



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

**4 hengeres kalandorsor gépbiztonságának felülvizsgálata és
szabványoknak való megfeleltetése kockázatelemzéssel,
kockázatcsökkentő javaslatokkal**

Belső konzulens: Dr. Földi László
Egyetemi docens,
tanszékvezető

Külső konzulens: Csabai Attila
R&D Product
Industrialization
csoportvezető

Készítette: Klement Kata
WPJJ42
levelező tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet
Mechatronika tanszék

GÖDÖLLŐ

2023

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Gépészeti mechatronika specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Klement Kata (WPJJ42)

részére

A diplomadolgozat címe:

4 hengeres kalandersor gépbiztonságának felülvizsgálata és szabványoknak való megfeleltetése kockázatelemzéssel, kockázatsökkentő javaslatokkal

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozása, a probléma bemutatása, 4 hengeres kalandersor gépbiztonságának felülvizsgálata, kockázatelemzés, kockázatsökkentő javaslatok, minőségbiztosítás, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Csabai Attila*, R&D Product Industrialization csoportvezető, ContiTech Rubber Industrial Kft.

Belső konzulens: *Dr. Földi László*, egyetemi docens, *Dr. Kári-Horváth Attila*, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. május 2.

Gödöllő, 2023. március 06.

Jóváhagyom



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. május hó 01 nap



(külső konzulens)

Tartalom

1. Bevezetés.....	5
1.1. Téma jelentősége.....	5
1.2. Célkitűzés.....	6
2. Szakirodalom feldolgozása.....	7
2.1. A magyar gumiipar története	7
2.2. Continental AG	8
2.3. ContiTech Rubber Industrial Kft.	8
2.4. A szállítóhevederek felhasználása, műszaki jellemzői	9
2.5. Szállítószalagok szállítóképessége.....	11
2.6. Szállítószalagok alapanyagai	12
2.7. Szállítószalag gyártástechnológiai lépései	13
2.8. Kalanderezés folyamata, berendezései	13
2.9. A kalanderezés elmélete.....	17
2.10. Szövetfelpréselés	19
2.11. Comerio-2 kalandersor	21
3. A Comerio-2 kalandersor gépbiztonsága	24
3.1. Gépbiztonsági szabványok.....	24
3.2. Gépbiztonság kockázatelemzésének alapja	25
3.2.1. Kockázatcsökkentési stratégiák	29
3.2.2. Kockázatbecslés.....	30
3.3. Comerio-2 kockázatelemzése	31
3.3.1. Kalander 2.-3. görgőiből adódó veszély	32
3.3.2. Kalander 1-2. és 3.-4. görgői közti veszély	33
3.3.3. Kalander termikus veszélyei.....	34
3.3.4. Kalander kardáncsuklónál fellépő veszély	35

3.4.	Kockázatcsökkentő intézkedések a kalanderen	36
3.4.1.	Beépített biztonságot adó tervezői intézkedések	36
3.4.2.	Biztonsági funkciók	38
3.4.3.	Vészleállító funkció	41
3.4.4.	Vezérlési mód és módválasztás	44
3.4.5.	A veszélyes terület védelme	45
3.4.6.	Ajtóellenőrzés	51
3.4.7.	A biztonsággal kapcsolatos paraméterek figyelemmel kísérése.....	52
3.4.8.	Kézi visszaállítás funkció	54
3.4.9.	Folyamatos működtetésű kapcsoló	55
3.4.10.	Menekülés és csapdába esett személyek megmentése.....	56
3.4.11.	Használati utasítás és szükséges egyéni védőfelszerelések	56
3.4.12.	Gépen elhelyezendő figyelmeztető jelzések	58
3.5.	Kockázatelemzés az intézkedések bevezetését követően	59
3.5.1.	Kalander 2.-3. görgői közti veszély	59
3.5.2.	Kalander 1-2. és 3.-4. görgői közti veszély	60
3.5.3.	Kalander termikus veszélyei.....	60
3.5.4.	Kalander kardáncsuklójánál fellépő veszély	61
4.	Gazdasági számítás.....	62
5.	Összefoglalás.....	64
6.	SUMMARY	65
7.	Nyilatkozat	66
8.	Irodalomjegyzék.....	68

1. Bevezetés

A bevezetés során szeretném bemutatni a diplomamunkám témaválasztásának indoklását, valamint annak előzményeit és jelentőségét. Ezt követően a célkitűzés című fejezetben fogalmazom meg a dolgozat céljait a megoldandó mérnöki problémára.

1.1. Téma jelentősége

A diplomamunkám megírása során a ContiTech Rubber Industrial Kft., azaz a szegedi gumigyár üzemében található 4 hengeres kalandersorral foglalkoztam, amely a gumiipar, főnként a szállítószalagok, gumilemezek gyártása során kiemelten fontos gépi berendezés. Az egyetemi alapképzés során kezdtem a Continental szegedi gyáregységben dolgozni, mint gépészmérnök duális hallgató. Ez a képzési forma lehetővé tette, hogy az elméleti tudás mellett a gyakorlatban is tapasztalatot szerezzek, valamint belelássak hogyan működik egy multinacionális nagyvállalat. A 7 féléves képzés során átfogó képet kaptam a szállítóheveder szerkezeti kialakításáról, alapanyagairól, vizsgálatairól és gyártástechnológiájának minden egyes lépéséről. Már a szakdolgozatom során is a szövetfelpréslés hatékonyságának és minőségének fejlesztését tárgyaltam anyagvizsgálatokkal alátámasztva. A gépészmérnöki alapdiploma megszerzése után is maradtam a cégnél, mint szilárdsághordozó fejlesztő mérnök, így kézenfekvő volt a gumiiparral kapcsolatos témaválasztás.

A hevedergyártás technológiáját tekintve különösen fontos a megfelelő összeállítás, azaz a szövet vagy acélkord (sodrony) felpréslése, valamint a helyes hőkezelés, szaknyelven vulkanizálás. A felpréslés folyamatát a kalandersor végzi, erre a célra hivatott a Comerio-2 névre hallgató kalandersor is a szegedi gumigyárban. Az ehhez hasonló, 4 hengeres kalanderek segítségével mindkét oldalon egyszerre végezhető el a hevederbetétszövetek felpréslése, azaz a műszaki textil gumikeveréssel történő beágyazása. Ezen szegedi gépsor felújítása zajlik jelenleg a gyárban, melynek egyik lépése a gép vezérlésének teljeskörű cseréje. Az ilyen mértékű változás megköveteli az aktuális gépbiztonsági szabványnak történő kivizsgálást és megfeleltetést. A felpréslés folyamatai gépbiztonság szempontjából igencsak magas kockázattal bírnak, így különösen fontos a biztonsági követelmények helyes betartása. A gépek biztonsága és a kockázat csökkentése mérnökként fontos feladat, így esett a választásom arra, hogy megvizsgáljam a Comerio-2 gépsor kockázatát és biztonsági követelményeit. Majd

javaslataimmal segítsen a gép felújításának folyamatát, aktuális gépbiztonsági szabványoknak való megfeleltetését, biztonságossá tételét, így a cég dolgozóinak védelmét.

1.2. Célkitűzés

A diplomamunkám fő célja a Comerio-2 szövetfelpreselő kalandersor gépbiztonságának felülvizsgálata a kockázatelemzés elvégzésével és kockázatbecslés pontos meghatározásával. Ehhez a jelenleg hatályban lévő Gépek biztonsága, kialakítás általános elvei, kockázatértékelés és kockázatcsökkentés c. szabvány (MSZ EN ISO 12100:2011), illetve egyéb a biztonsági követelményeket meghatározó szabványok ismerete szükséges. Az elemzés elvégzését követően a veszély típusának, eredetének és lehetséges következményének figyelembevételével kockázatcsökkentő intézkedéseket teszek. Az intézkedéseket a szabvány szerinti három lépésben határozom meg. Ez a három lépés a kockázatcsökkentés beépített biztonságot adó tervezői intézkedésekkel, a kockázatcsökkentés kiegészítő védőintézkedések kivitelezése védőberendezésekkel, valamint a használati információk, mint a szükséges védőfelszerelések és figyelmeztető jelzések. Mivel a gépek biztonsága különösen fontos a cég munkavállalóinak védelme és a balesetek elkerülése érdekében, így a jövőben ezen javaslatok pénzügyi szempontok figyelembevételével bevezetésre kerülhetnek.

2. Szakirodalom feldolgozása

Az irodalmi áttekintés során kitérek a gumiipar alakulásának mérföldköveire hazánkban, majd röviden bemutatom a Continental cégcsoportot, azon belül is a szegedi telephelyet, ahol a diplomamunkámban vizsgált kalandersor üzemel. Ezután a szállítóhevederek felhasználását és műszaki jellemzőit ismertetem, majd kitérek a szállítószalagok szállítóképességének meghatározására. Fontosnak tartom bemutatni a hevederek alapanyagait és gyártástechnológiáját lépésről lépésre, kiemelt figyelmet fordítva a kalanderezés folyamatára. Áttekintést adok a kalander működéséhez elengedhetetlen berendezésekre, a kalanderezés elméletére, technológiájára, majd külön bemutatom a szövetfelpréselés folyamatát és a Comerio-2 kalandersor főbb műszaki jellemzőit.

2.1. A magyar gumiipar története

A Schottola Ernő által alapított első magyar gumigyár Budapesten, 1882-ben kezdte meg a gyártást, mely termékeit elsősorban az államvasutak részére készítette. Az első világháború eléréstéig a gyár sikere töretlen volt, több elismerést kapott, valamint nagy tekintélyt vívott ki magának a világ több gumigyártója szemében. Termékpalettája folyamatosan bővült és 1913-ra a dolgozói létszám elérte a 776 főt. Azonban az első világháború kezdete a gumiipar helyzetére is hatással volt, mely eredményeként új konkurencia jelent meg a piacon a Dorogi és a Hungária Gumigyár formájában. A 30-as évek végén ismét fellendült a fejlődés, hiszen több új termék került piacra, megnövekedett az exportra való termelés és a gépeket modernizálták a hatékonyabb gyártás elérése érdekében. 1937-ben elkezdődött a szintetikus kaucsukok alkalmazása, mely több új üzem létrejöttét eredményezte, így a dolgozók száma ekkor már 2.800 fő lehetett. A későbbi nevén Magyar Ruggyanta Áru Gyár Rt. eredendően abroncsok, műszaki gumiáruk gyártásával foglalkozott. A vállalat a második világháború idején hadiiparként működött, de a háború befejeztével újra elkezdődött az abroncsgyártás a budapesti, Kerepesi úti üzemben. 1948-ban több kisebb gumigyár megszűnt, nagyobb részük pedig állami tulajdonba került, majd később 1951-ben megalapult az Autokémiai Vállalat, azaz a későbbi Pálma Gumigyár. Újjászerveződés vette kezdetét, mely során több gyárat rekonstruáltak, valamint új alapanyagokat és technológiákat vezettek be. Több új üzem építését is tervezték a 1960-as évek során, illetve megkezdte a termelést a szegedi és nyíregyházi üzemegység is. A vezetők igyekeztek javítani a termelés

hatékonyságát, ezért fontos volt korszerű alapanyagokat, berendezéseket és technológiákat honosítani. Ezt a fajta fejlődést nagy mértékben segítette a gumigyártás központosítása és az 1963-ban megalapult Országos Gumiipari Vállalat, mely 1973-tól Taurus Gumiipari Vállalat néven működött tovább. Több, mint tízezer terméket gyártottak, főleg ipari felhasználásra. A hetvenes évek olajárrobbanására a magyar iparpolitika a széntermelés felpörgetésével válaszolt, a bányákba rengeteg gumialkatrészt, ékszíj, heveder, futószalag kellett. Az 1980-as évek közepétől a gyár teljes külkereskedelmi jogot kapott és világbanki támogatással indultak nagy jelentőségű beruházások és technológiai fejlesztések, melynek eredményeképp a század végére a magyar gumiipar termelésének mintegy 70%-át a Taurus uralta (Bartha, 1988).

2.2. Continental AG

A diplomamunkám keretein belül a ContiTech Rubber Industrial Kft. által üzemeltetett 4 hengeres szövetfelpréselő kalandorsor gépbiztonságtechnikáját vizsgáltam felül. A szegedi székhelyű gumigyár a Continental AG cégcsoport része, mely vállalategyüttes egyike a világ három legnagyobb autóiipari beszállítójának. A Continental 150 évet meghaladó múlttal büszkélkedhet, s ez idő alatt a gyártó-, kutató- és fejlesztési központjaiban, 57 országban mintegy 200.000 alkalmazottnak adott és ad jelenleg is munkát. A Continental Magyarországon hat gyárat üzemeltet, mindemellett rendelkezik egy gumiabroncs kereskedelmi központtal és egy mesterséges intelligencia fejlesztési központtal, mely telephelyekkel közel nyolcezer munkavállalót foglalkoztat hazánkban. Fékrendszerek, hajtómű- és futóműkomponensek, műszerezés, járműelektronika, gépjárműabroncsok és műszaki elasztomertermékek gyártójaként, szállítójaként a Continental hozzájárul a közlekedés biztonságának javításához és a globális klímavédelemhez. Az 1871-ben, Hannoverben megalapult Continental AG cégcsoport 3 szektorral rendelkezik, melyek az Automotive, Tires és ContiTech. Magyarországon a cégcsoport gyártó-, szoftverfejlesztési és kereskedelmi tevékenységet Budaörsön, Budapesten, Debrecenben, Makón, Nyíregyházán, Szegeden, Vácott és Veszprémben folytat (<https://www.continental.com>, 2023).

2.3. ContiTech Rubber Industrial Kft.

Az 1966 óta működő szegedi gumigyár 2004 óta tartozik a Continental vállalatcsoporthoz és a CS (Conveying Solutions - Szállítószalag Csoport) szerves része. Fő profilja a

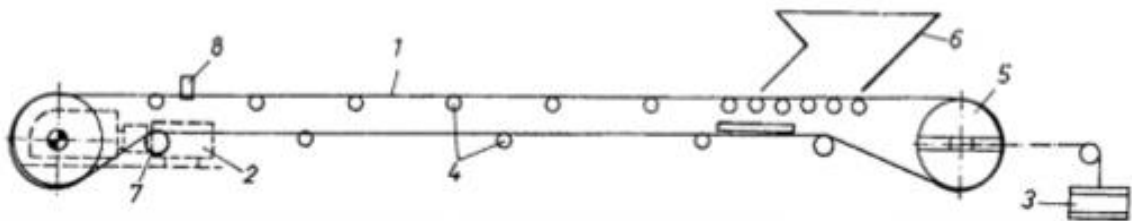
textilerősítésű szállítószalagok és speciális olajipari tömlők gyártása, de ezen felül gumikeverék előállításával is foglalkozik. Jelenleg közel 650 munkavállaló dolgozik a gyárban, mely már 50 éve jelen van a gumiiparban. A jelentős fejlesztéseknek, a hevedergyártás gépeinek modernizálása eredményeként létrejött kapacitásbővítésnek köszönhetően világelső a textilbetétes hevederek gyártásában. Bár a gyár szerepe meghatározó a hazai nehézműszaki gumitermékek gyártásában, termékei legnagyobb része exportpiacokra készül. A magas szintű mérnöki munka sikerét a nemzetközi vállalatcsoporton belüli együttműködés és a tudásközpontok kooperációja segíti. Magyarországon elsők közt került bevezetésre a vállalatnál minőségirányítási és környezetvédelmi rendszer. Termékei a leginnovatívabb gyártástechnológiával, magas minőségű és környezetbarát anyagokból készülnek. Az ISO 9001 szabványnak megfelelően teljesíti a termék a minőségbeli elvárásokat az ajánlattételtől a kiszállításig (<https://www.continental-industry.com>, 2023).

2.4. A szállítóhevederek felhasználása, műszaki jellemzői

A heveder eredetileg egy erős, kenderfonalból szőtt szalagot (gurnit) jelentett, melyet a lószerszámok készítésére vagy a kárpitorsiparban rugók alátámasztására használtak. A mai értelmezés szerint viszont a szállítószalag olyan folyamatos üzemű szállítógép, amely két dobon van átvetve és görgőkkel alátámasztva továbbítja az ömlesztett anyagot vagy darabárut a feladási helytől a leadási helyig. A szállítószalagok hosszát tekintve elérhetik a 10 000 méter feletti hosszt is. Egyszerű szerkezetük és viszonylag olcsó üzemük miatt a hevederpályák használata ma már igen elterjedt legkülönbözőbb szállítási feladatok megoldására is. A szállítási feladat mellett ezek a berendezések alkalmasak az anyagok szétterítéssel való hűtésére, az anyag folyamatos moshatóságára, az elektromos feltöltődés levezetésére, valamint információs jelek beépített érzékelővel történő közvetítésére is. Használhatóak a mélyművelésű bányászatnál, felszíni bányászatnál (külfejtésnél), építőiparban, mezőgazdaságban, élelmiszeriparban, gépiparban üzemben beüli mozgatásra, valamint közlekedésben reptereken és pályaudvarokon egyaránt. Felhasználását tekintve alkalmazható vízszintes, lejtős vagy akár kombinált pályán is. Gyakran szállítanak hevederen ásványi anyagokat (szén, zúzott kő, ércek, homok, foszfát, só stb.), kokszot, mezőgazdasági termékeket, salakot, bálákat, zsákokat, ládákat. A rendkívül széles alkalmazási terület végett igen sokféle hevedertípust különböztetünk meg, de a fő

funkciója mindenütt azonos: mozgó felület létrehozása az anyag szállítása céljából. A követelményeket tekintve a hevedernek kellő szilárdságúnak kell lenni hossz- és keresztirányban egyaránt, valamint megfelelően hajlékonynak a pályán levő terelődobokba való vályúsíthatóság okán. Emellett ellen kell állni a dinamikus behatásoknak, mint a feladási helyen rázúduló anyag ütközése és kopásállónak kell bizonyulni az anyagrakodás, pályasúrlódás, előfeszítés koptató hatása miatt. Az üzemeltetéskor fellépő erőhatásokkal szembeni homogén viselkedés tekintetében alapvető fontosságú a betét-betét, illetve betét-fedlap közti megfelelő mértékű tapadás is. Ezen hevederes szállítóberendezések három fő szerkezeti elemből állnak, melyek a szállítóheveder, meghajtó rendszer (motorok, fogaskerék szekrények, hajtóművek) és a feszítő görgő, fordító dobrendszerek, valamint ezek vasszerkezeti állványai. Maga a szállítóheveder az összeépített, gumival felprésselt szövetbetétekből, más néven a karkaszból, valamint az alsó és felső fedlapokból tevődik össze (Pap és Nádudvary, 1986).

Az 1. ábra szemlélteti a hevederes szállítózsalag felépítését, melyen az (1) a heveder, (2) a villamos motor és hajtómű, (3) a hevederfeszítő szerkezet, (4) a szalaggörgők, (5) feszítő- és visszaterelő-dob, (6) feladógarat, (7) terelődob, (8) egyenesbe-vezető és (9) a hajtódob helyzetét mutatja (Benkő, 2013).



1. ábra: Hevederes szállítózsalag felépítése

Forrás: Benkő, 2013

Fontosabb műszaki jellemzői továbbá a szalaghossz (L), amely a végdobok tengelytávolságát jelenti méterben megadva, és a szállítóképesség (Q), ami a $0-5000 \text{ m}^3/\text{h}$ értékek közötti tartományban változhat a szélesség és sebesség függvényében. A hevederek használatához nélkülözhetetlen a végtelenítés, mely történhet vulkanizálással, toldással vagy ragasztásos módszerrel. A végtelenítés minden esetben közel azonos szilárdsággal kell rendelkezzen, mint a heveder szilárdsága és élettartama (Benkő, 2013).

2.5. Szállítószalagok szállítóképessége

Folyamatos anyagáram estén a szállítóképességet az (1.) képlet írja le:

$$Q = 3,6A\rho_h v c \quad [t/h], \quad (1.)$$

ahol: A – a hevederen kialakuló anyagáram keresztmetszete [m^2], ρ_h - a szállított anyag halmazsűrűsége [kg/m^3] és v – a heveder sebessége [m/s]. A c teljesítménycsökkentő tényező két tagból adódik össze (c_1 és c_2). A c_1 tényező (1. táblázat) függ a szalag lejtésétől, illetve emelkedési szögétől, mely kiemelten fontos szerepet játszik, hiszen a szalag síkjára merőleges metszetben az anyag rézsúszöge kisebb, mint a függőleges síkban, amelyre a vízszintes szalagoknál az anyagkeresztmetszet területét kiszámítottuk. A c_2 tényező (2. táblázat) írja le az anyagfeladás módját, mely a feladás esetleges egyenetlenségét, illetve időszakos túlterhelését veszi figyelembe. Sík szállítószalagok esetén az anyagkeresztmetszet területét közelítés segítségével, a szalag síkjával $\alpha = \varphi/2$ szöget bezáró háromszöggel határozzuk meg (Benkő, 2013).

1. táblázat: c_1 teljesítménycsökkentő tényező értékei

Forrás: Benkő, 2013

Ha a feladás helyén $\delta < 8^\circ$

δ°	0	4	8	12	14	16	18	20	22	24
c_1	1	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,85	0,81	0,78

Ha a feladás helyén $\delta > 8^\circ$

δ°	0	4	8	12	14	16	18	20	22	24
c_1	1	0,99	0,97	0,93	0,91	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72

2.táblázat: c_2 teljesítménycsökkentő tényező értékei

Forrás: Benkő, 2013

Feladás módja	c_2
Kézi feladás	0,5-0,8
Gépi feladás	
átadó szalaggal	1,0
rezgő adagolóval	1,0
láncos kaparóval	1,0
forgólapátos adagolóval	0,8-0,9
serleges v. cellás adagolóval	0,7
Gépi feladás több helyen	0,6-0,9

2.6. Szállítószalagok alapanyagai

A keverékkészítés a gumiipari alpműveletek között az első és legfontosabb művelet, hiszen ezen folyamat során keverednek össze azok az összetevők, melyek szükségesek a gumiszerű, adott műszaki tulajdonságokkal rendelkező termék kialakulásához. Ekkor alakulnak ki azon reológiai, térhálósodási tulajdonságok, amik befolyásolhatják a termék jellemzőit és gyárthatóságát. A keverék a kaucsukon vagy szintetikus kaucsukon kívül tartalmaz por alapú adalékanyagokat (korom, töltőanyag, öregedésgátló, vulkanizálószer stb.) és folyékony anyagokat (lágysító) is az üzemi recept alapján. Ezen keverékeket a bemérés után keverik, extrudálják és hengerszéken utó-homogenizálják pontos műveleti utasítás alapján. Hűtés után a keverék a késztermék gyártó üzembe kerül (Pap és Nádudvary, 1989).

Az első szállítószalagok szilárdsághordozójaként erős természetes szálanyagokból (kender, len, pamut) szőtt szöveteket használtak, amit kaucsukoldattal vontak be a kopásállóság és az élettartam növelése végett. Később rájöttek, hogy a kaucsukréteg segítségével több réteg szövet is összeragasztható, így a heveder szilárdsága többszörözhető. A szövetbetétek előkészítésénél figyelembe kell venni az adott szálanyag osztályszilárdsága mellett a tapadási tulajdonságát, nedvességfelvevő képességét, valamint a textília szerkezetét. A szállítószalagjainkba épített szövetek itatását, más néven impregnálását és szárítását a szövetbeszállító végzi. Ezen művelet során kapja meg a nyers szövet azt a tapadási képességét, mely a hevederben gumi-szövet kohézió miatt elhanyagolhatatlanul fontos. Jelentős fejlődés volt továbbá a szállítóalkalmatosságok életében a szintetikus szálanyagból szőtt szövetek megjelenése, mint pl.: viszkózszelyem, poliamid, poliészter. Ezekkel lényegesen nagyobb szilárdságú, ugyanakkor kevesebb betétet tartalmazó, vékonyabb, így a hajlító-igénybevételnek is jobban ellenálló hevedereket állítottak elő. A Szegeden gyártott szállítószalagok erősítőváza a különböző szilárdsági osztályú impregnált szövetbetétek, melyek betétszáma 1-6 db között változhat. Anyagát tekintve az erősítő szövetek általában EP (poliészter-poliamid), PP (poliamid-poliamid), EE (poliészter-poliészter) lánc és vetülék tulajdonságúak, de előfordulhatnak speciális (aramid, bazalt, kord stb.) szövetek is a szállítószalagba való beépítéskor. A fokozott terhelhetőség érdekében úgynevezett „breaker” szövetek is alkalmazhatóak, ezen felül a hevederek lehetnek hő-, olaj- vagy lángálló tulajdonságúak is a biztonság növelése érdekében (Pap és Nádudvary, 1986).

2.7. Szállítószalag gyártástechnológiai lépései

A szállítószalag gyártástechnológiai szempontjából a következő műveletcsoportokra bontható:

- előkészítő műveletek, keverékkészítés,
- szövet felpréselése kalanderen,
- karkasz összeállítása, felépítése,
- karkasz fedlapozása kalanderen,
- hőkezelés, azaz vulkanizálás,
- utó- és kiegészítő műveletek.

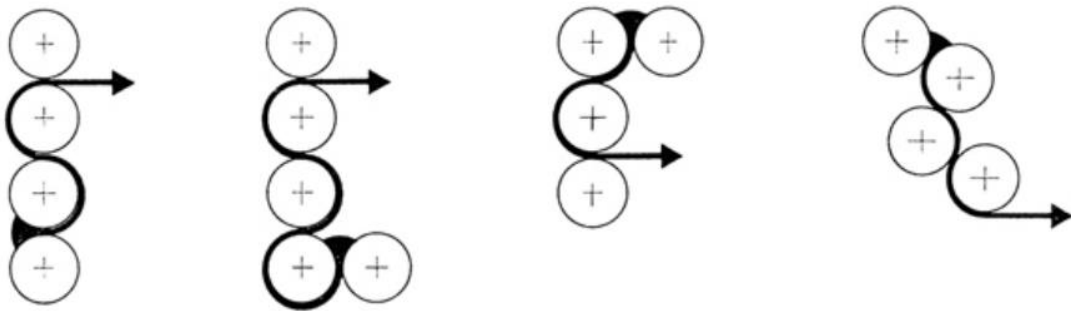
Keverékkészítés után a szilárdsághordozó, impregnált szövetet kalanderen préselik fel frikcionálás (a kalander hengereinek kerületsebesség-eltérés) segítségével. A felpréselt szöveteket több betétes hevederek esetén egyesítik felépítő berendezés vagy betétsokszorozó egység használatával, majd az így kialakult karkaszt fedlapozzák a kalandersoron. Ezt követi a vulkanizálás adott hőfokon, nyomáson és időtartam alatt, amikor elnyeri a heveder a végleges tulajdonságait (Dessewffy Olivér és Kerekes, 1965).

2.8. Kalanderezés folyamata, berendezései

A diplomamunkám témaválasztása miatt a kalanderezés folyamatát szeretném részletesebben ismertetni a szállítószalag gyártástechnológiai folyamatai közül. A kalanderezés egy félkésztermék gyártó művelet, mely során az előre lepuhított nyers gumiból általában 3 vagy 4 forgó henger között, a hengerek közti rés által meghatározott vastagságú filmet húzunk, amivel textilre vagy korábban összeállított karkaszra egy- vagy kétoldali gumibevonat készíthető. A szilárdságot adó műszaki textilt a beszállító impregnálja, mely során resorcinol-formaldehidet-latexet tartalmazó itató anyagot juttatnak a szövet felületére itatóberendezés segítségével. Majd ezt követően ügyelve a visszamaradó nedvességtartalomra kiszáritják a szövetet, ezzel segítve később a szövet és gumi közti tapadást. A különböző elasztomer alapanyagú (NR, IR, SBR, NBR, EPDM, EPDM, CR stb.) gumikeverékeket először hengerszáron vagy extruderen le kell puhítani, majd a kalander táplálása és maga a kalanderezés megvalósítható. Ezután történik az alakadás, hűtés és feltekercselés. A gumiiparban főként félkész termékek, mint lemezek vagy gumival felpréselt szövetek előállítására használják, amelyeket később bonyolultabb

műszaki cikkek – abroncs, kompenzátor, tömlő stb. – felépítéséhez használnak. A kalandereket elsősorban a hengerek száma, azok elhelyezkedése különbözteti meg, mely megadja felhasználásának lehetőségeit (Molnár, 2018).

Az egymással párhuzamos tengelyű, pontosan beállított hengereket stabil keretszerkezet tartja. Ezen, különböző elrendezésű hengerek (2. ábra) anyagát tekintve leggyakrabban kokillaöntvények, de nagyobb igénybevétel esetén többféle öntvényből is készülhetnek. Ekkor a nagyszilárdságú magra magas keménységű palástot zsugorítanak rá (Pap és Nádudvary, 1986).



2. ábra: Kalander hengereinek lehetséges elrendezése

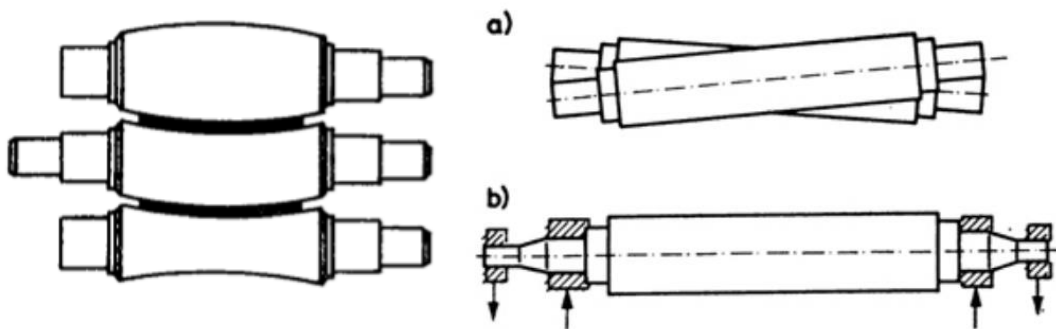
(balról jobbra) I-, L-, F-, Z-kalander

Forrás: Pap és Nádudvary, 1986

A kalander rendelkezik víz- és hajtásoldallal, ahol a fűtőközeg be- és elvezetésére szolgáló furatok, valamint a motor csatlakozása található. Minden hengert külön, fokozatmentes szabályozással ellátott egyenáramú motor hajt. A hengerrésben fellépő nagy erők mellett a hengerek felületének keménynek és kopásállónak kell lennie (500-550 HB), ezért általában kéregöntéssel készítik. A felületi érdesség is fontos a jó tapadás eléréséhez, melyet 0,01-0,1 μ m közötti értékre köszörülnek vagy políroznak. A hengerek közti nagy nyomás miatt, azok elhajolhatnak, aminek következtében a gumifilm vastagsága középen nagyobb lesz, mint a henger szélein. Ennek kompenzálására három módszer terjedt el: a profilköszörülés (bombírozás), tengelyszög-elállítás (ferde állítás), ellennyomatékkal való visszahajlítás.

- **Bombírozásnál** a hengereket hordószerűen ívelt palásttal készítik, de ez csak akkor lenne elegendő, ha a hengerrés közötti nyomás és az azt kiváltó hatások állandóak lennének. Mivel ez nem lehetséges, ezért csak más kompenzációs módszerekkel együtt alkalmazható.

- **Ferde állítás** alkalmazásával az egyik henger elforgatásával szabályozzák a gumi vastagságának eltérését. Az elfogatással a rés nagysága a hengerpalást széleinél nagyobb lesz, mint középen.
- **Ellennyomásnál** az egyik hengernél segédcsapágyakat szerelnek fel, amik hidraulikus úton az anyagminőség és a körülmények változásainak kompenzálásához szükséges erővel terhelhetők. Ezen módszereket a 3. ábra szemlélteti (Czvikovszki et al., 2007).



3. ábra: Hengerkihajlás kompenzáciási lehetőségek – bal oldalon: bombírozás, a.) ferde állítás, b.) ellennyomás

Forrás: Pap és Nádudvary, 1986

A kalander olyan gyártósor, melynek több berendezése is van, attól függően, hogy milyen feladatot lát el és milyen terméket állítanak elő az adott folyamat során. Az általam felsorolt segédberendezések lemez húzásnál, illetve szövettelprézésnél alkalmazandók.

A felprézésre váró szövetek tárolására és a szövet állandó feszítéssel való leeresztésre alkalmas berendezés a **szövetleeresztő egység**. A gyártás folyamatosságának biztosítása érdekében egyszerre két tekeres tárolására is alkalmas. Az állandó mértékű feszítést és a ráncmentes leeresztést villanymotorok segítségével működő fékezőegység biztosítja (Bartha, 1988).

A folyamatos gyártás biztosítása érdekében a szövettároló egység kifogyásáig a szövettekercs véget az új tekeres elejével kell végteleníteni. Erre a célra alkalmas a **szövetvarrógép**, valamint a **végtelenítő prés**. A szövet végtelenítésére szolgáló gőzös vagy elektromos prés a két szövetreteg közé helyezett speciális gyorsvulkanizáló gumival működik és hidraulikus munkahengerek segítségével mozgatható. Általában 6-8 MPa

felületi nyomás kifejtésére képes, így 180-200 °C-n 60-90 másodperc alatt készre vulkanizálja a végtelenítendő szövetvégeket (Bartha, 1988).

A következő fontos kisegítő berendezés a *szövetközpontosító egység*. Szövetfelpréselésnél a teljes szélességben egyenletes felépréselési vastagság elérése érdekében a szövetet a kalandersor középvonalához képest kell központosítani a hengerekre rávezetve. Ezen egység feladata a szövet oldalirányú mozgásának 2-3 mm-en belül tartása és a szövet elmozdulásánál a szálérzékelő által működtetett pneumatikus mechanizmus segítségével a henger olyan irányba történő elfordítása, mely a szövetet az eredeti irányba fordítja el, így terelve vissza a szövetet az eredeti pályára (Bartha, 1988).

Ezután következik a *szövetfeszítő egység*, amely feladata a beeresztő állványról letekerceselt szövet tekerceselés alatti egyenletes feszítés biztosítása, valamint a szövet megfogása a végtelenítés idejére (Bartha, 1988).

Mindig a kalandersor folyamatos és szakaszos működésű egységei között helyezkedik el a (szövegtároló) *kompenzátor*. A kalanderezés műveletének folyamatossága elérése érdekében a tekerceselésnél vagy végtelenítésnél a kalander a kompenzátorban levő szövetet használja fel a kompenzátor asztalának felfelé vagy lefelé történő mozgásával. Ezután a szövegtároló újra feltöltődik, ezzel biztosítva a folyamatos üzemeltethetőséget (Bartha, 1988).

A kalander kiszolgálása extruderrel vagy hengerszékről levágott, lepuhított keverékszalaggal történik, amit szállítószalag továbbít bolygóvetőnkön keresztül a kalander hengerei közé, ezt az egységet *etetőberendezésnek* nevezzük. Az gumikeverék megfelelő eloszlása érdekében a bólogató szalagok elfordíthatóak a tengely körül a kalander szélességének megfelelően, amit egy hidraulikus vagy pneumatikus rendszer biztosít (Bartha, 1988).

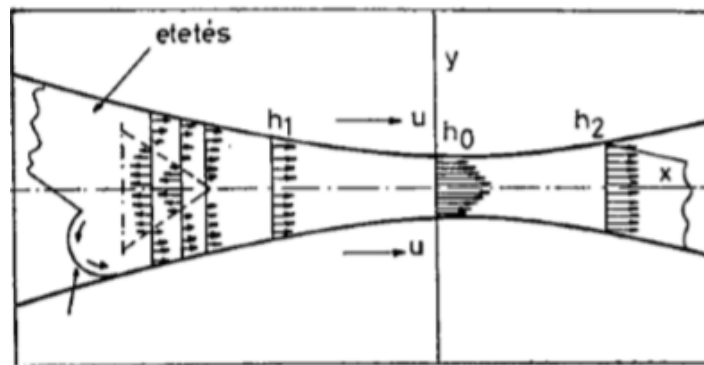
Az *összvastagságot mérő műszer* a kimeneti oldalon helyezkedik el és a kalanderből kilépő karkasz összvastagságának mérésére szolgál. Palástvastagságot a bemeneti oldalon kell mérni, itt történik a hengereken lévő gumipalást vastagságának megállapítása, kifejezetten erre a célra kifejlesztett *filmvastagságmérő-műszerrel* (Bartha, 1988).

A *feltekerceselő berendezés* két hajtott feltekerceselőhengerből és két fékezett kísérszövet-leeresztőhelyből áll. Célja, hogy a tekercescsere a sebesség csökkentése nélkül legyen megvalósítható. Ha egy tekerces megtelik, a keresztállványt 180 fokkal elfordítják és rávezetik a szövetet az üres hengerre (Bartha, 1988).

2.9. A kalanderezés elmélete

Mivel a diplomamunkámhoz kapcsolódó kockázatbecsléseket és kockázatcsökkentő javaslatokat a szegedi gyárban telepített Comerio-2 kalandersoron végeztem, ezért fontosnak tartom a kalanderezés elméletét ismertetni a könnyebb érthetőség végett.

A kalanderezés során a szemben forgó hengerpár között az anyag nyomás alá kerül. A rés felé haladva a nyomás meredeken növekszik, majd a rés előtt egy adott pontban eléri a maximumot (4. ábra – h_1 -es metszete). A maximumot áthaladva a nyomás újra csökkenni fog, egészen a $p=0$ pontig, ahol a kalanderezett gumi elválik a hengerektől (4. ábra – h_2 -es metszet). A belépőoldalon a pozitív nyomásgradiens miatt az anyag visszaáramlik, így konkáv sebességprofil alakul ki. A résben van két olyan metszet, amely között az anyag sebessége a teljes résszélességben állandó és megegyezik a hengerek kerületi sebességével (Bartha, 1988).

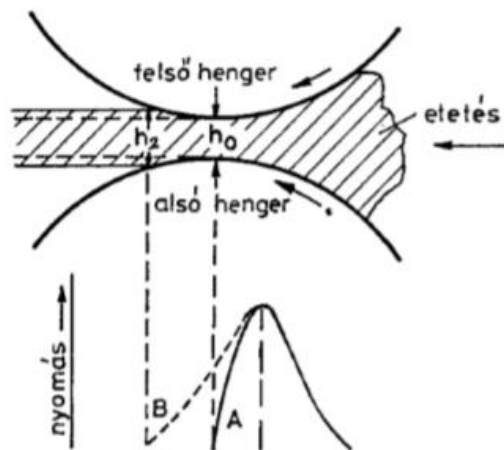


4. ábra: Anyagáramlás a hengerek között

Forrás: Bartha, 1988

A kalanderezés folyamat leírására több különböző elmélet is létezik, melyek elsősorban az eredményül kapott $p = f(x)$ nyomásgörbe lefutásában térnek el egymástól. Ezen elméletek közé tartozik az Ardichvilli (1937) és a Gaskell (1950) elmélet is.

- **Ardichvilli elmélet:** a nyomás már h_0 metszetben nullára csökken (5. ábra – „A” görbe), vagyis ebben a pontban a lemez elválik a hengertől és a vastagsága a h_0 résmérettel megegyező lesz.
- **Gaskell elmélet:** A gyakorlati tapasztalatokhoz jobban hasonlít az a feltevés, miszerint a h_0 metszetben még meghatározott nyomás uralkodik, ami h_0 -tól bizonyos távolságra eső h_2 metszetben csökken nullára (5. ábra – „B” görbe).



5. ábra: Kalanderhengerek között kialakuló nyomásprofil Forrás:

Bartha, 1988

A gyakorlatban a legfontosabb érték a nyomásmaximum, hiszen ebből számítható a hengerek kihajlását okozó F szétfeszítő erő. Ennek leírására több összefüggés ismert, de leggyakrabban az Ardichvilli által leírt képletet használják:

$$F = 2\eta \cdot N \cdot r \cdot l \left(\frac{1}{h_0} - \frac{1}{H} \right), \quad (2.)$$

ahol η a keverék viszkozitása, N a fordulatszám, r a henger sugara, l a hengerek közti keverékfilm szélessége, H a forgó szakáll átmérője az etetőrés előtt, h_0 pedig a résméret (Bartha, 1988).

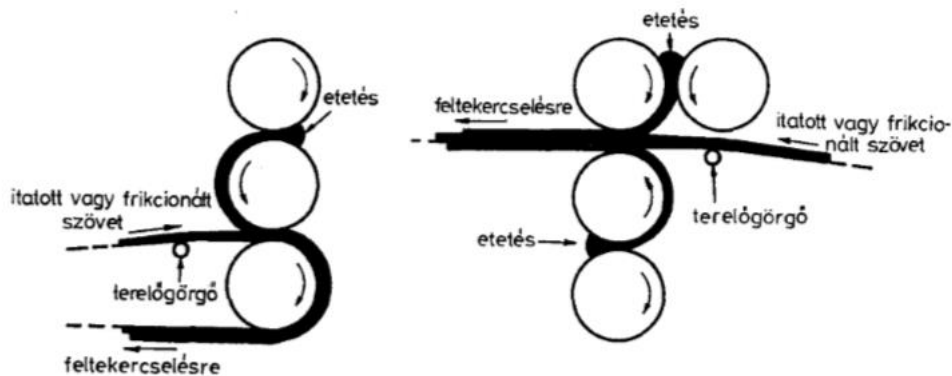
Mivel a kalanderezés a „melegetetésű” feldolgozógépek csoportjába tartozik, így a betáplált keveréket előzőleg arra alkalmas berendezésen fel kell melegíteni, és feldolgozásra alkalmas képlékeny, összetételben és termikusan homogén állapotba kell hozni. Ezt a folyamatot általában hengerszékkel vagy extruderrel végzik. Egyszerűbb eljárások esetében hengerszékeken puhítják a keveréket, melyet ún. babákban továbbítanak a kalanderhez és a felvevőhengerpár közé merőlegesen betolják kézzel. A felvevőhengerek közötti szakáll nagysága, hőmérséklete állandóan változik, ami a kalanderezett gumifilm méreteit és felületi minőségét nagy mértékben befolyásolja. Nagytermelékenységű elvárásoknál a kalander folyamatos kiszolgálását akár több hengerszék segítségével is végezhetik, majd a kalanderre a gumikeveréket csíkban, szállítószalaggal továbbítják. A hengerszékeken kívül ma már hidegetetésű extrudereket is

használnak a kalander etetésére, melynek előnye a kisebb munkaerő-szükséglet és a könnyebb szabályozhatóság, automatizálhatóság (Bartha, 1988).

2.10. Szövetfelpréselés

A gumigyártás számos területén alkalmaznak kalanderen felpréselt szöveteket (abroncs-, heveder-, tömlőgyártás). A felpréselés történhet egy oldalon, két lépésben, három hengeres kalanderrel, valamint két oldalon, egy lépésben, négyhengeres kalander (szegedi technológia) alkalmazásával (Bartha, 1988).

Háromhengeres kalander esetén (6. ábra) a gumikeveréket a felső és középső hengerek közötti részbe, a szövetet pedig a középső és az alsó hengerrésbe adagolják be. Annak mértékét, hogy mennyi anyag kerül a felpréselésre, a középső hengeren képzett film vastagsága szabja meg, amit az első rész távolságának szabályozásával állítanak be. A második rész nagysága a keverék szövetszálak közé való benyomódását befolyásolja, ennek függvényében fog változni a felpréselt szövet vastagsága. A hengerek hőmérséklete általában a felpréselt szövet felé haladva csökken. Kétoldali felpréselésnél a már egy oldalon felpréselt szövetet újra befűzik a kalanderbe, majd a folyamat megismétlésével a szövet másik oldalát is gumival vonják be (Bartha, 1988).



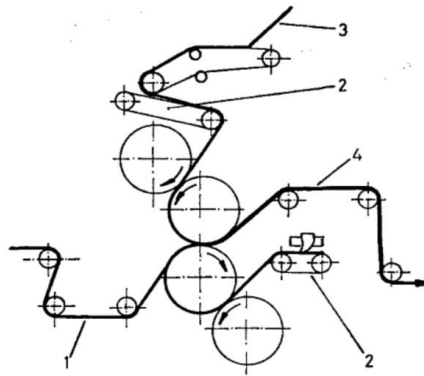
6. ábra: Szövetfelpréselés három- és négyhengeres kalanderen

Forrás: Bartha, 1988

Négyhengeres kalandernél a kétoldali felpréselés egy lépésben elvégezhető, itt az etetés 6. ábrán látható módon történik az 1-es és 2-es, illetve a 3-as és 4-es hengerek között, míg a szövetet a 2-es és 3-as hengerek közé vezetik be. A két oldalon történő felpréselés négyhengeres F-kalanderrel is kivitelezhető, de Z-kalanderen egyszerűbb, hisz a vastagságmérés a két film kialakulását követően még a felpréselés előtt lehetséges

izotópos méréssel. A kalanderhengerek hőmérsékletét úgy kell beállítani a keverék típusától függően 50 és 95 °C között, hogy az egyes hengerek közti hőmérsékletkülönbség ne haladja meg az 5 °C-ot (Bartha, 1988).

A 3-as hengeren egy hidraulikusan szabályozható nyomóhenger a keverékfilmre préseli a szövetet. Mikor a végtelenített hely eléri a 2-es és 3-as hengerek közti rést, jelenős nyomásnövekedés lép fel, ezért a 3-as henger állítófejeibe egy hidraulikus elem van beépítve, mely lehetővé teszi a lefelé történő kitérést. A végtelenítési hely áthaladását követően a résterhelésnél nagyobb hidraulikanyomás a 3-as hengert gyorsan visszahelyezi eredeti helyzetébe. A felpréselt szövet a 7. ábrán (1-szövet, 2-etetőhenger, 3-keverékcsík, 4-felpréselt szövet) látható módon halad 90°-os szögben előre, majd függőlegesen felfelé, így elkerülve az alsó hengerrés etetését. Fontos szempont továbbá a szövet ráncmentes és egyenletes feszítéssel történő áthaladása a rendszeren, ezt pedig a kompenzátor és a kalander, illetve a kalander és a hűtő között levő fékező-feszítő egység segíti. Ha a szövetszalak feszítése nem megfelelő, az középen „behasadhat”, amit a szövetszéleken elhelyezkedő láncszalag a tekercsben már meglévő előfeszessége is okozhat (Bartha, 1988).



7. ábra: Négyhengeres Z-kalander

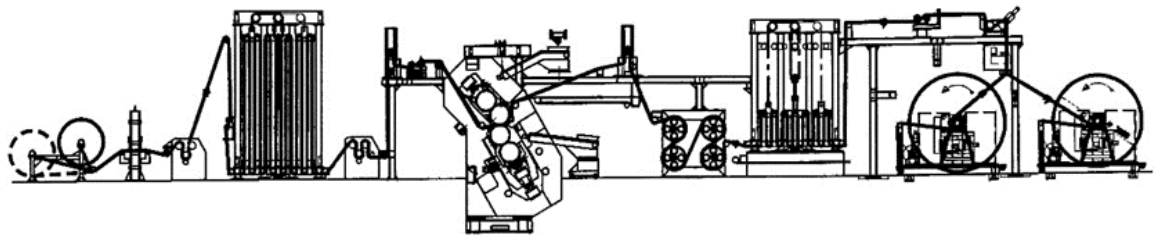
Forrás: Bartha, 1988

A felpréseléshez hasonló művelet a frikcionálás, mely során a kalander két hengere között kerületsebesség-különbség van. Ez mindig a feldolgozás jellegétől és az adott keverék tulajdonságaitól függ. A hengerrés előtt kialakuló gyorsan forgó kis szakáll, valamint a hengerek eltérő sebessége biztosítja a keverék „bedörzsölődését” a szövet szerkezetébe. Általában a középső henger hőmérsékletét – mivel ez mindig gumikeverékkel borított – alacsonyabbra állítják a felső henger hőmérsékleténél, mert a hengernek elég melegnek kell lennie ahhoz, hogy a keverékfilmnek megfelelő folyóképessége legyen, ugyanakkor

még ne lépjen fel beégés. Ha a henger túl hideg, a keverék nem folyik eléggé, és a szövetszerkezet roncsolódhat. Vastagabb szövet frikcionálásánál a középső hengerhez képest az alsó hengeren magasabb hőfokot kell beállítani, hogy a szövet kellően átmelegedjen, ebben az esetben a szövet fűtődobbal történő előmelegítése célszerű (Bartha, 1988).

2.11. Comerio-2 kalandersor

A Comerio-2 névre hallgató gyártósor (8. ábra) több, mint 20 éve üzemel a szegedi telephelyen, rendeltetése az impregnált szövet felpréselése, a karkasz fedlapozása és a lemez húzás. A három fő funkcióból adódik, hogy ez a kalander univerzális, gyakorlatilag igen széles körben alkalmazható, hiszen egy kalander tudja végezni gazdaságosabban (nagyobb sebesség, pontosság, két oldal egyidejű fedlapozása, felpréselése stb.), több lépcsőben azt, amelyhez korábban üzemünkben legalább két, különböző kalanderre volt szükség.



8. ábra: Comerio-2 kalander befűzése szövettel felpréseléskor

Forrás: Gépdokumentáció

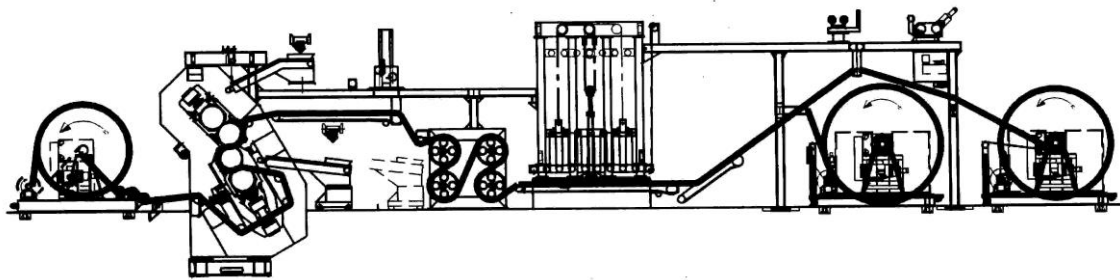
A gépsor 3 fő részre tagolódik: kalander előtti egység, kalander, kalandert követő egység. Ezekből a részekből nem dolgozik minden egység állandóan, csak az adott funkcióhoz tartozóak. A nyers és felpréselt szövetekercsek ki-, és beszerelését három elektromos emelőberendezés, úgynevezett demág segíti az üzemeltetés során.

A Comerio-2 kalander hengereinek száma 4, „Z” alakban elrendezve. A hengerek szélessége 2200 mm, átmérője pedig 660 mm, fűtésük kisnyomású gőzzel, hűtésük pedig hálózati vízzel történik. Meghajtómotorjainak teljesítménye 106 és 120 kW, melyek segítségével akár 1,77-35 m/perc gyorsaságú felpréselésre is képes. A felvihető keverékfilm vastagsága 0,2-5 mm közötti tartományban lehetséges 2100 mm szélességben (CBS, 2001).

Felpréseléskor a szövet befűzési útvonala a 8. ábrán jól látható. Ebben a fázisban az itatott szövetet préseli fel vékony gumiréteggel (0.3-0,5 mm) mindkét oldalon egyidejűleg. A kalander előtti gépegységek feladata, hogy a kiválasztott szélességű itatott szövetet folyamatosan, a kívánt sebességgel és feszességgel adagolja a kalanderbe. Felpréseléskor a kalander előtti részen működésben levő gépegységek: szövet beeresztők (2 db, felváltva üzemel), végtelenítő prés, szövet feszítő-megfogó, kompenzátor, szövet feszítő-megfogó, szövet központosító.

A kalander utáni részen működésben levő gépegységek feladata a felpréselt szövet hűtése, továbbítása, valamint a megfelelő hosszúságra való feltekerés. A kalander utáni részen működő gépegységek: szövet feszítő, hűtődob sor, kompenzátor, központosító, levágó, felcsavarók.

Fedlapozás során a karkasz befűzés módját a 9. ábra mutatja.



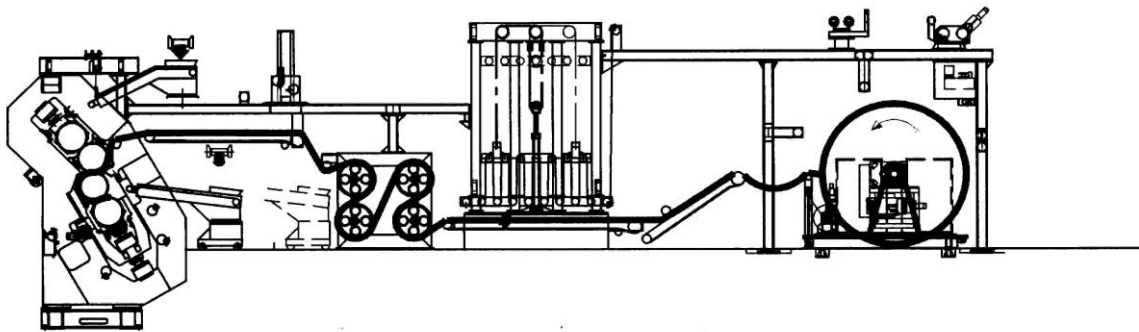
9. ábra: Comerio-2 kalander befűzése felapozáskor

Forrás: Gépdokumentáció

Ebben a fázisban a kalander több rétegű (egymásra felépített, konfekcionált) felpréselt szövetet (más néven karkaszt) vastag (1,5-5 milliméteres) fedlappal lát el mindkét oldalon egyidejűleg. Lehetőség van a dupla szálás gyártásra is, ami azt jelenti, hogy a beeresztő tekercs két külön szálból áll (egy dobra tekercselve), és a felcsavarás a fedlapozás után történhet mindkét felcsavaró egyidejű használatával úgy, hogy előtte a kalanderben a fedlapozott karkaszt közepén kettévágjuk. Így két különálló dobra tekercseljük fel a fedlapozott hevedert. Amennyiben nem vágjuk szét a fedlapozott hevedert duplaszálás gyártásnál, úgy egy dobra történik a feltekerés. A kalander előtti karkasz beeresztő feladata az, hogy a kiválasztott karkasztekercsel folyamatosan, a kívánt sebességgel és feszességgel adagolja a kalanderbe. Fedlapozáskor a kalander előtti részen csak a szélszabályozóval ellátott karkaszbeeresztő kocsik működik. A kalander utáni részen

működő gépegységek: felső átadószalag, hűtődob sor, kompenzátor alatti szalag, ferdeszalag, felcsavarók.

A gumilemez gyártási útvonala (10. ábra) a kalander után megegyezik a fedlapozott karkasz útvonalával, azzal a különbséggel, hogy ennél a fázisnál csak az első felcsavaró használható. A felcsavaró előtt egy úgynevezett gumilemez belógás érzékelő (fotocellás szabályozóval felszerelt) vezérli a kalander sebességétől függően a felcsavarás sebességét. Így nem fordulhat elő a gumilemez megnyújtása, illetve annak elszakítása.



10. ábra: Comerio-2 kalander befűzése lemezhúzáskor

Forrás: Gépdokumentáció

Mind a három kalanderezési esetben a felcsavarás kísérőszövet vagy műanyag fólia hozzáengedésével történik az egyes rétegek összeragadásának megakadályozása végett. A kalander nyers, előpuhított, megfelelő hőmérsékletű gumival történő ellátása a kalandersor mellett található három hengerszékkel történik felsőpályás átadó szállítószalagokon keresztül. Ebből a két szélső félbordás hengerszék előpuhítást végez, majd a középső sima hengerszékre kerül a keverék, ahonnan a szállító szalagok a kalander 1-2-es, illetve a 3-4-es hengerei közé adagolják a keveréket.

3. A Comerio-2 kalandorsor gépbiztonsága

Az anyagok és módszerek fejezetben azon gépbiztonsági szabványokat említtem meg először, amelyeket vizsgálnom kellett a kalandorsor megfelelően biztonságos üzemeltetéséhez. Majd a gépbiztonság kockázatelemzésének alapjait mutatom be, melyeket figyelembe vettem a kockázatelemző vizsgálat során. Ezután kifejtem a Comerio-2 kalandorsor kockázatelemzését veszélyes zónákra bontva, és ezt követően kockázatsökkentő javaslatokat teszek a lehetséges veszélyhelyzetek elkerülésére. Utolsó lépésként pedig újra elvégzem a kockázatelemzést az intézkedések bevezetése után, hogy meggyőződhessenek arról, hogy a kockázat elhanyagolható, alacsony kockázatúvá vált.

3.1. Gépbiztonsági szabványok

A szabvány valamely elismert szervezet által jóváhagyott műszaki dokumentáció, mely egy tevékenységre vagy annak eredményére vonatkozik és egyetemes szabályokat, útmutatást fogalmaz meg, melyek következetes betartásával a rendező hatás adott körülmények közt a legkedvezőbb. A gépek biztonságára EU szinten vonatkoznak szabványok különböző szinteken, szabványrendszerekben. A szabványokra vonatkozó pontos hivatkozás különösen fontos, hiszen azok az évek során változhatnak, illetve visszavonásra kerülhetnek.

A Gépdirektívák (MD – 2006/42/EK) harmonizált szabványai magukba foglalják a gépek biztonságával kapcsolatos műszaki előírásokat és szabályokat. Az ezeknek megfelelően gyártott, üzembe helyezett gépek a feltételezhetően megfelelnek a Gépdirektíva alapvető követelményeinek és lehetőséget biztosítanak a gyártónak a megfelelőségértékelési eljárásra (Dr. Földi és Berencsi, 2022).

A gépek műszaki dokumentációjában minden esetben fel kell tüntetni az alkalmazott szabványok, illetve műszaki előírások pontos jegyzékét. A csak részben alkalmazott szabványok esetén azt is meg kell jelölni, hogy mely részek vannak alkalmazva. A szabványok pontos alkalmazása önkéntes folyamat, miszerint a gyártó saját felelősségre dönthet úgy, hogy nem alkalmazza, viszont ebben az esetben a szabványban található követelménnyel legalább egyenértékű műszaki megoldást kell biztosítani. A legalább egyenértékűséget leíró megoldást a gép műszaki leírásában be is kell bizonyítani (Dr. Földi és Berencsi, 2022).

A gépek biztonságtechnikájára vonatkozó szabványokat kétféleképpen oszthatjuk csoportokra. Megoldás szerint:

- **Közvetlen biztonságtechnika**, mely szerint a gép tervezési szakaszában a teljes kockázatmentességre kell törekedni, tehát ne is legyen szükség a kiegészítő berendezésekre a biztonság eléréséhez.
- **Közvetett biztonságtechnika** alkalmazása során nem alkalmazható a közvetlen biztonság, így speciális biztonsági berendezések alkalmazása szükséges.
- **Rendelkező biztonságtechnika** a korábbiak csak részleges alkalmazhatósága esetén előírja azokat a követelményeket, körülményeket, amelyek a gép biztonságos használatát lehetővé teszik.

A szabványok típusai szerint:

- **„A” típusú szabvány** magába foglalja a biztonsági alapszabványokat, tisztázza a fogalmakat, főbb kialakítási elveket, valamint olyan általános szempontokat, melyek minden géptípusra vonatkoztathatóak.
- **„B” típusú szabvány** tartalmazza azon általános biztonsági szempontokat, berendezéseket, melyek a gépek nagyobb csoportjánál alkalmazhatóak. Ezen belül a „B1” típusú szabvány írja le a meghatározott biztonsági szempontokat, míg a „B2” típusú mindig a biztonsági berendezésekre vonatkozik.
- **„C” típusú szabvány** részletesen ismerteti a gép biztonsági követelményeit konkrét gépre vagy gépek csoportjára (Déri, 2015).

3.2. Gépbiztonság kockázatelemzésének alapja

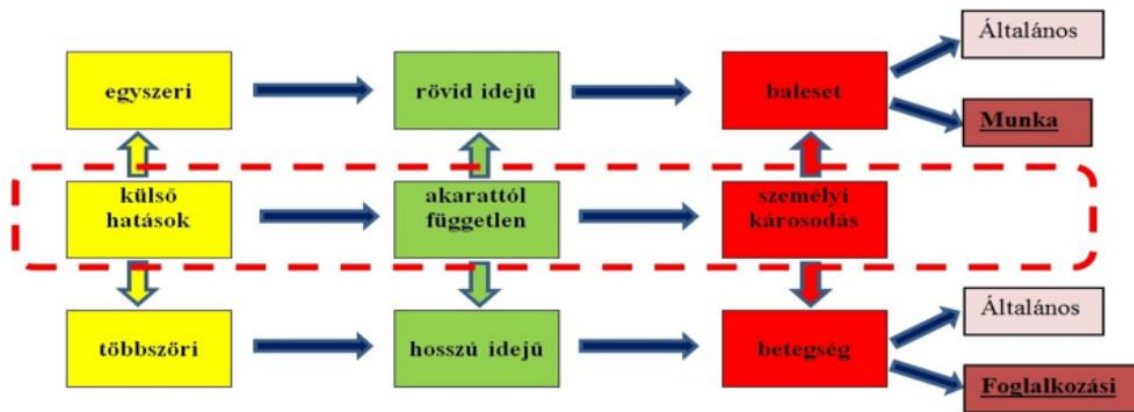
A kockázatelemzés során megállapításra kerül, hogy a gép használata során felmerülhet-e olyan kockázat, melyet csökkenteni vagy megszüntetni szükséges a gép teljes biztonsággal való használatához. A kockázat értékelését következetesen az MSZ EN ISO 12100:2011 szabvány alapján kell elvégezni. Mielőtt elkezdnénk az értékelést a gépen fontos tisztáznunk a veszély két típusát, mely lehet a gép rendeltetésszerű használata mellett egy folyamatosan fennálló veszély (pl.: magas hőmérséklet vagy zajszint, veszélyes anyag) vagy váratlanul kialakulható (pl.: vágás, véletlen indítás, fékezés). A károsodás előfordulásának lehetőségét, valamint annak súlyosságát együttesen kockázatnak nevezzük, melynek következménye a sérülés és egészség károsodása. Mivel a szabvány nem foglalkozik az állatokra, környezetre vagy tárgyakra vonatkozó

lehetséges kockázatokra, így a károsodást kizárólag emberi vonatkozásban használjuk. Ez lehet egy rövidebb vagy hosszabb folyamat is, mely során külső hatásra, akarattól függetlenül következik be a védeni kívánt személy vagy tárgy állapotának változása, azaz károsodása.

Az emberi személyhez kapcsolódó károsodási folyamatokat, annak típusai szerint csoportosíthatjuk:

- Egyszeri vagy többszöri a külső hatás fellépésének gyakorisága szempontjából.
- Rövid vagy hosszú a folyamat lefolyási idejét tekintve.
- Következmény szerint lehet baleset vagy megbetegedés.

A különböző altípusok összefüggéseit a 11. ábra mutatja be részletesen.



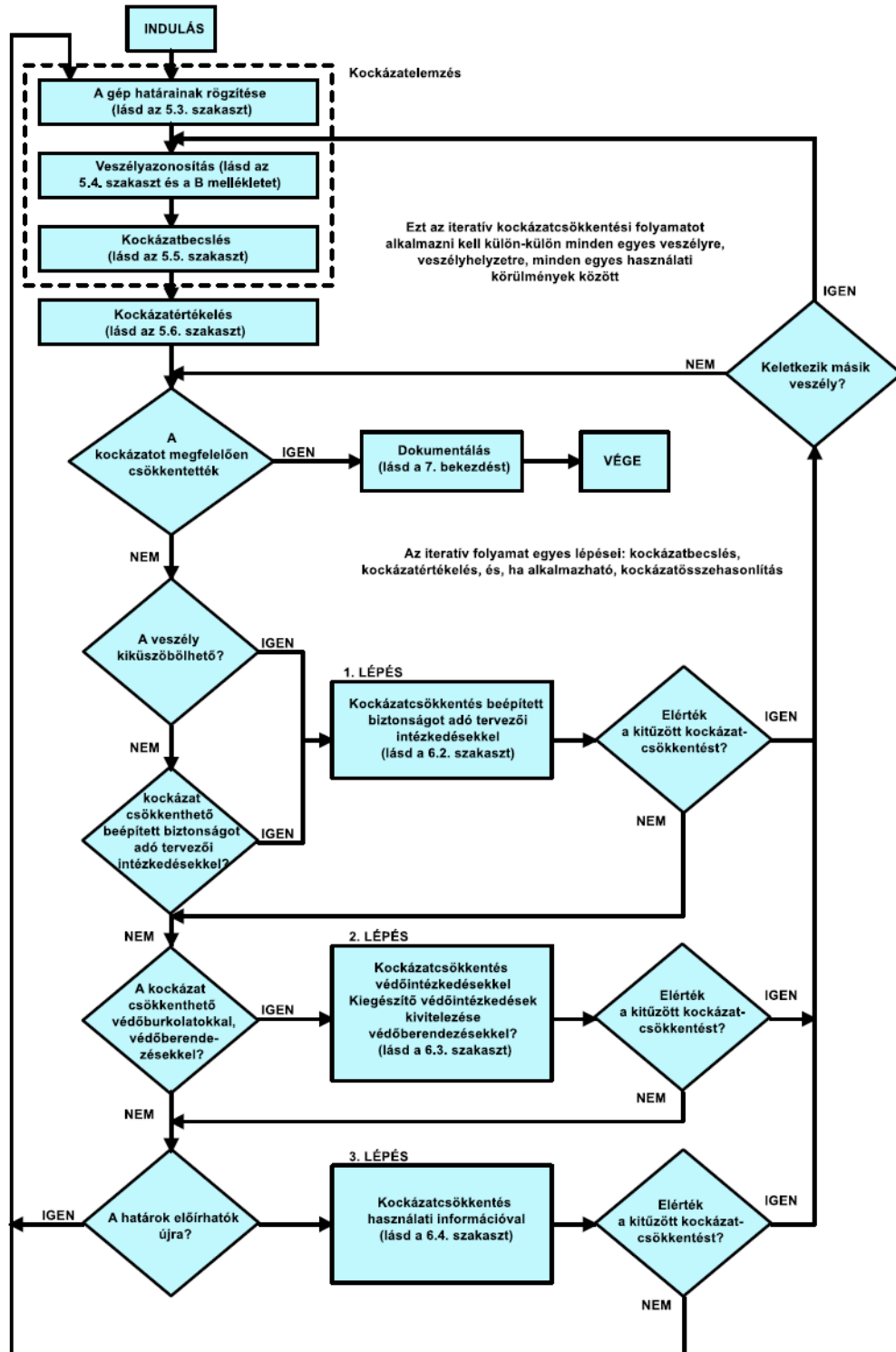
11. ábra: Személyi károsodás altípusai, összefüggései

Forrás: Bende, Rávai 2012

A kockázatelemzés, mint folyamat segít azonosítani és értékelni a kockázatot, ezzel hozzájárulva a helyes döntések meghozatalát, valamint az intézkedések és alternatívák felsorolását. A kockázat felmérése lehetőséget ad a döntéshozóknak a megfelelő biztonsági szempontok eléréséhez és a hatékonyság növeléséhez az értékelt helyen.

A gép biztonságossá tételéhez célravezető az interaktív három lépésből álló módszer alkalmazása, melynek lényege, hogy a lehetséges kockázatot a körültekintő tervezési elvek alkalmazásával szükséges csökkenteni, lehetőség szerint az azonosított veszélyek kizárásával. Ezután a megmaradt kockázatokra kell műszaki védőintézkedéseket hozni a biztonsági funkciók és védőberendezések megválasztásával, alkalmazásával. Utolsó lépésként a fennmaradó kockázatról információt kell biztosítani a jövőbeni felhasználó részére, valamint elő kell írni a gép biztonságos működéséhez tartozó használati

utasításokat és szükséges védőfelszereléseket. Ezt a folyamatot a következő, 12. ábra mutatja be:



12. ábra: A biztonságos gépkialakítás folyamata

Forrás: MSZ EN ISO 12100

A kockázatfelmérés folyamata magába foglalja a kockázatelemzést, a veszély azonosítását, a kockázatbecslést és a kockázatértékelést. Az elemzést alapul véve van lehetőség a kockázatok értékelésére, mely megmutatja szükséges kockázatcsökkentés megvalósulását.

Tervezési szempontból – szabvány szerint beépített biztonságot adó tervezői intézkedések szempontjából – a kockázatcsökkentés a helyes tervezői gyakorlatot mutatja be, melyek figyelembevételével lehetséges a biztonságos vagy alacsony kockázatú gép megtervezése.

Ilyen szempontok a következők:

- a geometriai tényezők, valamint fizikai szempontok vizsgálata,
- tervezés fázisa alatti műszaki ismeretek helyes alkalmazása,
- technológia megfelelő megválasztása,
- a mechanikus kényszerkapcsolat elvének alkalmazása,
- stabilitási intézkedések,
- karbantarthatóság figyelembevétele,
- az ergonómiai előírások betartása,
- villamosági veszélyek,
- pneumatikus és hidraulikus rendszerekből adódó veszélyek,
- megbízhatóság a vezérlő rendszerek és biztonsági funkciók tekintetében.

Azt megvalósítani, hogy védőberendezések alkalmazása nélkül legyen a gép megfelelően biztonságos általában nem lehetséges az elvárt gép funkciók mellett, így már a tervezés során meg kell határozni, hogy bizonyos kockázatokat hogyan lehet csökkenteni biztonsági eszközök, védőintézkedések alkalmazásával. Ilyen eszközök, berendezések például a védőburkolatok, lézerszennekerek, fényfüggönyök, vészrudak és a különböző érzékelést segítő berendezések. A védőintézkedések, védőberendezések megválasztása és helyes alkalmazása után is számolni kell a megmaradó kockázatokkal, melyről a gép használati utasításában pontos leírással kell segíteni a jövőbeli operátorok feladatát. Emellett elő kell írni a szükséges védőeszközök használatát és a gépen elhelyezendő figyelmeztető jelzések meglétét.

A kockázat, a technológia és a felhasználás tekintetében meg kell határozni azon információkat, mely tájékoztatja a végfelhasználót. Ezeket jellemzően a következő módon kell megadni:

- a gépen,
- a kiegészítő dokumentumokban vagy használati utasításban,
- a csomagoláson feltüntetve,
- gépen kívüli jelzések, figyelmeztetések formájában, vagy ezek kombinációiként.

Az egyedüli „A típusú” szabványként az EN ISO 12100 szabvány témakörönként csak alap szinten tárgyalja a követelményeket, csak iránymutatást ad, konkrét előírást vagy műszaki információkat kevés esetben tartalmaz. A témaköröket kibontva a tervezőnek, gyártónak a feladata részletesebb „B” vagy „C típusú” szabványokat áttekinteni a konkrét előírások megtalálásához (Dr. Földi és Berencsi, 2022)

A kockázatcsökkentés sok esetben a vezérlés helyes alkalmazásával valósítható meg. Főleg ipari gépek esetében gyakori megoldás, hogy például zárral ellátott védőburkolat vagy fényfüggöny beépítése során biztonsági funkcióval tesszük azt teljesen biztonságossá. Az ISO 13849 szabványcsalád, valamint az IEC 62061 szabvány tárgyalja a vezérlőrendszerek biztonságát meghatározó szempontokkal, mely szabványok a Comerio-2 kalandersor új vezérlésének tervezésekor is kiemelten fontos. Tekintve, hogy az ISO 13849 szabványcsalád foglalkozik kifejezetten a pneumatikus, hidraulikus, elektromos és mechanikus technológiára vonatkozó vezérlésekkel, így ezzel kellett részletesebben foglalkoznom a gépbiztonság előírásainak áttekintése során.

3.2.1. Kockázatcsökkentési stratégiák

A gépekhez kapcsolódó kockázatcsökkentési stratégiát az ISO 12100:2010 6.1. szakasza tárgyalja, míg további útmutatást az ISO 12100:2010 6.2. szakasza (beépített tervezői intézkedések) és 6.3. szakasza (műszaki védelem és kiegészítő védőintézkedések) adja meg. A gépekre vonatkozó veszélyelemzési, kockázatcsökkentési folyamat előírja, hogy a felismert veszélyeket az intézkedések rangsora alapján csökkenteni kell:

- veszélykiküszöbölés vagy kockázatcsökkentés a beépített biztonságot adó tervezői intézkedésekkel (EN ISO 12100:2010 6.2. szakasza),
- kockázatcsökkentés műszaki védelemmel és a lehetséges kiegészítő védőintézkedésekkel (EN ISO 12100:2010 6.3. szakasza),
- kockázatcsökkentés használati információ megadásával a fennmaradó kockázatra (EN ISO 12100:2010 6.4. szakasza).

A vezérlőrendszerrel történő kockázatcsökkentés során a vezérlés biztonsággal összefüggő része segítségével érjük el a kívánt kockázatcsökkentést, mint kiegészítő védőintézkedés. A gépre vonatkozó tervezési eljárás integrált része az SRP/CS (safety-related part of a control system) tervezése. Az SRP/CS a biztonsági funkciókat (SF – Safety Function) minimum azon a teljesítményszinten (PL – performance level) kell biztosítani, amely eléri a megkövetelt kockázatcsökkentést. Ez kifejtve azt jelenti, hogy a vezérlőrendszer biztonsági elemeit (pl. érzékelők, teljesítményvezérlők, munkavégző elemek stb.) mindig a szabványban előírt biztonsági szintnek megfelelően kell megválasztani a veszélyes helyzetek elkerülése érdekében.

3.2.2. Kockázatbecslés

A kockázat becslése során különböző szempontokat szükséges figyelembe venni, mint az LO (Likelihood of Occurance – előfordulás valószínűsége), az FE (Frequency of Exposure – veszély gyakorisága), a DHP (Degree of Possible Harm – lehet lehetséges károsodás mértéke) és az NP (Number of persons at risk – veszélyeztetett személyek száma) érték. Ezen értékek figyelembevételével a 3. táblázatban levezetett módszerrel kiszámítható kockázat mértékét leíró HRN érték (Hazard Rating Number), mely megadja a veszélyességi besorolási számot. A HRN értéke határozza meg a kockázat mértékét és rendelkezik arról, hogy szükséges-e az intézkedések meghozatala. Ezzel a módszerrel a kockázat becslése könnyedén elkészíthető, számszerűsíthető és osztályozható a veszélyesség fok szerint az ISO 12100 szabványnak megfelelően.

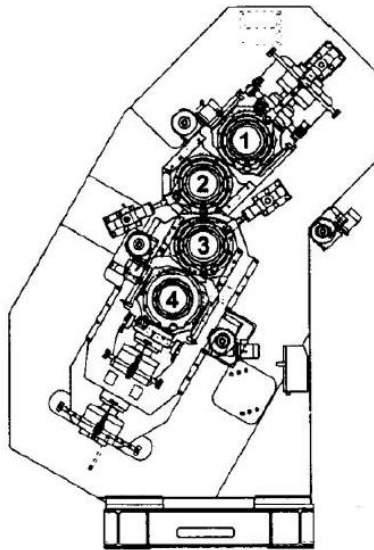
3. táblázat: Kockázatbecslés szempontjai, pontozási rendszere

Forrás: Kockázatértékelő program

Kockázatbecslés				
Előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csapódás / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
HRN	Degree of Risk (DOR)			
0-1	Elhanyagolható kockázat			
1-5	Nagyon alacsony kockázat			
5-10	Alacsony kockázatú			
10-50	Jelentős kockázat (meghozandó intézkedések!)			
100-500	Nagyon magas kockázat			
500 - 1000	Rendkívüli kockázat			
1000 +	Elfogadhatatlan kockázat			

3.3. Comerio-2 kockázatelemzése

A Comerio-2 komplex gépsor, ezért a kockázatbecslést magán a kalanderen végeztem. A kalander az egész gépsor fő berendezése, amely különböző célokra használható, mint szövetfelpréselés, fedlapozás, lemez húzás használható. Ahogy korábban említettem a kalander hengereinek száma 4, „Z” alakban elrendezve (13. ábra), a hengerek számsorrendje később fontos lesz a veszélyhelyzetek felsorolását illetően.



13. ábra: Kalandertestben található hengerek számozott elrendezése
Forrás: Gépdokumentáció

A kalanderezéskor felmerülő lehetséges veszélyeket négy különböző kockázati elemzésre bontom. Az első veszélyes helyzet a kalander 2-es és 3-as görgőiből adódó veszély. A szövetet a kalander 2-es és 3-as hengerei közé vezetik és gumikeveréssel préselik fel. Ezen két henger között különösen magas az elsodródás és az összenyomódás veszélye, így ebben az esetben mechanikai veszély lép fel a forgó elemek mozgásából adódóan az MSZ EN ISO 12100:2011 szerint. Második veszélyhelyzetként a kalanderező egység 1-es és 2-es, illetve 3-as és 4-es görgői közötti veszélyt értem, ahol szintén fennáll a behúzás, felcsavarás veszélye az anyag kilépési oldalán. Hasonló kockázatot rejtenek magukban a forgó kardáncsuklók, melyek a kalander oldalán helyezkednek el. A csuklók mozgásából adódó szintén mechanikus eredetű veszélyek tartoznak a harmadik veszélycsoportba. Az utolsó, de szintén kiemelten fontos veszélyhelyzetet pedig a kalanderen levő termikus veszélyek jelentik. A kalanderezés során a hengerek hőmérsékletének pontos beállítása szükséges, mely általában 50-95°C közötti érték a gumikeverék típusától függően. A

magas hőmérséklet termikus veszélyt hordoz magában, melynek lehetséges következménye az égési sérülés a kalander hengereivel való érintkezés esetén.

3.3.1. Kalander 2.-3. görgőiből adódó veszély

A Comerio-2 kalandersor 2. és 3. hengere között történik a szövet bevezetése a felpréselés folyamatához, melyet a 14. ábra szemléltet. Ezen területen felléphetnek mechanikai veszélyek a forgó elemek mozgásából adódóan. A mechanikai veszély fennáll az indítás során, az előre moztatás során, az ellentétes irányú működtetés alatt, a tisztítási és felületfényezési műveletek alkalmával, valamint a gépbeállítások, a gyártási folyamat megváltoztatása, a hibakeresés és a karbantartási műveletek ideje alatt.



14. ábra: Kalander 2. és 3. henger közötti rész

Forrás: saját kép

Az EN ISO 12100:2010 szabványon alapuló kockázatelemző program (Risk Assessment Tool) segítségével elvégeztem az kalanderhengerek közti részre vonatkozó értékelést, amit a 4. táblázatban mutatok be. Mivel a lehetséges károsodás mértéke a legmagasabb besorolású a hengerek kialakítása, illetve mozgása miatt, így ez a magas pontszám a kockázati eredményben is tükröződik. A veszély valószínűsége magas a hengeren történő manuális munkavégzés okán. Ilyen például a gumikeverék hólyagszurkálásának folyamata vagy keverékfilm méréséhez szükséges mintavételezés a mozgó hengerpaláston. Az értékelés eredménye alapján kijelenthető, hogy a kockázat rendkívül magas a kalander ezen hengerei között és mindenképp kockázatcsökkentő intézkedést

igényel, hiszen a behúzás, befogás vagy felcsavarás valószínűsége igen nagy a különböző üzemmódokban történő működtetés során.

4. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Előfordulási valószínűség (LO) 0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	A veszély gyakorisága (FE) 0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	A lehetséges károsodás mértéke (DPH) 0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	Veszélyeztetett személyek száma (NP) 1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
8	4	15	1	480

3.3.2. Kalander 1-2. és 3-4. görgői közti veszély

A gumikeverék filmréteggé alakítását a kalandersor 1. és 2. hengere, valamint 3. és 4. hengere közti rés végzi el, amit a 15. ábra mutat be az anyag kilépő oldalán, ahol a hengerek gumikeveréssel való etetése történik. Ezen területen a behúzás és felcsavarás veszélye szintén fennáll a forgó hengerek mechanikai veszélye miatt.



15. ábra Kalander 1.-2. és 3-4. henger közötti rés

Forrás: saját kép

A kockázatbecslést elvégezve ezen hengerréseket figyelembe véve a kapott érték igencsak magas főként a lehetséges károsodás mértéke (állandó súlyos betegség) miatt. Az elemzés eredményét az 5. táblázat foglalja össze.

5. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
8	4	8	1	256

3.3.3. Kalander termikus veszélyei

A kalander hengereinek hőmérséklete a keverék típusától függően 50-95 °C közötti értékre van beállítva, így a hengerek vagy a hengeren levő gumikeverék esetleges megérintése magas égési kockázatot hordoz magában. A hőhatások által fellépő veszélyekkel az MSZ EN 12301:2020 kalanderekre vonatkozó szabvány külön foglalkozik, ennek figyelembevételével a termikus veszélyből adódó kockázatelemzést a 6. táblázatban részletezem. Az elemzés elvégzését követően megállapítható, hogy a veszély jelentős kockázatot hordoz magában a lehetséges égési sérülések tekintetében, ezért a későbbiekben ezen veszély csökkentésére is teszek javaslatokat.

6. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
8	1,5	4	1	48

3.3.4. Kalander kardáncsuklójánál fellépő veszély

A kalander meghajtását végző motorjaihoz csatlakozó kardáncsuklók (16. ábra) a kalander hajtási oldalán helyezkednek el a hengerekhez elrendezése szerint. A 106 és 120 kW-os motorok segítségével akár 1,77-35 m/perc gyorsaságú üzemelésre is képes a kalander.



16. ábra Kalander oldalán elhelyezkedő kardáncsuklók
Forrás: saját kép

A kalander meghajtását segítő kardáncsuklójánál a beszorulás veszélye igen magas, hiszen a forgó elemek jelenleg nincsenek elzárva a munkát végző operátorok elől a különböző vezérlési módok során. A 7. táblázatban elvégzett elemzés bemutatja, hogy a kockázatbecslés eredményeként igencsak magas az előfordulási valószínűség, a veszély gyakorisága és lehetséges károsodás mértéke alapján. Megállapítható, hogy ebben az esetben is kockázatcsökkentő intézkedések bevezetése szükséges a mechanikai veszélyek elkerülése érdekében.

7. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
8	4	4	1	128

3.4. Kockázatsökkentő intézkedések a kalanderen

Mivel a kalander felpréselést végző hengerein több szempontból elvégzett kockázatelemzés bebizonyította, hogy igen magas veszélyt hordoz magában a gépegység mind mechanikai, mind termikus veszélyek tekintetében, így a továbbiakban javaslatokat teszek kockázatsökkentésre szolgáló intézkedésekre. A kockázatsökkentő intézkedéseket az ISO 12100:2011 szabvány 3 lépésre bontja, mely módszert alkalmazom a továbbiakban. Ezek a beépített biztonságot adó tervezői intézkedések, a műszaki védelem és kiegészítő berendezések, valamint a használati információk. A szabvány által előírt három lépéses módszert alkalmazva a 8. táblázatban bemutatom a meghatározott kockázatsökkentő intézkedéseket. A későbbiekben pedig ezeket az intézkedéseket szeretném részletesen tárgyalni javaslatok formájában.

8. táblázat: Kockázatsökkentő intézkedések MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: Saját táblázat

1. lépés Kockázatsökkentés beépített biztonságot adó tervezői intézkedésekkel	2. lépés Műszaki védelem és kiegészítő védőintézkedések	3. lépés Kockázatsökkentés használati információval	Referencia szabványok	Műszaki védőintézkedés értékelése PLr ← PL
Pneumatikus hólyagszurkáló berendezés és palástvastagságmérő felszerelése.	1. Biztonsági funkciók 2. Vészleállító funkció 3. Vezérlési mód és módváltás 4. A veszélyes terület védelme 5. Ajtóellenőrzés 6. A biztonsággal kapcsolatos paraméterek figyelemmel kísérése 7. Kézi visszaállítás funkció 8. Folyamatos működtetésű kapcsoló 9. Menekülés és csapdába esett személyek megmentése	1. Használati utasítás és szükséges egyéni védőfelszerelések 2. Gépen elhelyezendő figyelmeztető jelzések	MSZ EN 12301:2020; MSZ EN ISO 12100:2011; MSZ EN ISO 13849-1: 2016; MSZ EN 13850:2015; MSZ EN ISO 14120:2015; MSZ EN ISO 14119: 2013; MSZ EN ISO 13855:2010	igen

3.4.1. Beépített biztonságot adó tervezői intézkedések

A kalanderen történő szövet felpréselése során különösen nagy veszélyt jelent a hólyag szurkálásának folyamata, hiszen jelenleg ez manuális úton történik egy fém hólyagszurkáló rúd segítségével. Ahogy a 17. ábrán is látható, az operátor a podesztre

állva a vérszűrő felett átnyúlva kell kiszűrja a gumifilmen képződő hólyagokat a forgó hengeren (a gép üzemállási időben készült).



17. ábra Hólyagszurkálás jelenlegi menete

Forrás: Saját kép

Ezen, veszélyes folyamat elkerülésére érdekében javaslom egy pneumatikus hólyagszurkáló berendezés felszerelését a 2-es és 3-as hengerre az anyag belépési oldalán, azon területre, ahol a gumifilmen hólyagok alakulhatnak ki a henger palástján. A pneumatikus hólyagszurkálás előnye a tüskés hengerrel szemben az, hogy a használata során nincs fizikai kontakt, így nem tud szennyeződést felvinni a gumikeverékre, illetve míg a tüskés hengert folyamatosan tisztítani kell az esetlegesen ráragadó gumikeveréktől a pneumatikus fúvóka esetében ez a karbantartási idő megspórolható. A pneumatikus szórófej pozícionálásához szükséges egy rögzített, hengerrel párhuzamosan felszerelt sínpálya, melyen a fúvóka vízszintes irányban mozgatható. A hólyagszurkáló pneumatika folyamatos vízszintes irányú mozgása mellett 3-5 másodpercenként sűrített levegőt fúj a paláston forgó gumikeverékre a 10 bar-os rendszernyomás segítségével, ezzel eltávolítva a légzárványokat. Tehát ebben az esetben a levegő áramlása végzi el a hólyag kiszűrését kinetikus energiával a mechanikus megoldás helyett.

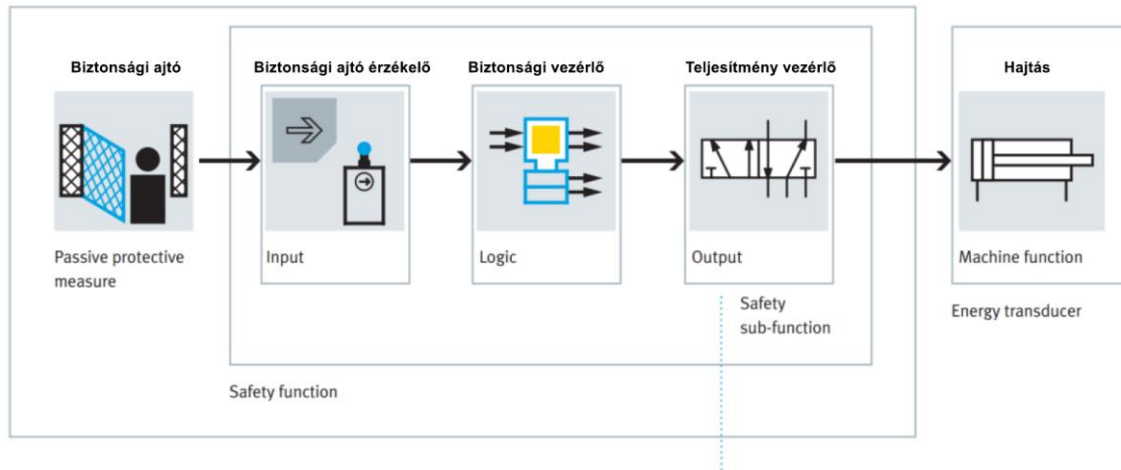
A második, szintén veszélyes manuális folyamat a szövetfelpréselés során történő gumifilm vastagságmérése. Jelenleg az operátoroknak a beállítási idő alatt mintát kell

vételezni a kialakult keverékfilmről a henger lassú mozgása közben és manuálisan megmérni a filmvastagságot mérőórás vastagságmérő használatával. Ennek kiküszöbölésére megoldást kínál a felszerelhető lézeres palástvastagságmérő műszer. A palástvastagságmérő megméri a hengertől való távolságot, majd a hengeren levő keverékfilm kialakulásával a távolság csökkenésből számítja ki a keverékfilm vastagságát a távolság különbségének megállapításával. Mivel összvastagságmérő műszer már fel van szerelve a kalanderre, így a szövet vastagságának ismeretében elegendő lenne egy palástvastagságmérő felszerelése a keverékfilm vastagságának megállapításához, hiszen a másik oldali keverékfilm egy egyszerű matematikai művelettel kiszámítható.

3.4.2. Biztonsági funkciók

Előfordulhat, hogy a gép – ez esetben a kalander – biztonságának hatékonysága csak a vezérlés megfelelő működése teszi lehetővé, ekkor funkcionális biztonságról beszélünk. A funkcionális biztonság eléréséhez először meg kell határozni a biztonsági funkciókat és az elérni kívánt biztonsági szintet, majd a megfelelő részegységek kiválasztásával alkalmazni és ellenőrizni kell a biztonságot. Biztonsági funkció az MSZ EN ISO 12100 szabvány szerint a gép olyan funkciója, melynek meghibásodása a kockázatok közvetlen növekedését eredményezheti. Mivel ez a megfogalmazás önmagában nehezen értelmezhető, ezért a 18. ábra segítségével szeretném kifejtetni. Ezen ábrán látható egy potenciálisan veszélyes pneumatikus hajtás, amit a gép kockázatelemzése során magas kockázatú veszélyként azonosítottunk be. Ha első lépésként a tervezői beépített intézkedéssel nem értük el a kockázatcsökkentést, akkor második lépésként védőintézkedéssel kell csökkentenünk a kockázatot. A gép tervezése során megállítottuk, hogy a veszélyes géprész megközelítése esetén a legkisebb kockázatot az jelenti, ha a pneumatikus hajtómű veszélyes mozgásának megállítására parancsot adunk. Ebben az esetben a védőintézkedést egyértelműen vezérléstechnikai megoldással kell megvalósítani. Ehhez szükségünk van egy teljesítmény vezérlő elemre, amely jelen példában egy pneumatikus útváltó szelep és egy érzékelőre, amely detektálja a veszélyes géprész megközelítését, valamint jelt küld a biztonsági vezérlőnek. A biztonsági vezérlő feladata, hogy irányítsa a teljesítmény vezérlő pneumatikus szelepet. A biztonsági ajtó kinyitását az érzékelő detektálja (INPUT), majd a biztonsági vezérlő a leprogramozott

logika alapján (LOGIKA) vezérli a teljesítmény vezérlő szelepet (OUTPUT), amely parancsot ad a potenciálisan veszélyes mozgás leállítására.

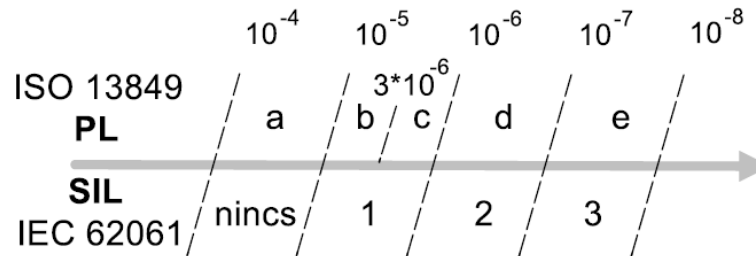


18. ábra Általános biztonsági funkció
Forrás: Festo AG

Biztonsági funkciók alkalmazásakor fontos meghatározni a jellemzőket és az elérendő teljesítményszintet (PLr required performance level), melyet dokumentálni is kell a követelmények előírásában.

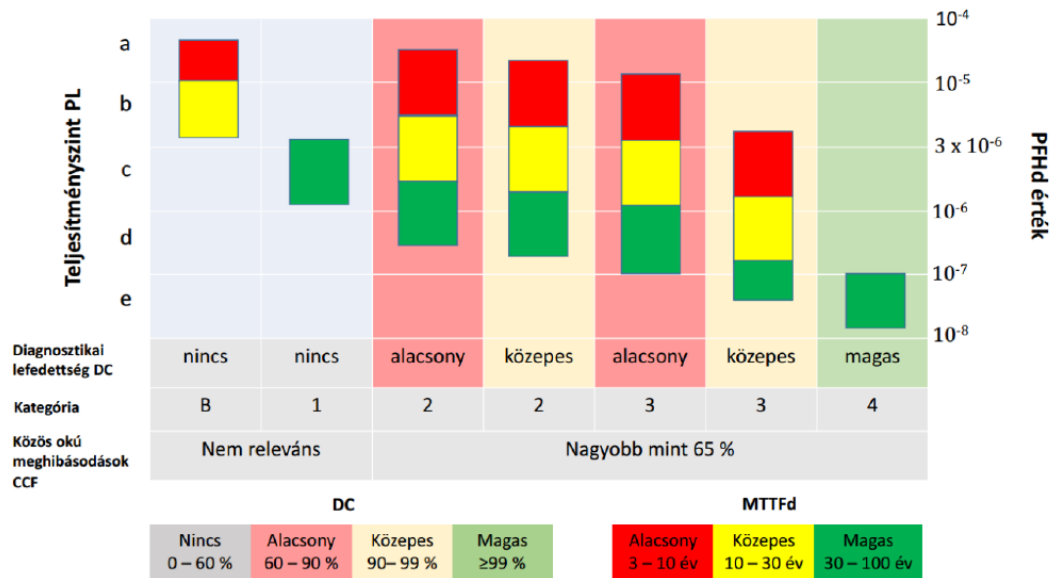
A teljesítményszint legegyszerűbben egy ötfokú skálán határozható meg. A biztonságot adó berendezések teljesítményszintje a vezérlési rendszer struktúrájától, a felhasznált komponensek megbízhatóságától, a hibazonosítási képességtől, illetve többcsatornás vezérlések használatakor a közös ok miatt kialakuló hibákkal szembeni ellenálló képességtől függ. Az ISO 13849 szabványban a teljesítményszintek az óránkénti veszélyes meghibásodások valószínűségének szempontjából vannak meghatározva. Öt teljesítményszint került meghatározásra a legkisebb a PL a-tól a legnagyobb PL e értékig, az óránkénti veszélyes meghibásodások valószínűségének meghatározott határértékeivel. A PFHd (Probability of dangerous failure per hour) a veszélyes meghibásodás órára vonatkoztatott valószínűségére utal (19. ábra), mely megmutatja, hogy a vezérlőrendszer biztonsággal összefüggő része mennyire megbízható, azaz mekkora biztonsággal valósítja meg a biztonsági funkciót. Ahogy az ábra is mutatja az IEC 62061 szabvány villamos rendszerek esetében és az ISO 13846 szabvány alkalmazott technológiától függetlenül használja a PL besorolást. A későbbiekben a biztonsági funkciók megválasztásakor az ISO szabvány szerinti osztályozást követem.

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



19. ábra: Kapcsolat a veszélyes meghibásodás órára vonatkoztatott értéke és a PL teljesítményszint között
Forrás: MSZ EN ISO 13849-1

Egyes hibák feltérképezésére használhatunk diagnosztikát alkalmazó vezérlési megoldásokat, mint például az áram- vagy feszültségfelügyelet, működtetési tesztek. A DC (Diagnostic Coverage) jellemzi a diagnosztika lefedettségi rátáját, mely a veszélyes hibák felismerési képességét foglalja magába. Az ISO 13849-1 szabvány pontosan előírja a DC értékét %-ban megadva. Bármilyen ritka is a külső hatások használhatatlanná tehetik a biztonságot adó komponenseket, ezért a közös módra visszavezethető meghibásodásokat (CCF – Common Cause Failure) mindig kerülni kell. Ilyen meghibásodás lehet pl. a zavaró hatás miatti meghibásodás egyszerre két vagy több csatornán. Ezen hibák könnyen kiküszöbölhetőek védőáramkörök használatával. A vezérlés tervezésekor szükséges figyelembe venni az MTTFd (mean time to dangerous failure) értéket is, mely az a veszélyes meghibásodás kialakulásáig tartó átlagos idő. Ez egy átlag időtartam, mely a komponens meghibásodását írja le annak élettartama alatt. A kockázatcsökkentésre javasolt biztonsági funkciók tekintetében mindig meg fogom adni a szabvány alapján elvárt minimális teljesítményszintet és vezérlési kategóriát. A teljesítményszint és vezérlési kategória összefüggését a 20. ábra foglalja össze. Ezt követően a komponensek megválasztása során részletezni fogom ezen jellemzőket a minimális elvárás figyelembevételével.



20. ábra: A teljesítményszint és a vezérlési kategória kapcsolata

Forrás: Dr. Földi és Berencsi, 2022

3.4.3. Vészleállító funkció

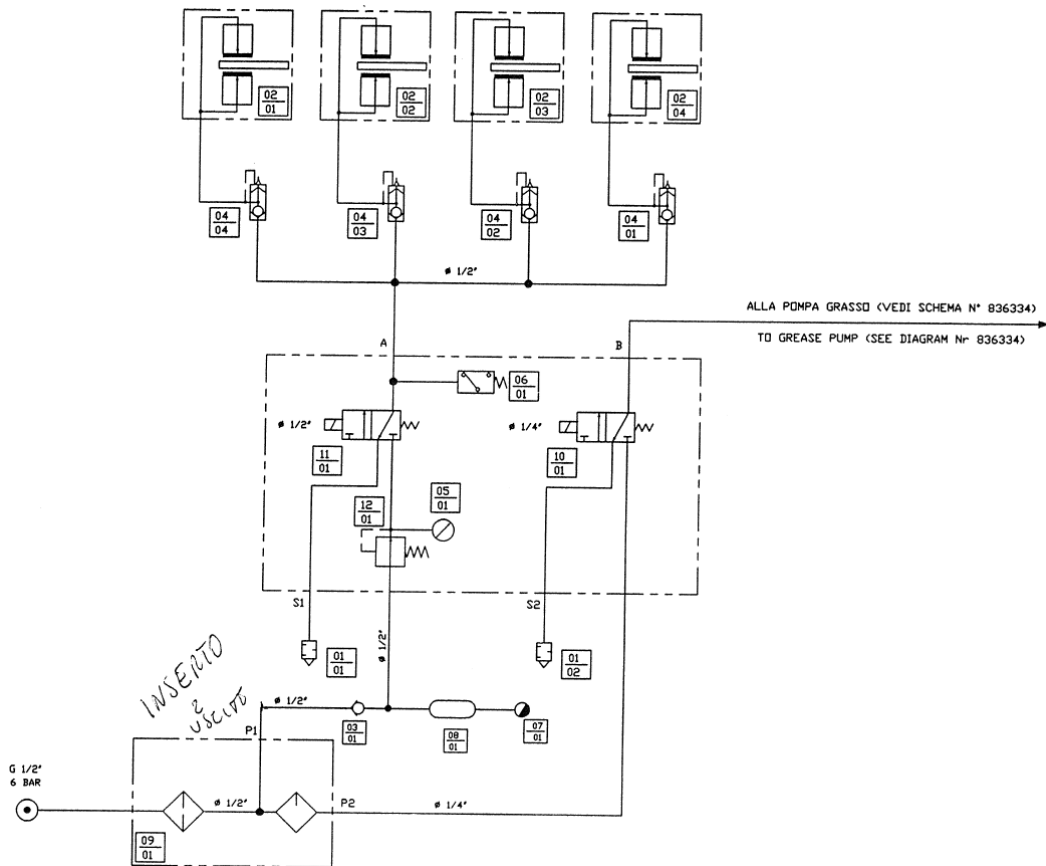
A vészhelyzetben történő leállítás (vészeállítás) kiegészítő óvintézkedés, és nem elsődleges kockázatsökkentő eszköz. A gép kockázatelemzését alapul véve meg kell határozni a funkcióhoz szükséges biztonsági szintet a környezeti hatások (pl. rezgések, működtetési mód stb.) figyelembevételével. A kalander görgőinek vészleállításával az MSZ EN ISO 12301 szabvány külön foglalkozik, mely szerint a vészleállító berendezés EN ISO 13850 szabványnak kell eleget tennie. Az ebben leírtak alapján a villamos fékezés leállítása 1. leállítási kategóriájú kell legyen. Olyan kalanderberendezések esetén, amelyeknek egyszerű mechanikus fékrendszerük van, és nem függenek villamos energiától, a 0 kategória választható. A kalander biztonságának növelése érdekében a vezérlőtáblán, valamint a munkateret közelében, azok mindegyik oldalán vészleállító kapcsolók elhelyezése szükséges PL_r = d teljesítményszinttel és 1-es villamos fékezés vezérlési kategóriával. Olyan kalanderberendezések esetén, amelyeknek egyszerű mechanikus fékrendszerük van, és nem függenek villamos energiától, a 0 kategória választható. A vészleállító eszközök működtetése a kalander hengereinek leállítását kell eredményezze. Ha fékezéskor az energiaellátás kimarad, akkor a hengerek $\alpha_{max} = 120^\circ$ legnagyobb leállási szögtartományon belül nyugalmi állapotba kerüljenek.

Amennyiben a kalandhengerek v_{max} legnagyobb sebessége nagyobb, mint 120 m/perc, akkor az α_{max} értéke arányosan változhat (növekedhet) $v_{max} = 160^\circ$ legnagyobb értékig. Példaként, ha a kalandhengerek v_{max} legnagyobb sebessége 140 m/perc, akkor:

$$\alpha_{max} = 120^\circ \times \frac{140 \frac{m}{perc}}{120 \frac{m}{perc}} = 140^\circ$$

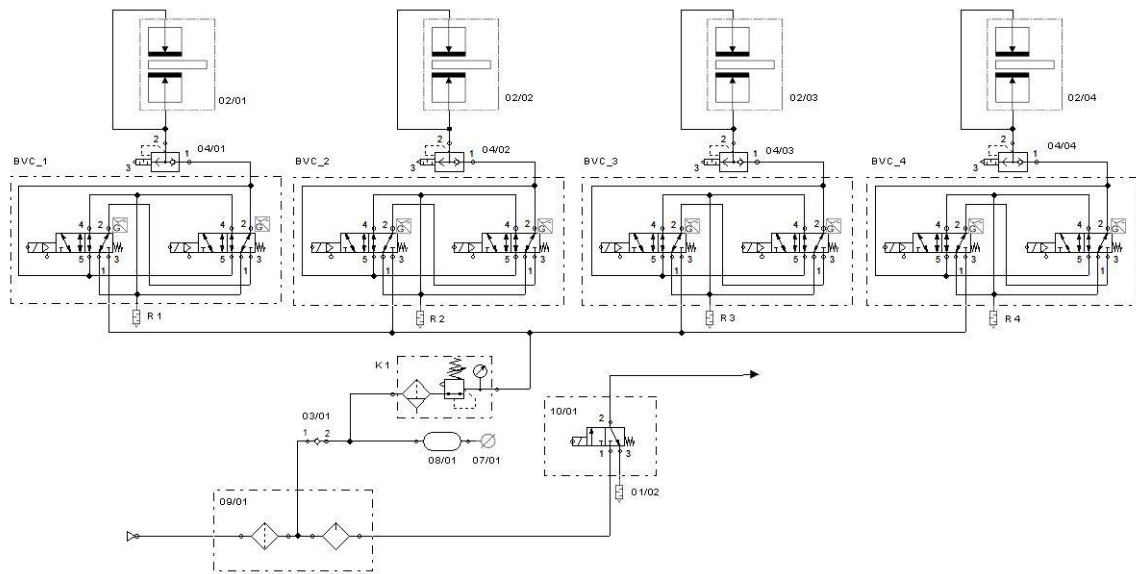
A vészleállítás alatt a hengerek automatikus szétnyitása is kritérium. A hengereknek olyan gyorsan kell szétnyílni, amilyen gyorsan csak lehetséges, és a résnek olyan szélesnek kell lenni, amilyen csak lehetséges, de minimum 120 mm 12 másodpercen belül $PL_r = d$ teljesítményszintet biztosítva. Ezt követően engedélyezni kell a mentési hátramenetet egy erre kijelölt folyamatos működtetésű eszköz (Hold-to-run) használatával. Az EN ISO 12100:2010 szabvány szerint a Hold-to-run vagy kézi működtetésű eszköz (pl. kézikerék) segítségével kell lehetővé tenni a görgők vagy görgők és az anyag között rekedt személy kiszabadítását. A hengerek ellentétes irányú sebessége legfeljebb 5 m/perc kell legyen és a mentési ellentétes irányú mozgás a kézi kapcsoló elengedésekor fékezéssel le kell álljon. A vészleállítás a kézi visszaállításhoz folyamatos vizuális és / vagy hallási jelet kell biztosítson. Annak elérése érdekében, hogy a vészleállítás az összes szabványban foglalt előírásnak eleget tegyen vészleállító nyomógombot kell felszerelni a kaland hengereinek mindkét oldalán az anyag be és kilépő oldalán, valamint a kezelő panelen $PL_r = d$ teljesítményszinttel. A vészleállító nyomógomb használatával a kaland hengerei le kell álljanak az összes integrált alkatrészrel együtt, a hengerek automatikusan szét kell nyíljanak, valamint a mentési hátramenetet engedélyezni kell a zónában. Vészleállítás esetén a következő típusú készülékek egyike alkalmazandó az ISO 12301 szerint: nyomógomb-működtetésű kapcsoló, huzal meghúzásával működtetett kapcsoló, lábbal vagy térddel működtetett kapcsoló.

A vészleállítást jelenleg a kalandhengerekre felszerelt mechanikus tárcsafékek végzik. A jel megszűnésével rugóerő tárolóból nyomás hiányában kiszökik a levegő és összenyomja a fékporfákat, ami mechanikus úton lefékezi a hengereket. A fékezést végző pneumatikus vezérlés újra tervezése szükséges a kockázat csökkentése érdekében. A jelenlegi pneumatikus kapcsolási diagramot a 21. ábra szemlélteti.



21. ábra: Jelenlegi fék pneumatika kapcsolási rajz
Forrás: Gépdokumentáció

Ahogy a fenti ábrán is látszik a fék pneumatikus kapcsolását hengereként egy darab 3/2-es szelep teszi lehetővé, melyre egyenként egy gyorsleeresztő szelep van kötve. A biztonság növelése érdekében a következő, módosított kapcsolás (22. ábra) bevezetését javaslom. Az új pneumatikus kapcsoláson látható, hogy hengereként a tárcsafékekhez a gyorsleeresztő szelepen kívül kétkörös, redundáns biztonsági szelep tartozik (VOFA-L26-T32C-M-G14-1C1-APP), így az esetleges meghibásodáskor a tartalék szelep képes ellátni feladatát. Fontos, hogy az új kapcsoláson a szelepek már kapcsoltsági állapot visszacsatolást tesznek lehetővé, ezzel elérve a PL = d teljesítményszintet. Mivel ez a kapcsolás már kétkörös, ezzel a biztonsági szint eléri ez PL = e besorolást. A szelepek egyidejű meghibásodása esetén a vészfékezés életbe lép és a korábban ismertetett biztonsági funkciók életbe lépnek. A szelepek teljeskörű cseréje javasolt az élettartamát, illetve modernizálását tekintve.



22. ábra: Új fék pneumatika kapcsolási rajz
Forrás: Saját kapcsolási rajz FluidSim környezetben

3.4.4. Vezérlési mód és módváltásztás

A vezérlőrendszerek biztonságával az ISO 13849-x szabványcsalád, valamint az IEC 62061 szabvány foglalkozik. Az IEC 62061 csak az elektromos vezérlésekre korlátozódik, így az ISO 13849-x szabványcsaládot szükséges részletesen vizsgálni, hiszen az tárgyalja a pneumatikus, hidraulikus, mechanikus és elektromos technológiákat alkalmazó vezérléseket is.

Tekintve, hogy a kalander több üzemmódban működhet az alkalmazott üzemmódtól függően más-más veszélyek keletkezhetnek eltérő kockázattal. A különböző üzemmódokban bizonyos biztonsági berendezések kiiktatásra kell kerüljenek, míg más biztonsági berendezések pedig aktívvá kell váljanak. Gondoskodni kell arról is, hogy a szükséges biztonsági szint mindig biztosított legyen. Az üzemmódok váltása vagy a különböző biztonsági intézkedések kiválasztása és módosítása nem válthat ki veszélyes állapotot. A vezérlési mód választás biztonsági funkcióra szükség lehet például a normál és fordított üzemmód közötti váltáskor. A szabvány által előírt teljesítményszint $PLr = d$.

A kalander működtetése során három üzemmódot kell megkülönböztessünk:

- Normál üzem (nagy sebesség $v > 10$ m/min)
- Normál üzem (kis sebesség $v < 10$ m/min)
- Fordított mozgás üzem

A kalander felprézelési zónáján a vezérlési módváltásra lehetséges megoldás egy panelre szerelhető forgó kapcsoló a hozzá tartozó vezérlő modullal, mely eleget tenne a szabvány által meghatározott paramétereknek.

3.4.5. A veszélyes terület védelme

A gumi- és műanyagipari gépekre, valamint kalanderekre vonatkozó MSZ EN ISO 12301:2020 szabványnak megfelelően a hengerek forgásakor a zúzódási zónához való hozzáférést a következő eszközök közül egy vagy több útján kell megakadályozni:

- rögzített védőburkolatok
- reteszelő védőburkolatok
- kioldórúd
- nyomásérzékeny szőnyeg vagy padló
- nem mechanikusan működtetett kioldó eszköz (pl. fényfüggöny az EN 61496-1: 2013 szerint, vagy szkennerek a CLC / TS 61496-3: 2008 szerint)

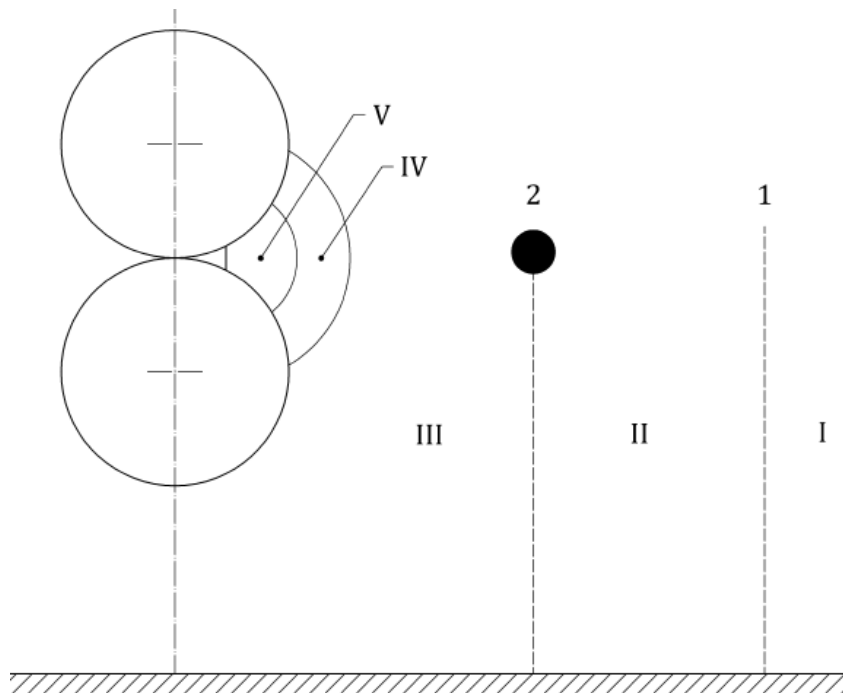
A kalandersor kockázatelemzése alapján meghatározandó intézkedések közül a mechanikus megoldások általában egyszerűek, nagy megbízhatóságúak és költséghatékonyak. Ide sorolhatjuk a megfelelő biztonsági távolságot adó burkolatokat, kerítéseket, korlátokat stb. Az ide tartozó biztonsági berendezések között egyesek alkalmasak több kockázat kezelésére egyidejűleg, hiszen mechanikai úton kizárják a hozzáférést a veszélyes térhez, illetve a gép zajszintjét is képesek csökkenteni.

A kalander hengereihez csatlakozó kardáncsuklók veszélyes teréhez való hozzáférés megakadályozására zárral ellátott reteszelt védőburkolat felszerelése szükséges az MSZ EN ISO 14120:2016 és MSZ EN ISO 12100:2011 szabvány figyelembevételével. A választott burkolat lehetővé teszi az időszakos karbantartás alatti hozzáférést. Ez a típusú reteszelőberendezéssel összekapcsolt védőburkolat a gép vezérlési rendszerével együtt kell, hogy működjön a következőképp:

- A védőburkolattal elkerített veszélyes gépi funkció – ebben az esetben a kardáncsuklók mozgatása – nem működtethető mindaddig, amíg a védőburkolat nincsen bezárva.
- Ha a védőburkolat nyitott állapotban van miközben a kardáncsuklók forognak, akkor a vezérlés azonnali vészleállítási parancsot ad.

- Amennyiben a védőburkolat csukott állapotban van, a kardáncsuklók működtethetőek.
- A védőburkolat becsukása önmagában nem indíthatja el a kardáncsuklók működtetését.
- A mozgó elemek nem indulhatnak (veszélyes szituáció nem jöhet létre), amíg a kezelő elérheti azokat.
- Felszerelése csak és kizárólag szándékos művelettel történhet.
- Hiányosság, hiba esetén a vezérlés le kell állítsa a mozgást, veszélyes működést és meg kell akadályozza az indulást.

A kalander használata során a beállító és előkészítő műveletek, valamint a karbantartás miatt két biztonsági berendezés kombinációja szükséges a veszélyes terület védelme érdekében. Ahhoz, hogy az operátor közelebb mehessen a kalander hengerekhez, a veszélyzónát csökkenteni kell a tekercsek forgási sebességének v_{max} (maximum sebesség), vagy a v_p (normál üzemi sebesség) és v_r (csökkentett sebesség) közötti korlátozásával. Az α megállási szög ekkor α_r (csökkentett megállási szög) lesz. A kapott csökkentett méretű veszélyzónát a 23. ábra mutatja (Zóna IV).



Key

- 1 protective device 1: Device further from the danger zone
- 2 protective device 2: Device closer to the danger zone
- Zone I free access zone, from where zone IV cannot be reached by the upper limbs
- Zone II zone into which bodily access is allowed when the rolls rotate at reduced speed v_r
- Zone III zone into which upper limb access is allowed when the rolls rotate at a speed greater than v_r
- Zone IV danger zone at the calender rolls into which upper limb access is allowed when the rolls rotate at reduced speed v_r
- Zone V danger zone of reduced dimensions in which access is prohibited in all cases

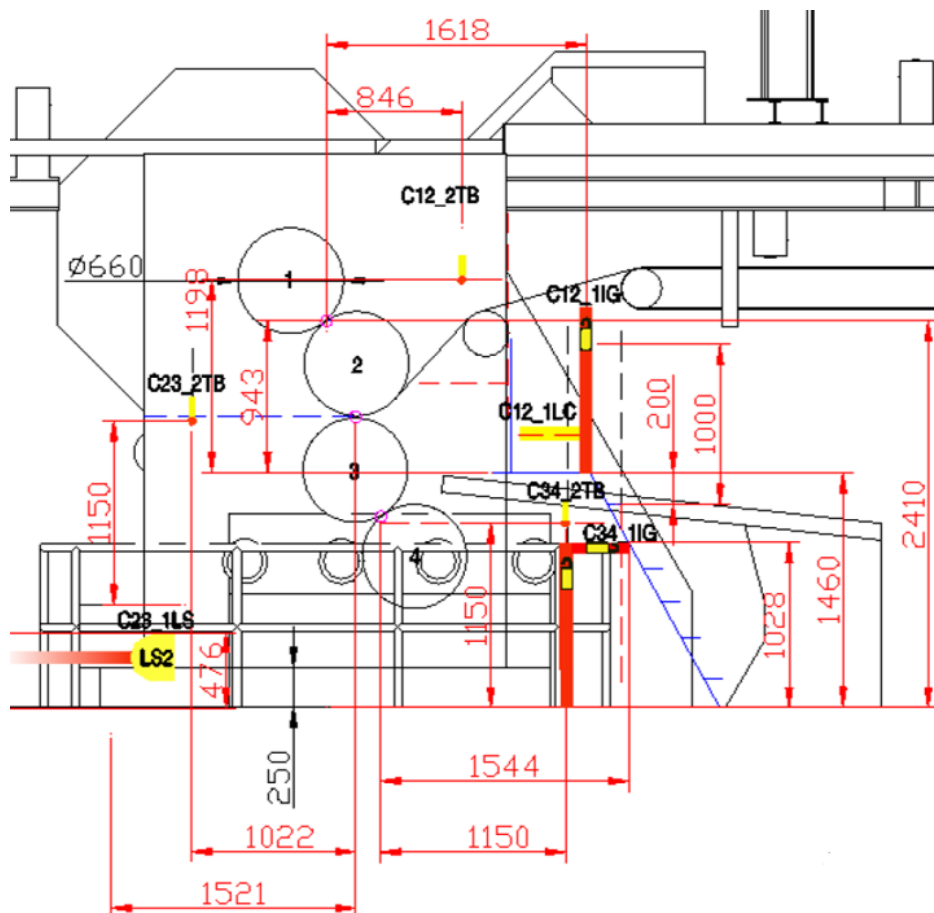
23. ábra: Két biztonsági berendezés alkalmazása
Forrás: MSZ ISO 12301:2020

A kockázatsökkentő javaslat részeként a szövet belépési oldalán a 2. és 3. kalandringek között kialakuló veszélyzónát nagy sebességnél a 24. ábrán feltüntetett C23-1LS jelzésű lézerskenner ellenőrzi. Az itt választott SICK S3000 típusú lézerskenner 7 méteres 190° -t belátó körben képes ellenőrizni, hogy tartózkodik-e operátor az adott zónában, ezzel kizárva a veszélyes hengerrészhez való hozzáférést. Alacsony sebességű üzemenél ($v < 10$ m/min) a C23-2TB jelzésű biztonsági kioldórúd kell ellenőrizze a veszélyes tér megközelítését.

Az anyag kilépési oldalán a 3. és 4. hengerek között kialakuló veszélyzónát nagy sebességnél a C34-1IG jelzésű, zárral ellátott reteszelő védőburkolat fogja védeni. A C34-1IG zárral ellátott reteszelő védőburkolat legalább 1000 mm magas kell legyen, és a 3. és 4. hengerek veszélyes zónájától legalább 1500 mm távolságra szükséges elhelyezni a

szabványt figyelembe véve. Alacsony sebességű üzemnél ($v < 10$ m/min) a C34-2TB jelzésű biztonsági kioldórúd feladata megakadályozni a veszélyes tér megközelítését. Ezt a kioldórúdat a szabványnak eleget téve 1150 mm magasra és 1150 mm távolságra kell elhelyezni a veszélyes hengerréstől.

A kilépési oldalon az 1. és 2. hengerek között kialakuló veszélyzónát nagy sebességnél a C12-1IG jelzésű zárral ellátott reteszelő védőburkolat fogja védeni, kiegészítő védőintézkedésként a C12_1LC jelzésű fényfüggöny elhelyezése szükséges, amely az esetlegesen bent maradó személyek jelenlét érzékelését látja el. Ebben az esetben SICK deTec4 típusú párban felszerelhető fényfüggönnyet választottam, mely 14 mm-es felbontással vizsgálja az adott területen tartózkodást. A C12-1IG zárral ellátott reteszelő védőburkolat legalább 1000 mm magas legyen, és a 1. és 2. hengerek veszélyes zónájától legalább 1500 mm távolságra kell elhelyezni. Alacsony sebességű működtetésnél ($v < 10$ m/min) a C12-2TB jelzésű biztonsági kioldórúd ellenőrzi a veszélyes tér megközelítését.



24. ábra: Kalander biztonsági berendezései
Forrás: Gépdokumentáció

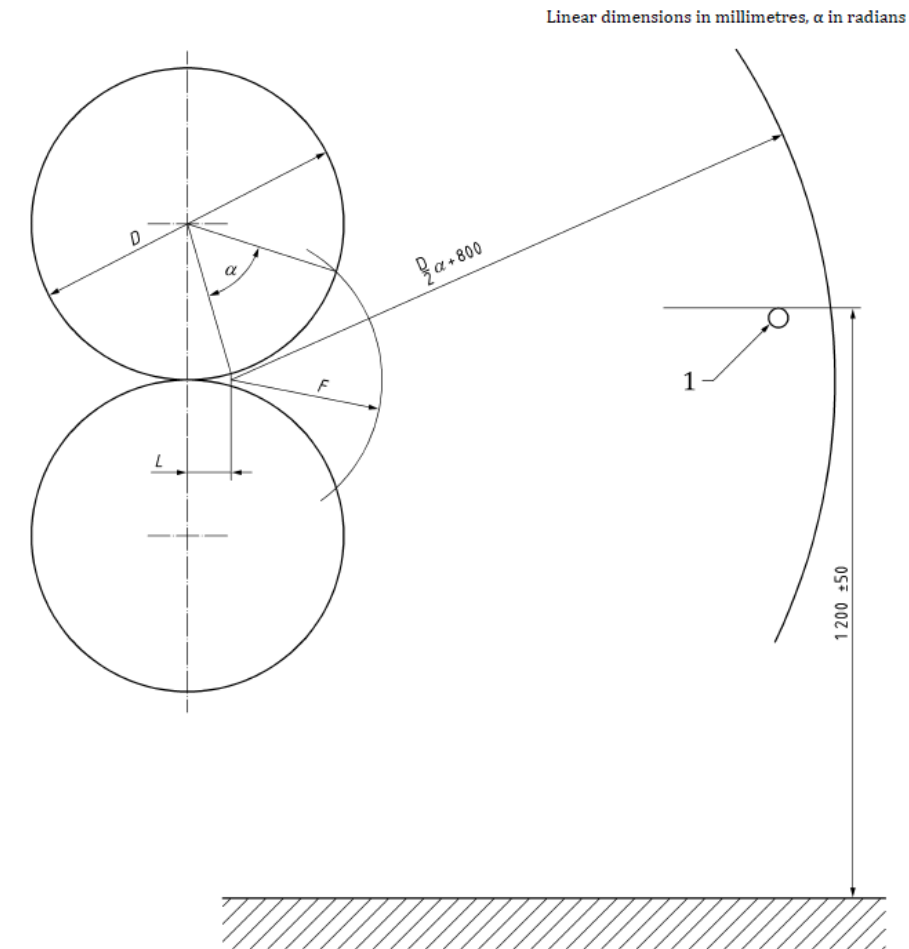
Alacsony sebességnél a hengerek között kialakuló veszélyzónák megközelítését ($v < 10$ m/min) C23-2TB, C34-2TB, C12-2TB jelzésű biztonsági kioldórudak ellenőrzik. A kioldórúd egy mechanikusan működtetett kioldószerkezet vízszintes merev rúd formájában, amelynek a test bármely részének működtetésével:

- a hengerek leállítását okozza,
- 5 másodpercen belül legalább 50 mm-es automatikus hengereltávolítást kell elérnie, a PLr = d, 3. kategória szerint. A hengerelválasztás nem okozhat további veszélyeket, pl. zúzás a henger és rögzített rész között,
- engedélyezi a mentési hátramenetet.

A kioldó rúdnak meg kell felelnie a következő követelményeknek:

- 10 mm-nél nem nagyobb elmozdulással kell működtetni, amelyet a kezelő testének a hengerek felé történő elmozdulása okoz,
- a rúd működtetése nem igényel 200 N-nál nagyobb erőt a rúd mindkét végén és közepén,
- bárhol a tolási művelet a rúd hosszában történik, a rúd 10 mm-es elmozdulásának ki kell váltania legalább egy pozitív üzemmódban működtetett helyzetérzékelőt (lásd EN ISO 14119:2013, 5.4),
- a rúd visszaállítása nyugalmi helyzetébe nem okozhatja az újraindítást. Külön kézi alaphelyzetbe állító eszközt kell elhelyezni a veszélyes zóna teljes kilátását biztosító helyzetben.
- A kioldórúdnak ki kell terjednie a kalander tekercsek teljes hosszára.

A kioldórudat a szabvány alapján a 25. ábra szerint kell elhelyezni:



- Key**
- 1 trip bar (in rest position)
 - L depth of crushing zone (see Figure 3)
 - F length equivalent to the stopping arc length at v_{max} .
 - D larger diameter of the calender rolls
 - α stopping angle

25. ábra: Biztonsági kioldórúd elhelyezése
Forrás: MSZ ISO 12301

Ahhoz, hogy kioldórúd távolságát kiszámítsuk először ismernünk kell a különböző sebességű üzemmódnál történő leállási szöget. A leállási szögek mérését követően a 9. táblázatban foglalom össze a kalander hengerek leállási teljesítőképességét.

9. táblázat: Kalander hengereinek leállási szöge

Forrás: saját táblázat

sebesség [m/min]	leállási szög (átlag) [fok]
5	2,547770701
10	8,627678054
20	28,14128547
35	78,63346844

- A biztonsági kioldórúd minimális távolsága 5 m/min sebességnél:
 $S = D/2 * \alpha = 660/2 * 2,5 * (\pi/180) + 800 \text{ mm} = 814 \text{ mm}$
- A biztonsági kioldórúd minimális távolsága 10 m/min sebességnél:
 $S = D/2 * \alpha = 660/2 * 8,6 * (\pi/180) + 800 \text{ mm} = 850 \text{ mm}$
- A biztonsági kioldórúd minimális távolsága 20 m/min sebességnél:
 $S = D/2 * \alpha = 660/2 * 28,1 * (\pi/180) + 800 \text{ mm} = 962 \text{ mm}$
- A biztonsági kioldórúd minimális távolsága 35 m/min sebességnél:
 $S = D/2 * \alpha = 660/2 * 78,6 * (\pi/180) + 800 \text{ mm} = \mathbf{1253 \text{ mm}}$

A számítás alapján kijelenthetjük, hogy maximális sebesség mellett a biztonsági kioldórúd minimum 1253 mm távolságra kell elhelyezni a veszélyes hengerréstől a kockázat csökkentése érdekében. Ebben az esetben zónákra bontottam a veszélyes réstől való távolságot és a vészrudat, így a vészrúd mellett egy reteszelő védőburkolatot is rögzítettem.

3.4.6. Ajtóellenőrzés

Az ajtók ellenőrzése a kalander különböző vezérlési módjai és működési sebességei során különösképp fontos. Nyitható kerítések elhelyezése lehetővé teszi a veszélyes területek elkerítését az anyag be- és kilépési oldalán. Bármely biztonsági ajtó kinyitása a kalanderezési zónában vészleállítást eredményez. A biztonsági ajtózárra példa a 26. ábrán bemutatott SICK TR110 ajtózár, mely eleget tesz a szabványban megadott biztonsági szempontoknak.



26. ábra: Biztonsági ajtózár
Forrás: sick.com

A SICK TR110 típusú ajtózár biztonsági paramétereit a 10. táblázatban mutatom be.

10. táblázat: Biztonsági ajtózár biztonsági jellemzői

Forrás: sick.com

Safety integrity level	SIL3 (IEC 61508)
Category	Category 4 (EN ISO 13849) 1)
Performance level	PL e (EN ISO 13849) 1)
PFHD (mean probability of a dangerous failure per hour)	4.1 x 10 ⁻⁹ (EN ISO 13849) 1)
TM (mission time)	20 years (EN ISO 13849)
Type	Type 4 (EN ISO 14119)
Actuator coding level	High coding level (EN ISO 14119)

Fontos, hogy a védőajtót zárva kell tartani, amíg a gép le nem lassul. A kalanderen elhelyezendő C34-1IG és a C12-1IG jelzésű, zárral ellátott biztonsági kerítés ajtaja mindaddig zárva kell maradjon, amíg a kalander hengerek le nem lassulnak $v < 10$ m/min sebesség alá. Ennek ellenőrzése szintén megvalósítható a biztonsági ajtózárral és az ahhoz tartozó SRP/CS (safety related part of a control system – a gépvezérlés biztonságát szolgáló részének részrendszerei) biztonsági funkcióval. Az ISO 13849 szabványsorozat biztonsági követelményeket és útmutatást ad a vezérlőrendszerek biztonságával összefüggő szerkezeti részek (SRP/CS) kialakítására és beépítésre vonatkozó alapelvekhez, beleértve a szoftverek kialakítását. Az SRP/CS e részeire vonatkozóan előírja azokat a jellemzőket, amelyek magukban foglalják a biztonsági funkciók végrehajtására vonatkozó megkövetelt PL_r = d teljesítményszintet.

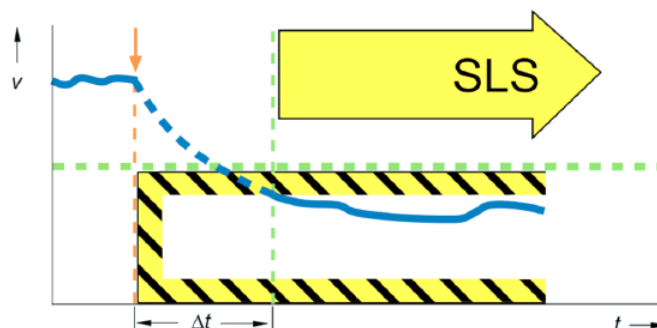
3.4.7. A biztonsággal kapcsolatos paraméterek figyelemmel kísérése

Alacsony sebesség üzemmódnál a hajtások csak alacsony sebességgel foroghatnak ($v < 10$ m/min), míg a fordított mozgás üzemmódnál a hajtások csak alacsony sebességgel foroghatnak ($v < 5$ m/min). Ennek ellenőrzésére megoldást kínál a hajtásrendszer beépített SLS (Safely Limited Speed – biztonságosan csökkentett sebesség) biztonsági monitoring funkcióval. Speciális üzemmódban, például beállításkor vagy nyitott védőajtó mellett a biztonságosan csökkentett sebesség felügyelete kiemelten szükséges. Az SLS biztonsági funkció biztosítja, hogy a hajtás ne léphesse túl az adott üzemmódban meghatározott sebességhatárt. Az EN 61800-5-2 szerinti definíció: "Az SLS funkció megakadályozza, hogy a motor túllépje a megadott sebességhatárt." Az SLS

alkalmazásával a hajtás megbízhatóan figyeli a fordulatszámot és a konfiguráció által meghatározott hibareakciót aktiválja a beállított sebességhatár túllépése esetén.

Az SLS funkció használata ajánlott, ha operátorok tartózkodnak a gép veszélyes zónájában, és biztonságuk csak csökkentett sebességű üzemmód során garantálható. Ezért először a sebesség csökken, majd az SLS funkció segítségével aktiválódik a biztonságos felügyelet, így elkerülhető a beállított sebességhatár véletlen túllépése. Tipikus eset, amikor a kezelőnek be kell lépnie a gép veszélyes zónájába karbantartás vagy beállítás céljából. Az SLS egyik jellemző felhasználási módja a csévéelő, amelyben az anyagot a kezelő kézzel csavarja be. Az operátor sérülésének elkerülése érdekében a henger csak biztonságosan csökkentett sebességgel foroghat. Az SLS-t gyakran egy kétlépcsős biztonsági koncepció részeként is használják. Amíg egy személy egy kevésbé kritikus zónában van, az SLS funkció aktiválódik, és a hajtások csak egy kisebb területen állnak le, ahol nagyobb a potenciális kockázat. Az SLS nem csak a kezelő védelmére használható, hanem a gépek védelmére is, pl. ha egy maximális sebességet nem szabad túllépni. Mivel az anyag behelyezése a kalanderhengerekre olyan lassú üzemű folyamat, amikor az operátornak közelebb kell tartózkodni a veszélyes zónához, a kalanderhengerek részéhez, ezért az SLS rendszer jó megoldás a működtetési sebesség értékének figyelemmel kísérésére.

A 27. ábra a bemeneti jel időkarakterisztikáját mutatja be az SLS biztonsági funkció aktiválásához és egy axiális sebességet. Ezzel a kiegészítő védőintézkedéssel a biztonságos sebesség felügyelet meggátolja, hogy a hajtás túllépje a megadott sebességhatárt, illetve az esetleges határérték túllépésekor a hajtás azonnali biztonságos leállítására ad parancsot.



27. ábra: Biztonságosan korlátozott sebesség (SLS)

Forrás: Siemens AG, 2013

3.4.8. Kézi visszaállítás funkció

A biztonsági kioldórúd visszaállítása nyugalmi helyzetébe nem okozhatja a vészleállítás utáni újraindítást. Külön, kézi alaphelyzetbe állító eszközt kell elhelyezni a veszélyes zóna teljes kilátását biztosító helyzetben a gép biztonságos újraindításához. A kézi visszaállítás funkcióval részletesen az ISO 13849 és az IEC 60204-1 szabvány foglalkozik.

A leállítási parancs biztonsági berendezéssel való kezdeményezése után a nyugalmi, leállási állapotot fenn kell tartani az újraindításra vonatkozó biztonságos feltételek megvalósulásáig az ISO 13849 szerint. A biztonsági funkció helyreállítása a biztonsági berendezés visszaállításával megszünteti a leállítási rendelkezést. A kockázatfelmérés során kiderült, hogy a kalanderhengerek leállítási rendelkezésének megszüntetését meg kell erősíteni egy kézi, különálló és szándékos művelettel, mely a kézi visszaállítás (ISO 13849).

A kézi visszaállítás funkció helyes megvalósításához a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- Gondoskodni kell egy különálló és kézi működtetésű készülékről az SRP/CS-en (ellenőrzési rendszeren) belül.
- Meg kell bizonyosodni arról, hogy a visszaállítás csak akkor legyen lehetséges, ha az összes biztonsági funkció és biztonsági berendezés működőképes.
- A kézi visszaállítási funkció maga nem idézhet elő semmilyen mozgást vagy veszélyhelyzetet.
- A visszaállítás csak és kizárólag szándékos műveletre következhet be.
- A vezérlőrendszert egy különálló indítási rendelkezés fogadására kell előkészítse.
- Csak a kapcsoló bekapcsolt („be”) helyzetéből való kikapcsolással legyen alkalmazható.

A biztonsággal összefüggő, a kézi visszaállítás funkciót biztosító részek teljesítményszintjét úgy kell megválasztani, hogy a kézi visszaállítás funkció beépítése ne csökkentse a vonatkozó biztonsági funkció megkövetelt biztonságát.

A visszaállító kapcsolót a veszélyes téren kívül, és biztonságos helyen kell elhelyezni, ahonnan jó a rálátás annak ellenőrzésére, hogy nincs személy a veszélyes téren belül.

Amikor a veszélyes tér láthatósága nem teljes, akkor speciális visszaállítási eljárás szükséges.

Egyik megoldás egy második visszaállító kapcsoló használata. A visszaállítás funkciót a veszélyes téren belül kezdeményezik az első kapcsolóval, kombinációban egy második, a veszélyes téren kívül (a biztonsági berendezés közelében) elhelyezett visszaállító kapcsolóval. Ezt a visszaállítási eljárást korlátozott időn belül szükséges végrehajtani azelőtt, hogy a vezérlőrendszer elfogad egy különálló indítási rendelkezést.

3.4.9. Folyamatos működtetésű kapcsoló

A kalanderen felléphetnek olyan helyzetek, mely során az indításhoz meg kell fordítani a mozgást és folyamatos működtetésű kapcsoló segítségével („Hold-to-run”) kell a hátramenetet biztosítani. Ebben az esetben a kezelő biztonságát a következő intézkedésekkel kell biztosítani:

- Olyan speciális vezérlési mód használata, amelyet egy üzemmódválasztó aktivál, amely kikapcsolja az összes többi vezérlési módot. Az ellenőrzési rendszer (SRP/CS) biztonsággal kapcsolatos részének összhangban kell lennie a $PLr = d$, és
- a hátramenet kiválasztásával az üzemmódválasztón villogó figyelmeztető lámpát kell indítania a hátramenet által létrehozott új zúzási zónák közelében. A jel addig kell folytatódjon, amíg az üzemmódválasztó ebben az üzemmódban van.

Ha a fordított mozgás által létrehozott új zúzódási zónákba való bejutást védők nem akadályozzák, akkor a veszélyes elemek működése csak akkor engedélyezett, ha az összes következő követelmény teljesül:

- a mozgásokat a működtetésig tartó vezérlőegység folyamatos működtetésével kell szabályozni. Az ellenőrzési rendszer (SRP / CS) biztonsággal kapcsolatos részének összhangban kell lennie a $PLr = c$ értékkel és
- a sebességet 5 m / min-re kell korlátozni. A vezérlőrendszer (SRP / CS) biztonsággal kapcsolatos részének meg kell felelnie a $PLr = d$ vagy $PLr = c$ követelményeknek, ha a hengerek közötti hézag meghaladja az 50 mm-t, ha a rés beállítható, ezt a rést ellenőrizni kell, és le kell állítania a forgást a $PLr = c$ szerint.

Fontos, hogy az üzemeltetőnek tisztán kell látnia a veszélyzónákat. A kalander méretétől és elrendezésétől függően szükség lehet néhány vizuális eszköz biztosítására, pl. tükrök,

zártláncú televízió (CCTV). Amint a kézi, folyamatos működtetésű kapcsoló elengedésre kerül a mozgásnak a fék hatására meg kell állnia,

3.4.10. Menekülés és csapdába esett személyek megmentése

A kalandert úgy kell kialakítani, hogy kalander hengerinek hátramenetét folytonos működésű háromállású gombokkal lehessen vezérelni, hogy ki lehessen szabadítani a hengerek közé, illetve a valamelyik henger és az anyag közé beszorult személyt. Ez a funkció a kézi helyreállítás szükségessége nélkül és a módválasztó kapcsoló állásától függetlenül aktiválható. A kalander „vészhelyzeti hátramenet” funkciója, melynek teljesítményszintje $PLr = d$ a helyi kapcsolótáblán található háromállású kapcsolóval indítható, ami csak abban az esetben engedélyezi a kalander hengerek visszafelé forgatását, ha a gépsor leállítása vészhelyzetben történt. A kalander, hengereinek hátrameneti sebessége 5 m/perc. A hátrameneti mozgást a gomb felengedésekor a fék hatása állítja meg.

Az esetlegesen bennrekedt személyek kiszabadítására és mentésére szolgáló intézkedések a következők lehetnek:

- menekülési utak, búvóhelyek biztosítása azokon a részeken, ahol a kezelő bennrekedése veszélyes lehet,
- a vészkapcsolás utáni elemek kézzel mozgathatóságának előírása,
- intézkedések egyes elemek mozgásának ellenkező irányba való kapcsolására,
- rögzítési pontok a leeresztő berendezésekhez,
- hírközlési eszközök biztosítása a beszorult, bennrekedt személyek részére segélyhívás esetén.

A kalanderre felszerelendő reteszelő védőburkolat kinyitása vagy a kioldó eszköz önkéntes vagy akaratlan működtetése, vagy a vészleállító eszköz működtetése miatt a kalander görgők leállítása után lehetővé kell tenni a tekercsek hátramenetét egy erre kijelölt „Hold-to-run” kapcsoló működtetésével. Az EN ISO 12100 szabvány szerinti folyamatos működtetésű eszköz felszerelése kötelező a hengerek között vagy a hengerek és az anyag között rekedt személy szabadon engedése érdekében.

3.4.11. Használati utasítás és szükséges egyéni védőfelszerelések

MSZ EN 12301 szabvány a felhasználó számára rendelkezik a használati utasításokról, mint a leállási szögek mérési módszereiről, a fékvizsgálat módszeréről és gyakoriságáról.

Ezek az utasítások határozzák meg a fékrendszer újra beállítására elvégzendő intézkedéseket azért, hogy:

- a mért leállási szög legfeljebb a meghatározott α leállási szög legyen és
- a mért leállási szög az energiaellátás kimaradásakor legfeljebb az α_{max} szög legyen.

Ha a fékrendszer mechanikus fékből és gépi működtetésű fékrendszerből áll, akkor az információ tartalmazza a teljes fékrendszer vizsgálatát is, és önmagában a mechanikus fék vizsgálatát is.

A korábbi fejezetekben ismertetett utasítások vonatkoznak a mentési, ellentétes irányú mozgásról, a reteszkiodó rúd vagy két biztonsági berendezés kombinációjáról, valamint annak működési vizsgálatának módjáról és gyakoriságáról. Kiegészítésként a szabvány szerint a reteszkiodó rudat nem szabad normális leállításkor alkalmazni a gyártás során, csak és kizárólag vészhelyzet esetén. A szabvány továbbá azt is hangsúlyozza, hogy a kalander felszerelése után semmit sem szabad arra használni, hogy kezelő a padló vagy a kezelői dobozó fölé álljon veszélyhelyzetek elkerülése végett.

A kalanderek biztonságos tisztításának módja szintén a szabványba van foglalva, miszerint a tisztítás a hengerek nyugalmi helyzetében vagy a hengerek kifelé irányuló mozgása oldalán, vagy befelé irányuló mozgása oldalán a veszélyes téren kívül kivitelezhető. Ha ez nem lehetséges, akkor a kalanderberendezésen legyen tisztítókészülék (szerszám, manipulátor, robot), hogy a hengerek a veszélyes térben a kezelő beavatkozása nélkül tisztíthatók legyenek.

A késbeállítás és késcsere biztonságos használata az előírás szerint az, hogy amennyiben a kések nem biztonságosak a helyzetükből adódóan, akkor az véletlen érintkezés megelőzése céljából a kés vágóéleit a következők szerint kell védeni: nyugalmi helyzetben a kések a körülzárt térbe húzódnak vissza és munkahelyzetben a kés nem vágó (dolgozó) részeit a következők burkolják:

- rögzített távolságtartó védőburkolat biztonsági távolsággal vagy
- rögzített burkolat.

Használati szempontból fontos paraméter az az elektrosztatikus kisülés veszélye elleni védelem, melyre a szabvány kiegészítő földelő csatlakozásokat ír elő. Elektrosztatikus feltöltődés kialakulását megfelelő intézkedésekkel (például összekötött és földelt

vezetőfelületek létrehozásával vagy alkalmazásával, vagy ionizációs készülék alkalmazásával) meg kell akadályozni.

A szükséges egyéni védőfelszerelések a kalanderen való munka során a védőkesztyű, mely véd a vágás, illetve a meleg géprészek érintése okozta sérülések ellen, illetve a munkavédelmi ruha (nadrág, felső). Korábban a cég ESH csapata zajszintmérést végzett az üzem több pontján, mely során kiderült, hogy a zaj mértéke nem haladja meg a kritikus értéket. Ennek ellenére a kalander használatához egyszer használatos füldugó rendelkezésre áll az összes operátor számára. A kalanderen való munkavégzés során a munkaeszközök (olló, kés, kézi szerszámok stb.) szintén biztosítottak. Az operátorok ollót, kést csak úgy tarthatnak maguknál, hogy az balesetet ne okozhasson. Olló, vagy kés biztonságos tárolása a dolgozó derekához rögzített védőtokban történhet, azokat zsebben tartani tilos. Késsel történő vágás közben az operátornak a kést mindig a testtől ellentétes irányba kell tolni a vágási sérülések elkerülése érdekében.

3.4.12. Gépen elhelyezendő figyelmeztető jelzések

Minden kalanderberendezést meg kell jelölni legalább a következőkkel az ISO 12301 szabványnak eleget téve:

- a gyártó (szállító) és szállító neve és címe,
- kötelező jelölés,
- a sorozat vagy típus megjelölése,
- sorozatszám vagy gépszám,
- a meleg felületeket jelző figyelmeztető jelölések az ISO 7010:2019 szabvány alapján.

Továbbá azokon a kalandereken, amelyeken szakasz szerinti reteszkioldó rudak vannak:

- egyértelműen és maradónan kell megjelölni a veszélyes tér határait – a kalanderhengerek mindkét végén a gépállványon – legalább 10 mm szélességű és a hengerlő felületekig terjedő vonalakkal (körívekkel),
- a gépen, a reteszkioldó rúd közelében a következő felirat legyen: „Ez a kalander nem biztonságos azon személyek számára, akik a gépállványon megjelölt határokon túlra a reteszkioldó rúd működtetése nélkül benyúlnak”.

3.5. Kockázatelemzés az intézkedések bevezetését követően

A kockázatelemzés újbóli elvégzése szükséges a kockázatcsökkentő intézkedések bevezetését követően is, hogy megbizonyosodjunk a veszélyhelyzetek elhanyagolható kockázatra csökkentek. Mivel az általam tett javaslatok jelenleg még nem kerültek bevezetésre a kalandersoron, így a következő kockázatelemzést elméleti alapon végeztem el.

3.5.1. Kalander 2.-3. görgői közti veszély

A kalander 2-es és 3-as hengerei közti veszély a kockázatcsökkentő intézkedések bevezetésével nagyon alacsony kockázatú besorolást kapna, ahogy azt a 11. táblázat is bemutatja. Ezen veszélyes zóna biztonságát a korábban megfogalmazott beépített biztonságot adó tervezői intézkedések nagyban támogatják, hiszen ezzel a hengereken történő manuális munkavégzés elkerülhető. A kockázat csökkentéséhez a bevezetésre kerülő biztonsági funkciók, a vészleállítási helyes alkalmazása, a vezérlési módváltás modernizálása, a veszélyes terület szigorú védelme, az ajtóellenőrzés, paraméterfigyelés bevezetése, valamint a folyamatos működtetésű kapcsolók és egyéb, korábban tárgyalt kiegészítő védőintézkedések járulnak hozzá. A szabványokban előírt biztonsági szint és vezérlési kategória helyes megválasztása a komponenseket illetően tovább növeli a gépbiztonságot és csökkenti a lehetséges veszélyhelyzeteket. Végül, de nem utolsósorban a használatról való megfelelő tájékoztatás, a védőeszközök használata és a gépre elhelyezendő figyelmeztető jelzések szintén segítik az operátorok biztonságos munkavégzését.

11. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Intézkedés utáni előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH* NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúródás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
0,1	4	15	1	6

3.5.2. Kalandor 1-2. és 3.-4. görgői közti veszély

A kalandor 2-es és 3-as hengereihez hasonlóan ezen görgők esetén is több kockázatcsökkentő intézkedés került meghatározásra. Ebben az esetben kiemelten fontos a vezérlés helyes megválasztása a PLr érték és a vezérlési kategória figyelembevételével, valamint a veszélyes tér védelmét biztosító elemek megfelelő alkalmazása. A kockázatbecslés újbóli elvégzése megmutatja, hogy az intézkedések alkalmazásával a veszély nagyon alacsony kockázati besorolású lenne. Ezt az 12. táblázat részletezi.

12. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Intézkedés utáni előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH* NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
0,1	4	8	1	3,2

3.5.3. Kalandor termikus veszélyei

A kalandor termikus veszélyeit tekintve főként a hengerek megérintési lehetőségének megakadályozása a fontos a veszélyes terület védelmének korrekt alkalmazásával. Ezt külön segítik az alkalmazandó biztonsági funkciók, és a 3.4. fejezetben meghatározott kiegészítő védőintézkedések. Figyelmeztető jelzések tekintetében ez az a zóna, amit a szabvány szerint jelölni kell, mely segíti az operátorokat tájékoztatni arról, hogy a hengerek és az anyag hőmérséklete magas lehet a működés során. Az esetleges érintés esetén az operátort a védőkesztyű és védőruha védi, így az égési sérülés elkerülhető. A 13. táblázatban látható, hogy a kockázatbecslés eredménye a kockázatcsökkentő intézkedések bevezetésével alacsony kockázati besorolásra redukálható.

13. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Intézkedés utáni előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH* NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
0,5	1,5	4	1	3

3.5.4. Kalander kardáncsuklóinál fellépő veszély

A kardáncsuklóknál fellépő veszély kiküszöbölésére zárral ellátott reteszelt védőburkolat felszerelését javasoltam, mely meggátolná, hogy az operátorok a forgó elemeket megközelíthessék a mozgás során. Emellett engedné, hogy a karbantartási idő alatt, a gép álló helyzetében munkát, javítást lehessen végezni a területen. A kockázatbecslés ismételt elvégzését a 14. táblázat rögzíti. Az eredmény alátámasztja, hogy az intézkedések bevezetése után a kockázat megfelelő mértékűre redukálható.

14. táblázat: Kockázatbecslés MSZ EN ISO 12100:2011 szerint

Forrás: saját táblázat

Intézkedés utáni előfordulási valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH* NP
0 = lehetetlen 0,1 Szinte elképzelhetetlen 0,5 Nagyon valószínűtlen 1 = Nem valószínű 2 = lehetséges 5 = egyenlő esély (megtörténhet) 8 = Valószínű 10 = Nagyon valószínű 15 = Bizonyos	0,1 = ritkán 0,2 = évente 1 = havonta 1,5 = hetente 2,5 = Naponta 4 = Óránként 5 = állandóan	0,1 = karcolás / zúzódás 0,5 = Csípődés / enyhe egészségkárosító hatás 1 = törés (kisebb csont) 2 = törés (főcsont) 4 = 1 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (átmeneti) 8 = 2 végtag / szem elvesztése vagy súlyos betegség (állandó) 15 = Halál	1 = 1-2 fő 2 = 3-7 fő 4 = 8-15 fő 8 = 16-50 fő 12 = Több mint 50 fő	
0,1	4	4	1	1,6

4. Gazdasági számítás

Ebben a fejezetben szeretném részletezni a gépen megvalósítandó biztonságtechnikai javaslatok gazdasági vonzatát, mint pl.: felhasznált berendezések, alkatrészek ára és munkadíj. A kalander gépbiztonságát garantáló kockázatsökkentő intézkedések kötelező jellegűek a gép aktuális biztonsági szabványoknak való megfeleltetése érdekében, hiszen azon a vezérlés cseréje okán nagy mértékű változás lesz. Ennek értelmében ebben az esetben nem megtérülést, hanem üzemeltethetőséget, működésre alkalmasságot kell figyelembe venni.

A felhasznált berendezéseket a 15. táblázatban foglalom össze konkrét típus, gyártó és nettó egységár megjelölésével.

15. táblázat: Felhasználandó berendezések értéke

Forrás: saját táblázat

Megnevezés	Darab- szám	Típus	Gyártó	Nettó Egységár
Vészleállító érintkező blokk	1	ZBE102	Schneider Electric	2 129 Ft
Processzor (SIMATIC S7-1500F)	5	6ES7517-3FP00-0AB0	Siemens AG	3 760 480 Ft
DI modul (F-DI 8x 24 V DC H)	3	6ES7136-6BA00-0CA0	Siemens AG	101 185 Ft
DC/2A)	2	6ES7136-6DB00-0CA0	Siemens AG	97 688 Ft
Vezérlőegység (CU320-2 PN)	5	6SL3040-1MA01-0AA0	Siemens AG	239 970 Ft
Single Motor Module	20	6SL3325-1TE33-1AA3	Siemens AG	2 722 505 Ft
Brake Control block	8	VOFA-L26-T32C-M-G14-1C1-APP	Festo AG	308 365 Ft
Kontaktor szelepekhez	24	3RH2122-1BB40	Siemens AG	14 055 Ft
Proporcionális szelep	12	4WRPEH 6 C 25 3X/M/24F1	Bosch Rexroth	1 571 600 Ft
Szelepek	22	M-3SED 10 CK1X/350CG24	Bosch Rexroth	219 657 Ft
Kontaktor hidraulika tápegység	6	3RT2026-1DB40	Siemens AG	21 637 Ft
Ajtózár	6	TR110-SRU2B01	SICK AG	145 735 Ft
Módváltó kapcsoló	1	XB4BD25	Schneider Electric	9 940 Ft
Fényfüggöny párban	2	C4C-EA04510A100001211470	SICK AG	357 230 Ft
Lézerskenner	2	S30A-7111DL	SICK AG	1 652 195 Ft
Elektromechanikus bizt. kapcsoló	12	i10-RA213	SICK AG	21 100 Ft
Vésznyugtató gomb	1	XB5AW35B5	Schneider Electric	8 385 Ft
Rögzítő sín	2	187-3276	RS PRO	23 070 Ft
Sűrített levegős fúvóka	2	184321	Festo AG	4 795 Ft
Munkahenger	2	DSBC-32-100-PPVA-N3	Festo AG	51 600 Ft
Sűrített-levegő előkészítő egység	2	MSB4-1/4:C3:J1:F12-WP	Festo AG	131 300 Ft
Lézeres palástvastagságmérő	1	4350676	Micro-Epsilon	1 255 300 Ft
			Összérték:	108 420 741 Ft

A berendezések értékén felül számolnunk kell a munkadíjjal is. Ebben az esetben 5 nap beosztott mérnöki munkadíj jelenleg a Magyar Mérnöki Kamara oldalán történő díjszabással nettó 755 000 Ft plusz áfa. A mérnök munkáját segítő segéd tervező, szerkesztő munkadíja pedig 12 napra számolva nettó 912 000 Ft plusz áfa.

A felhasznált berendezések ára, valamint a munkadíj összesen tehát 110 087 741 Ft.

Ezek az árak az idő és komponensek elérhetőségének függvényében változhatnak.

5. Összefoglalás

A Comerio-2 kalandersor kockázatfelmérését követően kiderült, hogy a kalanderezési zónában több nagyon magas, szinte már rendkívülinek besorolható kockázat is felismerhető, ezért mindenképp új védőintézkedések bevezetése szükséges. A kockázatok csökkentésére tett biztonságot adó tervezői intézkedésekkel, a védőintézkedésekkel, illetve a helyes használati információk megadásával szerettem volna a gép veszélyeit csökkenteni. A tett javaslatok bevezetése utáni állapotra újra elvégeztem a kockázatelemzést, mely során megállapítottam, hogy sikerült elérni a kívánt kockázati besorolást, így a gép biztonsági szempontból a szükséges intézkedések bevezetése után megfelelne az aktuális MSZ EN ISO 12100 Gépek biztonsága, illetve MSZ EN 12301 Műanyag- és gumiipari gépek, kalanderek, biztonsági követelmények című szabványoknak, mely szabványpáros kiemelten fontos a kalandergépek biztonsága kapcsán. A gazdasági számításban részleteztem a kockázatcsökkentő javaslatok anyagi vonzatát, mely során a megtérülés helyett az üzemeltethetőség volt a fő szempont, hiszen a gépbiztonsági megfelelés kötelező kritérium.

6. SUMMARY

After the risk assessment of the Comerio-2 calendering line, it became clear that several very high, almost extraordinary risks can be recognized in the calendering zone, so it is necessary to introduce new protective measures. My goal was to reduce the dangers of the machine with safety design measures, protective measures, and the provision of correct usage information. I re-performed the risk analysis for the state after the implementation of the suggestions made, during which I found that the desired risk classification was achieved, so that the machine would comply with the current MSZ EN ISO 12100 (Safety of machines) and MSZ EN 12301 (Plastic and rubber industry machines, calenders, safety requirements), which pair of standards is particularly important in relation to the safety of calender machines. In the economic calculation, I detailed the financial impact of the risk-reducing proposals, during which operability was the main consideration instead of profitability since machine safety compliance is a mandatory criterion.

7. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott Klement Kata a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar gépészmérnök (MSc) szak végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a 4 hengeres kalandersor gépbiztonságának felülvizsgálata és szabványoknak való megfeleltetése kockázatelemzéssel, kockázatcsökkentő javaslatokkal címmel védésre benyújtott diplomamunka saját munkám eredménye, amelynek elkészítése során a felhasznált szakirodalmat a szerzői jogi szabályoknak megfelelően kezeltem.

Gödöllő, 2023.04.01.



.....
Klement Kata

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Klement Kata nevű hallgató (Neptun azonosítója: WPJJ42) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023.04.01.



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

8. Irodalomjegyzék

Szakirodalom:

- Bartha Zoltán (1988): *Gumiipari kézikönyv*, 1. kötet, TAURUS-OMNIK, Budapest, 22-23; 348-359.
- Dr. Benkő János (2013): *Anyagmozgató gépek és eszközök*, Szent István Egyetemi Kiadó, 27-41.
- ContiTech Rubber Industrial Kft. – Heveder és Keverék K+F (2019): *Comerio-3 kalander és Betétsokszorozó*, belső gépleírás 1-5.
- Conveyor Belt System PHOENIX Gumiipari Kft. – Műszaki Osztály (2001): *Szállítóhevederek vizsgálata fárasztás hajlítgatással*, belső dokumentáció 1-4.
- Conveyor Belt System PHOENIX Gumiipari Kft. – Műszaki Osztály (2001): *Comerio-2 kalander*, belső gépdokumentáció 2-3.
- Dr. Pap Zsolt, Nádudvary József (1986): *Szállítóhevederek*, Műszaki Könyvkiadó, 97-124.
- Dr. Földi László József, Berencsi Bence (2022): *Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében*, Magyar Mérnöki Kamara
- Max Dietrich, Rolf Schumacher, Doris Lilienthal, Harald Schmidt, Hans-Jörg Stubenrauch, Otto Görnemann, Matthias Kurrus (2019): *Útmutató a biztonságos gépekhez SICK Sensor Intelligence*
- Dr. Molnár Tamás Géza (2018): *Műanyagok jellemzői, felhasználási és alkalmazási lehetőségek*, Szegedi Tudományegyetem, Gyártástechnológia előadás jegyzet, 46-47.
- Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János (2007): *A polimertechnika alapjai*, Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, 229-232.
- Dessewffy Olivér – Kerekes István (1965): *Gumigyártás II.*, Műszaki Könyvkiadó, 70-86.
- Festo AG, Guideline for functional safety, 135242 (EN), (2019/05):
[https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/13541/Guideline_Functional-safety_EN_2019_135242_L.pdf]
- MSZ EN ISO 252:1993 Szállítóhevederek tapadásszilárdsági követelményei
- MSZ EN ISO 283:1993 Szállítóhevederek húzószilárdsági és nyúlási követelményei
- MSZ EN ISO 4414, Pneumatikus teljesítményátvitel. A rendszerek és szerkezeti elemeik általános szabályai és biztonsági követelményei (ISO 4414:2010)

-
- MSZ EN ISO 12100 Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés (ISO 12100:2010)
- MSZ EN 12301 Műanyag- és gumiipari gépek. Kalanderek. Biztonsági követelmények (EN 12301:2019)
- MSZ EN ISO 13849-1: Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei (ISO 13849-1:2015)
- MSZ EN ISO 13851, Gépek biztonsága. Kétkezes vezérlőberendezések. A tervezés és a kiválasztás elvei (ISO 13851:2019)
- MSZ EN ISO 13854:2020 Gépek biztonsága. Legkisebb távolságok a testrészek összezúzdásának elkerüléséhez (ISO 13854:2017)
- MSZ EN ISO 14119, Gépek biztonsága. Védőburkolatokkal összekapcsolt reteszelőberendezések. Kialakítási és kiválasztási irányelvek (ISO 14119:2013)
- MSZ EN ISO 13855:2010 Gépek biztonsága. Biztonsági berendezések elrendezése a(z emberi) testrészek közelítési sebességének figyelembevételével (ISO 13855:2010)
- Safety Integrated for Drives and Motion Control, Standard and safety technology in one system, Siemens AG, 2013 (6ZB5711-0AE02-0AA7, 09/2013)
- Sárközi Eszter, Erdélyi Viktor, Tóth János, Földi László, Hidraulika és pneumatika, e-learning tananyag:
<https://elearning.unimate.hu/mod/scorm/player.php?a=115¤torg=SP&scoid=312&sesskey=vcZHIAxLZ7&display=popup&mode=normal>
- Sick GmbH, Útmutató a biztonságos gépekhez, 8017955/2015-07-07, (Special information Guide for Safe Machinery hu IM0062400.PDF)
[https://cdn.sick.com/media/docs/0/00/400/Special_information_Guide_for_Safe_Machinery_hu_IM0062400.PDF]
- Szilágyi J. Használati segédlet kockázatiértékelés készítéséhez Sistema program használatával, Festo, 2016

Interneten megjelent szakirodalom:

<https://www.continental.com/en/sustainability> (2023)

<https://www.continental.com/hu-hu/vallalat/continental-magyarorszagon> (2023)