

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE AQAP
DEFENCE AND IATF 16949
AUTOMOTIVE REQUIREMENT SYSTEMS****A HADIIPARI AQAP ÉS AZ AUTÓIPARI
IATF 16949 KÖVETELMÉNYRENDSZEREK
ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE**HORVÁTH András¹ – FARKAS Gabriella² – SZÜCS Endre³**Abstract**

The development of quality management systems has been closely linked to the rise of mass production, standardization, and global supply chains. In the defence industry, standardization primarily evolved to ensure interoperability, operational readiness, and reliability, leading to the establishment of the AQAP quality assurance framework. In the automotive industry, the demands of mass production and customer expectations gradually led to the development of standardized quality management requirements, which are now embodied in the IATF 16949 standard. This paper examines the historical evolution of quality management in the defence and automotive sectors and explores how their different operational environments have shaped industry-specific quality requirements and supplier expectations. The analysis highlights that, despite sharing common quality management principles, defence and automotive systems differ significantly in their emphasis on interoperability, government quality assurance, process capability, defect prevention, and logistics efficiency.

Keywords

AQAP, IATF 16949, quality management, defense industry, automotive industry, risk

Absztrakt

A civil minőségirányítási rendszerek fejlődése szorosan kapcsolódik a tömegtermelés, a szabványosítás és a globális beszállítói láncok kialakulásához. A hadiiparban a szabványosítás elsődleges célja az interoperabilitás, a műveleti rendelkezésre állás és a megbízhatóság biztosítása volt, amely az AQAP követelményrendszerében teljesedett ki. Az autóiiparban a tömegtermelés és a vevői elvárások hatására fokozatosan alakultak ki azok az egységes minőségirányítási követelmények, amelyek napjainkban az IATF 16949 szabványban jelennek meg. A cikk célja a hadiipari és az autóiipari minőségirányítás fejlődésének bemutatása, valamint annak feltárása, hogy az eltérő működési környezet miként alakította a két ágazat minőségügyi követelményeit és beszállítói elvárásait. Az összehasonlító elemzés alapján megállapítható, hogy míg a NATO AQAP rendszerében az interoperabilitás, a nyomonkövethetőség és a kormányzati minőségbiztosítás meghatározó jelentőségű, addig az IATF 16949 rendszerében a folyamatképesség, a hibamegelőzés és a sorozatgyártás hatékonysága kerül előtérbe.

Kulcsszavak

AQAP, IATF 16949, minőségirányítás, hadiipar, autóiipar, gyártási kockázat

¹ horvath.andras@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0007-9130-1413 | assistant lecturer, Óbuda University | egyetemi tanársegéd, Óbudai Egyetem

² farkas.gabriella@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0000-9881-7286 | assistant professor, Óbuda University | egyetemi adjunktus, Óbudai Egyetem

³ szucs.endre@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0003-2818-262X | senior lecturer, Óbuda University | egyetemi oktató, Óbudai Egyetem

BEVEZETÉS

A világban a globális kereskedelem és gyártás egyik alapvető követelményévé vált a nemzetközi szabványok alkalmazása. A szabványok célja, hogy biztosítsák a termékek, alkatrészek, folyamatok és szolgáltatások egységességét, összehasonlíthatóságát és kompatibilitását. A szabványok alkalmazása önkéntes, ugyanakkor használatuk hiányában nem valósítható meg a különböző gyártók által létrehozott termékek alkatrészeinek csereszabátossága. A gyártók és beszállítók által megkövetelt szabványok gyártásközi betartásával létrehozza a vevők bizalmát a termékekkel kapcsolatban [1].

A szabványok alkalmazási területük alapján alap-, termék-, folyamat-, vizsgálati és irányítási rendszerszabványokra oszthatók. Az irányítási rendszerszabványok speciális csoportját alkotják az ágazati vagy beszállítói többletkövetelmények, amelyek egy adott iparág sajátos elvárásait fogalmazzák meg. Ide tartoznak többek között a NATO védelmi iparában alkalmazott AQAP minőségbiztosítási többletkövetelmények (Allied Quality Assurance Publication, Szövetségesi Minőségbiztosítási Kiadvány) vagy az autóiipari IATF 16949 többletkövetelmény. Ezek az előírások az ISO 9001 irányítási rendszerszabvány alapelveire épülnek, de az adott ágazat kockázatainak és minőségi követelményeinek megfelelő többletelvárásokat tartalmaznak [2].

A jelenlegi NATO követelményeket tartalmazó egységes gyártási előírások elődje már a 18. században megjelent Franciaországban. A francia hadsereg által használt ágyúk kaliberét egységesítették, ez lehetővé tette a gyártás egyszerűsítését és üzemeltetését [3]. A következő nagyobb mérföldkö a hadászati területen az USA-ban 1937-ben bevezetett, egységesített műszaki előírások a szárazföldi és tengerészeti haderőnem számára (Army-Navy Aeronautical Board). Ez adta az alapját 1952-ben megalapított Védelmi Szabványosítási Program (Defense Standardization Program, DSP) létrejöttének [4]. A DSP napjainkban is érvényben van, a program koordinálja a katonai és civil szabványok alkalmazását, elősegíti a logisztikai és beszállítói folyamatok egységesítését az Egyesült Államokban.

A NATO szabványosítási tevékenysége 1951-ben kezdődött a Katonai Szabványosítási Hivatal (Military Agency for Standardization, MAS) létrehozásával a szövetséges országok katonai rendszereinek összehangolására. A feladata a szövetséges országok interoperabilitását biztosító szabványosítási dokumentumok kidolgozása volt. Ennek keretében elsősorban STANAG (Standardization Agreement, Egységesítési Egyezmény) megállapodásokat adott ki, amelyek a katonai műveletek, a logisztika, a fegyverrendszerek és a minőségbiztosítás egységes követelményeit rögzítik. A NATO katonai minőségügyi rendszerének egyik legfontosabb dokumentuma a STANAG 4107 [5], amely a kormányzati minőségbiztosítás kölcsönös elfogadásának alapját képezi, és amelyre az AQAP minőségbiztosítási kiadványok is épülnek [6,7].

Ford és Gould tanulmányában [8] a kézfegyverek és kézfegyver-lőszerek szabványosítási törekvéseit fejti ki a NATO-n belül 1970 és 1980 között. Megállapítja, hogy a szabványosítás nem csak műszaki vagy logisztikai kérdés volt, hanem politikai jelleget is öltött. Ez azt jelenti, hogy a NATO tagállamok kiemelt szereplői (Egyesült Államok, Egyesült Királyság, Nyugat Németország) a saját szabványaikat szerették volna elfogadtatni a többi tagállammal. Végül a közös megegyezést a belga Fabrique Nationale (Nemzeti Gyár, FN) által fejlesztett SS109 lőszer szabvány eredményezte. A közös NATO lőszer szabványosítást a Varsói Szerződés megalakulása sürgette.

Az Európai Védelmi Ügynökség (European Defence Agency, EDA) 2004-ben jött létre az Európai Unió védelmi együttműködésének erősítése érdekében. Az ügynökség feladata a katonai képességfejlesztés, a védelmi kutatás és a hadiipari együttműködés támogatása, valamint a szabványosítás elősegítése [9].

A NATO szabványosítási rendszerének modernizációja során a MAS funkcióit fokozatosan átvette a 2014-ben létrehozott NATO Szabványosítási Hivatal (NATO Standardization Office, NSO), amely jelenleg a NATO szabványosítási tevékenységének központi koordináló szervezete.

A hadi- és a civil ipar minőségügyi követelményeinek fejlődése eltérő működési környezetben ment végbe, ugyanakkor mindkét területen alapvető cél volt a beszállítói láncok megfelelőségének és a termékek megbízhatóságának biztosítása. Míg a hadiiparban a szerződéses megfelelőség, a rendszerbiztonság és a kormányzati minőségbiztosítás állt a szabályozás középpontjában, míg az autóiparban a globális beszállítói hálózatok növekvő komplexitása, a nagy volumenű sorozatgyártás, a Just-In-Time logisztikai rendszerek, valamint a termékbiztonsági és termékfelelősségi követelmények tették szükségessé az egységes beszállítói minőségirányítási előírások kialakítását. Ennek eredményeként az autóipar az ISO 9001 szabvány alapjaira építve létrehozta saját, nemzetközileg harmonizált követelményrendszerét, amely napjainkban az IATF 16949 [10] szabványban jelenik meg. Az IATF 16949 kidolgozásában meghatározó szerepet játszottak az OEM (Original Equipment Manufacturer, Eredeti Berendezésgyártó) járműgyártók, amelyek egységes követelményeket határoztak meg a teljes beszállítói láncra vonatkozóan.

A kutatás célja a hadiipari és a járműipari minőségirányítási rendszerek fejlődésének és alkalmazási sajátosságainak vizsgálata és összehasonlító elemzése. A hadiipari és a járműipari minőségirányítás közös alapját az ISO 9001 alapelvei jelentik, azonban az eltérő működési környezet és vevői elvárások következtében jelentős különbségek alakultak ki a két rendszer követelményeiben. A tanulmány a vevői követelmény, a fejlesztési folyamat, a kockázatkezelés, a nyomonkövethetőség, a logisztika, a költséggazdálkodás, valamint a megbízhatóság és termékbiztonság szempontjából hasonlítja össze az AQAP és az IATF 16949 rendszereket.

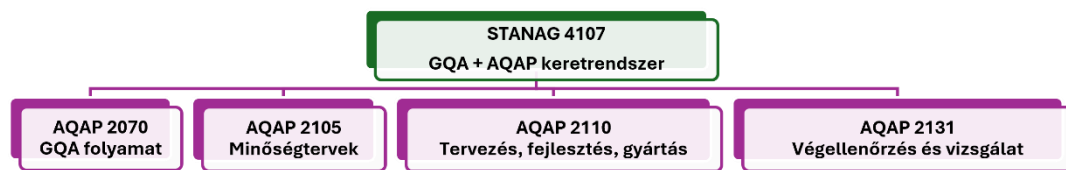
HADIIPARI GYÁRTÁS ÉS SZABVÁNYOSÍTÁS

A hadiipari minőségirányítás fejlődését elsősorban a hibamentes gyártás és az interoperabilitás iránti igény határozta meg. A két világháború során a hadseregek nagy mennyiségben igényelték fegyvereket, lőszereket és haditechnikai eszközöket, ezért szükségessé vált a gyártási folyamatok egységesítése és a termékek csereszabotosságának biztosítása. A nagy gyártási volumen miatt a teljes körű ellenőrzést fokozatosan felváltották a statisztikai minőségszabályozási és mintavételes ellenőrzési módszerek. [6,7]

A hadiipari minőségbiztosítás fejlődésének egyik fontos állomása volt a MIL-STD-105 [11] mintavételi szabvány bevezetése, amely a katonai termékek ellenőrzésének alapját jelentette. A következő jelentős lépést az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által 1963-ban kiadott MIL-Q-9858A [12] szabvány jelentette. Ez már nemcsak a végtermék megfelelőségét vizsgálta, hanem előírta a beszállítók számára dokumentált minőségbiztosítási rendszer működtetését is. A szabvány jelentős hatást gyakorolt a későbbi polgári minőségirányítási rendszerek fejlődésére, és az ISO 9001 [13] egyik elődjének tekinthető. [6,7]

A katonai szabványosítás fejlődésében több ország játszott meghatározó szerepet. Az Egyesült Királyság a Defence Standards (DEF STAN, [14]) rendszerrel járult hozzá a hadiipari minőségbiztosítás fejlődéséhez, míg a civil alkalmazásra kidolgozott BS 5750 [15] szabvány később az ISO 9001 alapjául szolgált. Németországban a szabványosítás az ipari szabványokkal párhuzamosan fejlődött, és a NATO-hoz való csatlakozást követően a Bundeswehr fokozatosan átvette a STANAG- és AQAP-követelményeket. [8] Ázsiában Japán a statisztikai minőség szabályozás és a folyamatos fejlesztés módszereinek alkalmazásával vált meghatározóvá, míg Kína a GJB (Guo Jia Jun Biao, Kínai katonai termék minőségbiztosítási többletkövetelmény), a Szovjetunió és később Oroszország pedig a GOST (Gosudarstvenny Standart, Orosz nemzeti megfelelőségi tanúsítvány) szabványrendszerre építette hadiipari szabványosítását.

A NATO minőségirányítási rendszerének alapját a STANAG 4107 [5] és az arra épülő AQAP (Allied Quality Assurance Publications) dokumentumok jelentik (1. ábra). A STANAG 4107 a NATO minőségbiztosítási politikájának és a kölcsönös kormányzati minőségbiztosítási (Government Quality Assurance, GQA) elfogadásnak a szabványosítási keretét adja, míg az AQAP-dokumentumok a védelmi termékekre és szolgáltatásokra vonatkozó konkrét minőségirányítási és minőségbiztosítási követelményeket egységesítik. Az AQAP 2110 [16] a tervezést, fejlesztést és gyártást végző szervezetek minőségirányítási követelményeit határozza meg, az AQAP 2070 [17] a GQA folyamatának végrehajtására ad útmutatást, az AQAP 2105 [18] a minőségtervekkel, az AQAP 2131 [19] pedig a végellenőrzésekkel foglalkozik. Ezek a dokumentumok a STANAG 4107 keretrendszerében együttesen biztosítják a NATO beszállítói láncának minőségét, megbízhatóságát és interoperabilitását a hadiipar számára.



1. ábra: A NATO minőségbiztosítási keretrendszere: STANAG 4107 és az AQAP dokumentumrendszer (saját szerkesztés)

JÁRMŰIPAR ÉS SZABVÁNYOSÍTÁS

Az autóipar minőségirányítási rendszereinek fejlődése szorosan kapcsolódik a tömegtermelés megjelenéséhez és a gyártási folyamatok egyre magasabb szintű szabályozásának igényéhez. A 20. század elején Henry Ford futószalagos gyártási rendszere forradalmasította az ipari termelést, lehetővé téve a nagy darabszámú, egységes minőségű termékek előállítását az átfutási idők és a gyártási költségek radikális csökkentése mellett. A tömegtermelés sikerének alapfeltétele volt a szabványosított alkatrészek alkalmazása, a gyártási folyamatok ismételhetősége és a termékek csereszabotossága. [20]

A minőségügy fejlődésének következő jelentős állomása Walter A. Shewhart munkásságához kapcsolódik, aki az 1920-as években kidolgozta a statisztikai folyamat szabályozás (Statistical Process Control, SPC) alapjait. Módszerei lehetővé tették a gyártási folyamatok folyamatos nyomon követését és a hibák korai felismerését a tömeggyártásban, ami jelentős hatást gyakorolt a modern minőségirányítási rendszerek kialakulására.

A második világháborút követően W. Edwards Deming és Joseph M. Juran továbbfejlesztették a minőségirányítás elméletét. Deming a folyamatközpontú szemléletet, a statisztikai módszerek alkalmazását és a folyamatos fejlesztés fontosságát hangsúlyozta, míg Juran a minőségtervezés, a minőségszabályozás és a minőségfejlesztés egységes rendszerét dolgozta ki. Munkásságuk eredményeként a japán ipar a második világháborút követő évtizedekben a minőségirányítás egyik vezető szereplőjévé fejlődött, és saját minőségfilozófiájával jelentős hatást gyakorolt a nemzetközi minőségmenedzsment fejlődésére az amerikai és európai megközelítések mellett. [2].

Az Egyesült Királyságban 1979-ben jelent meg a BS 5750 [15] minőségirányítási szabvány, amely az első átfogó, szervezeti szintű minőségirányítási követelményrendszerek közé tartozott. A szabvány célja a vállalati folyamatok szabályozása és a vevői követelmények következetes teljesítésének biztosítása volt. A BS 5750 előfutára volt az 1987-ben kiadott ISO 9001 nemzetközi szabvány kidolgozásának.

Az ISO 9001 megjelenése meghatározó jelentőségű a minőségirányítás történetében, mivel egységes keretrendszert biztosított a különböző iparágak számára. Az autóipar azonban hamar felismerte, hogy a szabvány általánosan megfogalmazott követelményei nem minden esetben elegendőek a nagy sorozatú gyártás és az összetett beszállítói láncok kezeléséhez. Ennek eredményeként az amerikai nagy autógyártó konszernek, a Ford, a General Motors és a Chrysler 1994-ben létrehozták a QS-9000 követelményt [21], amely az ISO 9001 szabványt autóipari többletkövetelményekkel egészítette ki a beszállítók minőségirányítási rendszerének működtetéséhez. [22]

A globális autóipari beszállítói láncok fejlődése szükségessé tette a különböző regionális követelményrendszerek egységesítését. Ennek eredményeként jelent meg 1999-ben az ISO/TS 16949 [23] műszaki specifikáció, amely egyetlen nemzetközi szabványba foglalta az amerikai, az európai és a japán autóipari többletkövetelményeket. A többletkövetelmény célja a hibamegelőzés, a selejt és az újramunkálás csökkentése, valamint a beszállítói folyamatok folyamatos fejlesztése volt.

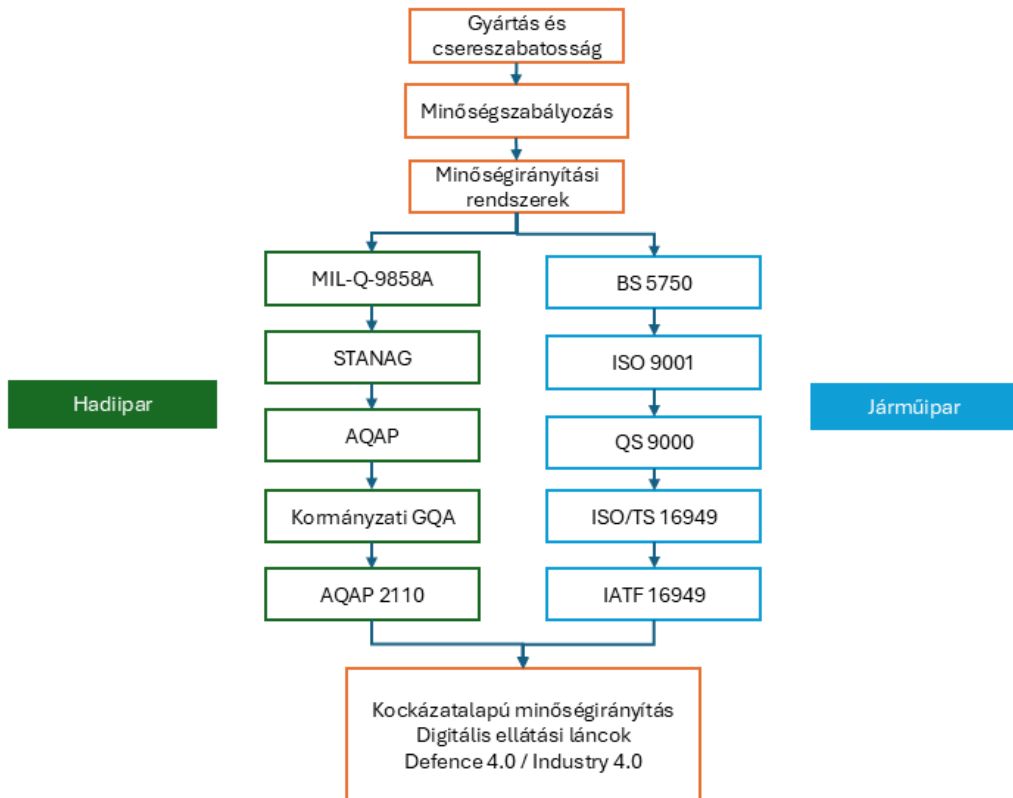
Az ISO/TS 16949 szabványt 2016-ban az IATF 16949 váltotta fel, amelyet a International Automotive Task Force (IATF) dolgozott ki. Az új autóipari többletkövetelmény az ISO 9001:2015 [13] követelményeire épül, és kiemelt hangsúlyt helyez a kockázatalapú gondolkodásra, a termékbiztonságra, a beszállítói lánc felügyeletére, a hibamegelőzésre és a folyamatos fejlesztésre. Napjainkban az IATF 16949 a világ vezető gépjárműgyártói és autóipari beszállítói számára alapvető minőségirányítási követelménynek számít, és meghatározó szerepet tölt be a globális autóipari ellátási lánc működésében. [24]

Az autóipari minőségirányítás sajátossága, hogy az IATF 16949 követelményeinek gyakorlati megvalósítását az úgynevezett Automotive Core Tools (Alapvető autóipari minőségtechnikák) módszertan támogatja. Ezek az eszközök a fejlesztési és gyártási folyamatok szabályozását, a kockázatok csökkentését és a hibamegelőzést szolgálják. A legfontosabb Core Tools elemek az fejlett termékminőség-tervezés (Advanced Product Quality Planning, APQP), a gyártási alkatrész jóváhagyási eljárás (Production Part Approval Process, PPAP), a hibamód- és hatáselemzés (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA), a statisztikai folyamatszabályozás Statistical Process Control, SPC), a mérőrendszer elemzés (Measurement System Analysis, MSA) és a szabályozás terv (Control Plan, CP) [25]. Ezek együttes alkalmazása biztosítja a termékfejlesztés, a gyártás és a beszállítói folyamatok sza-

bályozottságát, valamint hozzájárul a hibák megelőzéséhez és a folyamatos fejlesztés megvalósításához. Az autóiipari minőségirányítás célja a vevői elégedettség növelése, a selejtarány csökkentése és a nullahibás gyártás megközelítése, amely a gyakorlatban gyakran a gyártási szórás csökkentésére alkalmazott statisztikai módszer, az ún. Six Sigma módszer-tanhoz kapcsolódó 3,4 ppm hibaszint elérését tűzi ki célul.

HADIIPARI ÉS JÁRMŰIPARI GYÁRTÁS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSÁNAK KÜLÖNBSEGEI

A hadiipari és az autóiipari minőségirányítás fejlődése tehát számos közös elemmel, jellemzővel rendelkezik, ugyanakkor az eltérő alkalmazási környezet és vevői elvárás miatt eltérő szabályozási rendszerek alakultak ki. A fejlődési folyamat főbb mérföldköveit az 2. ábra mutatja be.



2. ábra: Hádiipari és járműipari minőségssügyi követelmények fejlődése (saját szerkesztés)

Látható, hogy a hadiipari és az autóiipari minőségssirányítási rendszerek fejlődése részben párhuzamosan zajlott. Mindkét területen a megbízható működéssel rendelkező műszaki termékek gyártása, a folyamatok szabályozása és a minőségssirányítási rendszerek kialakulása jelentették a fejlődés alapját. Míg a hadiiparban a katonai szabványokból és a NATO AQAP-rendszerből fejlődött ki a jelenlegi minőségssbiztosítási struktúra, addig az autóiiparban a QS-9000, ISO/TS 16949, majd az IATF 16949 követelményrendszer vált meghatározóvá. A két terület fejlődésének összehasonlítása lehetőséget biztosít a közös és az

ágazatspecifikus minőségügyi követelmények azonosítására. A két iparág minőségirányítási rendszere eltérő fejlődési utat járt be, azonban a kockázatalapú minőségirányítás, a digitalizáció, a nyomonkövethetőség és az intelligens ellátási láncok térnyerése következtében a jövőben várhatóan egyre több közös jellemzőt mutatnak majd. Az Ipar 4.0 és a Defence 4.0 megoldások alkalmazása mindkét területen a proaktív, adatvezérelt minőségirányítás irányába mutat [26].

A hadiipari és az autóipari minőségirányítási rendszerek több területen hasonló célokat szolgálnak. Az AQAP 2110 [16] a teljes minőségirányítási rendszerre vonatkozó követelményeket tartalmazza, ezért az IATF 16949 szabvánnyal összehasonlítható. Az AQAP 2105 [18] a minőségtervezés területén hasonlítható az APQP [27] módszerhez, míg az AQAP 2131 [19] a termékmegfelelőség igazolásán keresztül a PPAP [28] rendszerrel mutat rokonságot. A kockázatok kezelésében az AQAP követelményei és az autóiparban alkalmazott FMEA [29] egyaránt a hibák megelőzését és a megbízhatóság növelését szolgálják. A legnagyobb különbséget az AQAP 2070 [17] által szabályozott kormányzati minőségbiztosítás jelenti, ellenben az autóiparban a beszállítók felügyeletét nem állami szervezetek, hanem maguk a járműgyártók végzik.

A két iparág minőségirányítási rendszereinek fejlődése számos közös elemet mutat, ugyanakkor az eltérő működési környezetből adódóan jelentős különbségek is megfigyelhetők. A következőkben ezen hasonlóságok és eltérések összehasonlító elemzésére kerül sor.

Vevői követelmények

A hadiipari és a járműipari beszállítói láncokban a vevői követelmények meghatározó szerepet töltenek be a műszaki termékek megfelelőségének, megbízhatóságának és biztonságának biztosításában. A járműiparban a vevői követelményeket elsősorban az OEM-ek által meghatározott beszállítói előírások határozzák meg, amelyek a termék- és folyamatmegfelelőségre, a hibamegelőzésre, valamint a folyamatos fejlesztésre fókuszálnak.

A hadiiparban a megrendelő által meghatározott szerződéses előírások, műszaki specifikációk és minőségbiztosítási követelmények, valamint a NATO AQAP dokumentumok képezik a követelmények alapját. Ezek a követelmények nagyobb hangsúlyt fektetnek a termékjellemzők mellett a konfigurációkezelésre, a nyomonkövethetőségre, a dokumentációra és az ellenőrzési tevékenységekre is.

A járműipari és a hadiipari vevői követelmények közötti egyik lényeges különbség a gyártási volumenből adódik. Míg a járműiparban a nagy sorozatnagyság miatt a folyamatstabilitás és a folyamatképeség igazolása kerül előtérbe, addig a hadiiparban többnyire az egyedi és kis sorozatú gyártás következtében a konfigurációkezelés, a dokumentáltság és a nyomonkövethetőség kap hangsúlyosabb szerepet.

Az ellenőrzési és auditálási gyakorlat szintén eltérő. Az autóiparban a beszállítók auditálását elsősorban az OEM-ek, a vevői képviselők és a tanúsító szervezetek auditorai végzik, míg a hadiiparban a vevői auditok mellett a kormányzati minőségbiztosítás képviselői (Government Quality Assurance Representative, GQAR) is jogosultak a beszállítók folyamatainak és termékeinek felügyeletére. Ennek megfelelően a járműipari auditok elsősorban a folyamatok stabil működésének értékelésére, a hadiipari auditok pedig a szerződéses követelmények, a konfiguráció és a nyomonkövethetőség megfelelőségének igazolására irányulnak.

Fejlesztési folyamat

A járműiparban a fejlesztési folyamatok elsődleges célja a nagy volumenű sorozatgyártásra alkalmas termékek és gyártási folyamatok megfelelő kialakítása. Ennek következtében a fejlesztések során kiemelt szerepet kap a folyamatképesség, a gyárthatóság és a gazdaságosság biztosítása. A fejlesztések támogatására az autóipar egységes módszertanokat alkalmaz, amelyek közül a legjelentősebbek az APQP, a folyamat-FMEA, a szabályozási terv (Control Plan, CP) és a PPAP.

A hadiiparban a fejlesztési folyamat hangsúlyai eltérőek. A gyártásfejlesztés elsődleges célja nem a nagy sorozatú gyártás optimalizálása, hanem a szerződéses követelményeknek való megfelelés, valamint a termék konfigurációjának és nyomonkövethetőségének biztosítása.

A két ágazat közötti egyik legfontosabb különbség, hogy a járműipari fejlesztések alapvetően a későbbi sorozatgyártás optimalizálására irányulnak, míg a hadiiparban a fejlesztési folyamat során a rendszer teljes életciklusát figyelembe kell venni, beleértve az üzemeltetés, a fenntartás, a modernizáció és a kivonás követelményeit is [30]. Ennek következtében a hadiipari fejlesztések általában nagyobb dokumentációs és jóváhagyási igénnyel valósulnak meg, mint a járműipari fejlesztési projektek.

Kockázatkezelés

Az autóipari és a hadiipari kockázatkezelés irányultsága csekély mértékben tér el egymástól, a lényeges különbség az, hogy hogyan rangsorolják a kockázati tényezőket, és a gyártás során kit delegálnak a kockázatok értékelésében. Az autóiparban a kockázatkezelés elsősorban a sorozatgyártás során fellépő termék- és folyamatkockázatok azonosítására és csökkentésére irányul, míg a hadiipari gyártásban a kockázatok vizsgálatának a fókuszában az áll, hogy a gyártás során miben nem teljesültek azok a szerződéses feltételek, amelyek az előerő képességét csökkentik.

Az autóiparban a kockázatok kezelésének alapvető eszköze az FMEA, amely a potenciális hibamódok, azok okainak és következményeinek elemzésére szolgál. A NATO GQA rendszerében a RIAC (Risk Identification, Assessment and Communication) folyamat támogatja a szerződéses és minőségbiztosítási kockázatok azonosítását, értékelését és kommunikációját. Míg az FMEA a műszaki hibák megelőzésére, a RIAC pedig a kormányzati minőségbiztosítási felügyelet kockázatalapú tervezésére szolgál. Mindkét módszer összhangban áll az ISO 31000 szabvány [31] kockázatkezelési alapelveivel, amelyek a kockázatok szisztematikus azonosítását, értékelését és kezelését helyezik előtérbe.

A két megközelítés közötti fő különbség továbbá, hogy az autóipari kockázatelemzés elsősorban a sorozatgyártási és termékhibák megelőzésére fókuszál, míg a hadiipari kockázatkezelés a szerződéses követelmények teljesülését, a rendszer megbízhatóságát és az esetleges meghibásodások biztonsági következményeit is figyelembe veszi. A hadiipari kockázatkezelési folyamatba szükség esetén a kormányzati minőségbiztosítás képviselője (GQAR) is bevonható.

Nyomonkövethetőség

A nyomonkövethetőség mind a hadiiparban, mind a járműiparban alapvető követelmény, azonban vannak eltérések. A járműipar elsősorban a termék életciklusára koncentráll, biztosítva az alkatrészek, gyártási tételek és folyamatok visszakövethetőségét. Ennek

elsődleges célja a minőségi problémák okainak feltárása, a hibás termékek azonosítása és a visszahívási folyamatok támogatása.

Ezzel szemben a hadiiparban a nyomomonkövethetőség a rendszer teljes életciklusára kiterjed, a fejlesztéstől és gyártástól kezdve az üzemeltetésen, karbantartáson és modernizáción át egészen a kivonásig. Ennek megfelelően a követelmények nem csupán az alkatrészek és gyártási folyamatok azonosítására terjednek ki, hanem a konfigurációváltozások, javítások és üzemeltetési események dokumentált követésére is.

A hadiipari követelmények kiemelt figyelmet fordítanak a hamis vagy nem hitelesített alkatrészek kizárására, mivel azok közvetlenül veszélyeztethetik a rendszer megbízhatóságát és biztonságát. A járműiparban a hamis alkatrészek szintén kockázatot jelentenek, azonban a vevői követelmények elsődlegesen a termék- és folyamatmegfelelőség biztosítására összpontosítanak.

Just in Time és logisztika

A logisztikai követelmények területén jelentős különbség figyelhető meg a két ágazat között. A járműiparban a beszállítói láncok működését a Just-in-Time (JIT) és Just-in-Sequence (JIS) elvek [32] határozzák meg a költségsökkentés céljából. A JIT azt jelenti, hogy közvetlenül a gyártás megkezdése előtt szerzik be a szükséges anyagokat és alkatrészeket, míg a JIS során a gyártás közbeni felhasználás sorrendjében történik az alkatrészek beszállítása a gyártósorra. E megközelítések elsődleges célja a készletszintek minimalizálása, a készletezési költségek csökkentése és a termelési folyamatok folyamatos kiszolgálásának biztosítása.

Ezzel szemben a hadiiparban a logisztikai követelmények elsődlegesen az ellátásbiztonságra, az alkatrész-utánpótlás garantálására és a rendszer hosszú távú üzemeltethetőségének támogatására irányulnak. A hadiipari gyártás mennyiségi és időbeli igénye kevésbé tervezhető, ezért a logisztikai és készletgazdálkodási folyamatok korlátozott mértékben építhetők a Just-in-Time (JIT) elvre.

Költséggazdálkodás

A költséggazdálkodás területén is a járműipar és a hadiipar eltérő szemléletet alkalmaz. A járműiparban a nagy volumenű sorozatgyártás következtében az egységköltség csökkentése, a gyártási hatékonyság növelése és a selejtarány csökkentése, veszteségek minimalizálása kerül előtérbe.

Ezzel szemben a hadiiparban a költségek értékelése a rendszer teljes életciklusára terjed ki, figyelembe véve a fejlesztés, a gyártás, az üzemeltetés, a fenntartás, a modernizáció és a kivonás költségeit is. A beszerzési döntések során ezért nem kizárólag a kezdeti beruházási költség, hanem a teljes életciklus-költség (Life Cycle Cost, LCC) jelent meghatározó szempontot [33].

Megbízhatóság és termékbiztonság

A járműiparban a megbízhatósági és biztonsági követelmények elsődleges célja a meghibásodások, a garanciális költségek és a visszahívások számának csökkentése, valamint a közlekedésbiztonsági előírások teljesítése. Ezzel szemben a hadiiparban a megbízhatóság és a termékbiztonság közvetlen hatással van a rendszer alkalmazhatóságára, az élőerő biztonságára és a műveleti képesség fenntartására. Emiatt a hadiipari követelmények nagyobb hangsúlyt helyeznek a megbízhatósági elemzésekre, a környezeti és üzemeltetési

igénybevételek figyelembevételére, valamint a rendszer teljes életciklusa során elvárt hibamentes működőképesség igazolására.

A két ágazat közös jellemzője a Crosby által megfogalmazott nulla hiba szemlélet alkalmazása [34], amely a követelményeknek való teljes megfelelésre és ezáltal a hibák megelőzésére törekszik. A járműiparban ez elsősorban a közel hibamentes sorozatgyártásban, míg a hadiiparban a hibamentes, biztonságos és megbízható működés biztosításában jelenik meg.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az autóiipari és a hadiipari gyártás minőségügyi folyamatainak összehasonlítása azért indokolt, mert mindkét ágazat az ISO 9001 szabványra épülő, ipárgspecifikus többletkövetelményeket alkalmaz. Fejlődésük során hasonló minőségügyi eszközöket alkalmaztak a beszállítói megfelelés, a folyamatstabilitás, a kockázatkezelés és a termék megbízhatóság biztosítására. A párhuzamos fejlődés eredményeként számos hasonlóság figyelhető meg a minőségbiztosítási módszerek, valamint a beszállítói felügyeleti és megfeleléségtékelési gyakorlatok területén.

Az 1. táblázat alapján megállapítható, hogy a két rendszer alapvetően eltérő végfelhasználókat szolgál. A hadiiparban a minőségbiztosítás elsődleges célja a szerződéses követelmények teljesítése, míg az autóiiparban a vevői elégedettség biztosítása áll a középpontban. Ennek megfelelően a vevő szerepét a hadiiparban jellemzően állami vagy katonai szervezet tölti be, míg a járműiparban az OEM gyártó jelenik meg megrendelőként. Az auditálás során is eltérő megközelítés érvényesül. A hadiiparban a kormányzati minőségbiztosítás (GQA) és a vevői felügyelet dominál, míg az autóiiparban a tanúsító és OEM auditok meghatározóak.

	Hadiipar	Járműipar
Fő cél	Megrendelői szerződésnek való megfelelés	Vevői elégedettség
Vevő	Állam/Haderő	OEM
Audit	GQA, vevői felügyelet	Tanúsító audit, OEM felügyelet
Kockázat	RIAC/ISO 31000	FMEA
Tervezés	AQAP 2105	APQP
Jóváhagyás	GQA/QAR (AQAP 2070)	PPAP
Logisztika	Műveleti alkalmazhatóság	JIT/JIS
Nyomonkövethetőség	Teljes életciklus	Termékéletciklus
Hamis alkatrész	Kiemelt kockázat	Másodlagos kockázat

1. táblázat: A hadiipari AQAP és az autóiipari IATF 16949 rendszerek működési és minőségirányítási sajátosságainak összehasonlítása (saját szerkesztés)

A kockázatkezelés mindkét rendszerben kiemelt jelentőségű, azonban az alkalmazott módszerek különböznek. A hadiiparban a RIAC és az ISO 31000 alapú megközelítés jellemző, míg a járműiparban az FMEA alkalmazása terjedt el. Hasonló eltérés figyelhető meg a tervezési és jóváhagyási folyamatokban is, ahol a hadiiparban az AQAP 2105, valamint a GQA/QAR tevékenységek, míg az autóiiparban az APQP és a PPAP folyamatok biztosítják a megfelelés igazolását.

A logisztikai rendszerek céljai szintén eltérnek. A hadiiparban a műveleti alkalmazhatóság, az ellátásbiztonság és a hosszú távú üzemeltetés támogatása meghatározó, míg az autóiparban a JIT és JIS rendszerek alkalmazása a költséghatékony gyártás kiszolgálását támogatja. A nyomomonkövethetőség mindkét iparágban alapvető követelmény, azonban a hadiiparban a teljes életciklusra, míg az autóiparban elsősorban a termékéletciklusra terjed ki. Jelentős különbség mutatkozik továbbá a hamis alkatrészek kezelésében, amely a hadiiparban kiemelt kockázatként jelenik meg, míg az autóiparban jellemzően másodlagos jelentőséggel bír.

Különös figyelmet érdemelnek azok a beszállítók, amelyek egyidejűleg jelen vannak az autóipari és a hadiipari ellátási láncokban. E szervezetek számára kihívást jelent az eltérő minőségügyi, dokumentációs, kockázatkezelési és megfelelőségértékelési követelmények egyidejű teljesítése, valamint az IATF 16949 és az AQAP követelményrendszerekből származó többletelvárások összehangolása.

A kutatás további bővítésének lehetőségét jelentheti a légijárműiparban alkalmazott AS9100 követelményrendszer bevonása, valamint annak összehasonlítása az AQAP és az IATF 16949 többletkövetelményekkel. További vizsgálati terület lehet a mesterséges intelligencia és a kiberbiztonság szerepe a hadiipari és autóipari minőségbiztosításban. A digitalizáció terjedésével mindkét iparágban növekszik az intelligens gyártási rendszerek, a hálózatba kapcsolt eszközök és az adatvezérelt döntéshozatal jelentősége. Ennek következtében a minőségbiztosítás és a kockázatkezelés mellett egyre nagyobb figyelmet kell fordítani az adatok védelmére, a rendszerek kibervédelmére és a mesterséges intelligencia alkalmazásából eredő kockázatok kezelésére.

Az összehasonlítás eredményei tehát igazolták, hogy az AQAP és az IATF 16949 követelményrendszerek közös ISO 9001 alapokra épülnek, ugyanakkor az eltérő alkalmazási környezet jelentősen befolyásolja a minőségbiztosítási prioritásokat és az alkalmazott módszereket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] J. Yates and C. N. Murphy, "Introduction: Standards and the Global Economy," *Business History Review*, vol. 96, no. 1, pp. 3–15, 2022.
- [2] Z. Koczor, Ed., *Minőségmenedzsment rendszerek fejlesztése*. Budapest, Hungary: TÜV Rheinland InterCert Kft., 2010.
- [3] K. Turcsányi and E. Hegedűs, "A tűzértség szerepének átalakulása az ipari fejlődés hatására a 18–19. században I. rész," *Hadtudományi Szemle*, vol. 6, no. 3, p. 60, 2013.
- [4] S. Lowell, "The Birth of the Defense Standardization Program," *Defense Standardization Program Journal*, 50th Anniversary Issue, pp. 3–5, Jul. 2002.
- [5] NATO Standardization Office, *STANAG 4107: Mutual Acceptance of Government Quality Assurance and Usage of the Allied Quality Assurance Publications (AQAPs)*, Edition 12, Brussels, Belgium, 2023.
- [6] K. Turcsányi and L. Mikula, "A katonai minőségügy helyzete," *Hadtudomány*, vol. 10, no. 3, pp. 77–86, 2000.
- [7] J. Kovács, "A NATO szabványosítási rendszere és a STANAG-szabványok," *Repüléstudományi Közlemények*, vol. 13, no. 1, pp. 25–37, 2001.

- [8] M. Ford and A. Gould, “Military Identities, Conventional Capability and the Politics of NATO Standardisation at the Beginning of the Second Cold War, 1970–1980,” *The International History Review*, vol. 41, no. 4, pp. 775–792, 2019.
- [9] M. Pittini and K. I. Kourousis, “Harmonising and Standardising Military Airworthiness in Europe: A Review of Key Aspects and Achievements,” *The Aeronautical Journal*, vol. 128, no. 1323, pp. 911–927, 2024.
- [10] International Automotive Task Force, *IATF 16949:2016 Quality Management System Requirements for Automotive Production and Relevant Service Parts Organizations*, 1st ed., London, United Kingdom, 2016.
- [11] U.S. Department of Defense, *MIL-STD-105E: Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*, Washington, DC, USA, 1989.
- [12] U.S. Department of Defense, *MIL-Q-9858A: Quality Program Requirements*, Washington, DC, USA, 1963.
- [13] International Organization for Standardization, *ISO 9001:2015 Quality Management Systems — Requirements*, Geneva, Switzerland, 2015.
- [14] Defence Standards, „Defence Standards”, DefStan, [Online]. Elérhető: <https://www.defstand.com/world-built-on-standards/defence-standards/> . Letöltve: 2026. augusztus 9.
- [15] British Standards Institution, *BS 5750: Quality Systems*, London, United Kingdom, 1979.
- [16] NATO Standardization Office, *AQAP 2110: NATO Quality Assurance Requirements for Design, Development and Production*, Edition D Version 1, Brussels, Belgium, 2016.
- [17] NATO Standardization Office, *AQAP 2070: NATO Mutual Government Quality Assurance (GQA)*, Edition C, Version 1, Brussels, Belgium, 2025.
- [18] NATO Standardization Office, *AQAP 2105: NATO Requirements for Quality Plans*, Edition C, Version 2, Brussels, Belgium, 2022.
- [19] NATO Standardization Office, *AQAP 2131: NATO Quality Assurance Requirements for Final Inspection and Test*, Edition C, Version 1, Brussels, Belgium, 2017.
- [20] M. Helmold, “History and Evolution in Quality Management (QM),” in *Virtual and Innovative Quality Management Across the Value Chain*, Management for Professionals Series. Cham, Switzerland: Springer, 2023, ch. 5
- [21] Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation, *QS-9000: Quality System Requirements*, 3rd ed., Southfield, MI, USA, 1998.
- [22] C. Kartha, “A Comparison of ISO 9000:2000 Quality System Standards, QS-9000, ISO/TS 16949 and Baldrige Criteria,” *The TQM Magazine*, vol. 16, no. 5, pp. 331–340, 2004, doi: 10.1108/09544780410551269.
- [23] International Organization for Standardization, *ISO/TS 16949:2009 Quality Management Systems – Particular Requirements for the Application of ISO 9001 for Automotive Production and Relevant Service Part Organizations*, Geneva, Switzerland, 2009.
- [24] F. de O. Neves, E. G. Salgado, L. A. Beijo, J. M. S. Lira and L. H. M. da S. Ribeiro, “Analysis of the Quality Management System for Automotive Industry ISO/TS 16949 in the World,” *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 32, nos. 1–2, pp. 153–176, 2021, doi: 10.1080/14783363.2018.1538776.

- [25] AIAG, “Quality Core Tools (APQP - CP - PPAP - FMEA - MSA - SPC),” AIAG. [Online]. Available: <https://www.aiag.org/expertise-areas/quality/quality-core-tools>. [Accessed: Aug. 10, 2026].
- [26] L. Khan, A. Elshennawy, E. Cudney and S. Furterer, “Critical Success Factors for Implementing Industry 4.0 in Aerospace and Defense: A Systematic Literature Review,” *Quality Engineering*, vol. 37, no. 3, pp. 369–386, 2025, doi: 10.1080/08982112.2024.2403606.
- [27] Automotive Industry Action Group, *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan Reference Manual*, 3rd ed., Southfield, MI, USA, 2024.
- [28] Automotive Industry Action Group, *Production Part Approval Process (PPAP) Manual*, 4th ed., Southfield, MI, USA, 2006.
- [29] Automotive Industry Action Group and Verband der Automobilindustrie, *FMEA Handbook*, 1st ed., Southfield, MI, USA, 2019.
- [30] NATO, *AAP-20: NATO Programme Management Framework (NATO Life Cycle Model)*, Brussels, Belgium: NATO Standardization Office, Oct. 2015.
- [31] ISO, *ISO 31000:2018 Risk Management—Guidelines*, 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2018.
- [32] T. Bányai, „Just-in-sequence ellátási stratégiák,” *Multidiszciplináris Tudományok*, vol. 3, no. 1, pp. 141–152, 2013.
- [33] Z. Kamyk and C. Śliwiński, “Impact of Life Cycle Cost Analysis on the Pontoon Bridge Concept Selection,” *Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe*, no. 40, no. 2, 2016.
- [34] K. Turcsányi, *Minőségelmélet és -módszertan*. Budapest, Magyarország: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2014.