elsősegély S=1, halál S=4.
2. A gyakoriság (F), a valószínűség (W) és az elkerülhetőség (P) pontszámának megállapítása (táblázatok alapján).
3. K osztály számítása az $F + W + P$ összeg képzésével.
4. A szükséges SIL kategóriát az (S) sor és a (K) oszlop metszéspontja adja.

Hatások	A kár mértéke S	Osztály $K = F + W + P$				
		4	5-7	8-10	11-13	14-15
Halál, látás vagy kar elvesztése	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Maradandó, ujjak elvesztése	3			SIL1	SIL2	SIL3
Visszafordítható, orvosi kezelés szükséges	2				SIL1	SIL2
Visszafordítható, elsősegély szükséges	1					SIL1

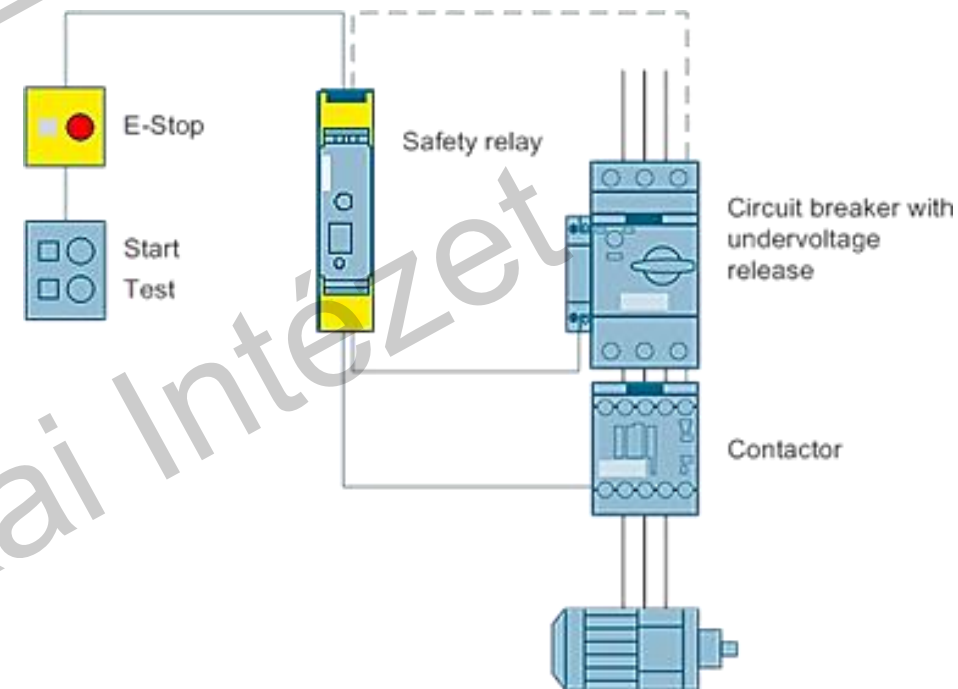
Táblázat
forrása: [4]

Példa

A vészleállítás kivitelezésére SIL 2/PL d szint esetére SIRIUS 3SK1 biztonsági relével:

A SIRIUS 3SK1 biztonsági relé két csatorna használatával „figyeli” a vészleállító nyomógombot.

Amikor a vészleállító nyomógombot működtetik, a biztonsági relé kimenete kapcsol és biztonságosan kikapcsolja a mágneskapcsolót.



Kép forrása:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/38472027/emergency-stop-shutdown-to-sil-2-or-pl-d-with-a-sirius-3sk1-safety-relay?dti=0&lc=en-HU>

Színjelölés

- A nyomógombok kezelőelemeit, valamint a jelzőlámpákat vagy a képernyőkön megjelenő kijelzéseket színekkel kell jelölni. Az egyes színeknek különböző jelentésük van.

Ábrák forrása: [4]

Kezelő-
elemekre:

Szín	Jelentés	Magyarázat
Fehér Szürke Fekete	Nem jellegzetes	Funkciók megkezdése
Zöld	Biztonságos	Biztonságos kezelés esetén vagy normál állapot előkészítéséhez kell megnyomni
Vörös	Vészhelyzet	Veszélyes állapot vagy vészhelyzet esetén kell megnyomni
Kék	Utasítás	Olyan állapotban kell megnyomni, amely kötelező cselekvést igényel
Sárga	Rendellenes	Rendellenes állapot esetén kell megnyomni

Miskolci Egyetem

46

Jelző-
lámpákra:

Szín	Jelentés	Magyarázat
Fehér	Semleges	A zöld, vörös, kék vagy sárga alkalmazásával kapcsolatos bizonytalanság esetén használandó
Zöld	Normál állapot	
Vörös	Vészhelyzet	Veszélyes állapot, azonnali cselekvéssel kell reagálni
Kék	Kötelező	Olyan állapot mutatása, amely kezelő általi kötelező cselekvést igényel
Sárga	Rendellenes	Rendellenes állapot, küszöbön álló kritikus állapot

Mechatronikai rendszerek

Érintésvédelmi osztályok

Három kategóriát különítünk el, amelyek a hibavédelmi módot mutatják meg.

I. érintésvédelmi osztály: alapszigeteléssel és védővezető (PE) csatlakozással ellátott készülék.



II. érintésvédelmi osztály: kettős szigeteléssel ellátott berendezések, nem rendelkeznek védővezető csatlakozóval.



III. érintésvédelmi osztály: érintésvédelmi törpefeszültséggel üzemelnek, nincs szükség külön védelemre.



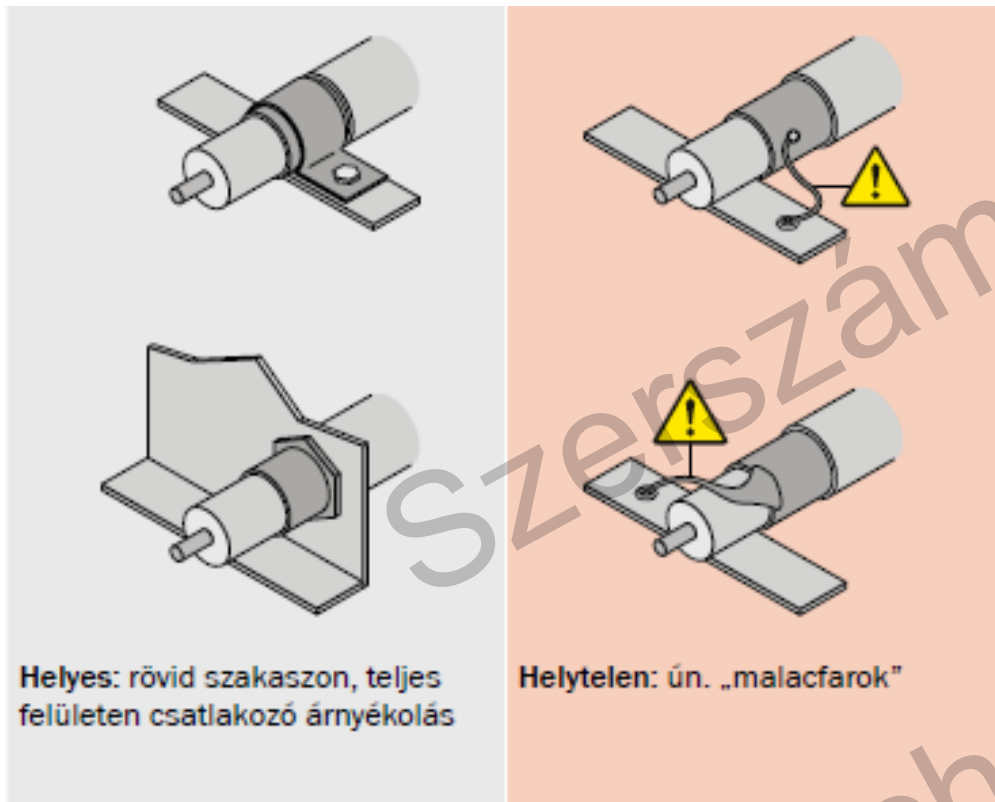
- Érintésvédelmi törpefeszültség: 50 V RMS váltakozó feszültséget, 120 V névleges értékű egyenfeszültséget értjük. A száraz helyiségekben történő alkalmazásnál az alapvédelem nem szükséges, ha nem lépik át a 25 V váltakozó feszültség, illetve a 60 V felharmonikusmentes (max. 10 % arányban tartalmaz sin váltakozó feszültséget) egyenfeszültség névleges értéket.

EMC

- **Elektromágneses kompatibilitás:** az elektromágneses zavarokkal és azok elhárításával foglalkozik. Az adott berendezés elektromágneses környezetben megfelelően működjön, anélkül, hogy más készülékeket nem várt elektromágneses zavarnak tenné ki.
- Elektromágneses zavarforrás lehet: tranziensek, hálózatot ért villámcsapás, napkitörés, elektromágneses mezők, elektrosztatikus kisülés (ESD).
- Ipari környezetben szigorú követelmények adottak a zavarérzékenységre, viszont a zavarkibocsátási határértékek magasabbak, mint otthoni környezetben.

EMC

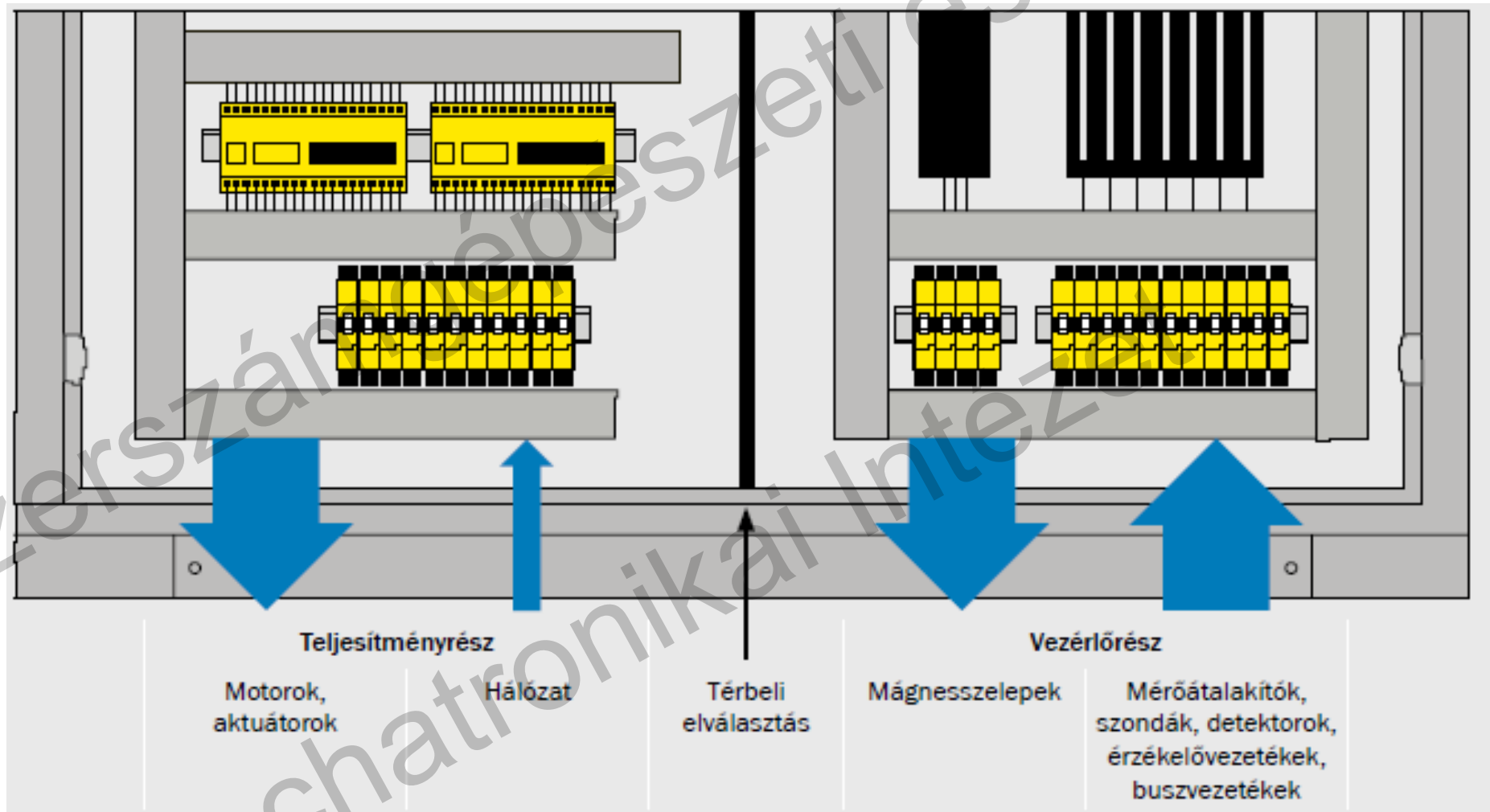
- EMC problémák elkerülésére példák:



Ábrák forrása: [4]

EMC

- Térbeli elválasztás



Ábra forrása: [4]