

ARMAI ZSOLT–HOMOLYA DÁNIEL–KASNYIK KLÁRA–KOVÁCS OTTÓ –SZABOLCS GERGELY

Úton az AMA-módszer¹ bevezetéséig az Erste Bankban²

A működési kockázat kezelése és modellezése a Bázel II-es folyamat egyik legfontosabb kihívása, mivel a korábbi, a hitelintézeteket és befektetési vállalkozásokat érintő kockázatszabályozás ezt a kockázattípust nem fedte le. Cikkünkben az Erste Bank Hungary Nyrt. (EBH) működési kockázati koncepcióját, valamint e nehezen megragadható kockázattípusra számító felkészülési stratégiáját ismertetjük. Napjainkban egyre több intézmény osztja meg a követett működési kockázati módszerét (lásd például *Aue-Kalbrener* [2006]), hogy kialakuljon az iparági „best practice”. Ebbe a sorba illeszkedik az EBH módszertani megközelítésének bemutatása³. Az alkalmazott megközelítés legfontosabb előfeltevése, hogy a múltbeli működési kockázati adatok alapján történő modellezés (klasszikus veszteségeloszlás-alapú [LDA] megközelítés) önmagában – az elmúlt évek dinamikus változásai és a viszonylag fiatal adatgyűjtési gyakorlat következtében – nem nyújt elégséges bázist a kockázatmodellezésre, hanem szükséges a szakértői kockázatértékelési és scenárióelemzési technikák alkalmazása is. Az EBH megközelítése így nagyobb hangsúlyt helyez az úgynevezett önértékelési módszerek bevonására a modellezésbe. Természetesen a modellezés végcélja az inputok biztosítása a valódi kockázatkezeléshez (monitoringhoz és beavatkozási feladatok ellátásához). Először egy rövid bevezetőben ismertetjük az EBH felkészülési állapotát, majd a teljes modellkonceptióról (önértékelés, scenárióelemzés, kockázatsökkentés szerepe) adunk áttekintést. Cikkünk végén az EBH megközelítését összehasonlítjuk más lehetséges működési kockázatmodellezési stratégiákkal.

BEVEZETÉS

Az Erste csoport jelentős változásokon ment keresztül az elmúlt években, amely a csoport látványos növekedésében nyilvánult meg: nemzetközi szinten az Erste nyitott a romániai és ukrain piacok felé, míg Magyarországon sikeresen bonyolította le a Postabank-akvizíciót, amellyel hazánkban a második számú lakossági bankká lépett elő.

1 AMA (Advanced Measurement Approach): fejlett mérési módszer

2 A cikk a Nemzetközi Bankárképző Központ Zrt.-ben 2007. április 18-án rendezett Bázel II. workshopon elhangzott előadáson alapul. A szerzők ezúton is köszönik a hallgatóság értékes megjegyzéseit. A cikk megszületéséért és a munkájuk támogatásáért a szerzők külön is köszönetet mondanak Papp Editnek, az Erste Bank Hungary Nyrt. elnök-vezérigazgatójának és Jonathan Tillnek, az igazgatóság kockázatkezelésért felelős tagjának.

3 A működésikockázat-kezelési és módszertani keret kialakításában a Nemzetközi Bankárképző Központ Zrt. szakértői közreműködnek.

A nagyarányú bővülés azonban nemcsak mennyiségi, hanem minőségi változásokat is megkíván a csoporttól, ezeknek a magyarországi menedzsment is elkötelezett híve. A minőségi változások középpontjában az optimalizálás és a hatékonyság növelése áll, ami – párosulva az ügyféligények magas színvonalú kiszolgálásával – biztosíthatja a hosszú távú jövedelmezőséget és a további növekedést.

A minőségi változások sorába tartozik, hogy az Erste fokozott figyelmet fordít a különböző kockázatkezelési technikákra és eszközökre, amelyeknek egyik fő célkitűzése, hogy a gazdasági és szabályozói tőkét minél közelebb hozza egymáshoz; azaz a tőkekövetelmény valóban a kockázati profilt tükrözze, betöltve ezzel azt a szerepét, hogy fedezetet nyújtson a nem várt negatív hatásokkal szemben.

Az EBH működési kockázatkezelési csoportja is ezt a belső elvárást tartja szem előtt, amikor kísérletet tesz arra, hogy a fejlett mérési módszer (AMA-módszer) követelményeit teljesítve, választ adjon a Bázis II. folyamatban legnehezebben megragadható kockázattípus kihívásaira. Ez cikk ebbe a műhelymunkába enged bepillantást azzal, hogy bemutatja a koncepció legfontosabb elemeit.

Az EBH működési kockázatkezelési koncepcióját alapvetően befolyásolja, hogy miképp is viszonyulunk a problémakörhöz: legfőbb célkitűzésünk az, hogy a menedzsment kezébe olyan eszközöket adjunk, amelyek lehetőséget adnak a valódi teljesítményméréshez, és hatékonyan támogatják a vezetőket a különböző döntések meghozatalában. Alapelveink e célkitűzés köré épülnek.

- A működési kockázatkezelés a mi szemünkben rosszul strukturált problémát jelent, amelyet jól strukturálttá kell tennünk, és az eredményeket megfelelően számszerűsíteniünk.
- A bank érdekében valamennyi elérhető információt fel kell használnunk. Nem támaszkodhatunk csak a tényszerű adatokra, nem dolgozhatunk úgy a veszteségadatokkal, mint misztikus tényezőkkel, hanem építenünk kell a bankban dolgozó munkatársak véleményére, akkor is, ha szubjektívek, és nehezen számszerűsíthetők.
- A modellnek előremutatónak kell lennie. A jövőre vonatkozó elképzeléseket megfelelően ötvözni kell a múltat leíró adatokkal, mindezt egységes és számszerűsíthető módon.

Éppen ezért a felkészülésünk során azokra a feladatokra koncentrálunk, amelyek ezen alapelvek megvalósulását támogatják: a kockázati önértékelés módszertanának fejlesztésére, hogy a szakértői véleményeket figyelembe vehessük objektív és számszerűsíthető módon; a teljes, konzisztens és pontos adatgyűjtést elősegítő folyamat kialakítására; valamint a modellépítés mellett külön hangsúlyt kaptak a szabályozásban „use test” (alkalmazáspróba) gyűjtőnéven szereplő elemek, amelyek a visszacsatolást és az eredményeink felhasználását szolgálják.

Az EBH a fentiekben leírt alapelveinek megfelelően, mind a négy modellalkotó alappal dolgozik, és azokat közvetlenül építi be a modellbe.

A *belső adatok* alatt az EBH saját működési kockázati eseményeinek módszeres, nemzetközi sztenderdeknek megfelelő gyűjtését értjük. Szándékosan nem „veszteségeseményeket” mondtunk, mivel hosszú távon valamennyi működési kockázati eseményt szeretnénk gyűjteni, tekintet nélkül annak hatására, beleértve például az úgynevezett „majdnem veszteségeket” (near miss események) vagy az eredménykimutatásban csak időszakosan torzulást

okozó eseményeket, mivel ezek mind a kockázati profil részei. Így az adatbázisunkat nem „veszteség-”, hanem „eseményközpontúvá” szeretnénk építeni. A belső adatok teljességét és konzisztenciáját egyrészt az adatgyűjtés folyamatába épített kontrollpontokkal, másrészt a számviteli nyilvántartások összevetésével és rendszeres, független belső ellenőrzéssel kívánjuk biztosítani.

A *külső adatok* felhasználását tekintve, a bank két adatkonzorciumnak is tagja: egyrészt az anyavállalaton keresztül 2006 folyamán csatlakozott a svájci központú ORX (Operational Risk Exchange) konzorciumhoz, másrészt a 2007 májusában debütáló magyar HunOR⁴ adatbázis tagja, amelynek egyúttal a kialakításában is részt vettek az EBH munkatársai. A külső adatokat többféle módon is szeretnénk felhasználni. Egyrészt a ritkán előforduló, de nagy hatású események tökekövetelményre gyakorolt hatását szeretnénk megragadni, ugyanakkor fontos szerepet szánunk a további évek önértékelésének mint benchmarkadatoknak – erre a feladatra elsősorban a HunOR adatait véljük alkalmasnak, amelyek jobban jellemzik a magyar piac sajátosságait és az EBH működési környezetét.

A módszertanilag megfelelően kidolgozott kockázati önértékelés és az erre alapozott kulcs kockázati indikátorok (Key Risk Indicator – KRI) módszeres megfigyelése és gyűjtése jelenti nekünk az *üzleti környezet és kontrolltényezők* leképezését. Elvárásunk ettől a modellemtől, hogy előreutató módon az EBH valós kockázatait ragadja meg, egyúttal biztosítsa az összehasonlíthatóságot és számszerűsítést. A rendszeres időközönként a bank szakértőivel közösen végzett önértékelések és a kulcs kockázati indikátorok megfigyelése számunkra ugyanúgy üzleti adatbázist jelentenek, mint a belső adatok. Ez az adatbázis, megfelelően szűrve a külső és belső adatokkal, jó alapozást ad a *forgatókönyv-elemzéshez*. Ez az elem szorosan kapcsolódik az önértékeléshez, hiszen szakértőinknek tulajdonképpen már ott is scenáriókat kell mérlegelniük, ugyanakkor hosszú távon nemcsak a szélsőséges helyzetek értékeléséhez kívánjuk alkalmazni, hanem az esetleges módosító javaslatok hatását is szeretnénk mérni.

Az egyes modellalkotó elemek különböző fejlettségi szinten vannak, azonban úgy véljük, hogy az úgynevezett „fokozatos bevezetés” (a Bázis II. terminológiában „roll-out” időszak) végére stabil építőkövekké válnak a modellben.

A koncepciónk részét képezi, hogy az EBH-csoport valamennyi, a kockázati profil szempontjából releváns tevékenységét lefedjük. A releváns tevékenység meghatározásánál figyelembe vesszük az EBH-csoportban képviselt arányát, ugyanakkor tekintettel vagyunk az adott tevékenység piacon betöltött szerepére is. Ennek alapján elmondhatjuk, hogy a roll-out végére valamennyi releváns tevékenység az AMA-modell részét képezi majd.

1. AZ EBH MŰKÖDÉSI KOCKÁZATI MODELLKONCEPCIÓJA

Az EBH működési kockázatmodellezési koncepciója a Bázis II-es ajánlásban és a CRD-ben (BIS [2004], Európai Unió [2006]) meghatározott elvek szerint a korábbiakban már említett módon több adatforrásból építkezik. A kockázati kitétségekre vonatkozó adatokat

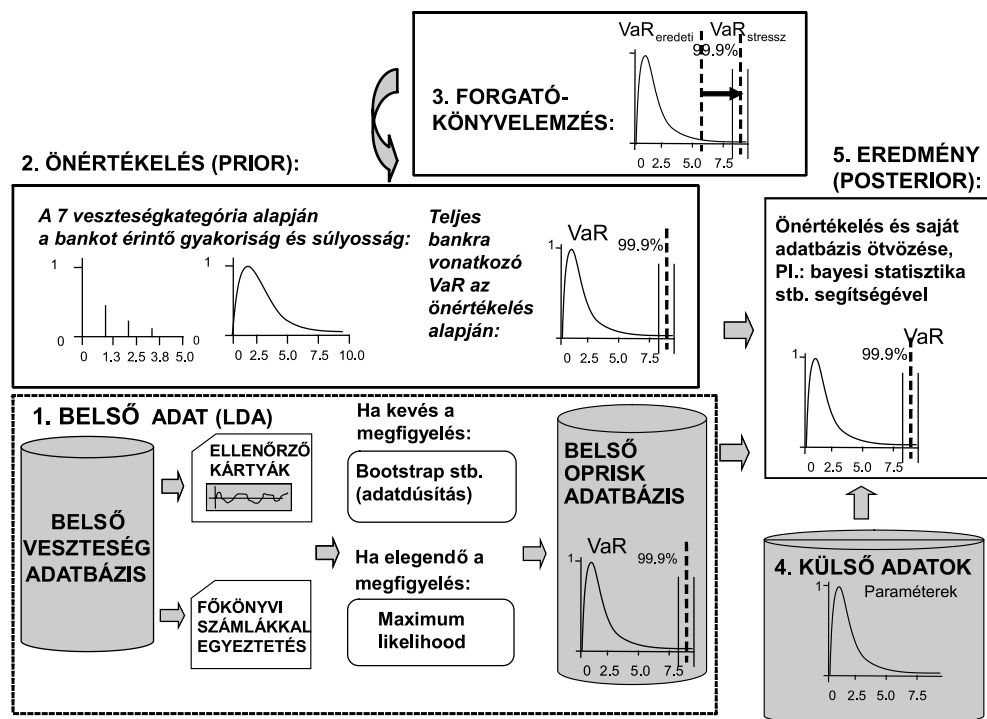
4 A HunOR Magyar Működési Kockázati Adatbázis 2007 májusában kezdte meg éles működését a Magyar Bankszövetség égíse alatt, 13 hazai hitelintézet részvételével. További információ a Magyar Bankszövetség E-hírlevelének 2007/7. számában található a következő internetes linken: http://www.tas.hu/bankszovetseg/hirlevel/2007_7/index.html#a3

– függetlenül azok beszerzési módjától (realizált veszteségadat vagy kockázatértékelés)
 – egyaránt a kockázatmodellezésbe beépítendő adatnak tekintjük, természetesen különböző súlyokat alkalmazva. A kockázatmodellezés célja, hogy egy jól kezelhető kockázati mértéket határozzunk meg. A Bázis II-es ajánlásoknak megfelelően ez egy kockázatos érték (VaR) típusú mutató, 1 éves tartási periódussal, 99,9%-os konfidenciaszinttel. Annak ellenére, hogy a VaR-nak megvannak a maga korlátai (lásd pl. *Armai* [2007]), a szabályozás mégis erre a mutatóra épül.

Az EBH teljes modellkonceptióját az 1. ábra mutatja be:

1. ábra

Az EBH teljes működési kockázati modellkonceptiója



Forrás: saját illusztráció

Mint látható, a modell egyfajta moduláris egységekből épül fel, a végén egy koherens, teljes modellezési keretet alkotva. A négy modul a következő:

1. *Belső adat (LDA) modul:* Az EBH az AMA követelményeinek megfelelő belső működési kockázati adatgyűjtő rendszert alkalmaz. A modellezés során külön-külön modelleztük a gyakorisági és súlyossági veszteségeloszlást. Majd ennek alapján, a konvolúció végrehajtása után határozzuk meg az úgynevezett aggregált eloszlást. A működési kockázati szakirodalom ezt nevezi klasszikus veszteségeloszlás-alapú megközelítésnek (Loss Distribution

Approach – LDA). Cikkünkben ezt a módszert nem részletezzük, az érdeklődő olvasónak ajánljuk *Frachot et al.* [2004] és *Klugman et al.* [1997] műveit. Az EBH modelljében ennek a modulnak a hangsúlya mérsékeltebb, mert az elmúlt időszakban az EBH dinamikus változásokon ment keresztül (pl. fúzió, üzleti és infrastrukturális változások), továbbá az adatgyűjtési periódus is viszonylag rövid. A modellezés során a csoportstenderdként meghatározott Poisson-gyakoriságú, lognormális súlyosságú veszteségmodell⁵ alkalmazzuk.

2–3. *Az önértékelésen alapuló kockázatértékelés és a forgatókönyv-elemzés modul:* A kockázatértékelés során fontos szereppel bír a szakértői értékelés. Az önértékelés úgynevezett analitikus hierarchikus folyamaton alapul (Analytic Hierarchy Process – AHP), ez a módszer *Saaty* [1980] alapvető könyvére épül. Röviden összefoglalva: a szakértői elemzések alapján eseménytípusonként elkészítjük a gyakorisági és súlyossági eloszlásokat (itt is a Poisson-gyakoriságú, lognormális modellt alkalmazzuk), amelyet a számításgéni okán gyors Fourier-transzformációval aggregálunk. A forgatókönyv-elemzés során az aggregált eloszlás stresszelését végezzük el szcenáriók alkalmazásával: a mögöttes eloszlás paramétereit teszteljük, majd az aggregált eloszlásra gyakorolt hatást elemezzük. Ezt a két elemet az 1.1. és 1.2. fejezetekben részletesebben ismertetjük.

4. *Külső adatok modul:* A CRD előírja, hogy releváns külső adatokat is fel kell használni, különösen akkor, ha alapos okkal feltételezzük ritka, de súlyos veszteségek előfordulását. A külső adatok használatával kapcsolatos feltételeket és gyakorlatot rendszeres időközönként felülvizsgálni, a felhasználási módszertant dokumentálni kell, és megfelelő időközönként független felülvizsgálatra van szükség. (CRD Annex X. Part 3. 1.2.3. 19. alpontja). A külső veszteségadatok használatának feltételezése mögött az áll, hogy vannak bizonyos iparágfüggő tényezők, amelyek miatt a külső adatokat is lényeges beépíteni a modellezésbe. Továbbá, amennyiben egy kockázati esemény még nem fordult elő az adott banknál, az még nem jelent zérus kockázati kitettséget. A külső források között megkülönböztethetünk úgynevezett publikus adatokból építkező, vagy konzorciális, intézmények közötti adatmegosztásra épülő adatbázisokat. Mint már említettük, az EBH az ORX és a HunOR adatbázis adatait használja fel mint külső veszteség-adatforrást. Az intézményre való skálázás után, a belső adatokhoz hasonlóan modellezzük a gyakorisági és súlyossági eloszlást, s ennek alapján aggregált eloszlás készül. A modellezés során szintén a csoportstenderdként alkalmazott Poisson-gyakoriságú, lognormális súlyosságú veszteségmodellt használjuk.

Az 5. lépésben összegezzük a fenti eredményeket, és meghatározzuk a teljes banki szintű kockázati mértéket. Az összegzés részben egyszerű összesúlyozáson, részben bayesi technikákon alapul. A meghatározott kockázati mérték érvényességének vizsgálatára szolgálnak az úgynevezett visszamérési (back-test) eljárások. A visszamérési eljárások klasszikus megközelítése a likelihood-arány jellegű Kupiec-teszt (lásd például *Cruz* [2002]). Ezen eljárás során a VaR-t meghaladó veszteségeket egy időszakra, adott konfidenciaszinten mérjük, és megadható, hogy az átlépések aránya mennyiben szignifikáns az adott elméleti konfidenciaszint-alapú értékhez (1 mínusz konfidenciaszint) képest. Természetesen a VAR-on túli veszteségek elemzése külön módszertani kihívást jelent modellezési szempontból. A kockázattal érték monitorozásával párhuzamosan végezhető az úgynevezett kulcs kockázati

5 A későbbiekben szeretnénk úgynevezett eloszlásszél-igazított lognormális (tail-adjusted lognormal) eloszlást alkalmazni (ALVÁREZ [2006]). De ennek kezelése bonyolultabb, így ezt majd csak a roll-out szakaszban tervezzük.

indikátorok (KRI) megfigyelése, amelynek során a toleranciaszintnek megfelelő, kritikus szintek átlépését rögzítjük, majd ennek alapján lehet beavatkozást kezdeményezni.

A továbbiakban ismertetjük az önértékelés módszertanát, majd a forgatókönyv-elemzést és a kockázatszőkőntő eszközök győelembevételét mutatjuk be.

1.1. Önértékelésen alapuló kockázatértékelés

A működési kockázatkezelési gyakorlatban elterjedt az úgynevezett önértékelési eljárások alkalmazása. Ez a CRD működési kockázati előírásaival is összhangban lévő módszer. Az önértékelés lényege, hogy banki szakértők az intézmény kockázati kitettségére vonatkozóan értékelést készítenek. A működési kockázat esetén, mivel a dinamikus környezet dinamikusan hat a működési kockázati kitettségre, kulcsfontosságú a jelenre és jövőre vonatkozó szakértő becslések alkalmazása, hiszen az, hogy az eddigiekben egy adott kategóriában nem következett be működési kockázati esemény, még nem jelenti önmagában, hogy a kockázati kitettség zérus lenne.

A szakértői becsléseket meghatározza a szakértői tudás. A működési kockázati szakértői tudás két alapelemből rakódik össze: az eddigi veszteségtapasztalat (alapvetően feltételezhető, hogy az emberi gondolkodás az úgynevezett naiv előrejelzést követi: „Ma felkelt a nap, holnap is fel fog kelni...”), továbbá a jelenlegi környezetre vonatkozó tapasztalat. Ez a tudás alapvetően nem strukturáltan jelenik meg a fejünkben, ezért szükséges analitikus módszerek alkalmazása, hogy a kockázatértékelés során a működési kockázat modellezésére alkalmas adatokat kapjunk.

Az önértékelés során a következő lépések mentén haladunk, egyre inkább közelítve a célt, hogy kockázat-számszerűsítésre alkalmas eredményeket kapjunk:

0. *Előkészítő fázis:* először összegyűjtjük az adott területre vonatkozó adatokat, amelyek egy része leíró jellegű (pl. a belső ellenőrzés jelentései), másrészt számszerű üzleti információk, területspecifikus tranzakciókra vonatkozó adatok. Ebben a lépésben előkészítjük az interjúkérdőíveket.

1. *Strukturált interjúfázis:* A vizsgált területet képviselő szakértőknek működési kockázati oktatást tartunk, amely a működési kockázat és az önértékelés bemutatására szolgál. Ezután készül egy strukturált interjú, amelynek célja a kockázatok megragadása „minőségibb” módszerrel, részben sztenderd, részben területspecifikus kérdéseket felhasználva.

2. *Kérdőív-előkészítési fázis:* Az interjúk feldolgozása után készített jegyzőkönyveket egyeztetjük az érintett területek szakértőivel. Ennek alapján kiválogatjuk azokat a legfontosabb működési kockázati kategóriákat, amelyek az adott területet érintik („quick-win” stratégia). A kiválasztott kulcskockázatokra vonatkozóan két kérdőív készül: egy úgynevezett „háromszög-kérdőív” és egy úgynevezett AHP-kérdőív. A „háromszög-kérdőív” kitöltésekor a felmérésben résztvevőknek az adott kategóriához tartozó veszteség minimumát, maximumát és módusát kell megítélniük (jó módszertani leírást ad a „háromszögeloszlásra” vonatkozóan Wikipedia [2007]). Az AHP-módszerre alapozott kérdőíves felmérés során a szakértőknek az egyes kockázati kategóriákra vonatkozó-

an különböző gyakorisági és súlyossági scenáriókat kell összehasonlítaniuk, majd egy skálán értékelniük, mennyire vélik az egyik scenáriót valószínűbbnek, mint a másikat (Saaty [1980]). Az AHP-módszer előnye, hogy mérhető a konzisztencia, így szükség esetén konzisztencianövelő technikákat, vagy visszakérdezést lehet használni. Ez esetben a scenáriók tranzakció-specifikus kockázati kategóriákhoz kapcsolódó részét (pl. tranzakciós hibák) a 6 szigma módszertan alapján határozzuk meg. A 6 szigma minőségbiztosítási sztenderd alapja az, hogy átlagosan 3.4 hiba forduljon elő egymillió tranzakcióból, termékből (<http://www.qualitydigest.com/dec97/html/motsix.html>). Ez lényegében ± 4.6 szórásnyi intervallumot jelent, ha sztenderd normális eloszlást tekintünk. Ennek megfelelően a szóráshintervallumok alapján megnézzük, hogy a várható értéktől számítva, hol is vannak a különböző szóráshintervallumok határai, és ezt tekintjük kritikus értéknek mint kritikus hibás tranzakciógyakoriságot vagy kritikus hibás tranzakciónagyságot. (A 2. ábrán ezt illusztrálja a 6σ)

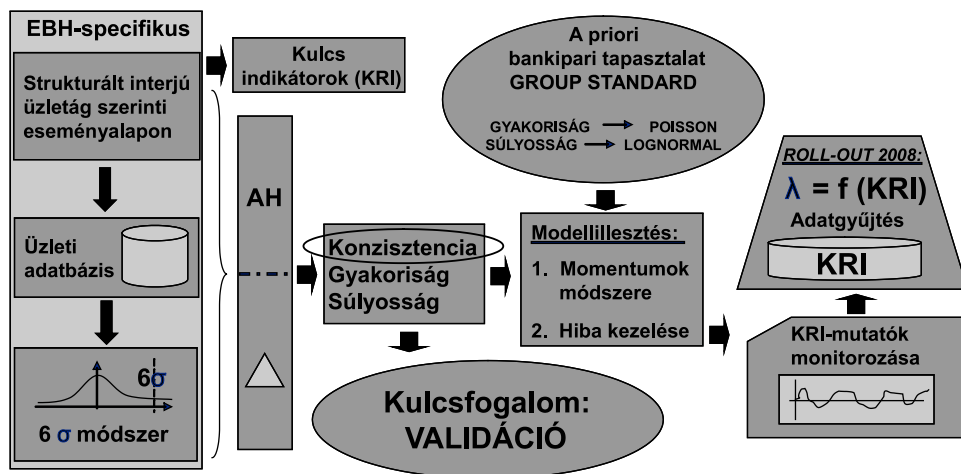
3. *Kérdőívek kitöltése:* a kérdőíveket az egyes területek önállóan töltik ki, szükség esetén a működési kockázatkezelési terület támogatásával.

4. *Kérdőívek feldolgozása, eredmények:* Mind a „háromszög-”, mind az AHP-kérdőív alapján meghatározható az egyes kockázati kategóriákra vonatkozó eloszlás. Ezen kockázati kategóriák alapján történik a meghatározott eloszlások aggregációja a szervezeti egységek és a kockázati kategóriák szintjén. A „háromszögmódszer” alapján háromszög-eloszlások keletkeznek, amelyeket aggregálva, a lognormális és Poisson-eloszlásokhoz közelítünk. Az AHP-módszernél is a Poisson- és lognormális eloszlásokat alkalmazzuk. Majd az aggregált eredményeket számítjuk ki az ún. gyors Fourier-transzformációs eljárással (Fast Fourier Transformation – FFT, lásd Armai [2007])

5. *Eredmények beépítése a teljes modellkeretbe:* az 1. fejezet bevezetőjében említett, az 1. ábrán szemléltetett módon az önértékelés eredményeit ötvözzük az AMA többi kulcselemeivel, először áttekintő módon, majd az 1.2. fejezetben bemutatott stresszelt értékeket is figyelembe véve.

A fentiekben említett önértékelés folyamatát az alábbi ábra foglalja össze:

Kockázati önértékelési keret az EBH-ban



Forrás: saját illusztráció

Az önértékelési folyamat fontos mellékterméke a kockázati kitettséggel együtt mozgó, úgynevezett kulcs kockázati indikátorok alkalmazása (KRI), ezeknek a modellezésbe való beépítése a későbbi tervekben szerepel, mivel nem egyszerű folyamat a megfelelő kalibrálásuk.

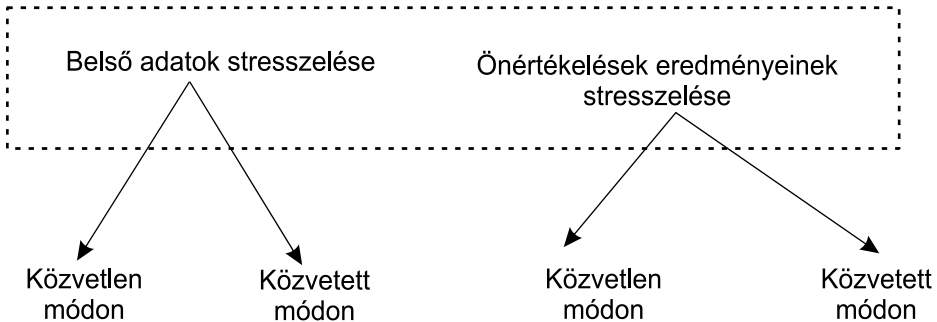
1.2. Forgatókönyv-elemzés és stresszteszttek

A fejlett mérési módszer egyik kulcseleme a forgatókönyv-elemzés, amelynek alkalmazását a tőkedirektíva kötelezően előírja, azonban konkrét megvalósításáról nem rendelkezik. Értelmezésünk szerint a forgatókönyv-elemzés a tőkemodell eredményeinek a stressztesztjét jelenti. Azt vizsgáljuk meg, hogy a belső/külső adatok, illetve az önértékelések eredményeinek felhasználásával számított működési kockázati tőkekövetelmény mennyire érzékeny, ha bizonyos kockázati tényezőket megváltoztatunk. A forgatókönyv-elemzés során olyan extrém eseteket vizsgálunk meg, amelyek jelentős hatással vannak a tőkekövetelmény értékére. Úgy gondoljuk, hogy nagyságrendileg 7-8 forgatókönyv használata javasolt, ennél több forgatókönyv már megnehezítheti az elemzést. Fontos megjegyezni, hogy az elemzés során nemcsak a tőkekövetelményt negatívan érintő eseményeket vizsgáljuk meg, hanem a forgatókönyv-elemzés technikája lehetőséget nyújt arra is, hogy a pozitív hatású (pl. a jövőben megvalósítandó kockázatkezelési) akciók sikerességének hatását vizsgáljuk. A forgatókönyv-elemzés tehát nemcsak a klasszikus értelemben vett stresszteszteljárást jelenti, hanem a menedzsmenteszközök hatásainak a kiértékelésében is nagy segítséget nyújt. A forgatókönyv-elemzési eljárásokat az alábbi ábra szerint csoportosíthatjuk:

Forgatókönyv-elemzési eljárások csoportosítása

Stresszforgatókönyvek

Külső adatokból származó
tapasztalatok felhasználása



Forrás: saját illusztráció)

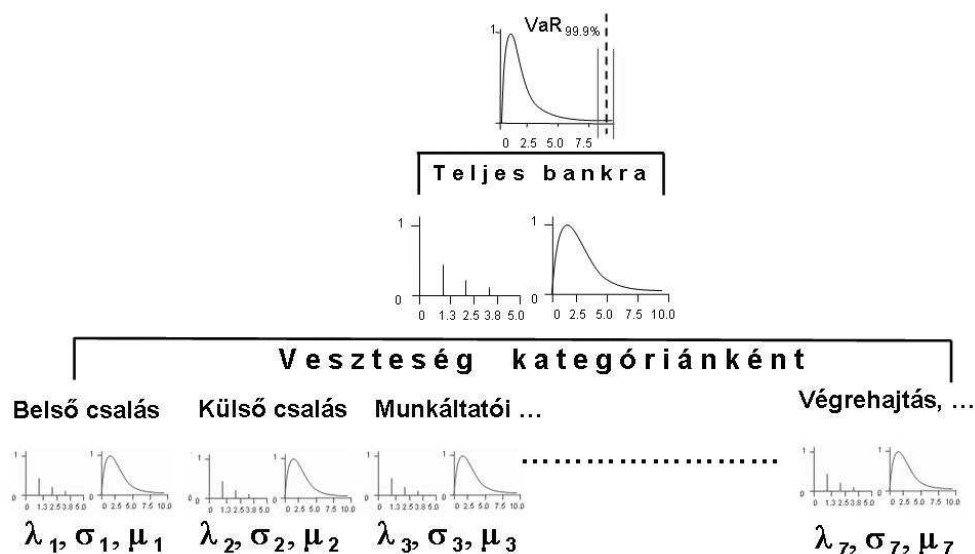
A forgatókönyveket csoportosíthatjuk a forgatókönyvek kialakításának alapjául szolgáló adatok és a kialakításuk módja szerint is. Ennek megfelelően stresszelhetjük a belső adatokat és az önértékelések eredményeit közvetlen vagy közvetett módon. A modell végső eredményét jelentő VaR-érték közvetlen módon való stresszelésén azt értjük, hogy a különböző veszteségtípusokhoz tartozó eloszlások paramétereit elmozdítjuk, és ezeknek a paraméterváltozásoknak a bank működési kockázati tőkekövetelményére gyakorolt hatását vizsgáljuk. Nem foglalkozunk azonban azzal, hogy ezeket a paraméterváltozásokat konkrétan milyen események váltották ki, egyszerű feltételezésekkel élünk e téren. Ezzel szemben a forgatókönyvek közvetett módon való kialakítása azt jelenti, hogy a paraméterelmozdulások okait is vizsgáljuk, és a mögöttes okokon keresztül alakítjuk ki a stresszforgatókönyveket. Ilyen forgatókönyv lehet például a belső veszteségadatok extrém eseményekkel való kiegészítése (pl. megugrik a sikkasztások száma), vagy akár az önértékelések során a szakértők által adott válaszok negatív irányba való eltorzítása (az AHP-módszeren során a páronkénti összehasonlítások konzisztens torzítása negatív irányba). A forgatókönyv-elemzés szakértői kialakításakor nagymértékben támaszkodunk a külső adatokban (kezdetben az ORX-ben, később a HunOR-ban) rejlő tapasztalatokra is. Indulásként a forgatókönyvek kialakításának egyszerűbb, közvetlen módon való kialakítását választottuk, a későbbiekben azonban a rollout terv keretein belül tervezzük a módszertan további finomítását.

Az input adatbázisok módosítása után újra elvégezzük a paraméterbecsléseket és a tőkekövetelmény meghatározásához szükséges aggregációs mechanizmusokat. Ahhoz, hogy az aggregálás hatékony legyen, a már-már hagyományosnak nevezhető Monte-Carlo-szimulációs eljárástól eltérő megoldást kellett választanunk a megnövekedett számítási idő miatt. A számítási idő csökkentése céljából a Fourier-transzformációra esett a választásunk, amely az éves szinten aggregált veszteséeloszlások meghatározására hatékony megoldást jelent.

Az eljárás kifejezett előnye, hogy segítségével viszonylag rövid idő alatt meghatározható a tőkekövetelmény értéke, és ez lehetővé teszi számunkra az említett stresszforatókönyvek hatékony futtatását is (az eljárás működési kockázatok esetén való alkalmazásáról további információkért l. Armai [2007]). Az aggregációs mechanizmus logikáját a 4. ábrán szemléltetjük.

4. ábra

Forgatókönyv-elemzés eredményeinek aggregálása



Forrás: saját illusztráció

1.3. Kockázatcsökkentő eszközök figyelembevétele a modellezés során

Az előző alfejezetben kifejtett forgatókönyv-elemzésnek kifejezett célja, hogy azonosítsuk azokat a területeket, eseményeket, amelyek érzékenyen érinthetik a tőkekövetelmény értékét. Mivel a forgatókönyv-elemzések segítségével azonosítottuk a VaR-t növelő eseményeket, az üzleti folyamatok javítását célzó javaslatokat fogalmazhatunk meg a menedzsment számára. Az ilyen jellegű javaslatok felső vezetői támogatottsága az úgynevezett működési kockázati bizottság (OpRisk Committee), illetve az ügyvezetés jóváhagyásával biztosított. A működési kockázatok mérséklése és a bank folyamatainak menedzselése tehát a tőkekövetelményekkel összhangban történik, a kockázatok megfelelő számszerűsítése nemcsak önmagában a tőkeszámításhoz szükséges, hanem az is célunk, hogy visszacsatolást teremtünk a menedzsment döntései és azoknak a tőkekövetelményre gyakorolt, várható hatása között.

A szabályozás lehetővé teszi, hogy a tőkekövetelmény számításakor figyelembe vegyük a „biztosítások és egyéb kockázatránstferálási mechanizmusok” hatását (Európai Unió [2006] X. melléklet 2. pont). A működési kockázatok csökkentésének széles tárházát ismeri

a szakirodalom (pl. katasztrófakövetvények, működési kockázati swapok stb⁶). Ismerve azonban a kockázatterítésre alkalmas hazai piac jellegzetességeit, most az egyik legjelentősebb, széles körben elterjedt kockázatcsökkentő technikának, a biztosításnak a működési kockázati modellbe történő beépítését mutatjuk be vázlatosan. A többi tőkepiaci megoldás, kockázatranszferálási mechanizmus abszolút nem jellemző a magyarországi viszonyok között.

A biztosítások értékelésére és tőkekövetelményre gyakorolt hatásainak figyelembe vételére a működési kockázati szakirodalom ad recepteket (például *Brandts* [2005]). A vonatkozó irodalmak a biztosítási szerződést alapvetően opcióként kezelik. Az alábbiakban a legelterjedtebb gyakorlatot ismertetjük, amelyet az EBH is követ.

Első lépésként a bank biztosítási szerződéseit egyértelműen hozzá kell rendelnünk a hét bázeli eseménytípus egyikéhez, amelyek a modellezés alapját jelentik. Ezután minden egyes eseménytípus esetén származtatnunk kell a nettó veszteségek eloszlását, ehhez figyelembe kell vennünk a biztosításokból eredő megtérüléseket is. Ezen a ponton kell tekintettel lennünk a biztosítás típusára: mekkora az önrész, milyen egyéb sajátosságai vannak a konstrukciónak. A biztosításból származó megtérülések figyelembe vétele után kapott nettó veszteségek alapján kiszámított VaR-t össze kell hasonlítanunk az eredeti bruttó veszteségek eloszlása alapján számított VaR-ral. A két érték közötti különbség nem haladhatja meg a 20%-ot (Európai Unió [2006] X. melléklet 29. pont), ezt szem előtt tartva kell meghatároznunk a biztosítások hatását is tükröző tőkekövetelményt.

A biztosítások eseménytípusokhoz való rendelése és tőkecsökkentő hatásának kimutatása segítséget nyújthat abban is, hogy a biztosítási politikát tőkeszempontról optimalizáljuk. Ennek nagyon fontos visszacsatolásnak kell lennie banki szinten, ugyanis akkor tudja egy bank a biztosításokból eredő összes hasznot hatékonyan kiaknázni, ha nemcsak a megtérüléseket, hanem a tőkére gyakorolt hatást is figyelembe veszi döntései során.

A tőkekövetelmény-számítás során közvetlenül figyelembe vehető kockázatranszfermechanizmusok mellett természetesen a kockázatkezelés egyéb módszerei is beépülnek a tőkekövetelmény-számításba, hiszen a kockázatkezelési eszközök hatékonyságának tükröződnie kell a kockázatértékelés folyamatában: mind a kockázati önértékelésben, mind a realizált veszteségadatokban. Így a javuló kockázati profilnak mérsékeltőbb tőkekövetelményt kell eredményeznie.

2. A MŰKÖDÉSI KOCKÁZATELEMZÉSI „PARADIGMÁK” VILÁGA, ÉS BENNE AZ EBH HELYE

Úgy véljük, hogy az EBH teljes és konzisztens választ ad az AMA kihívásaira, azonban érdekes és tanulságos, ha eredményeit összehasonlítjuk más koncepciókkal.

Az általunk megismert koncepciók tükrében az EBH modellje egyedülálló abban, hogy valamennyi alkotóelemet közvetlenül beépíti a modellbe. Mind a négy elem egy-egy önálló veszteségmegoszlással járul hozzá a modellhez; ezeket a megoszlásokat különböző technikákkal ötvözzük az egész bankra vonatkozó veszteségmegoszlással.

Az itt bemutatott két másik koncepció – nevezzük ezeket most *Bank A*, illetve *Bank B* modelljeinek – elképzelésünktől több szempontból is eltér.

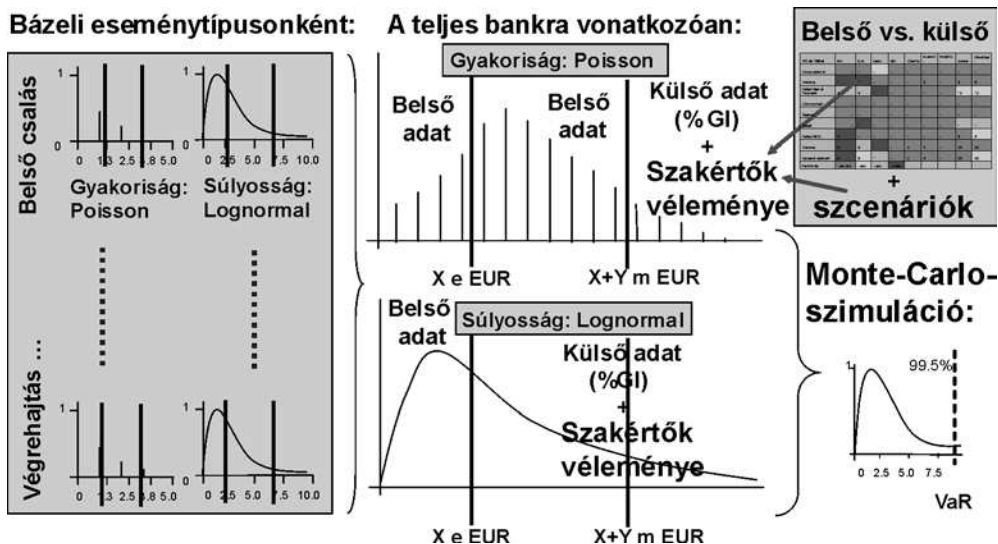
6 További részletek: CRUZ [2002]

- Nem mind a négy alkotóelem épül be közvetlenül a modellbe. A külső adatok, valamint az üzleti környezet és a kontrolltényezők közvetetten, a szenárióelemzésen keresztül válnak a modell részévé, így a modellek tulajdonképpen két belső adatbázisra épülnek: a múltbeli megfigyelésekre és a forgatókönyvek révén „kreált” adatokra. Mint látni fogjuk, *Bank A* és *Bank B* ezen elemeket eltérő súllyal veszi figyelembe.
- Az EBH-val ellentétben a két másik koncepció csak egy veszteségmegoszlást ír fel, és ebbe „sűrítve”, a megoszláson belül szakaszokat képezve építi be az egyes elemeket.
- Végül egy technikai kérdésben is eltérést mutatunk a két másik koncepcióhoz képest. A jelenleg talán elterjedtebb Monte-Carlo-szimulációval ellentétben Fourier-transzformációt alkalmazunk az aggregálás során (Armai [2007]). A Fourier-transzformáció ugyanis numerikusan stabilabb eredményt ad, és különösen az önértékelések eredményeinek feldolgozása során nem elhanyagolható a gyorsasága sem.

Tekintsük először *Bank A* megoldását, amelyet az 5. ábra szemléltet:

5. ábra

Bank A működési kockázatmérési koncepciója



Forrás: saját illusztráció

Modellezési alapegységét tekintve *Bank A* is a bázeli eseménnytípusokból indul ki. A gyakorisági és súlyossági eloszlásokat azonban szakaszokra bontja a következőképpen. Megadott küszöbérték alatt *Bank A* csak a belső veszteség-adatbázisra támaszkodik, mondván: az elégséges és megbízható információt nyújt. A megadott küszöbérték feletti tartományt aszerint bontja további két szakaszra, hogy milyen belső adatgyűjtési tapasztalata van még. Az így kapott középső szakaszban a gyakorisági megoszlást még a belső adatok alapján írja fel, azonban a súlyossági eloszlást már a bruttó jövedelem (gross income) alapján skálázott külső adatokra támaszkodva határozza meg; a külső adatok relevanciáját szakértői vélemé-

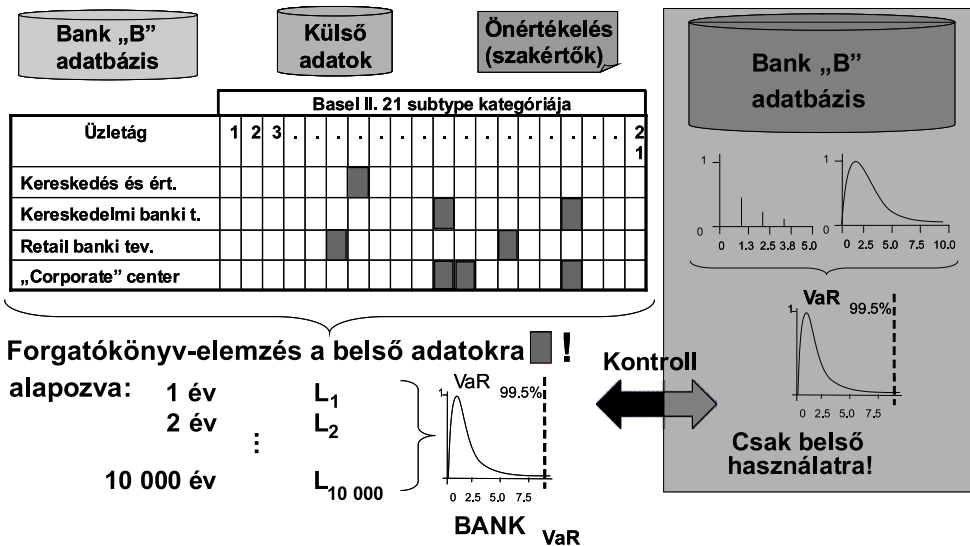
nyek alapján állapítja meg. Mind a gyakoriság, mind a súlyosság tekintetében a 3. szakaszt teljes egészében a szakértői vélemények (értsd: szenárióelemzés) alapján korrigált külső adatokból felírt eloszlások dominálják. Az aggregálást Monte-Carlo-szimuláció segítségével végzik el.

Így a modell alkotóelemei közül – bár szakértői vélemények alapján módosítva – a külső adatok a meghatározók, megtámogatva azzal az érveléssel, hogy ezek jelentik azt az „uni-verzumot”, aminek *Bank A* is része, és *Bank A* alapvetően nem viselkedik másképpen, mint maga a bankszektor.

A külső adatokkal ellentétben *Bank B* megoldása alapvetően a belső veszteségadatokra támaszkodik, azzal alátámasztva, hogy a bankban viszonylag régi és stabil, nagy kultúrával rendelkezik a belső adatgyűjtés, így az abban rejlő információk megbízhatóak. *Bank B* modelljének felépítését az alábbi ábra mutatja be:

6. ábra

Bank B működési kockázatomérési koncepciója



Forrás: saját illusztráció

Mivel *Bank B* már a modellépítés korai szakaszában nagy hangsúlyt fektetett a tőkeallokációra, ezért modellezési alapegységként az üzletági besorolást választotta, bevezetve az úgynevezett „corporate center” üzletágot is az egyes üzletágak között fel nem osztható tevékenységek kezelésére. A modell egyik közvetlen építőköve tehát az üzletági bontásban rendelkezésre álló belső adatok, illetve a belső adatok alapján ezen üzletágakra felírt gyakorisági és súlyossági eloszlások lesznek.

A modell másik közvetlen építőkövét a forgatókönyv-elemzés eredményeképpen születő adatok képezik. A forgatókönyv-elemzés során egyrészt összehasonlítják a belső adatok és a veszteségek alapján skálázott külső adatokat, másrészt felhasználják a szintén üzlet-

ági, illetve a bázeli 2. szintű eseménytípusok bontásában készülő önértékelés eredményét, amelyet szintén összevetnek a belső adatokkal. A forgatókönyv-elemzés technikáját ott alkalmazzák, ahol az összehasonlítások révén megállapítható, hogy nem áll rendelkezésre elégséges belső adat, de mind a külső adatok, mind az önértékelés eredménye valamilyen kockázatra hívja fel a figyelmet. Ily módon az üzletági bontásban felírt gyakorisági és súlyossági megoszlások módosulnak a forgatókönyvek alapján, majd ezt követi a Monte-Carlo-szimulációval végzett aggregálás és a VaR mérték számítása.

Mindkét fent említett megközelítés tanulságos volt, számos elemet fontolóra vettünk az EBH modelljének megalkotásakor. Úgy véljük azonban, hogy az egyes alkotóelemek fejlettségi szintjét (a viszonylag fiatal adatgyűjtési gyakorlatot), illetve az egyes elemek relevanciáját tekintve (pl. fúzióhoz kapcsolódó események), az EBH prudensen jár el, amikor az önértékelést és a kockázati indikátorokat közvetlenül és viszonylag nagyobb súllyal veszi figyelembe, mint mások, biztosítva az előremutatást és a valódi kockázati profil leképezését a tőkekövetelmény meghatározásakor.

ÖSSZEZGÉS

Összességében elmondhatjuk, hogy az EBH működési kockázati koncepciója teljes és egységes. Az önértékelés kiemelt jelentőségű, mert a jövőt egyetlen egy adatbázis sem tartalmazza, így kulcsfontosságú, hogy a szakértői értékelést figyelembe vegyünk. Mint a bevezetésben is említettük, a működési kockázat mérése egy rosszul strukturált, rendkívül összetett probléma, így többirányú komplex megközelítést igényel, ahol nagy szerepe van az egyes szakterületek hozzáértő munkatársainak is. A kockázatmérés során alkalmazhatóak már realizált (belső vagy külső) veszteségadatok, illetve a kockázattertelékek adatai. A különböző megközelítések összehasonlítása alapján elmondhatjuk, hogy a modellválasztást erősen meghatározza a kockázati profil stabil vagy dinamikus jellege, illetve a rendelkezésre álló adatok minősége és mennyisége.

IRODALOMJEGYZÉK

- ÁLVAREZ, GENE [2006]: Operational Risk Economic Capital Measurement: Mathematical models for Analysing Loss Data, in: The Advanced Measurement Approach, Risk Books, London
- ARMAI ZSOLT [2007]: Veszteségmegoszlások meghatározása Fourier-transzformációval, *Hitelintézet*i Szemle, Budapest, 2007/3. szám, 283–306. o.
- AUE, F.–KALBRENER, M. [2006]: LDA at work: Deutsche Bank's approach to quantifying operational risk, *Journal of Operational Risk*, Vol. 1. No. 4. tél, 2006/2007.
- BIS [2004]: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework, 2004. június 26., <http://www.bis.org/publ/bcbs107.pdf> (2007. január 2.)
- BRANDTS, SILKE [2005]: Reducing risk through insurance in Operational Risk (Practical approaches to implementation), szerkesztő: Ellen Davis, 305–314. o., Incisive Media, London
- CEBS [2006]: GL10 – Guidelines on the implementation, validation and assessment of Advanced Measurement (AMA) and Internal Ratings Based (IRB) Approaches, www.c-eps.org, <http://www.c-eps.org/pdfs/GL10.pdf> (2007. június 11.)

- CRUZ, MARCELO [2002]: Modelling, measuring and hedging operational risk, John Wiley & Sons, Chichester
- DITLEVSEN, SUSANNE–DITLEVSEN, OVE [2006]: Parameter estimation from observation of first passage times of the Ornstein-Uhlenbeck Process and the Feller process, Conference paper: Fifth Computational Stochastics Mechanics Conference, Rhodes, 2006. június
- Európai Unió [2006]: 2006/48/EK irányelv (2006. június 14.) a hitelintézetek tevékenységének megkezdéséről és folytatásáról (átdolgozott szöveg, EGT-vonatkozású szöveg)
- FRACHOT, A.–MOUDOLAUD, O.–RONCALLI, T. [2004]: Loss distribution approach in practice, in: The Basel Handbook, Riskbooks, London, Working Paper, Groupe de Recherche Opérationnelle, Crédit Lyonnais, France
- KLUGMAN, S.–PANJER, H.–WILMOT, G. [1997]: Loss Models, Wiley Series in Probability and Statistics, Wiley, New York
- PSZÁF [2006]: Validációs kézikönyv a belső minősítési rendszerek (IRB) és a működési kockázat fejlett módszereinek (AMA) bevezetéséről, értékeléséről és jóváhagyásáról, II. rész: Működési kockázat, Budapest, http://www.pszaf.hu/engine.aspx?page=pszafhu_validacios (2007. június 10.)
- SAATY, T. L. [1980]: The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill, New York, 1980.
- Wikipedia[2007]: Triangle distribution, http://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_distribution (2007. június 14.)

LUBLÓY ÁGNES–TANAI ÉSZTER

A működési kockázat és a hazai nagy összegű fizetési rendszer (VIBER)

A fizetési és elszámolási rendszereket kritikus infrastruktúrának tekinthetjük, a rendszerek nem megfelelő működése veszélyeztetheti a pénzügyi szektor hatékony működését, és szélsőséges esetben a rendszer egészének stabilitást is. Tanulmányunkban a VIBER-szereplők más rendszertagnál (illetve tagoknál) bekövetkező működési kockázati esemény által kiváltott likviditási sokktűrő képességét vizsgáljuk. Arra vállalkozunk, hogy bizonyos feltételezésekkel élve feltérképezzük, mennyire képesek a hazai bankok más bank működési kockázatából eredő sokkoknak ellenállni. Egész napos és napon belüli incidensek elemzésével vizsgáljuk, miképpen érinti a VIBER többi szereplőjét, ha egy bank valamely hiba folytán nem képes beküldeni tranzakcióit. A VIBER-forgalom potenciális sérülését több mutatószám együttes vizsgálatával mérjük. Megnézzük azt is, vajon a VIBER-tagok elegendő likviditással rendelkeznek-e a bejövő tételek egy részének elmaradása esetén is ahhoz, hogy az adott napra vonatkozó összes (normál körülmények között tervezett) fizetési kötelezettségüknek eleget tegyenek. Két forgatókönyv esetében azt is számszerűsítjük, hogy vajon mennyi pótlólagos likvidításra lenne az egyes szereplőknek szüksége ahhoz, hogy valamennyi visszautasított tételük teljesülhessen.¹

BEVEZETÉS

A fizetési rendszerek stabilitása, biztonságos működése alapfeltétele a hazai pénzügyi rendszer stabilitásának. Ezt tükrözi a jegybanktörvény is, amely az MNB alapvető feladatai közé sorolja a belföldi fizetési és elszámolási rendszerek kialakítását és szabályozását, valamint azok biztonságos és hatékony működésének támogatását (2001. évi LVIII. törvény a Magyar Nemzeti Bankról, 4. § 5. bek.). Ezzel összhangban az MNB-nek valamennyi – a fizetési és elszámolási rendszerekben potenciálisan felmerülő – kockázattípus, köztük a jogi, a likviditási, a hitel- és a működési kockázat hatását fel kell térképeznie. Az egyes

¹ A tanulmány a Magyar Nemzeti Bankban végzett kutatás alapján készült. A szerzők köszönettel tartoznak Helmecki Istvánnak a hazai fizetési rendszer replikációja kapcsán a tranzakciók egyértelmű sorrendjének meghatározásáért, valamint a különböző forgatókönyvek input adatainak transzformációjáért (bizonyos tranzakciók törlése, időbélyegek módosítása stb). Hálaadás vagyunk Szenes Márknak is, aki a napon belüli incidensek futtatásához elengedhetetlen optimalizációs algoritmust dolgozta ki. A cikk szerkesztését képezzük a Hitelintézeti Szemle anonim lektorának értékes észrevételei, amelyért szintén köszönetet mondunk. Ez az írás a szerzők nézeteit tartalmazza, és nem feltétlenül tükrözi a Magyar Nemzeti Bank hivatalos álláspontját. A tanulmány a Magyar Nemzeti Bank és a Collegium Budapest közötti „Kooperatív centrum a kommunikációs hálózatok adatanalízise területén” című NAP-projekt kapcsán létrejött együttműködési megállapodás alapján, a Nemzeti Kutatási és Technológia Hivatal támogatásával készült.

kockázattípusok egymással kölcsönhatásban állhatnak, és szélsőséges esetben akár rendszerkockázathoz is vezethetnek.²

A VIBER (valós idejű bruttó elszámolási rendszer) a többnyire nagy összegű fizetési tételek elszámolását teszi lehetővé a rendszer tagjai között. A VIBER-ben, amennyiben a fizetési megbízások fedezete biztosított, a tranzakciók azonnal fedezetellenőrzés mellett teljesülnek. A VIBER napi forgalma a GDP 10%-a körüli. A rendszert a forintban denominált, nagy összegű pénzügyi tranzakciók és az egyéb időkritikusnak minősülő bankközi- és ügyfélmegbízások szempontjából kiemelt jelentőségű infrastruktúrájának tekinthetjük. A VIBER nem megfelelő működése megfelelő kontrollpontok, alkalmazkodási mechanizmusok, illetve szélsőséges esetben külső segítség nélkül nemcsak a VIBER-tagok napi üzletmenetét veszélyeztetheti, hanem extrém esetekben a pénzügyi szektor hatékony működését és a rendszer egészének stabilitását is.

A VIBER-ben zajló fizetési forgalom normál menetének bárminemű sérülése *likviditási kockázathoz* vezethet. A bejövő tételek finanszírozó szerepe miatt egy partnerbank nemfizetése a többi bank likviditási pozícióját is érzékenyen érintheti, szélsőséges esetben meg is sérülhet. Ha egy bank valamely működési hiba miatt nem képes fizetési megbízásait a rendszerbe benyújtani, a banknál felhalmozódhat a likviditás (liquidity sink effect). Így sérülhet a likviditás-újraelosztás, és ez hatással lehet a fizetési forgalomra is.

A fizetési és elszámolási rendszerek zökkenőmentes működése a szükséges *erőforrások* (pl. munkaerő, informatikai infrastruktúra, telekommunikációs hálózatok, elektromos áram) *rendelkezésre állását* tételezi fel. Az erőforrások rendelkezésre állását számos külső és belső tényező befolyásolja, ami működési kockázattal jár. Számos esetben a működési kockázat mérsékelhető, illetve minimálisra csökkenthető (pl. tartalékrendszerek kiépítésével, kiszervezés esetén megfelelő másodlagos erőforrások rendelkezésre állásának megkövetelésével), azonban ennek költsége jelentős lehet.

A közelmúltban számos esemény hívta fel a figyelmet az üzletmenet-folytonosság tervezésének és a működési kockázat kezelésnek a fontosságára. Többek között ilyen eseménynek tekinthető a 1992. április 13-ai áradás Chicago üzleti negyede alatt. A Chicago Board of Trade felfüggesztette az általa működtetett piacokon a kereskedést, és a forgalom a következő napokban is minimális maradt (*Pelant* [1992]). A 2001. szeptember 11-i terrortámadás következtében Alsó-Manhattanben jelentősen sérült a fizetési és elszámolási forgalom fizikai háttér-infrastruktúrája. A bankok egy része nem tudta fizetési megbízásait beküldeni, amely más bankoknál likviditáshiányhoz vezetett. A Fedwire-rendszeren keresztül bonyolódó fizetési forgalom szintje és a bankok időzítési magatartása is jelentősen módosult (*McAndrews és Potter* [2002]; *Lacker* [2003]). Említésre érdemes még a 2003. augusztus 14–15-i áramkimaradás, amelynek következtében számos betétgyűjtéssel foglalkozó intézmény zárta be fiókjait az Egyesült Államokban. Az intézményeknek vagy nem volt, vagy nem működött megfelelően a pótlólagos áramforrás-generátoruk. Aznap a bankközi ügyletek piacának forgalma is jelentősen visszaesett (FBIIC [2003]).

A magyar fizetési rendszer működését szerencsére hasonló méretű természeti katasztrófa vagy terroristatámadás ez idáig nem rázta meg. A korábbi működési kockázati esemé-

² A BIS egy korai definíciója szerint a rendszerkockázat annak a kockázata, hogy egy szereplő nem tud szerződéses kötelezettségének eleget tenni, aminek következtében a többi szereplő is fizetéseképtelenné válhat, és láncreakciót kiváltva, széles körben pénzügyi nehézséget idézhet elő (KAUFMAN [1999], 17–18. o.).

nyek (továbbiakban: incidensek) a VIBER működésében jóval kisebb fennakadást okoztak. A bekövetkezett incidensek a jegybanki elszámolási infrastruktúra egyes komponenseit (beleértve a SWIFT üzenetközvetítő hálózatot is), vagy a VIBER-tagok saját rendszerét érintették. A szűken értelmezett (résztevők nélküli) VIBER rendelkezésre állási mutatót az MNB folyamatosan nyomon követi. A mutató értéke 2006-ban éves szinten 99,6% körüli volt, ami azt jelenti, hogy az MNB által üzemeltetett központi infrastruktúra az elmúlt év során a hivatalos nyitvatartási idő 99,6%-ában fogadta és dolgozta fel a fizetési elszámolásokat.

A VIBER zökkenőmentes működése azonban nemcsak a jegybanki elszámolási infrastruktúra magas szintű rendelkezésre állását követeli meg, hanem az egyes VIBER-tagok megfelelő rendelkezésre állását is. Ahhoz, hogy a rendszer jól működjön, elengedhetetlenül szükséges, hogy a tagok képesek legyenek folyamatosan fizetési megbízásokat létrehozni és feldolgozni, valamint küldeni és fogadni. A VIBER-tagoknál felmerülő technikai problémákról az MNB csak bizonyos esetekben szerez tudomást, elsősorban akkor, ha a tag az üzemidő meghosszabbítását kéri. Az információ tartalma ekkor is meglehetősen hiányos. A korántsem teljes incidens-adatbázis alapján 2003 áprilisa és 2007 májusa között az MNB 72 incidenst regisztrált, amelyből 19 esetben az incidens hozzávetőleges hossza is ismert, bár ez utóbbit illetően eléggé nagy a bizonytalanság. Egy incidens átlagos hossza 2 óra 34 perc volt, a legrövidebb incidens 23 percig tartott, a leghosszabb 5 óra 50 percig. A 72 esetből 29 a SWIFT üzenetküldő rendszer hibájához köthető. A hiányos adatbázis alapján ugyan nehéz következtetéseket levonni, de annyi bizonyos, hogy technikai problémák mind a nagyobb, mind a kisebb intézményeknél időről időre felmerülnek.

Napjainkban a *katasztrófatervek és a működésikockázat-kezelés* egyre nagyobb hangsúlyt kap a pénzügyi intézményeknél (beleértve a fizetési és elszámolási rendszereket működtetőket) és az őket szabályozó, ellenőrző hatóságoknál is. A működési kockázati események kezelése, azok negatív következményeinek elkerülése érdekében számos intézmény dolgozott már ki üzletmenet-folytonossági terveket. Több országban nemzeti projekteknél jelölték ki az ország szempontjából (esetleg nemzetközileg fontos) kritikus funkciókat és infrastruktúrákat, és a velük szemben támasztott követelményeket is meghatározták. Mindezen intézkedések ellenére, működési kockázati események értelemszerűen bekövetkezhetnek. Így hasznos lehet annak feltérképezése, hogy egy adott rendszerben kulcsfontosságú szereplőnél felmerülő működési hiba milyen hatásokkal járhat, és az hogyan csökkenthető és orvosolható.

A többi kockázati eseményhez hasonlóan, a működési kockázat két fontos jellemzője *bekövetkezésének valószínűsége*, illetve a *kiváltott hatás súlyossága*. Egy esemény bekövetkezésének valószínűsége becsülhető például egy kellően hosszú periódust átfogó incidens-adatbázisból (gyakorlati valószínűség), vagy különböző elméleti valószínűségi eloszlások felhasználásával. Egy (a tanulmányban elemzett) esemény által előidézett hatás mérésakor célszerű lehet megkülönböztetni az elsődleges és másodlagos hatásokat. Az elsődleges hatás a fizetési rendszer működésében közvetlenül jelentkezik, mérésére a visszautasított tételek értéke vagy a későbbiekben részletesen bemutatandó késés indikátora szolgálhat. A másodlagos hatások a fizetési rendszer működése során közvetlenül nem észlelhetők, mérésükre például az időkritikus fizetési tételek vagy más szerződéses kötelezettségek késedelmes teljesítése alkalmas, amelyhez általában már pénzügyi kártérítés is járul. Az elsődleges és másodlagos hatások teljes feltérképezése a költségek számszerűsítését is szükségképpen magában foglalja.

Miután számszerűsítettük a fizetési rendszert érintő kockázati eseményeknek az egész gazdaságra vonatkozó, várható költségeit, fontos a jelenlegi tartalékrendszerek és eljárások (back-up facilities) megfelelő voltának értékelése. Ha a jelenlegi tartalékrendszerek és eljárások elégtelennek bizonyulnak, és (hiány)pótlásuk az incidensek várható veszteségénél kisebb költséggel megvalósítható, akkor a meglévő rendszerek bővítését és/vagy újabb rendszerek beszerzését és eljárások kidolgozását kell mérlegelni. Ahogy már utaltunk rá, a költséghaszon-elemzés a döntési folyamat sarkalatos pontja.

A valós idejű bruttó elszámolási rendszereknél a működési és a likviditási kockázat közötti összefüggés már régóta ismert, a működési kockázatnak a likviditási kockázatra gyakorolt hatása azonban számos, az egyedi rendszerekre jellemző, specifikus tényezőtől függhet. Ilyen tényezőnek minősül például a tartozik és követel oldal forgalmának koncentrátsága, a rendszertagok közötti fizetések hálóstruktúrája, a rendelkezésre álló likviditás és annak megoszlása az intézmények között, a résztvevők időzítési magatartása vagy a rendszer architektúrája.

Tanulmányunkban a VIBER-szereplőknek más rendszertagnál (illetve tagoknál) bekövetkező működési kockázati esemény által kiváltott likviditási sokktűrő képességét vizsgáljuk. Arra vállalkozunk, hogy bizonyos alapforgatókönyvek mellett feltérképezzük, mennyire képesek a hazai bankok más bank működési kockázatából eredő sokkoknak ellenállni. Ha egy bank üzenetközvetítő rendszere meghibásodik, az vajon miképpen hat a VIBER többi szereplőjére? A többi szereplő elegendő likviditással rendelkezik-e ahhoz, hogy az arra a napra vonatkozó összes (normál üzletmenetben tervezett) fizetési kötelezettségének eleget tegyen? Ha nem, akkor vajon mennyire sérülhet a fizetési forgalom? Tanulmányunkban hipotetikus forgatókönyveket feltételezve mérjük a fizetési forgalom sérülését. Fontos megjegyezni, hogy a fizetési forgalom sérülése kizárólag váratlanul bekövetkező működési hibára vezethető vissza; a piaci szereplők a bajba jutott intézmény fizetőképességét (szolvens voltát) nem kérdőjelezzik meg. Egyelőre nem célunk sem az események bekövetkezési valószínűségének mérése, sem a másodlagos hatások számszerűsítése. Kizárólag az elsődleges hatásokra összpontosítunk. Nem vállalkozunk arra sem, hogy a fizetési rendszer felépítésének és működési paramétereinek megfelelő voltát megítéljük, ez további kutatást tesz szükségessé. Törekszünk viszont annak meghatározására: a fizetési rendszer résztvevőinek mérlege kellően likvid-e (azaz mekkora az adott bank MNB által elfogadható értékpapírjainak mennyisége), és hogy valamennyi, a normál üzletmenetben aznapra szánt fizetési megbízást a nap végéig teljesítsen.

Tanulmányunkban először röviden ismertetjük azon kutatások közös jellemzőit, amelyek a működési hibákból fakadó likviditási sokkok elszámolási rendszerekre gyakorolt hatását vizsgálják. A második részben kitérünk a hazai valós idejű fizetési rendszer általános jellemzésére, illetve a fizetési rendszer működésének leírására szolgáló indikátorok ismertetésére. A VIBER normál üzletmeneti működésének bemutatása mellett a VIBER-tagokat számos likviditáshoz és fizetési forgalomhoz kapcsolódó mutató alapján csoportosítjuk, amellyel egyúttal kijelöljük a rendszer működése szempontjából kiemelt és veszélyeztetett intézmények körét. A technikai hiba következtében kialakuló, potenciális likviditási válságot több hipotetikus forgatókönyv mentén elemezzük. A forgatókönyveket a technikai problémával nem sújtott intézmények válaszképpen, a hiba bekövetkezésének időpontja és az incidens hossza, az operációs hibát elszenvető intézmények köre és száma, valamint az alkalmazott tartalékmegoldások dimenziói mentén alakítottuk ki. A tanulmány harmadik részében, hat

feltételezett forgatókönyv kapcsán, a szimulációs eredményeinket foglaljuk össze. Egy bank technikai fizetéseképtelenségének hatását, azaz a VIBER-forgalom sérülését több mutatószám együttes vizsgálatával mérjük. A mutatószámok többek között magukban foglalják a kezdetben be nem nyújtott fizetések értékét, a nap végén fedezethiány miatt elutasított tételek összegét, a sorok átlagos és maximális értékét, valamint a késés indikátorát. Két forgatókönyv esetében kísérletet teszünk arra is, hogy a bruttó és a nettó likviditáshiány mutatója alapján meghatározzuk: vajon mennyi pótlólagos likviditásra lenne az egyes szereplőknek szüksége ahhoz, hogy valamennyi visszautasított tételük teljesüljön? Tanulmányunkat a főbb következtetések összefoglalásával és a további kutatási irány kijelölésével zárjuk.

1. KORÁBBI TANULMÁNYOK

A jegybankok munkatársai a közelmúltban számos olyan tanulmányt készítettek, amelyek a különböző működési hibákból fakadó, illetve egyéb likviditási sokkok valós idejű bruttó elszámolási vagy hibrid rendszerekre gyakorolt hatását térképezik fel. *Bedford et al.* [2004] az egyesült királysági CHAPS, *Sterling, Mazars és Woefel* [2005] a francia PNS, *Schmitz et al.* [2006] az osztrák ARTIS, *Bech és Soramäki* [2005] a dán KRONOS, míg *Enge és Øveri* [2006] a norvég NBO résztvevőinek likviditási sokktűrő képességét számszerűsítették. A következőkben e tanulmányok közös jellemzőit ismertetjük röviden.

Valamennyi tanulmányban történelmi adatokon alapuló szimulációkat futtatnak a kutatók. A rendszer sokkolása mellett azt vizsgálják, hogy milyen mértékben sérülne a fizetési forgalom, ha az intézmények hasonló fizetési megbízásokkal rendelkeznének a jövőben is, mint a múltban rendelkeztek. A sokkhatást előre nem várt esemény váltja ki, és tisztán technikai jellegű, azaz a piaci szereplők a problémával küszködő intézményt szolvensnek tartják. A fizetési rendszerekben okozott működési kockázati hatások megfelelő méréséhez a fizetési rendszer eredeti felépítését a lehető legjobban (általában teljesen) megközelítő működési környezet szimulációjára volt szükség. Ezt a Bank of Finland által kifejlesztett Payment and Settlement System Simulator (BoF-PSS2) vagy a Banque de France szimulátora segítette. A szimulátor az eltérő funkcionálisok beállítása révén lehetővé teszi a különböző típusú beépített funkciókkal működő, nagy összegű fizetési rendszerek tökéletes másának előállítását.

A tanulmányok közös megállapítása az is: a sokkhatást az okozza, hogy egy vagy több intézmény nem tudja fizetési megbízásait beküldeni a központi elszámolóműbe (amit általában a jegybank üzemeltet), és ez a fizetési forgalom sérüléséhez vezet. A kutatók a sokkhatást három paraméterrel jellemzik: az incidens által érintett intézmények körével, annak kezdetével, valamint hosszával. Bizonyos korlátozó feltételek mellett (pl. a hibaesemény maximum két óráig tart) a paramétereket a szerzők úgy állítják be, hogy a fizetési forgalom sérülésének mértéke a lehető legnagyobb legyen. A paraméterek megválasztása mellett a fizetési forgalom sérülése az egyes intézmények rendelkezésére álló likviditásával kapcsolatos feltételezésektől, a figyelembe vett esetleges háttérmegoldásoktól (pl. papíralapú benyújtás) és a többi szereplő lehetséges válaszütemétől is függ (pl. leállítják-e fizetéseket a bajba jutott banknak, vagy esetleg megváltoztatják a bilaterális limiteket azzal szemben).

Egy bank technikai fizetéseképtelensége a partnerbankok likviditási pozícióját is érzékenyen érintheti, és késéshez, vagy a nap végén akár fedezethiány miatt visszautasított tétel-

lekhez is vezethet. A fizetési forgalom effajta sérülését több mutatószám együttes vizsgálatával mérik a szerzők. A mutatószámok többek között magukban foglalják a kezdetben be nem nyújtott fizetések értékét, a nap végén fedezethiány miatt elutasított tételek összegét, különféle sorstatisztikára vonatkozó mutatószámokat és a késés indikátorát.

A tanulmányok célja tehát közös, a szerzők azt elemzik, hogy egy banknál bekövetkező működési hiba milyen mértékű likviditási problémákhoz vezethet. A bekövetkező incidensek, a lehetséges tartalékmegoldások, katasztrófaeljárások, a többi szereplő válaszreakciója, illetve a fizetési forgalom mérésére szolgáló mutatószámok szempontjából azonban mutatkoznak bizonyos eltérések, amelyek ismertetésére most nem térünk ki.

2. A FELHASZNÁLT ADATOK ÉS A MÓDSZERTAN

2. 1. A VIBER általános jellemzése

Tanulmányunkban a VIBER működését a Bank of Finlandnál kifejlesztett, kutatási célokra ingyenesen használható Payment and Settlement System Simulator (BoF-PSS2) segítségével modellezzük. A VIBER intézményi sajátosságait a szimulátor beállításai tükrözik. A szimulációkat 2006 decemberének és 2007 januárjának valós adatait felhasználva, normál piaci körülmények között és stresszhelyzetben is lefuttatjuk. A vizsgált időszak 41 üzleti napot ölel fel. Normál piaci körülményeket feltételezve, a VIBER múltbeli működésének tökéletes mását kaptuk vissza.

A CHAPS Sterlinghez, az ARTIS-hoz, a KRONOS-hoz, illetve az NBO-hoz hasonlóan a VIBER is valós idejű bruttó elszámolási rendszer, amelyben az elszámolás fizetési tételről fizetési tételre valós időben zajlik. A fizetési tételek feldolgozása folyamatos, a szereplők a kiegyenlítésről azonnal értesítést kapnak. Valamennyi fizetési tétel elszámolása fedezetvizsgálat mellett történik. Amennyiben a VIBER-tag elegendő likviditással rendelkezik egy adott fizetési tétel kiegyenlítéséhez, a tétel azonnal teljesül. Amennyiben a VIBER-tag likviditása nem bizonyul elégségesnek, úgy a fizetési tétel sorban áll. Minden VIBER-tagnak külön sora van, a sor a fedezethiány miatt egyelőre nem teljesített tételeket foglalja magában. A VIBER-tagok sora megszűnik, ha a fizetési megbízás egy bejövő tételből már finanszírozható, ha a tag pótlólagos likviditást biztosít (például újabb értékpapírok zárolásával), vagy ha a rendszerbe épített automatizmus lebontható körbetartozást észlel. A VIBER-tagok sorai a prioritás figyelembe vétele mellett FIFO (First-In First-Out) elven épülnek fel. A magasabb prioritású tételek a sor elején, míg az alacsonyabb prioritású tételek a sor végén találhatóak.³ Ha a sor elején álló fizetési tétel nem számolható el, a sor blokkolt. A sorok multilaterális lebonthatóságát a rendszer időközönként megvizsgálja, és ha ez a sorlebontható algoritmus körbetartozást (gridlock) észlel, akkor az általa kiválasztott, lebonthatóknak minősített tételeket teljesíti. A VIBER-ben lehetőség van a sorlebontható algoritmus automatikus és manuális indítására. A VIBER jelenlegi

3 A VIBER-tagok, beleértve a KELER-t is, fizetési megbízásait a prioritás megjelölésével küldhetik be a rendszerbe. A nagyon sürgős prioritású (0–6) fizetési megbízásokat csak az MNB, sürgős prioritású (7–9) tételeket az MNB és a KELER, míg normál prioritással (10–98) ellátott fizetési megbízásokat bármely VIBER-tag benyújthat. A bankok a rövid időn belül teljesítendő, időkritikus fizetési megbízásaiknak elvileg tehát magasabb prioritást adnak. A magyar bankok ugyanakkor nem igazán élnek a prioritások megválasztásának lehetőségével, az esetek döntő többségében valamennyi fizetési megbízásukat azonos prioritással küldik be a rendszerbe.

beállítása szerint a sorlembontó algoritmus félóránként automatikusan indul. Az algoritmus a maximálisan elszámolható tételek körét keresi meg úgy, hogy először minden tételt bevon az elszámolásba, majd ha az nem lehetséges, akkor szűkíti az elszámolandó tételek körét. Az algoritmus tulajdonképpen félóránkénti részleges multilaterális elszámolásnak (partial net offsetting) felel meg.

A vizsgált időszakban a VIBER-nek 38 közvetlen tagja volt. A VIBER-ben a bejövő tételek finanszírozó szerepe mellett a tranzakciók fedezetét a bankok pénzforgalmi számlájának egyenlege és napközbeni hitelkerete jelenti. A napközbeni hitelkeretre, hasonlóan számos országhoz, értékpapír-fedezet mellett tehetnek szert az intézmények. A napközbeni hitelkeret az üzemidő során bármikor módosítható. A fedezetként elfogadható értékpapírok körét és az értékpapírok befogadási feltételeit az MNB határozza meg.

2.1.1. Indikátorok a VIBER működésének jellemzésére

A hagyományos statisztikai mérőszámok mellett (pl. forgalom, koncentráció, időzítés) a VIBER működését számos további *indikátor* segítségével ragadhatjuk meg. Ezen indikátorokkal a VIBER működését mind a normál üzletmenetet alapul véve, mind valamely sokk-helyzetet feltételezve jellemezhetjük. A következőkben ezen indikátorokat ismertetjük.

2.1.1.1. Be nem nyújtott, illetve visszautasított (teljesítetlen) fizetések

Egy banknál felmerülő operációs hiba súlyosságának egyik kézenfekvő mértéke az eredetileg tervezett, ám a hiba miatt végül *be nem nyújtott fizetések darabszáma és értéke*. Szintén fontos mutatószám a rendszer által napvégi fedezethiány miatt *visszautasított fizetések indikátora* (darabszáma és értéke). Az indikátor tulajdonképpen azt mutatja meg, hogy milyen súlyos a sokk következtében kialakuló dominóhatás. A teljesítetlen fizetések magukban foglalják a problémával küzdő banknak küldött fizetési tételeket is. A be nem nyújtott és a rendszer által fedezethiány miatt visszautasított tételek együttesen alkotják az aznapi *teljesítetlen tételeket*.

2.1.1.2. Hipotetikus likviditási szintek

A VIBER-tagok aktuális likviditása mellett három további likviditási szintet érdemes vizsgálni, amely rávilágíthat a bankok likviditási kockázattal szembeni sokktűrő képességére.

A *likviditás alsó korlátja* (lower bound of liquidity, LB) az a likviditás, amelyre a bankoknak minimálisan szükségük van ahhoz, hogy a nap végén minden fizetési megbízásuk teljesüljön (BoF [2005]). Amennyiben minden szereplő csak az alsó korlátjának megfelelő likviditással rendelkezne, úgy a fizetési tételek legkésőbb a nap végén a multilaterális sorlembontó algoritmus révén mindenképpen teljesülnének. Amennyiben a kimenő fizetési tételek értéke meghaladja a bejövő tételek értékét, úgy a likviditás alsó korlátja nettó egyenleggel, ellenkező esetben pedig zérussal egyenlő. Formálisan:

$$LB_i = \max \left(\sum_{j=1}^n p_{ij}^{in} - \sum_{k=1}^n p_{ik}^{out}, 0 \right), \text{ ahol}$$

- p_{ij}^{in} az i -edik szereplő j -edik bejövő tétele, míg
- p_{ik}^{out} az i -edik szereplő k -edik kimenő tétele.

Rendszerszinten a likviditás alsó korlátja az egyes szereplők alsó korlátjainak összege.

A *likviditás felső korlátja* (upper bound of liquidity, UB) az a likviditási szint, amely mellett a bankok valamennyi fizetési megbízása azonnal, valós időben teljesülne, azaz egyetlen tétel sem állna sorban.

A *potenciális likviditás* a likviditás lehetséges szintjének maximuma. A potenciális likviditás megegyezik a bank pénzforgalmi számlájának egyenlegével és a maximálisan elérhető napközbeni hitelkeretnek az összegével. A maximálisan elérhető napközbeni hitelkeret a bankok mérlegében lévő, az MNB által fedezetként elfogadható szabad értékpapírok befogadási áron számított értéke. Az MNB statisztikái alapján a fedezetként elfogadható értékpapírok állományára csak egy közelítő becslést tudunk adni, ugyanis nem ismert az, hogy a bank az adott értékpapír-állományból mennyit helyezett el esetleg más intézménynél (pl. a KELER Zrt.-nél értékpapír-elszámolások miatt) fedezetként.

2.1.1.3. A likviditás kihasználtságának indikátora

A VIBER-tranzakciók fedezetét napközben két forrásból teremtheti elő a bank. A forgalom lebonyolítására fedezetet nyújthat egyrészt a bank likviditása, másrészt pedig a napközben beérkező tételek állománya. A *likviditás kihasználtságának indikátora* (liquidity usage indicator) azt mutatja, hogy a bank az adott napi VIBER-forgalom lebonyolítására rendelkezésére álló likviditásnak maximum hányad részét használja a kimenő tételek finanszírozására.

2.1.1.4. A sorok és a késés indikátorai

A fizetési rendszerek működésének elemzése során a *sorstatisztikák* vizsgálata elengedhetetlen (BoF [2005]). A teljesítetlen fizetések a sorstatisztikában nem jelennek meg. Az *azonnal teljesülő tételek aránya* – darabszám és érték szerint – a rendszer sormentes működését mutatja: a beküldött tételek hányad része teljesül azonnal. A *sorban álló tételek aránya* – darabszám és érték szerint – éppen ennek ellenkezőjét mutatja. Tanulmányunkban a fenti indikátorok közül a *sorban álló tételek összértékére* fókuszálunk. Fontos megjegyezni: az indikátor nem veszi figyelembe, hogy mennyi időt tölt egy adott fizetési tétel a sorban, illetve nem mutatja, hogy egy adott időpontban mekkora volt a sor értéke. Egy valós idejű bruttó elszámolási rendszer csak kivételes esetben működik sorok és késés nélkül. Az egyedi tranzakciók időkritikusságának ismerete nélkül arról nehéz nyilatkozni, hogy a tétel vajon időben vagy későn teljesült-e. A sorban álló tételek összértékének mutatóját árnyalja, ha a sorok hosszáról, illetve érték szerinti megoszlásáról is van információnk.

A sor maximális értéke és a sor átlagos hossza két olyan indikátor, amely kiegészíti a sorban álló tételek összértékének mutatószámát. A *sor maximális értéke* azt mutatja, hogy a nap folyamán valamely időpontban mekkora volt a sorban álló tételek legmagasabb értéke. A *sor átlagos hossza* azt tükrözi, hogy egy fizetési megbízás átlagosan mennyi időt állt sorban. Az indikátor kiszámításához a sorban álló tételek sorbanállási idejét össze kell adni, majd a kapott kifejezést el kell osztani a tételek darabszámával.

A negyedik, meglehetősen összetett indikátor, amelynek alakulását a fizetési rendszer működése során nyomon követjük, a késés indikátora. A késés indikátora a kiegyenlített fizetési megbízások tényleges késését viszonyítja az elméleti maximális késéshez. Az indikátor nevezője valójában azt mutatja meg, hogy a tétel mennyi ideig állna akkor sorban, ha az a nap végén, az utolsó pillanatban teljesülne. A késés indikátora 0 és 1 közötti értéket vehet fel. Ha egyetlen tétel sem áll a nap folyamán sorban, akkor az indikátor zérus, ha valamennyi tétel a nap végéig sorban áll, az indikátor 1. Az indikátort úgy határozhatjuk meg, hogy a fizetési megbízások aktuális késését súlyozzuk a fizetési megbízások értékével, ezeket összegezzük, majd a kifejezést elosztjuk a fizetési megbízások elméletileg maximális késésének értékkel súlyozott összegét. A rendszerszintű késés indikátora az alábbi módon írható fel (BoF [2005]):

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (t_{i,k} - s_{i,k}) a_{i,k}}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (t_{end} - s_{i,k}) a_{i,k}}, \text{ ahol}$$

- $a_{i,k}$ az i -edik szereplő k -adik fizetési megbízásának értéke,
- $s_{i,k}$ a i -edik szereplő k -adik fizetési megbízásának benyújtási ideje,
- $t_{i,k}$ az i -edik szereplő k -adik fizetési megbízásának elszámolási ideje, míg
- t_{end} az üzleti nap végének időpontja.

A késés indikátora rendszerszinten és egyedi szereplőkre is meghatározható.

2.1.2. A VIBER normál üzletmenetének jellemzése

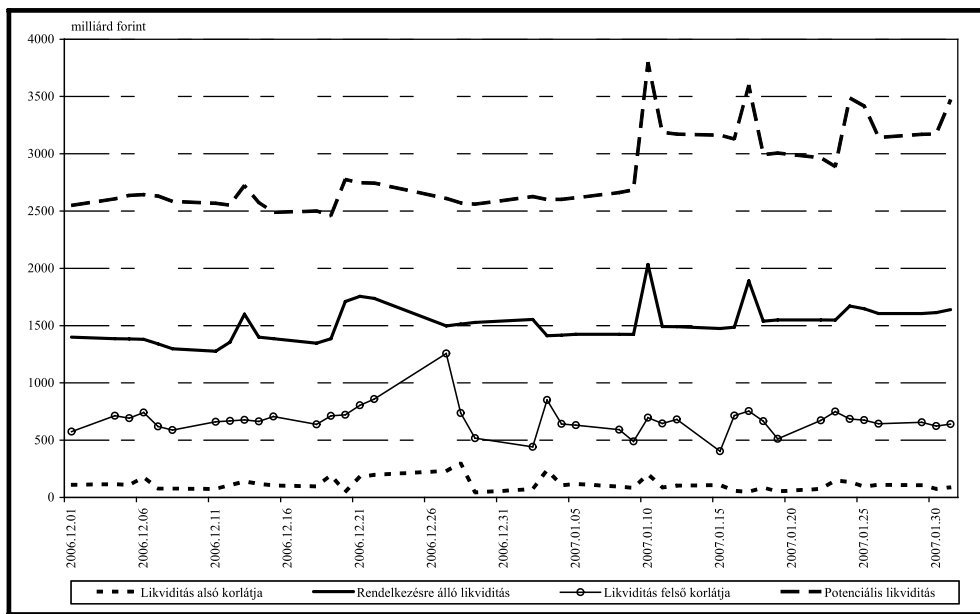
A VIBER normál üzletmenetének elemzése több szempontból fontos:

- egyrészt összehasonlítási alapot szolgáltat ahhoz, hogy a feltételezett stressz-forgatókönyvek eredményeit meg tudjuk ítélni,
- másrészt információt szolgáltat a rendszerben kiemelt szerepet betöltő résztvevők köréről (amelyek technikai hibája komoly következményekkel járhat a rendszer működésére nézve), illetve azokról, amelyeket a fenti résztvevők kiesése egyedi szinten súlyosan érinthet (*veszélyeztetett szereplők*).

A VIBER-ben 2006 decemberétől 2007 januárjáig (41 üzleti nap) lebonyolított forgalom napi értéke 1423 és 5387 milliárd forint között mozgott. Az átlagos napi forgalom közel 3500 milliárd forintot tett ki. A VIBER ezen időszakban hivatalosan 8:00-tól 17:00-ig tartott nyitva, üzemidő-hosszabbítás háromszor fordult elő (egyszer 15 perces és kétszer 30 perces). Az adott időszakban nem volt fedezethiány miatt visszautasított tranzakció. A rendszer összességében elegendő likviditással rendelkezett ahhoz, hogy a beküldött fizetési tételeket akár sorok nélkül is teljesítse. Mindez az 1. ábrából is leolvasható: a résztvevők rendelkezésre álló likviditása rendszerszinten meghaladta a likviditás felső korlátját. Természetesen az egyedi adatok már nem mindenütt árulkodnak ekkora likviditásbőségről.

1. ábra

Likviditásszintek a VIBER-ben



Ahogy az 1. táblázat is mutatja, a sorban álló tételek összértékének a VIBER-forgalomhoz viszonyított aránya átlagosan 16,41%, míg maximálisan 33,02% volt.

1. táblázat

Sor- és késési statisztikák (2006. december–2007. január)

	Minimum	Átlag	Maximum
Sorban álló tételek összértéke (a benyújtott fizetések %-ában)	2,62%	16,41%	33,02%
Sor maximális értéke (a benyújtott fizetések %-ában)	1,35%	4,29%	11,08%
Sor átlagos hossza (hh:mm:ss)	0:08:34	0:41:24	2:08:44
Késés indikátora	0,01	0,07	0,16

A sor maximális értéke a VIBER forgalom százalékában kifejezve 1,35–11,08% között mozgott, átlagosan 4,29%-ot tett ki. Az adott időszakban a sorok átlagos hossza 41 perc körüli volt. A késés indikátora 0,01 és 0,16 között ingadozott, átlagos értéke 0,07 volt. A rendszert jellemző statisztikák mögött természetesen nem egységes egyedi mutatók állnak, a résztvevőkről kirajzolódó kép meglehetősen változatos.

A szereplőket jellemző, egyedi mutatók alapján megkíséreltük azonosítani azokat az intézményeket, amelyek más résztvevők kiesése esetén potenciálisan sérülhetnek. Az első csoportba (*A* csoport) azokat az intézményeket soroltuk, amelyeknél a rendszerben lévő likviditás legalább a napok 90%-ban elegendő volt a sormentes fizetési forgalom biztosításához. Ezen intézmények mérlegét vizsgálva kiderült, hogy abban még van puffer elfogadható fedezetek formájában. Természetesen az, hogy a mérlegben szereplő értékpapírok állománya elegendő-e egy sokk abszorbeálására, az incidens fizetési forgalomra gyakorolt hatásától függ. A későbbiekben elvégeztünk egy egyszerű érzékenységvizsgálatot, amelyből kiderült, hogy az *A* csoport tagjai között a forgalom nagy sérülésekor már akadhatnak olyanok, aki veszélyeztetve lehetnek, hiszen relatíve nagy forgalmat bonyolítanak a mérlegükben lévő pufferhez képest. A csoportról általában elmondható, hogy normál üzletmenetben a likviditási kockázat náluk kicsi, nem vagy alig merül fel. Az *A* csoportba tartozó intézmények között vannak olyanok, amelyek hatékonyabb likviditásmenedzsmentet folytatnak, és vannak kevésbé aktívak. Ez utóbbit a gazdaságosság elve indokolhatja, mivel az intézmények meglehetősen kis forgalmat bonyolítanak le. Ráadásul ebben a körben sok az olyan szakosított hitelintézet, amelyek – törvényi kötelezettségből adódóan – nagyobb mennyiségű elfogadható fedezetet tartanak, így azt szinte automatikusan zárolják a VIBER-forgalom fedezetéül (még akkor is, ha nem használják ki a napközbeni hitelkeretet). A forgalom igényét többnyire jelentősen meghaladó likviditás jelenléte ugyanakkor hatékonysági kérdéseket is felvet, azonban ennek vizsgálata nem tárgya elemzésünknek.

A *B* csoportba tartoznak azok a résztvevők, ahol már gyakrabban fordul elő napközbeni sorban állás. Ezen tagok között akadnak olyanok, amelyeknek a mérlege jelentős puffert tartalmaz, így vélhetően lenne lehetőségük a sormentes működésre, de ezt mégsem használják ki. A *C* csoportban hasonlóan előfordulnak sorok helyel-közzel, azonban az ebbe a csoportba sorolt három szereplő esetében a mérlegek alapján kiderül, hogy nem a lehetőség elszalasztása miatt nem működnek sormentesen, hanem olykor a mérlegük képezheti a szűk keresztmetszetet. Ezeket az intézményeket már a veszélyeztetett intézmények körébe soroljuk. A *D* és *E* csoportokba tartozók már egyértelműen jelentős sorokkal rendelkező szereplők, amelyek esetében a mérleg ugyan tartalmaz némi puffert, de gyakran (*D*), illetve nagyon könnyen (*E*) előfordulhat, hogy a potenciálisan rendelkezésre álló likviditás nem elegendő a sormentes működéshez. A késés indikátora alapján ezek a bankok többnyire közepes indikátorral jellemezhetők, de akad egy, amelyik valószínűleg egyáltalán nem figyeli tudatosan a tételek időzítését, így a sorindikátora az összes résztvevő közül a legmagasabb. Véleményünk szerint mindkét csoport tagjait veszélyezteti egy technikai incidens.

A VIBER tartozik oldali forgalmának koncentrációs vizsgálatával azonosítottuk azokat a szereplőket is, amelyekben egy bekövetkező incidens esetén az elmaradó tételek értékben a legmagasabbak lennének. A VIBER-re évek óta jellemző, hogy ezek a szereplők azok, amelyeknek a VIBER követel oldali forgalmából is a legmagasabb a részesedése. Ami azonban egyedi: egy intézmény kivételével a likviditásból való részesedésük alapján már nem állnak a rangsor élén, ezért mind veszélyeztetett szereplők. A tartozik koncentráció alapján az első hat szereplőt választottuk ki, amelyek incidensét a későbbiekben részletesebben megvizsgáljuk. Az első hat szereplő a vizsgált periódusban átlagosan a tartozik forgalom 67%-át mondhatta magáénak.

3. FELTÉTELEZÉSEK

A tanulmányban *működési hiba* alatt olyan technikai problémát értünk, amikor egy vagy több VIBER-tag nem képes fizetési megbízásait a VIBER-be benyújtani (pl. a SWIFT üzenetközvetítő hálózat elérhetetlensége miatt). Az üzenetközvetítésben bekövetkező hiba maximum két intézményt érint, a többiek problémamentesen működnek. A szimulációk során az incidens a jegybanki elszámolási infrastruktúrát nem érinti. A technikai hiba következtében kialakuló potenciális likviditási válságot több hipotetikus forgatókönyv mentén elemezzük. A forgatókönyveket az alábbi dimenziók mentén alakítottuk ki:

- a technikai problémával nem sújtott intézmények válaszreakciója,
- a hiba bekövetkezésének időpontja és az incidens hossza,
- az operációs hibát elszenvedő intézmények köre és száma,
- az alkalmazott tartalékmegoldások.

A *technikai problémával nem sújtott intézmények válaszreakciója* szempontjából két különböző esetet tételeztünk fel. Az egyik esetben az intézmények magatartása a kezdeti sokkhatástól független, azaz az intézmények a fizetési megbízások körén és időzítésén nem változtatnak. Az intézmények ugyanazon tranzakciókat ugyanazon sorrendben és prioritással küldik be, mint korábban, függetlenül attól, hogy van egy vagy több intézmény, amely működési hibával szembesült. A változatlan banki magatartás másrészt jelenti azt is, hogy a bankok nem vonnak be pótlólagos likviditást sem az anyabanktól, sem a piacról annak érdekében, hogy a nap végén valamennyi fizetési megbízásuk teljesüljön. Számos bankot megkérdeztünk, amelyek úgy nyilatkoztak, hogy az aznapra esedékes fizetési kötelezettségüknek mindenképpen megpróbálnának eleget tenni. Ennek több magyarázata is van. Egyrészt, mivel a back office-okban található belső rendszerek közötti adatáramlás többnyire automatikus, a már feladott fizetési tételek módosítása (még ha belső sorban állnak is) nem olyan egyszerű feladat, a munkatársak általában vonakodnak ettől. Másrészt, a bankok nem tennék kockára a hírnevüket azzal, hogy a már megkötött ügyleteket, valamint az ügyfelek tranzakcióit ne teljesítsék. Egy szerződéses kötelezettség kötelező érvényű, nem teljesítése jogi és anyagi következményekkel jár. A VIBER-tranzakciók közül egyelőre nem tudtuk pontosan megállapítani, melyek minősülnek olyan bankközi ügyletnek, amelyek az értéknapal azonos napon köttetnek. Valójában ezen ügyletek azok, amelyeknél előfordulhat, hogy egy működési hiba esetén kiegyenlítési rendjük módosul, szélsőséges esetben meg sem köttetnek, vagy más szereplővel köttetnek meg. Az értéknapos üzletkötés vizsgálatának hiánya természetesen torzítást visz a számításokba. A kutatást ebben az irányban folytatjuk majd tovább.

Futtattunk olyan szimulációkat is, amikor azt tételeztük fel, hogy *az intézmények nem passzív gazdasági szereplők*. Ezekben a forgatókönyvekben az intézmények lépéseket tettek annak érdekében, hogy megakadályozzák a működési kockázati eseménnyel szembesülő banknál a túlzott likviditás felhalmozódását. Az intézmények ekkor bizonyos idő elteltével leállították a bajba jutott intézményt érintő fizetési megbízásaikat. Magyarországon nincsen olyan hatékony információmegosztó rendszer, mint például a brit esetben, ahol a résztvevőknek haladéktalanul tájékoztatniuk kell a működtetőt a technikai hiba felmerüléséről, és arról a többi résztvevő SWIFT-üzenetet kap. Így, bár pontos információink nincsenek a tárgyról, és nem is zárjuk ki, de valószínűleg ritka, hogy egy bank bilaterálisan állandóan

nyomon kövesse az összes többi banktól érkező fizetések mennyiségét (hisz inkább összességében érdeklí a bejövő tranzakciók által generált likviditás); így beletelhet egy kis időbe, amíg a többi tag ráébred, hogy technikai hiba keletkezett egy másik résztvevőnél. Ráadásul normál üzemmenetben az egyes bankoktól bejövő fizetések nem feltétlenül folyamatosan érkeznek, így a nem érkező tételek nem utalnak feltétlenül incidensre. A bankok, saját bevallásuk szerint, nem reagálnának elhamarkodottan. Az információs aszimmetria feloldásához szükséges időt, valamint a nemzetközileg elfogadottnak tekintett, kétórás helyreállítási időt figyelembe véve, végül azt feltételeztük, hogy a bankok két óra elteltével reagálnak, és nem küldenek újabb tételeket a bajba jutott intézménynek. Tény, hogy a bankok által adott válaszreakciónak egy egyszerű változatát vizsgáltuk, hisz a tranzakciók küldésének leállításán túl számos eszköz áll a rendszertagok rendelkezésére (pl. már megkötött ügyletek belső sorba állítása, illetve átpriorizálása, értékenapon kötött ügyletek más szereplővel történő megkötése).

A *hiba bekövetkezésének időpontját és az incidens hosszát* illetően szintén több különböző feltevéssel éltük. A legrosszabb (meglehetősen valószínűtlen) esetben azt tettük fel, hogy a technikai probléma a nap elején merül fel (8:00), és a problémát az üzleti nap hivatalos végéig (17:00) nem sikerül orvosolni. Több napig húzódó incidenseket nem vizsgálunk, ezeknek a fizetési forgalomra gyakorolt hatása várhatóan még súlyosabb, és a gazdaságnak még költségesebb lenne. Futtattunk viszont *napon belüli incidenseket*. Ezekben az esetekben az operációs hiba bekövetkezésének időpontját nem határoztunk meg előre, de az időtartamát négy, illetve hat órában rögzítettük. A négyórás időtartam a korábbi működési kockázati események átlagos és maximális hossza közötti intervallumnak felel meg, míg a hatórás intervallum a VIBER-ben eddig tapasztalt maximális kieséshez közelít. A napon belüli incidensek kapcsán egy optimalizációs eljárás segítségével azt a négy-, illetve hatórás intervallumot kerestük, amely alatt a bank által később küldött tételek értékével súlyozott késés indikátora a beküldést illetően a lehető legnagyobb volt. A fizetési tételeket az incidens végéig (azaz az új küldési időpontig) hátralévő idővel súlyoztuk, hiszen nem mindegy, hogy egy 5 milliárd forintos tételt az incidens bekövetkezése után közvetlenül, vagy a vége előtt pár perccel küldtek-e be. Az optimalizációs eljárás outputja az incidenst elszenvedő bank vagy bankok listája, valamint az incidensek időzítése volt. Értelemszerűen a napon belüli incidensek esetében a hibát elszenvedő intézmények és az incidens időzítései nem feltétlenül azonosak minden nap.

A szimulációk számának minimalizálása érdekében a kisebb szereplők hibájának, illetve a kettőnél több szereplő kiesésének hatásvizsgálatától eltekintettünk. A *hibát elszenvedő intézmények körét* a kulcsfontosságú intézményekben jelöltük ki. A kulcsfontosságú intézmények körét a hat legnagyobb tartozik forgalmat lebonyolító intézményben definiáltuk. Ezen intézmények kiesése okozhatja a VIBER-forgalom legjelentősebb sérülését. Az intézmények kiválasztása révén tehát a maximálisan kiváltott hatás feltérképezése volt a célunk, az eseményekhez valószínűséget rendelni nem áll módunkban. A szimulációk jelentős részében egyetlen szereplő incidensének hatását elemeztük. Egyetlen esetben tettük fel azt, hogy az operációs hiba két intézményt egy időben, azonos időtartamig érint. A forgatókönyvek számának limitálása érdekében a hat kulcsfontosságú intézmény közül két intézmény együttes kiesését vizsgáltuk, amely még így is 15 esetet jelentett. Fontos megjegyezni, hogy egy ilyen esemény bekövetkezési valószínűsége nagyon alacsony.

A lehetséges tartalékmegoldások közül egyetlennek a hatását, mégpedig *bizonyos tranzakciók faxon keresztüli (papíralapú) benyújtását* vizsgáltuk. Mivel a benyújtandó tételek azonosítása, a papíralapú megbízáshoz szükséges adatok megfelelő formában történő összeállítás, a faxok elküldése, majd azok jegybanki feldolgozása is időigényes tevékenység, ezért csupán ötven tranzakció manuális könyvelését tételeztük fel. A tranzakciók elszámolását a fizetési rendszer üzemidejének utolsó órájában végezték el. A beküldendő tranzakció kiválasztása az alábbi módon történt: a tranzakciókat prioritás, összeg, majd beküldési idő szerint sorba rendeztük, és kiválasztottuk a rangsor első ötven tételét. Implicit módon tehát azt feltételeztük, hogy az incidens által érintett bank belső rendszere működik, és a bank naprakész információval rendelkezik a beküldendő fizetési tételek köréről. Az ötven elszámolandó tranzakció kiválasztására más eljárást is alkalmazhattunk volna, mi azonban fontosnak tartottuk, hogy figyelembe vegyünk a bankok által meghatározott prioritást mint elsőrendű rendezőelvet. Vélhetően ezek azok az időkritikus tételek, amelyeknek az elszámolása a legfontosabb a bank számára. Ezzel egyidejűleg figyelembe vettük azt is, hogy két azonos prioritású tranzakció közül – a nemteljesítés miatti várható veszteségek minimalizálása érdekében – a bank a magasabb összegű tétel elszámolását részesíti előnyben.

A szimulációk során végül hat különböző forgatókönyvet néztük meg. A vizsgált forgatókönyvek egyes feltevéseit a 2. táblázat szemlélteti. Az első három forgatókönyv egyetlen bank *egész napos* kiesését feltételezi. Az 1. forgatókönyvben a problémával küzdő bank a fizetési megbízásainak beküldése érdekében a papíralapú beküldés lehetőségével nem él, a rendszer többi szereplőjének magatartása változatlan. A 2. forgatókönyvben a bankok ötven tranzakciót elszámolás céljából átfaxolnak az MNB-be, az pedig a tételeket zárás előtt egy órával manuálisan beviszi a rendszerbe. A 3. forgatókönyvben a bankok a sokkhatásra reagálnak, és két óra elteltével a bajba jutott banknak nem küldenek további tételeket. A következő három forgatókönyv a *napközbeni incidensek* hatását térképezi fel. A 4. forgatókönyvben egy bank négy órára, az 5. forgatókönyvben egy bank hat órára, míg a 6. forgatókönyvben két bank négy órára esik ki. A napközbeni incidensek vonatkozásában nem vizsgáljuk sem a tranzakciók papíralapú benyújtásának lehetőségét, sem a lehetséges banki válaszreakciók hatását.

2. táblázat

A vizsgált forgatókönyvek

Forgatókönyv	Egész napos incidens			Napközbeni incidens		
	1	2	3	4	5	6
Techikailag fizetéseképtelen intézmények száma	1	1	1	1	1	2
Az incidens hossza (órában)	9	9	9	4	6	4
Alkalmazott vészmegoldás	-	+	-	-	-	-
Banki válaszreakció	-	-	+	-	-	-

3.1. Szimulációs eredmények

Egy-egy VIBER-tag incidensének egyaránt van közvetlen és közvetett hatása a rendszer működésére. A *közvetlen hatás* nyilvánvaló; a hiba következtében a bank nem képes fizetési megbízásait beküldeni. Ha a banknak a problémát a nap végéig nem sikerül orvosolnia, akkor a bank teljesítetlen, belső sorban ragadt fizetési megbízások sorával zárja az üzleti napot. A szimulációk során az előre beküldött tételeket (warehoused payments) természetesen figyelembe vettük, és azokat benyújtották a rendszerbe. A *közvetett hatás* az egymással függőségi viszonyban lévő intézmények hálózatának tudható be. A bankok működésük során számolnak a bejövő tételek finanszírozó szerepével, így egy partnerbank nemfizetése érintheti, szélsőséges esetben megrendítheti a többi bank likviditási pozícióját. Ez oda vezethet, hogy a technikai problémával küzdő bank hibája miatt a többi résztvevő fizetési megbízásai esetleg sorban állnak, jelentős késéssel teljesülnek, illetve extrém esetben fedezethiány miatt a nap végén visszautasítják azokat. A szimulációk során ezen hatásokat számszerűsítjük az egyes forgatókönyvekben. Az egyes forgatókönyvek kialakításakor a hatásmaximalizálás volt a célunk: kizárólag a hat legnagyobb forgalmat lebonyolító szereplők egyikének, illetve két intézmény együttes kiesésének a fizetési forgalomra gyakorolt hatását elemezzük.

3.1.1. Az 1. forgatókönyv:

Egész napos incidens – tartalékmegoldások és banki válaszreakció nélkül

Az 1. forgatókönyv szimulációs eredményeit a 3. és a 4. táblázatban foglaltuk össze. Legelőször azt tételeztük fel, hogy a VIBER-ben legnagyobb forgalmat lebonyolító bank (*Bank 1*) nem képes fizetési megbízásait beküldeni. Ezután további öt, nagy forgalmat lebonyolító intézmény incidensének hatásait elemeztük. Az egész napos incidensek során azt feltételeztük, hogy minden esetben csak egy banknál merül fel probléma. A legnagyobb forgalmat lebonyolító intézmény működési hibája esetén részletesen közöljük az eredményeket, a többi esetben csak összefoglalóan.

Ahogy a 3. táblázat is szemlélteti, amennyiben a VIBER-ben legnagyobb forgalmat lebonyolító intézményt éri valamilyen incidens, a bank átlagosan az összes fizetési megbízás 16,30%-t nem tudja feladni. 41 naphól 6 napon ez az érték meghaladja a 20%-ot. Míg a VIBER normál üzletmenetét feltételezve, nem volt visszautasított tétel, addig most a beküldött tételek átlagosan 16,21%-át fedezethiány miatt visszautasították. (A visszautasított tételek működési kockázati eseménytől nem érintett VIBER-tagok tételeire vonatkoznak, és magukban foglalják a működési kockázatot elszenvadó banknak küldött fizetési megbízásokat is.) Ahogy a 3. táblázat utolsó oszlopa mutatja, a legrosszabb esetben a tételek 21,72%-át nem küldik be, és a beküldött tételek 34,72%-a teljesítetlen marad. A normál üzletmenethez képest átlagosan a tételek 30,99%-a nem teljesül – vagy azért, mert be sem küldték, vagy azért, mert fedezethiány miatt a rendszer visszautasította. A legrosszabb esetben a tételek 50,94%-a nem teljesül. A VIBER-ben a második legnagyobb forgalmat lebonyolító intézmény technikai hibája esetén az utóbbi két érték 26,67%, illetve 54,96%.

Nemzetközi összehasonlításban a teljesítetlen tételek aránya kiugróan magas. Ez a fizetési forgalom magas koncentrációjával és a nagy forgalmat lebonyolító intézmények relatíve alacsony likviditásával magyarázható. Ezek az intézmények tudatosan építenek a bejövő tételek finanszírozó szerepére. Ezzel magyarázható az is, hogy az öt, legtöbb teljesítetlen tétellel rendelkező bank a VIBER-ben a legnagyobb tartozik és követel forgalmat lebonyolító intézmények

között szerepel. Az öt fenti intézmény tételeinek átlagosan 26%-át visszautasítják, és együttesen a teljesíthetetlen fizetések 88%-át fedik le. Négy további bank szenved még az incidens miatt bekövetkező likviditáselvonástól. Ezek olyan kisbankok, amelyek intenzív forgalmat bonyolítanak le a fizetési rendszer legaktívabb szereplőivel. Ők a fizetési megbízásaik 16–34%-át nem tudják teljesíteni. Korábban mind a kilenc bankot veszélyeztetett szereplőként azonosítottuk.

3. táblázat

A fizetési forgalom sérülése Bank 1-nél felmerülő operációs hiba esetén

Bank 1 - Egész napos incidens	Minimum	Átlag	Maximum
A be nem nyújtott fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	4,62%	16,30%	21,72%
Visszautasított fizetések aránya (a benyújtott fizetések %-ában)	0,00%	16,21%	34,72%
Teljesíthetetlen fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	1,96%	30,99%	50,94%
Sorban álló tételek összértéke (a benyújtott fizetések %-ában)	3,38%	38,37%	53,99%
Sor maximális értéke (a benyújtott fizetések %-ában)	2,69%	19,42%	41,98%
Sor átlagos hossza (hh:mm:ss)	0:55:12	1:49:41	2:35:21
Késés indikátora	0,13	0,29	0,50

Megjegyzés: A be nem nyújtott fizetéseket és a teljesíthetetlen fizetéseket a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések százalékában, míg a visszautasított fizetési megbízásokat az adott forgatókönyvben benyújtott fizetések százalékában határoztuk meg.

A VIBER normál üzletmenetéhez képest a sorban álló tranzakciók összértéke a benyújtott fizetési megbízások százalékában mérve 2,4-szeresére nőtt. A legrosszabb esetben a fizetések több mint fele (53,99%) legalább egyszer, hosszabb vagy rövidebb időre, sorban állt. A sor maximális értékének átlagos, illetve legmagasabb értéke is jelentősen, 4,52-szeresére, illetve 3,79-szeresére nőtt. A sor átlagos hossza is számottevően emelkedett, átlagos értéke 2,65-szörösére nőtt. A késés indikátora átlagosan 0,29-re, azaz a normál üzletmenethez képest több mint négyszeresére nőtt. A késés indikátorának minimuma is 13-szor magasabb, mint az alapesetben.

Azoknak a bankoknak a köre, amelyeknek értékben a legtöbb tétele áll sorban, érhető módon egybeesik azokkal a bankokkal, amelyeknek a legtöbb teljesíthetetlen fizetési megbízásuk volt. A fizetési rendszerben legaktívabb öt szereplő a sorban álló tételek 88%-át tudhatja magáénak. A VIBER normál üzletmenetét feltételezve, az ötből három szereplőnek voltak jelentős sorai. A fenti három szereplő fizetési megbízásainak a 10,52–21,14%-a áll sorban

alapesetben, míg a VIBER-ben legnagyobb forgalmat lebonyolító bank működési hibája esetén tételeik 65,74–70,35%-a sorban áll. Az üzleti nap végén a három bank tételeinek körülbelül 30%-át visszautasítják. A másik két nagy forgalmat lebonyolító bank, illetve a már említett négy kisbank sorban álló tételei ugyan alacsonyabb szintet érnek el, de az alapesethez képest mért növekedésük jelentősebb.

A VIBER normál üzletmenetéhez hasonlóan, a késés indikátorai bankonként jelentősen szóródnak. Az öt legmagasabb késésindikátorral négy nagy fizetési forgalmat lebonyolító bank és egy kisbank szerepel.

A 4. táblázat a hat legmagasabb forgalmat lebonyolító intézmény működési hibájának a fizetési forgalomra gyakorolt hatását veti össze. Ezen intézmények kiesése vezet a fizetési forgalom legjelentősebb sérüléséhez, amelynek vizsgálata tanulmányunk tárgya. Egy adott forgatókönyvben kizárólag egy intézményt sújt a technikai hiba. A 4. táblázat második oszlopa tehát abban az esetben mutatja a fizetési forgalom sérülését, amikor *Bank 1* szembesül a működési kockázati eseménnyel, a táblázat harmadik oszlopa a fizetési forgalom torzulását a *Bank 2-t* ért sokkhatás függvényében szemlélteti, és így tovább. A 4. táblázatban 41 nap alapján meghatározott átlagos értékek szerepelnek. Nem meglepő módon, ahogy csökken az intézmény VIBER-forgalma, úgy csökken a be nem nyújtott fizetések aránya a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések százalékában mérve. A visszautasított tételek aránya is szemmel láthatóan egyre alacsonyabb: a korábbi 16,21%-ról először 13,77%-ra, majd fokozatosan 0,49%-ra csökken.

4. táblázat

A fizetési forgalom sérülése az 1. forgatókönyvben

	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
A be nem nyújtott fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	16,30%	13,68%	10,27%	6,58%	5,84%	4,49%
Visszautasított fizetések aránya (a benyújtott fizetések %-ában)	16,21%	13,77%	6,95%	3,09%	2,67%	0,49%
Teljesítetlen fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	30,99%	26,67%	17,18%	9,91%	8,62%	5,13%
Sorban álló tételek összértéke (a benyújtott fizetések %-ában)	38,37%	39,40%	34,17%	30,54%	25,41%	22,75%
Sor maximális értéke (a benyújtott fizetések %-ában)	19,42%	17,79%	13,08%	9,43%	7,64%	6,11%
Sor átlagos hossza (hh:mm:ss)	1:49:41	2:07:23	1:27:39	1:07:35	12:59:17	12:43:51
Késés indikátora	0,29	0,27	0,20	0,12	0,10	0,08

A sorban álló tételek összértéke az első három banknál bekövetkezett technikai probléma esetén közel azonos, a tételek harmada az üzleti nap során valamennyi esetben bizonyos időre sorban állt. A forgalom csökkenésével a sor maximális értéke, a sor átlagos hossza, illetve a késés indikátora is egyre alacsonyabb értéket vesz fel.

Bár egyelőre még nem világos, hogy milyen mértékben járulnak hozzá az egyes tényezők (hálózati hatások, időzírtési magatartás, eltérő fizetési szokások és likviditásmenedzsment-praktikák) a fizetési forgalom sérüléséhez, a szimulációk üzenete egyértelmű. A VIBER-ben legnagyobb forgalmat lebonyolító intézmények közül – változatlan likviditási szinteket, lebonyolítandó tranzakciókat és időzírtési magatartást feltételezve – több intézmény technikai problémája a fizetési forgalom jelentős sérülést eredményezheti. A forgalom sérülése nagyban függ a VIBER adott napi forgalmától és annak jellegétől, így a forgalom sérülésének mértéke egy adott hónapon belül is jelentősen ingadozik a különböző üzleti napokon. *A teljesítetlen fizetések naponkénti alakulását vizsgálva megállapítható, hogy az első három legnagyobb fizetési forgalmat lebonyolító intézmény egész napos technikai fizetéseképtelensége a normál üzemenetben tervezett tranzakciók mellett nagy valószínűséggel komoly fennakadásokat okozna a rendszerben.* Amennyiben e három bank egyikénél jelentkezik egy működési hiba, azt kitüntetett figyelemmel kell kezelni. *Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a bankok nagy valószínűséggel alkalmazkodnának a sokkhelyzethez. Szükség esetén egyrészt pótlólagos likviditást vonnának be, másrészt módosítanánk kereskedési stratégiájukat, és inkább azokkal a bankokkal kötnének ügyleteket, amelyek képesek fizetési megbízásaikat teljesíteni. Tanulmányunkban adatok hiányában, illetve a lehetséges válaszreakciók megítélésének nehézsége miatt ezeket a hatásokat nem számszerűsítettük. Ebből kifolyólag a fizetési forgalom sérülését vélhetően felülbecsüljük.* A kutatások ilyen irányban történő folytatása elengedhetetlenül szükséges a hatások pontosabb felméréséhez.

3.1.2. A 2. forgatókönyv:

Egész napos incidens – tartalékmegoldásokkal, viszont banki válaszreakció nélkül

A 2. forgatókönyvben annak a lehetséges tartalékmegoldásnak a fizetési forgalomra gyakorolt hatását vizsgáljuk, amikor a bajba jutott bank ötven faxon átküldött tranzakcióját egy órával a VIBER zárása előtt manuálisan feldolgozták. A legnagyobb forgalmat lebonyolító bank esetén ez azt jelenti, hogy a bank a napi átlagos 482 fizetési megbízásának kevesebb mint 10%-át dolgozzák fel. A bank által beküldött fizetési tételek darabszámának csökkenésével ugyanakkor nő a nap végén elszámolt tételek aránya.

Az 5. táblázat a fizetési forgalom sérülését mutatja a 2. forgatókönyv esetében. A táblázatban szereplő értékek a vizsgált 41 üzleti nap átlagos értékei. Amennyiben a legnagyobb forgalmat lebonyolító VIBER-tagnál bekövetkezett incidens esetén az él az ötven fizetési tétel manuális feldolgozásának lehetőségével, úgy csupán átlagosan a fizetési tételek 2,96%-át nem számolják el, szemben az 1. forgatókönyvben kimutatott 16,30%-kal. A visszautasított tételek aránya is igen jelentősen, 16,21%-ról 0,08%-ra csökken. A sorstatisztikákat és a késés indikátorát vizsgálva, nem tapasztalunk ilyen számottevő javulást. Mindez azzal magyarázható, hogy az ötven fizetési tétel beküldését csupán az üzemidő utolsó órájában végezték el, így az ötven tétel sor- és késési statisztikái ugyan javítják az összképet, de a késésnek a többiekre gyakorolt hatását már nem lehet ellensúlyozni.

Amennyiben akár a második, akár a harmadik legnagyobb forgalmat lebonyolító VI-BER-tag él a papíralapú benyújtás lehetőségével, úgy a be nem nyújtott, illetve a fedezethiány miatt visszautasított tételeknél nem tapasztalhatunk olyan jelentős változást, mint *Bank 1* esetében. Ez annak tudható be, hogy az ötven manuálisan elszámolt tranzakció nem a legnagyobb összegű fizetési megbízást jelenti. *Bank 2*-nek és *Bank 3*-nak számos magas prioritású ügyfélétele van, amelyeknek az összege jóval kisebb, mint a bankközi ügyletek összege. Több napon előfordult az, hogy a legmagasabb értékű fizetési megbízások nem kerültek az ötven kiválasztott tranzakció közé. Ezeket a napokon a fizetési forgalom sérülése az 1. forgatókönyvben megfigyelthez nagyon hasonlóan alakult.

Az 5. táblázat alapján megállapíthatjuk azt is, hogy a 2. forgatókönyvben – amennyiben a *Bank 4*-et sújtja az incidens – a fizetési forgalom sérülése nagyon hasonlóan alakul ahhoz, mint amit a *Bank 1* esetében láthattunk. Ahogy a *Bank 4* oszlopában a táblázatban látható, a be nem nyújtott fizetések aránya 3,08%, míg a fedezethiány miatt visszautasított tételeké 0,96% volt. A sorban álló tételek összértéke, illetve a sor átlagos hossza a két futtatás során közel azonos értéket vett fel a két esetben. A sor maximális értéke, illetve a késés indikátora ugyanakkor a *Bank 4* technikai problémája esetén alacsonyabb átlagos értéket vett fel.

5. táblázat

A fizetési forgalom sérülése a 2. forgatókönyvben

	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
A be nem nyújtott fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	2,96%	8,16%	4,99%	3,08%	0,23%	0,10%
Visszautasított fizetések aránya (a benyújtott fizetések %-ában)	0,08%	5,77%	2,25%	0,96%	0,00%	0,00%
Teljesítetlen fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	3,26%	14,54%	7,45%	4,40%	0,25%	0,11%
Sorban álló tételek összértéke (a benyújtott fizetések %-ában)	32,10%	36,66%	31,94%	29,54%	22,99%	21,64%
Sor maximális értéke (a benyújtott fizetések %-ában)	16,43%	16,49%	12,33%	9,07%	7,01%	5,84%
Sor átlagos hossza (hh:mm:ss)	1:20:28	1:08:39	1:14:33	1:14:33	0:52:42	0:42:28
Késés indikátora	0,24	0,18	0,18	0,11	0,09	0,08

Amennyiben a *Bank 5* és a *Bank 6* nem képes fizetési tételeit a rendszerbe benyújtani, de élnek a papíralapú benyújtás lehetőségével, úgy – mivel a tételek darabszámából kisebb a részesedésük – a 2. forgatókönyvben alig lesz teljesítetlen tétel. A futtatások során összesen 6 olyan nap volt a lehetséges 2×41 -ből, amikor egyetlenny fizetést utasítottak vissza fedezethiány miatt. A VIBER normál üzletmenetéhez képest a sorok magasabbak lettek, és az egyes tételek több időt töltöttek a sorban.

Amennyiben az 1. és a 2. forgatókönyv eredményeit hasonlítjuk össze, úgy azt tapasztaljuk, hogy a 2. forgatókönyvben a nap végén manuálisan feldolgozott tranzakciók száma ugyan korlátozott, de a fizetési forgalom számos esetben sokkal kevésé sérül. A forgalom sérülésének alakulása erősen függ a nap végén feldolgozandó tranzakciók kiválasztási módjától. A szimulációkban alkalmazott kiválasztási mód a Bank 1, a Bank 5 és a Bank 6 esetében nagyon hatásos volt, a Bank 2, a Bank 3 és a Bank 4 esetében pedig csak mérsékelt javulást eredményezett. Mindez nemcsak arra enged következtetni, hogy a tartalékmegoldás hatékonysága nagyban függ a bajba jutott bank tételszámából való részesedésétől, hanem arra is, mennyire fontos, hogy a hiba által érintett fizetések közül melyeket választják ki.

3.1.3. A 3. forgatókönyv:

Egész napos incidens – tartalékmegoldások nélkül, viszont banki válaszreakciót feltételezve

A 6. táblázat a fizetési forgalom sérülésének főbb mutatószámait szemlélteti a 3. forgatókönyv esetében. Abból indultunk ki, hogy az információs aszimmetriát leküzdve, a hibátlanul működő bankok két órán belül leállítják fizetési megbízásaik küldését a bajba jutott banknak. A 6. táblázat sarokszámait a 4. táblázatban szereplő értékekkel összehasonlítva megállapítható, hogy a fizetési megbízások blokkolásával a be nem nyújtott fizetések aránya drasztikusan megnő, míg a visszautasított fizetési megbízások aránya jelentősen csökken. A két hatás eredőjeként összességében megnő a teljesítetlen tételek aránya. A fizetési megbízások egy részét tehát még elszámolhatták volna, ha a bankok beküldik azt. A teljesítetlen tételek megoszlása jelentősen eltér egymástól a 1. és a 3. forgatókönyvben. Az 1. forgatókönyvben jelentős likviditás kerül ki a rendszerből, és halmozódik fel a bajba jutott intézmény számláján, amelynek következtében számos tételt utasítanak vissza fedezethiány miatt. Ezzel szemben a 3. forgatókönyvben a bankok megakadályozzák, hogy a likviditás kikerüljön a körforgásból, és egyszerűen nem küldik a tételeket a sokkot elszenvető banknak. Visszatartják a fizetési megbízásaikat, amivel aztán esetlegesen a fizetési forgalom még jelentősebb sérülését váltják ki. Ez tulajdonképpen annak az ára, hogy a bankok priviligizálják a többi banknak küldött fizetési megbízásaikat a sérült bank rovására.

A fizetési forgalom sérülése a 3. forgatókönyvben

	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
A be nem nyújtott fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	29,62%	25,47%	18,36%	12,11%	10,91%	7,99%
Visszautasított fizetések aránya (a benyújtott fizetések %-ában)	2,55%	1,99%	1,59%	0,69%	0,45%	0,24%
Teljesítetlen fizetések aránya (a normál üzletmenet esetén benyújtott fizetések %-ában)	32,54%	28,16%	20,43%	13,30%	11,77%	8,48%
Sorban álló tételek összértéke (a benyújtott fizetések %-ában)	19,49%	23,53%	22,78%	20,80%	17,12%	18,04%
Sor maximális értéke (a benyújtott fizetések %-ában)	7,06%	7,75%	7,46%	5,87%	4,79%	4,93%
Sor átlagos hossza (hh:mm:ss)	0:51:35	1:13:18	1:17:31	0:46:01	0:47:18	0:45:23
Késés indikátora	0,11	0,13	0,11	0,08	0,07	0,07

A sorstatisztikákat és a késés indikátorát elemezve megállapítható, hogy a 3. forgatókönyvben a beküldött tételek teljesítése gördülékenyebb, mint az 1. forgatókönyvben. Az indikátorok alakulása összességében kedvezőbb elszámolási környezetről tanúskodik. Ugyanakkor az a tény, hogy a teljesítetlen fizetések aránya a 3. forgatókönyvben magasabb, mint az 1. forgatókönyvben, arra utal, hogy a tételek egy része még elszámolható lett volna, ha beküldik.

A banki válaszreakciók modellbe építése meglehetősen merész vállalkozás, mivel azal kapcsolatban, hogy egy ilyen helyzetben hogyan alakul az információáramlás, mikorra szűnik meg teljesen az információs aszimmetria a piacon, hogyan alakul ennek eredményeképpen a bajba jutott bankkal történő aznapi elszámolású ügyletkötés, valamint a már megkötött ügyletek teljesítésének időzítése (átpriorizálása), igen nagy a bizonytalanság. Ezt a bizonytalanságot az általunk feltételezett incidens szokatlan hossza tovább növelheti. A fizetési tételek beküldésének blokkolását úgy tételeztük fel, hogy a beküldendő tranzakciók körét változatlanok tekintettük. Holott bizonyosan léteznek olyan aznap megkötött és telje-

sítendő tranzakciók, amelyeket a bankok sokkhelyzetben meg sem kötnének, adott esetben nemcsak a bajba jutott intézménnyel, hanem – a bajba jutott intézménytől érkező fizetések miatti számlaalakulás következtében – még egymással sem. *A napon belül megkötött és esetlegesen meg nem kötött ügyletek figyelembe vétele a banki válaszreakciók modellbe építése során tehát alapvető fontosságú lenne. A másik oldalról az is igaz, hogy a fizetési tételek ilyenfajta drasztikus blokkolása sem realizisztikus kimenet.* Sokkal valószínűbb az, hogy a bankok valamennyi már megkötött szerződéses kötelezettségüknek megpróbálnának eleget tenni. Ugyanez igaz lehet az ügyféltételekre is. Tehetnék például ezt úgy, hogy a bajba jutott intézménnyel (illetve annak ügyfelével) szembeni fizetési tranzakcióikat alacsonyabb prioritással küldik be a rendszerbe, amelyek így a sor végére kerülnek. A hiba által nem érintett intézmények fizetési megbízásait a bankok tehát nagyobb valószínűséggel tudják teljesíteni. Az incidenst elszenvető bankkal szembeni kötelezettségüket is megpróbálnák teljesíteni az intézmények, csak azok a másik bank által el nem küldött tételek finanszírozó szerepe miatt nem biztos, hogy teljesülnek. A szerződésszegő magatartás miatti esetleges veszteségmegosztással kapcsolatos jogi viták esetén a bank ilyen fizetési taktikával védve érezheti magát. *Tekintettel arra, hogy sem a napon belüli ügyletkötések alakulását, sem a tételek módosított prioritással történő beküldését nem vettük figyelembe, a 3. forgatókönyv eredményei indikatívnak tekintendők, a jövőben tovább folytatjuk ennek vizsgálatát.*

3.1.4. Bruttó és nettó likviditáshiány az első két forgatókönyvben

A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy vajon mennyi pótlólagos likviditásra lenne az egyes szereplőknek szüksége ahhoz, hogy valamennyi visszautasított tételük teljesüljön. A visszautasított tételek értéke csak jelzésértékű, hiszen egy újabb tranzakció elszámolása következtében a fogadó bank likviditása nő, s ebből a többletlikviditásból a bank újabb tételeket teljesíthet. A likviditásnak a rendszerben való újrahasznosulását figyelembe véve, a visszautasított tételek értéke, valamint a nap végi pénzforgalmi számlaegyenlegek és hitelkeretek alapján definiáltuk a *bruttó likviditáshiány mutatóját* (Gross Liquidity Deficit, GLD), amely formálisan az alábbi módon írható fel:

$$GLD_i = \max \left\{ \left[\left(\sum_{j=1}^n p_{ij}^{out} - \sum_{k=1}^n p_{ik}^{in} \right) - \left(IDC L_i^{end} + b_i^{end} \right) \right]; 0 \right\}, \text{ ahol}$$

- p_{ij}^{out} az i -edik bank j -edik banknak küldött azon fizetési tétele, amelyet az i -edik bank teljesített volna, ha nem lép fel nála likviditáshiány;
- p_{ik}^{in} a k -edik bank i -edik banknak küldött azon fizetési tétele, amelyet az i -edik bank megkapott volna, ha nem jelentkezik a k -edik banknál likviditáshiány;
- b_i^{end} az i -edik bank pénzforgalmi számlájának záró egyenlege, míg
- $IDCL_i^{end}$ az i -edik bank hitelkeretének értéke az üzleti nap végén.

A kifejezés legelső tagja tehát azon fizetési megbízások összege, amelyet az i -edik bank elegendő likviditás hiányában nem teljesített. A kifejezés második tagja azon fizetési megbízások összegét mutatja, amelyre az i -edik bank ugyan számított, de a többi banknál fellépő likviditáshiány miatt nem kapott meg. A fenti két tag különbsége mellett a bruttó likvidi-

táshiány meghatározásához az i -edik bank meglévő likviditását (pénzforgalmi számlájának és hitelkeretének összegét) is figyelembe vettük. Amennyiben az i -edik banknak több likviditása van, mint amennyi fizetési megbízást teljesítenie kellene, úgy a bruttó likviditáshiány zérus. Szintén zérus a GLD_i kifejezés értéke, ha az i -edik banknak több, a rendszer által visszautasított bejövő, mint kimenő tétele van. A rendszerszintű bruttó likviditáshiány az egyedi szereplők likviditáshiányának összege. A rendszerszintű bruttó likviditáshiány indikátora azt mutatja meg, hogy minimálisan mennyi likviditást kellene a szereplőknek összesen biztosítani ahhoz, hogy a nap végén fedezethiány miatt egyetlen tételt se utasítsanak vissza.

A hiányzó likviditás különböző módokon kerülhet a rendszerbe. A hiba által nem érintett intézmények nem passzív gazdasági szereplők. A bankok nemcsak fizetési megbízásaik mennyiségén és szerkezetén változtathatnak, hanem a rendelkezésre álló likviditásuk mennyiségén is. A bankok a pénzpiacon keresztül a partnerbankjaikkal vagy éppen az anyabankkal ügyletelve, fedezetet teremthetnek a még sorban álló tételeik teljesítéséhez. Vannak esetek, amikor a pénzügyi tranzakciókat a jegybankok is ösztönzik. Példaként az Egyesült Királyságban érvényben lévő, a sebzett bankok kezelésére vonatkozó szabályozást (stricken bank scheme) érdemes megemlíteni. A Bank of England ugyanis előírja, hogy annak a banknak, amelynek a fizetési rendszer utolsó órájára sem sikerült a kapcsolatát helyreállítania, fedezetlen (overnight) bankközi hitelt kell nyújtania annak a banknak, amelynek pótlólagos likvidításra van emiatt szüksége (Bedford et al. [2004]). Ezt a BoE manuálisan teljesíti a számlavezető rendszerében. Így tehát van egy olyan automatizmus, amely a technikai problémával küzdő banknál beragadt likviditást visszaosztja a rendszerben maradt szereplőkre.

A hiányzó likviditást normál üzletmenet esetén akár a jegybank is biztosíthatja. Ugyanis, ha a bankok újabb, elfogadható értékpapírokat zárolnak a KELER Zrt.-nél, akkor képesek a napközbeni hitelkeretüket növelni. Amennyiben a napközbeni hitel a nap végére is fennáll, úgy a jegybank értékpapír-fedezet mellett egynapos hitelt nyújt a bankoknak. Az egynapos hitelek után a bankoknak a kamatfolyosó plafonjával megegyező mértékű kamatot kell fizetniük.⁴ A jegybankok sokhelyzetben – mint például a Federal Reserve Bank of New York (FED) tette 2001 szeptemberében – különféle nyíltpiaci műveletek segítségével akár olcsóbban is a bankok rendelkezésére bocsáthatják a szükséges likviditást. Amennyiben a likviditáshiánnyal szembesülő banknak már nincs olyan értékpapírja, amelyet a jegybank fedezetként elfogad, úgy a monetáris politikai eszköztárral a likviditáshiány nem menedzselhető. Ebben az esetben a jegybankok, tekintettel az esetleges rendszerkockázati hatásokra, diszkrecionális intézkedéscsomaggal még egyéb fedezet ellenében is biztosít

4 A jegybanki *kamatfolyosó* az O/N bankközi kamatok szélsőséges ingadozását akadályozza meg, és ezáltal elősegíti a transzmisszió hatékonyságát. A *kamatfolyosó teteje*, vagy másképp a *kamatplafon* az a jegybank által meghatározott hitelkamat, amelyen a jegybank egynapos futamidővel – értékpapír-fedezet mellett – hitelt nyújt. Amennyiben a bankoknak rendkívüli szükségük van rövid likvidításra, de valamilyen ok miatt nincs lehetőségük azt a bankrendszeren belül – a bankközi pénzpiacon – megszerezni, a kamatok akkor sem emelkedhetnek szélsőségesen magasra, mivel a jegybank egy viszonylag magas kamatszinten minden igényt kielégít. (Ehhez hasonló módon a *kamatfolyosó aljának*, illetve *kamatpadlónak* nevezzük azt a jegybank által megjelölt kamatot, amelyen az ügyfélkör jogosult arra, hogy egynapos betéti vagy betéti jellegű műveleteket végezzen a központi bankkal.)

hatják a banknak a szükséges likviditást. Bár a jegybankok utolsómentsvár-funkciójának (lender-of-last resort) háttére és a potenciális intézkedéscsomagok köre – az esetlegesen felmerülő erkölcsi kockázat miatt – egyetlen jegybanknál sem publikus, annyi valószínűsíthető, hogy a fizetési forgalom jelentős sérülése és a pénzügyi stabilitás veszélybe kerülése esetén a jegybankok beavatkoznának.

A bankok potenciálisan rendelkezésre álló likviditása alapján egy hiba következtében felszínre kerülő likviditási kockázat pontosabb méréséhez számítottuk ki a *nettó likviditáshiány mutatóját* (Net Liquidity Deficit, NLD), amely formálisan az alábbi módon írható fel:

$$NLD_i = \max\left\{\left[GLD_i - \left(POT_i^{end} - IDCL_i^{end}\right)\right]; 0\right\}, \text{ ahol}$$

- GLD_i az i -edik szereplő bruttó likviditáshiánya,
- POT_i^{end} az i -edik szereplő fedezetként elfogadható értékpapírjainak nap végi záró állománya, és
- $IDCL_i^{end}$ az i -edik bank hitelkeretének értéke az üzleti nap végén.

A nettó likviditáshiány mutatója segítségével választ kaphatunk arra, hogy vajon a bankok mérlegében szereplő, fedezetként elfogadható értékpapír-porfólió elégséges fedezetet nyújt-e ahhoz, hogy a bankok fizetési megbízások teljesítéséhez szükséges likviditást a monetáris politikai eszköztárból megszerezzék. Fontos megjegyezni, hogy a potenciális likviditás értékét felülbecsüljük, hiszen egy bank nemcsak a VIBER fizetési forgalma lebonyolításához zárhatja értékpapírokat, hanem egyéb célokra is, amelyekről eddig nem sikerült pontos adatokat beszerezniük.

A bruttó és nettó likviditáshiány értékét valamennyi szereplőre meghatároztuk az 1. és a 2. forgatókönyvben. A 7. táblázat a bruttó likviditáshiányt a visszautasított tételek százalékában, míg a 8. táblázat a kezdetben be nem nyújtott tételek százalékában mutatja. Ahogyan a 7. táblázat szemlélteti, a VIBER-tagok nap végi likviditását és a még meg nem érkezett bejövő tételek finanszírozó szerepét figyelembe véve, a visszautasított tételek átlagosan 36,83–55,19%-a szükséges ahhoz, hogy egyetlen tranzakciót se utasítsanak vissza a nap végén fedezethiány miatt. A legrosszabb esetben a visszautasított tételek akár 75,89–100%-ára is szükség lehet ahhoz, hogy valamennyi tranzakció teljesüljön. A 100%-nál alacsonyabb érték egyébként arra utal, hogy a VIBER-tagoknak egymással szemben vannak teljesítetlen tételei. A legrosszabb esetben, ahogy a 7. táblázat maximum sora is mutatja, az egymással szemben álló tételek értéke szignifikánsan kisebb is lehet.

7. táblázat

**Bruttó likviditáshiány az 1. forgatókönyvben
(a visszautasított tételek %-ában)**

1. forgatókönyv: GLD/Visszautasított tételek	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
Minimum	0,00%	24,57%	12,67%	0,00%	0,00%	0,00%
Átlag	46,42%	52,40%	49,08%	55,19%	48,49%	36,83%
Maximum	75,89%	88,53%	99,88%	96,29%	100,00%	97,40%
Alsó kvartilis (25%)	39,80%	41,83%	32,87%	39,57%	17,64%	0,00%

A bruttó likviditáshiányt a be nem nyújtott fizetési tételek arányában is kifejezhetjük. A 8. táblázat alapján megállapítható, hogy a kezdeti sokkot elszenvendő banktól függően, pótlólagos likviditásként átlagosan a be nem nyújtott fizetések 5,32–38,86%-át kell a rendszerbe juttatni ahhoz, hogy a nap végén ne legyen visszautasított tétel. A legrosszabb esetben a be nem nyújtott fizetési megbízások 38,24–68,94%-át kellene a VIBER-tagoknak biztosítaniuk ahhoz, hogy valamennyi tétel elszámolható legyen a nap végéig.

8. táblázat

**Bruttó likviditáshiány az 1. forgatókönyvben
(a be nem nyújtott tételek %-ában)**

1. forgatókönyv: GLD/Be nem nyújtott fizetési tételek	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
Minimum	0,00%	1,24%	1,08%	0,00%	0,00%	0,00%
Átlag	36,19%	38,86%	23,02%	15,36%	15,54%	5,32%
Maximum	67,31%	68,94%	57,58%	44,88%	44,60%	38,24%
Alsó kvartilis (25%)	27,55%	30,47%	10,46%	4,30%	0,77%	0,00%

A 9. táblázat a nettó likviditáshiányt a fizetési forgalom százalékában mutatja. Az 1. forgatókönyvben a hányadost meghatároztuk a legkevésbé problémás, egy átlagos és a leginkább problémás üzleti napra is. Látható, hogy a VIBER-tagok fizetési forgalmának növekedésével a szükséges pótlólagos likviditás egyre magasabb. Érdekes, hogy a *Bank 2* problémája esetén a nettó likviditáshiány magasabb, mint a *Bank 1* esetén. A VIBER-tagok potenciális likviditásán felül a normál üzletmenet melletti fizetési forgalom átlagosan 0,14–3,64%-át kellene megszerezni, hogy minden fizetési megbízás teljesüljön. A legrosszabb esetben, attól függően, hogy mely bank szembesül az operációs hibával, a fizetési forgalom 2,28–7,49%-át kellene pótlólagos likviditásként valahogyan biztosítani.

9. táblázat

**Nettó likviditáshiány az 1. forgatókönyvben
(a fizetési forgalom %-ában)**

1. forgatókönyv: NLD/Normál üzletmenet mellett forgalom	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
Minimum	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Átlag	2,09%	3,64%	1,66%	0,55%	0,64%	0,14%
Maximum	5,90%	7,94%	6,25%	2,91%	2,88%	2,28%
Alsó kvartilis (25%)	0,87%	1,46%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%

Rendszerszinten a nettó likviditáshiány 0,1 és 316 milliárd forintot közötti. A likviditáshiány terjedelmét jelentősen befolyásolhatja az üzleti nap jellege, és hogy melyik a bajba jutott intézmény.

Az összevont adatok mögé nézve megállapítható az is, hogy futtatásról futtatásra nagyon változó a likviditáshiány által érintett bankok köre. Valamennyi érintett bankot a klaszterezés során azonosítottuk a sok által potenciálisan érintett szereplőként. A legnagyobb VIBER-forgalmat lebonyolító intézmények közül minimum három, de sok esetben négy bank, illetve két kisbank számos napon számottevő nettó likviditáshiánnyal szembesül. A nettó likviditáshiány legjelentősebb része a legnagyobb forgalmat lebonyolító intézményekhez köthető.

A *Bank 1*, a *Bank 2*, a *Bank 3* és a *Bank 6* technikai incidense hét további bankot érint, hol kisebb, hol nagyobb mértékben. A *Bank 4*-nél felmerülő hiba nyolc, míg a *Bank 5*-nél felmerülő hiba hat bankot érint. Az érintett bankok az összes fedezetként elfogadható értékpapírjuk zárolása mellett számos napon nem képesek valamennyi fizetési kötelezettségüket teljesíteni. Amennyiben a *Bank 1*-et vagy a *Bank 2*-t éri a hiba, hétből négy szereplő a vizsgált napok több mint felén nettó likviditáshiánnyal szembesül. A *Bank 3* kiesése szintén jelentős nettó likviditáshiányt idéz elő az említett négy szereplőnél, bár valamivel kisebb valószínűséggel.

Amennyiben a *Bank 4*-et sújtja a technikai hiba, a sok által érintett szereplők 1–12 napon szembesülnek nettó likviditáshiánnyal a maximális 41 napból. A *Bank 5* kiesése esetén nagy valószínűséggel két további banknak lenne szüksége az elfogadható értékpapír-állománya felett pótlólagos likviditásra ahhoz, hogy valamennyi tétele teljesüljön. A *Bank 6* esetében a vizsgált napok közel háromnegyedénél zérus nettó likviditáshiánnyal jár együtt. Valamennyi érintett bank esetében maximum három napon mutatkozik nettó likviditáshiány.

A bruttó és a nettó likviditáshiányt a 2. forgatókönyv esetében is meghatároztuk. Ötven tétel nap végi manuális elszámolása az összképet jelentősen javította (lásd 10. és 11. táblázat). Természetesen az alkalmazott tartalékmegoldás hatékonysága nagyban függ attól, hogy a hibával sújtott bank milyen szempontok alapján választja ki az ötven faxon beküldendő tranzakcióját.

10. táblázat

**Bruttó likviditáshiány a 2. forgatókönyvben
(a visszautasított tételek %-ában)**

2. forgatókönyv: GLD/Vissza- utasított tételek	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
Minimum	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Átlag	12,63%	36,56%	32,93%	23,25%	0,00%	0,06%
Maximum	96,17%	95,61%	97,24%	85,08%	0,00%	1,00%
Alsó kvartilis (25%)	0,00%	20,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

11. táblázat

**Bruttó likviditáshiány a 2. forgatókönyvben
(a be nem nyújtott tételek %-ában)**

2. forgatókönyv: GLD/Be nem nyújtott fizetési tételek	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
Minimum	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Átlag	0,92%	18,17%	9,66%	5,52%	0,00%	0,05%
Maximum	19,55%	63,23%	52,51%	42,43%	0,00%	1,65%
Alsó kvartilis (25%)	0,00%	1,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Ahogy a 12. táblázat mutatja, a fizetési forgalom százalékában kifejezett nettó likviditáshiánya is jelentősen csökken az ötven fizetési megbízás manuális nap végi elszámolásával. A csökkenés a *Bank 2*, a *Bank 3* és a *Bank 4* esetén kevésbé jelentős, ami a magasabb prioritású, ám alacsonyabb összegű fizetési tételek nap végi elszámolásával függ össze. A 2. forgatókönyvben a bankok potenciális likviditásán felül a normál üzletmenet melletti fizetési forgalom átlagosan 0–1,14%-át kellene a rendszerbe juttatni ahhoz, hogy minden fizetési megbízás teljesüljön. A legrosszabb esetben, attól függően, hogy mely bank szembesül a hibával, a fizetési forgalom 0–6,29%-át kellene pótlólagos likviditásként biztosítani.

12. táblázat

**Nettó likviditáshiány a 2. forgatókönyvben
(a fizetési forgalom %-ában)**

2. forgatókönyv: NLD/Normal üz- letmenet mellett forgalom	Bank 1	Bank 2	Bank 3	Bank 4	Bank 5	Bank 6
Minimum	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Átlag	0,01%	1,14%	0,53%	0,16%	0,00%	0,00%
Maximum	0,39%	6,29%	4,57%	2,16%	0,00%	0,00%
Alsó kvartilis (25%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

A nettó likviditáshiánnyal szembesülő intézmények köre és a szükséges pótlólagos likviditáshiány kisebb a 2. forgatókönyvben, mint az elsőben.

**3.1.5. A fizetési forgalom sérülése napon belüli incidensek esetén
(4–6. forgatókönyv)**

A 4. forgatókönyvben azt tételteztük fel, hogy egy bank négy órán keresztül nem képes a fizetési megbízásait feladni. Az 5. forgatókönyvben az incidens hosszát hat órára emeltük. A négy-, illetve a hatórás intervallum kezdetét, valamint a problémás bankot egy optimalizáló algoritmus segítségével határoztuk meg (lásd a korábban leírtakat). A 4. forgatókönyvben a vizsgált 41 napon 35 napon, az 5. forgatókönyvben pedig 32 napon a VIBER-ben a legnagyobb forgalmat lebonyolító szereplő technikai problémája okozza a legnagyobb, értékkel súlyozott késést a küldésben. A többi napon a második, a harmadik vagy a negyedik legnagyobb forgalmat lebonyolító szereplő egyikének kell technikailag fizetéseképtelenné válna, hogy a legsúlyosabb hatást tudjuk elemezni. A 6. forgatókönyvben, amikor egyszerre két szereplő négy órára történő kiesésének hatását vizsgáltuk, a *Bank 1*-nek és a *Bank 2*-nek (20 nap), illetve a *Bank 1*-nek és a *Bank 3*-nak a kiesése jár a legnagyobb, értékkel súlyozott késéssel a küldés szempontjából.

A 13. táblázat a működési hiba következtében később beküldött tételek minimumát, átlagos értékét és maximumát mutatja a napon belüli incidenseket vizsgáló három forgatókönyv esetében. Amennyiben az incidens hosszabb ideig tart, vagy nem egy, hanem két bank küldi be később a fizetési megbízásait, a késleltetett fizetési megbízások értéke magasabb. A később beküldött tételek átlagos értéke rendre 466, 540 és 806 millió forint az egyes forgatókönyvekben.

13. táblázat

A később benyújtott fizetési megbízások összértéke (millió Ft)

	Mimumum	Átlag	Maximum
4. forgatókönyv	75 040	466 334	650 003
5. forgatókönyv	98 459	540 828	773 256
6. forgatókönyv	124 417	806 287	1 186 135

A 14. táblázat az incidensek kezdetének idejét mutatja. A táblázatban forgatókönyvenként három érték szerepel: a legkorábbi incidens kezdetének ideje, az incidensek átlagos kezdete, valamint a legkésőbb bekövetkező incidensek kezdetének ideje.

14. táblázat

Az incidensek kezdő időpontja

	Minimum	Átlag	Maximum
4. forgatókönyv	8:52:16	9:54:56	12:36:05
5. forgatókönyv	8:01:22	9:25:48	10:16:16
6. forgatókönyv	8:23:46	9:47:25	11:12:05

A 15. táblázat a napon belüli incidensek szimulációs eredményeit foglalja össze. A rendszerbe valamennyi fizetési megbízást beküldték, és a normál üzletmenet esetében tapasztalattal összhangban, fedezethiány miatt egyetlen tételt sem utasítottak vissza. A normál üzletmenethez képest, a vártak megfelelően, hosszabb sorok alakulnak ki, és több a késés is. A sorok összértéke több mint 50%-kal nőtt a 4. és a 6. forgatókönyvben, és 75%-kal az 5. szcenárióban. A sorok maximális értékének átlaga szintén számottevően nőtt. Az indikátor normál üzletmenethez képest 2,66-szorosára, 3,55-szörösére, illetve 3,85-szörösére emelkedett az egyes forgatókönyvekben. A sorok maximális értéke valamennyi napon belüli incidenst vizsgáló forgatókönyvben több mint kétszerese az alapesetbeli értéknek. A normál üzletmenethez képest a sorok átlagos hossza 12 perccel nőtt meg a negyedik, 27-tel az ötödik, és 21-gyel a hatodik forgatókönyvben. A VIBER normál működését feltételezve, a késés indikátora 0,07 volt. A késés indikátorának átlagos értéke 75%-kal magasabb a 4. és a 6. forgatókönyvben, míg az eredeti érték közel háromszorosa az 5. forgatókönyvben.

15. táblázat

A napon belüli incidensek forgatókönyveinek szimulációs eredményei

	4. forgatókönyv			5. forgatókönyv			6. forgatókönyv	
	Minimum	Átlag	Maximum	Minimum	Átlag	Maximum	Minimum	Átlag
Sorban álló tételek összértéke (a benyújtott fizetések %-ában)	2,43%	24,48%	37,92%	0,84%	28,73%	40,80%	2,96%	23,54%
Sor maximális értéke (a benyújtott fizetések %-ában)	1,98%	11,41%	24,77%	0,44%	14,39%	31,11%	1,98%	12,22%
Sor átlagos hossza (hh:mm:ss)	0:23:48	0:52:58	1:21:04	0:46:16	1:07:56	1:59:37	0:16:52	1:01:57
Késés indikátora	0,05	0,12	0,23	0,07	0,20	0,35	0,03	0,12

Amennyiben a napon belüli incidensek egyes forgatókönyveit hasonlítjuk össze, megállapíthatjuk, hogy a később beküldött tételek átlagos értéke több mint 70%-kal magasabb a 6. forgatókönyvben, mint a 4. forgatókönyvben. Mindkét esetben négyórás incidensek hatását vizsgáltunk, azonban a 4. forgatókönyvben egy, míg a 6. scenárióban két bankot ért sokkhatás. Érdekes módon azonban a sorok és a késés szempontjából a két forgatókönyv hasonló sajátosságokat mutat. A sorstatisztikák és a késés indikátorának hasonló alakulása egymással ellentétes hatással magyarázható. Egyfelől a később benyújtott tranzakciók értéke magasabb az utóbbi esetben. Ennek a ténynek önmagában hosszabb sorokhoz és magasabb késéshez kellene vezetnie. A működési kockázati eseménnyel közvetlenül nem szembesülő, nagy forgalmat lebonyolító bankok fizetési megbízásainak döntő többsége már a 4. forgatókönyvben is sorban állt, ezek a tételek most ugyanúgy sorban állnak. Lesznek viszont minden bizonnyal újabb bankok, amelyeknek sorai keletkeznek. Másfelől azonban az operációs hibával küszködő bankok egymással is intenzíven kereskednek. Így, ha mindkét bank később küldi be a tételeit, akkor azok a tételek nem, vagy csak nagyon rövid időre kerülnek be a sorba. Így történhet meg az, hogy a 6. forgatókönyvben nem ugranak meg a sorok, és nem nő számottevően a késés indikátora. Természetesen a fizetési forgalom sérülése azért magasabb a 6. forgatókönyvben, mint a 4. scenárióban, mert ott jóval több – részben egymáshoz, részben pedig egy harmadik VIBER-taghoz – indított tételt küldenek be később. Az 5. forgatókönyvben, amikor az incidens hat óráig tartott, hosszabbak lesznek a sorok, és magasabb a késés indikátora.

4. NEMZETKÖZI ÖSSZEHASONLÍTÁS

Számos jegybank térképezte fel – a tanulmányunkban ismertetett szimulációkhoz hasonlóan – az adott ország fizetési forgalmának sérülését. Izgalmas kérdés: vajon a magyar eredményeket hogyan értékelhetjük a többi jegybanknál kapott eredményekkel összehasonlítva? A feltételezett forgatókönyvek mellett a VIBER-nek a sokkokkal szemben mutatott ellenálló képessége jobb, rosszabb vagy hasonló, mint a többi fizetési rendszeré? A nemzetközi összehasonlítást nehezíti, hogy az egyes országokban a fizetési rendszer sajátosságai alapján eltérő forgatókönyveket alakítottak ki a kutatók, illetve a fizetési forgalom sérülésének mérését is részben eltérő mutatószámok vizsgálatával valósították meg. A következőkben az Egyesült Királyság, Franciaország és Ausztria valós idejű fizetési rendszerének szereplőit érő sokk következtében kialakuló likviditási hatás súlyosságát vetjük össze a magyar eredményekkel.⁵

Az *Egyesült Királyságban* Bedford et al. [2004] azt találta, hogy a fizetési forgalmat egy vagy akár három intézmény egész napos kiesése sem veszélyezteti. A szerzők egy olyan forgatókönyvet vizsgáltak, amelyben a kockázati esemény 12:00 előtt következett be, és az a szereplő esett ki, amely a rendszerből a többi intézmény válaszreakciójáig a legtöbb likviditást vonta ki. Bedford et al. [2004] tanulmányában tízperces banki reakcióidőt tételezett fel, amelyet követően a bankok leállították fizetési tételeik küldését a sérült bankhoz.⁶

5 A dán RTGS (BECH és SORAMÁKI [2005]), illetve a norvég NBO (ENGE és ØVERI [2006]) valós idejű elszámolási rendszer sokktűrő képességének ismertetésétől eltekintünk, mivel a szerzők a VIBER kapcsán kialakított forgatókönyvekkel nem, illetve nehezen összehasonlítható forgatókönyveket generáltak.

6 A BEDFORD ET AL. [2004] által vizsgált forgatókönyv leginkább a tanulmányban vizsgált 3. forgatókönyvvel állítható párhuzamba; ez esetben a fizetési forgalom sérülését a 6. táblázat szemléltette.

A likviditás felső korlátja mellett végzett szimulációk esetében teljesítetlen fizetési megbízás egyetlen esetben sem volt, a késés indikátora pedig (egy bank kiesését feltételezve) 0-hoz nagyon közeli, illetve (három bank együttes kiesése esetén) 0,05 körüli értéket vett fel. Mivel az Egyesült Királyságban a bankok a likviditás felső korlátját jelentősen, körülbelül 50%-kal meghaladó likviditási többlettel rendelkeznek, a CHAPS Sterling sokktűrő képessége igen magasnak mondható.

Franciaországban a legnagyobb tartozik forgalommal rendelkező PNS-tag egész napos kiesése következtében a működési kockázati esemény által kezdetben nem érintett intézmények között a fizetési megbízások közel 10%-át visszautasították (Mazars és Woefel [2005]). Ezzel párhuzamosan nőttek a sorok, a tételek 63,15%-a átlagosan 45 percig állt sorban, míg normál üzletmenet mellett a tételek 42,90%-a átlagosan 30 percig volt sorban, azaz mindkét indikátor másfélszeres növekedést mutat. A késés indikátora szintén jelentősen, több mint kétszeresére (0,09-ről 0,2-re) nőtt. Mazars és Woefel [2005] futtatása az 1. forgatókönyvvel gyakorlatilag egyenértékű szimulációnak tekinthető. A francia szerzőpáros eredményeit a magyar eredményekkel összevetve azt láthatjuk, hogy a VIBER sérülése a PNS sérülésénél jelentősebb. Hazánkban ugyanis a sorok összértéke 2,33-szorosára, a sorok átlagos ideje 2,68-szorosára, míg a késés indikátora közel négyszeresére nőtt az első forgatókönyvben az alapesethez képest.

Schmitz et al. [2006] az osztrák ARTIS sokktűrő képességét elemezve, kilenc különböző forgatókönyvet alakított ki. Ezek közül az egyiket a legnagyobb forgalmat lebonyolító bank egész napos kiesése jelentette, tartalékmegoldás és banki válaszreakció nélkül.⁷ Ez a forgatókönyv összhangban van a VIBER kapcsán futtatott első forgatókönyvvel. A működési hiba következtében be nem nyújtott fizetéseknek az összforgalomhoz viszonyított aránya a két rendszerben hasonlóan alakult (VIBER: 16,30%, ARTIS: 15,96%). A teljesítetlen fizetési megbízások aránya ugyanakkor hazánkban jóval magasabb, ami a fizetési forgalom jelentősebb sérülésére utal (VIBER: átlagban 30,99%, legrosszabb esetben 50,94%; ARTIS: átlagban 2,92%, legrosszabb esetben 8,39%).

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban a VIBER-szereplők más rendszertagnál (illetve tagoknál) bekövetkező működési kockázati esemény által kiváltott likviditási sokktűrő képességét vizsgáltuk. Arra vállalkoztunk, hogy bizonyos feltételezésekkel élve, több hipotetikus forgatókönyv mentén számszerűsítsük, mennyire képesek a hazai bankok más bank működési kockázatából eredő likviditási sokkoknak ellenállni. A forgatókönyveket a technikai problémával nem sújtott intézmények válaszreakciója, a hiba bekövetkezésének időpontja és az incidens hossza, az operációs hibát elszenvető intézmények köre és száma, valamint az alkalmazott tartalékmegoldások dimenziói mentén alakítottuk ki. Összesen hat különböző feltételezett forgatókönyvet alakítottunk ki, ezek közül három egész napos incidenshez, három pedig napon belüli incidenshez kapcsolódott.

⁷ A többi forgatókönyv a tanulmányban ismertetett forgatókönyvekkel nem összevethető, azok úgy az ARTIS, mint a TARGET egy komponensének a vizsgálatához, egy bank által a többi bank részére biztosított terhelési meghagyás (debit authorization) hatásának elemzéséhez, illetve három bank együttes kieséséhez köthetők.

Egy bank technikai hibájának hatását, azaz a VIBER-forgalom sérülését több mutatószám együttes vizsgálatával mértük. A mutatószámok többek között magukban foglalták a kezdetben be nem nyújtott fizetések értékét, a nap végén fedezethiány miatt elutasított tételek összegét, a sorok átlagos és maximális értékét, valamint a késés indikátorát. Az egész napos incidens során (eltekintve a tartalékmegoldások és a banki válaszreakciók lehetőségétől), arra az eredményre jutottunk, hogy amennyiben a fizetési forgalomban legjelentősebb szerepet betöltő bank nem képes a VIBER-be továbbítani a fizetési megbízásait, úgy fedezethiány miatt átlagosan a benyújtott fizetések 16,21%-át utasították vissza. A legrosszabb esetben ez az arány 37,4%-ot tett ki. A normál üzletmenethez képest átlagosan a tételek 30,99%-a nem teljesült (vagy azért, mert be sem küldték, vagy azért, mert fedezethiány miatt a rendszer visszautasította). A legrosszabb esetben a tételek 50,94%-a nem teljesült. A VIBER-ben a második legnagyobb forgalmat lebonyolító intézmény technikai hibája esetén az utóbbi két érték 26,67%, illetve 54,96% volt. A kezdeti sokk következtében likviditáshiánnyal szembesülő bankok köre összhangban volt a VIBER-tagok számos likviditáshoz és fizetési forgalomhoz kapcsolódó mutató alapján történő csoportosításával.

Amennyiben a bajba jutott bank ötven faxon átküldött tranzakcióját egy órával a VIBER zárása előtt manuálisan feldolgozták, úgy a fizetési forgalom számos esetben sokkal kisebb mértékben sérült. Ebben az esetben, ha a fizetési forgalomban legjelentősebb szerepet betöltő bank nem volt képes a VIBER-be továbbítani a fizetési megbízásait, úgy átlagosan a benyújtott fizetések 0,11% maradt teljesítetlenül, szemben a korábban kimutatott 16,21%-kal. A tartalékmegoldás hatékonysága, és ebből következően a forgalom sérülésének alakulása nemcsak a bajba jutott bank tételszámból való részesedésétől függött, hanem a nap végén feldolgozandó tranzakciók kiválasztási módjától is. A szimulációkban alkalmazott kiválasztási mód három bank esetében nagyon hatásos volt, míg három bank esetében csak mérsékelt javulást eredményezett.

Ha az információs aszimmetriát leküzdve, a hibátlanul működő bankok két órán belül leállítják fizetési megbízásaik küldését a bajba jutott bankhoz, akkor a fizetési megbízások blokkolásával a be nem nyújtott fizetések aránya drasztikusan megnőtt, míg a visszautasított fizetési megbízások aránya jelentősen csökkent. A két hatás eredőjeként összességében nőtt a teljesítetlen tételek aránya. Azzal tehát, hogy a bankok privilegizálják a többi banknak küldött fizetési megbízásaikat a bajba jutott bank rovására, a fizetési forgalom még jelentősebb sérülését okozzák. A fizetési megbízások egy része ugyanis még elszámolható lett volna, ha beküldik. A banki válaszreakciók modellbe építése számos feltevésen alapul. Nehéz megítélni, hogy egy ilyen helyzetben hogyan alakulna az információáramlás, mikorra szűnne meg teljesen az információs aszimmetria, hogyan változna a fizetési tételek beküldésének módja (megbízások beküldésének blokkolása vs. alacsonyabb prioritással történő beküldése), illetve hogyan módosulna az aznapi elszámolású ügyletkötések volumene. *Tekintve, hogy keveset tudunk arról, hogyan változna a bankok magatartása sokkhelyzetben, a szimulációs során kapott eredmények inkább jelzésértékűek. Ugyanakkor a jövőben tervezzük a bankok sokkhelyzeti viselkedésének vizsgálatát.*

Két egész napos incidenshez kapcsolódó forgatókönyv esetében a bruttó és a nettó likviditáshiány mutatója alapján számszerűsítettük azt is, vajon mennyi pótlólagos likviditásra lenne az egyes szereplőknek szüksége ahhoz, hogy valamennyi visszautasított tételük teljesüljön. A bruttó likviditáshiány mutatója alapján meghatároztuk, hogy a VIBER-tagok nap

végi likviditását és a még meg nem érkezett, bejövő tételek finanszírozó szerepét figyelembe véve, a visszautasított tételek átlagosan 35–50%-ára van szükség ahhoz, hogy egyetlen tranzakciót se utasítsanak vissza a nap végén fedezethiány miatt. Ha a bruttó likviditáshiányt a be nem nyújtott fizetési tételek arányában fejezzük ki, úgy a kezdeti sokkot elszorító banktól függően, pótlólagos likviditásként átlagosan a be nem nyújtott fizetések 5–39%-át kell a rendszerbe juttatnia ahhoz, hogy a nap végén ne legyen visszautasított tétel. A nettó likviditáshiány mutatója segítségével arra a következtetésre jutottunk, hogy a VIBER-tagoknak a potenciális likviditásukon felül a normál üzletmenet melletti fizetési forgalom átlagosan 0,14–3,64%-át kellene megszerezniük, hogy minden fizetési megbízás teljesüljön. A legrosszabb esetben, attól függően, hogy melyik bank szembesül az operációs hibával, a fizetési forgalom 2,28–7,49%-át kellene pótlólagos likviditásként valahogyan biztosítani. A fizetési forgalom bruttó és nettó likviditáshiánya egyaránt jelentősen csökken az ötven fizetési megbízás nap végi manuális elszámolásával.

A napon belüli incidensek fizetési forgalomra gyakorolt hatását vizsgálva megállapítottuk, hogy – a normál üzletmenethez hasonlóan – fedezethiány miatt egyetlen tételt sem utasítottak vissza, viszont hosszabb sorok alakultak ki, és több volt a késés is. A napon belüli incidensek egyes forgatókönyveit összehasonlítva láthattuk, hogy négyórás incidensek esetében a fizetési forgalom sérülése hasonlóan alakult, függetlenül a kiesett bankok számától. A jelenség azzal magyarázható, hogy az operációs hibával küszködő bankok egymással is intenzíven kereskednek.

Végül fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy ez a tanulmány a kezdeti lépés ahhoz, hogy a VIBER-szereplőknek a más rendszertagnál bekövetkező működési kockázati esemény által kiváltott likviditási sokktűrő képességét jobban megértsük. Elgondolkoztunk azon, mi történne a VIBER-ben akkor, ha egy szereplő technikailag fizetéseképtelenné válna, és számos – hol reális, hol kevésbé reális – feltevéssel éltünk. Sok kérdést nyitva hagytunk, amelyek megválaszolása, illetve modellbe építése további kutatást igényel. A bankok sokk-helyzetbeli lehetséges magatartásáról csak sejtéseink vannak, amelyeknek különböző kvantitatív és kvalitatív módszerekkel történő vizsgálata elengedhetetlen.

IRODALOMJEGYZÉK

- ARJANI, N. [2006]: Examining the trade-off between settlement delay and intraday liquidity in Canada's LVTS: A simulation approach. Bank of Canada Working Paper 2006-20.
- Bank of England (BoE), Task Force on Major Operational Disruption in the Financial System [2003]: Do we need new statutory powers? Report of the Task Force on Major Operational Disruption in the Financial System, 2003. december
- Bank of England (BoE), HM Treasury and FSA, The Tripartite Standing Committee on Financial Stability [2004]: Financial Sector Business Continuity Progress Report, 2004. október
- Bank of England (BoE), HM Treasury and FSA, The Tripartite Standing Committee on Financial Stability [2005]: Resilience Benchmarking Project, Discussion Paper, 2005. december
- BECH, M.–SORAMÄKI, K. [2005]: Gridlock resolution and bank failures in interbank payment systems. In: HARRY LEINONEN (ed.) [2005]: Liquidity, risks and speed in payment and settlement systems – A simulation approach. Bank of Finland Studies E:31. 150–177. o.
- BEDFORD, P.–MILLARD, S., YANG, J. [2004]: Assessing operational risk in CHAPS Sterling: A simulation approach. In: Bank of England's Financial Stability Review, 2004. június, 135–143. o.
- BoF [2005]: Description of BoF-PSS2 databases and files version 1.2.0. Soumen Pankki – Finlands Bank. Financial Markets Department and Research Department (Bank of Finland), Mariitta Halonen (MSG Software Oy)
- ENGE, A.–ØVERLI, F. [2006]: Intraday liquidity and the settlement of large-value payments: A simulation-based analysis. Economic Bulletin 1/2006, Norges Bank
- European Central Bank (ECB) [2006]: Business continuity oversight expectations for systematically important payments systems (SIPS), 2006. június
- FBIIC [2003]: Impact of the Recent Power Blackout and Hurricane Isabel on the Financial Services Sector. Financial and Banking Information Infrastructure Committee, www.ustreas.gov/offices/domestic-finance/financial-institution/cip/pdf/impact.pdf. 2003. október
- Federal Reserve System (FED), Department of the Treasury and Securities and Exchange Commission [2003]: Interagency paper on sound practices to strengthen the resilience of the U.S. financial system, 2003. április
- KAUFMAN, GEORGE [1999]: Banking and Currency Crises and Systemic Risk: A Taxonomy and Review. Federal Reserve Bank of Chicago Working Paper, No. 12. 1-68. o.
- LACKER, JEFFREY M. [2003]: Payment System Disruptions and the Federal Reserve Following September 11, 2001, 2003. november
- MAZARS, E., WOELFEL, G. [2005]: Analysis, by simulation, of the impact of a technical default of a payment system participant. In: Banque de France Financial Stability Review No. 6. 113-124. o.
- MCAANDREWS, J. J.–POTTER, S. M. [2002]: Liquidity effects of events of September 11, 2001. Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review, Vol. 8, No. 2. 2002. november 59-79. o.
- PELANT, BARNEY F. [1992]: The Worst Disaster in Recent History. Disaster Recovery Journal, The Chicago Flood. Special Reports 4/13/1992.
- SCHMITZ, S.–PUHR, C.–MOSHAMMER, H.–HAUSMANN, M. [2006]: Operational risk and contagion in the Austrian large-value payment system ARTIS. In: OENB Financial Stability Report No. 11. 96–113. o.

GÁLL JÓZSEF–NAGY GÁBOR

A működési kockázat veszteségeloszlás-alapú modellezése (Loss Distribution Approach – LDA)¹

Jelen írásunkban összefoglaljuk a működési kockázat veszteségeloszlás-alapú megközelítésének (Loss Distribution Approach – LDA) elméleti alapjait, és tárgyaljuk a használatához szükséges statisztikai módszertant is. Természetesen az LDA-nak az ebben a cikkben tárgyalt elméleti alapjai ismertek a szakirodalomban, beleértve a szabályozók által előírtakat is, ezért írásunknak nem az a célja, hogy újabb elméleti eredményeket és modelleket mutasson be. Azonban különösen fontosnak tartjuk néhány olyan alkalmazással kapcsolatos probléma bemutatását (modellszelekciós kérdések, statisztikai kérdések), amelyek átgondolása kritikus részét alkotja egy adott pénzügyi intézmény működési kockázatainak esetén a sikeres alkalmazásnak. Ehhez számos példát és szimulációs eseteket ismertetünk, amelyek jól mutatják majd azt, hogy az egyes szabályozói előírásoknak és modellspecifikációs lépéseinknek, döntéseinknek milyen következménye van egy LDA-alapú modellben a működési kockázathoz tartozó tőkekövetelményre vonatkozóan.

BEVEZETÉS

A működési kockázatok kezeléséről és tőkekövetelményéről szóló uniós szabályozás (Capital Requirement Directive – CRD²) hazai implementálása és bevezetése már folyamatban van, megjelenése újabb kihívás elé állítja a hitelintézeteket³ (Validációs kézikönyv, Pénzügyi Szervezetek Állami Felügyelete [2006], 200/2007 [VII. 30.] Korm. r.). Míg a szabályozó kisebb tőkekövetelménnyel kívánja jutalmazni a kockázataikat mélyebben feltérképező, jobban megértő és szofisztikáltabb tőkeképzési módszereket alkalmazó intézményeket, addig az ilyen modellek implementálása számos nehézséggel jár. Írásunkban a fejlett mérési módszertan (Advanced Measurement Approach – AMA) kereteibe illeszkedő statisztikai módszertan, a Loss Distribution Approach – LDA eszközrendszerével mutatjuk be a működési kockázatok modellezését. Az AMA mellett a szabályozó (Validációs kézikönyv, Pénzügyi Szervezetek Állami Felügyelete [2006]) még másik három egyszerűbb tőkeképzési lehetőséget kínál a hitelintézeteknek, az alapmutató módszert (Basic Indicator Approach

1 A cikk megírását támogatták az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) OTKA-F046061/2004, OTKA-T048544/2005 számú pályázatai.

2 CRD alatt az Európai Unió 2006/48/EC számú és 2006/49/EC számú direktíváit értjük.

3 Hpt. szerinti hitelintézetek és hitelintézettel egyenértékű prudenciális szabályozásnak megfelelő pénzügyi vállalkozások.

– BIA), a sztenderdizált módszert (Standardised Approach – TSA) és az alternatív sztenderdizált módszert (Alternative Standardised Approach – ASA). Míg a BIA, a TSA és az ASA egyszerű formulákon keresztül adja meg a képzendő tőke nagyságát, addig az AMA-módszerrel az intézmény szofisztikált belső modellt építhet a kockázatok valódi jellegének feltérképezésén alapulva.

A fentiek következménye a BIA, a TSA és az ASA csekély kockázatérzékenysége, továbbá az AMA-hoz viszonyítva, tipikusan magasabb tőkekövetelményt is jelentenek⁴. Ám jegyezzük meg, hogy egyes nagy alaptőkéjű hitelintézeteknél néhol előfordultak ezzel ellentétes tapasztalatok is (I. Committee of European Banking Supervisors [2006]).

Ahhoz, hogy a hitelintézetek a fejlett módszertant alkalmazzassák, számos előírásnak kell eleget tenniük (Basel Committee on Banking Supervision [2003], 200/2007 [VII. 30.] Korm. r.). Ezeket nem soroljuk fel tételesen, csupán azokat, amelyek a modellépítés szempontjából relevánsak.

1. A belső modellnek mind a várható, mind a nem várt veszteségeket meg kell ragadnia.
2. A kis valószínűséggel bekövetkező, ugyanakkor potenciálisan nagy hatást okozó eseményekre is fedezetet kell nyújtania a tőkének 99.9 százalékos valószínűséggel, 1 éves időtávon.
3. A belső modellnek figyelembe kell vennie
 - az intézmény saját, belső adatait,
 - a külső adatokat,
 - az üzleti környezetet tükröző tényezőket,
 - a forgatókönyv-elemzést (scenario analysis).
4. Az intézményeknek legalább 5 éves idősort kell figyelembe venniük a tőkekövetelmény-számításhoz.⁵ Továbbá a hitelintézet belső veszteségadatainak átfogóaknak⁶ kell lenniük.
5. A hitelintézeteknek a veszteségadatokat üzletágaknak és veszteségkategóriáknak kell megfeleltetnie.
6. A belső adatok gyűjtésének alsó határértékét az intézménynek meg kell határoznia.
7. A hitelintézet modelljébe beépíthet és így alkalmazhat a veszteségadatok között korrelációs feltételezéseket⁷.

Tanulmányunkat két részre osztottuk: jelen írásunkban a historikus adatokból kiinduló, LDA-alapú tőkeképzés alapjait mutatjuk be, míg a soron következő számok egyikében tervezett második rész egy LDA-ra épített kockázati önértékelést (Control and Risk Self

4 A szabályozás egyik jellemvonása, hogy a szofisztikáltabb módszereket alkalmazó intézményeket kevésbé büntetik magas tőkekövetelménnyel. Emögött az a logika húzódik meg, hogy minél komplexebb módszert választunk, annál pontosabb képet kapunk az intézmény működési kockázatairól.

5 A fejlett mérési módszer bevezetésekor elegendő 3 évnyi adattal rendelkeznie a hitelintézetnek.

6 Átfogóaknak kell a belső veszteségadatoknak lenniük abban az értelemben, hogy meg kell ragadniuk a vonatkozó alrendszerek és földrajzi régiók összes főbb tevékenységét és kitétségeit. A hitelintézeteknek bizonyítaniuk kell, hogy a kizárt tevékenységek vagy kitétségek sem egyénenként, sem együttesen nem befolyásolják lényegesen az átfogó kockázati becsléseket.

7 Amennyiben tudja igazolni, hogy a korreláció mérésére alkalmazott módszerei megbízhatóak (azaz mennyiségi és minőségi módszerekkel alá vannak támasztva), továbbá azt, hogy figyelembe veszi a korrelációs becslések ismert hiányosságaiból adódó hibákat (200/2007 [VII. 30.] Korm. r.).

Assessment – CRSA) tár fel. Ez utóbbi foglalja magában az üzleti környezet változását és a forgatókönyv-elemzést.

Jelen írásunk célja, hogy bemutassuk az LDA alapjait, annak implementálhatóságát a működési kockázatkezelésben, illetve példák és szimulációk segítségével azt, hogy az egyes szabályozói előírásoknak és modellspecifikációs lépéseknek milyen következménye van egy LDA-alapú modellben. Ennek megfelelően, először ismertetjük a szükséges fogalmakat, definíciókat, legfőképpen azt, hogy milyen modellt vesz alapul az LDA, és ennek alapján mit tekinthetünk tőkekövetelménynek. Ezután tárgyaljuk a tőkekövetelmény becslésének kérdését, majd a becsléshez használt eszközöket és döntési kérdéseket tekintjük át részletesebben. Az utolsó részben számos példát és szimulációt is bemutatunk a fontosabb statisztikai és alkalmazási problémák, modellszelekciós kérdések szemléltetésére. Végül következtetésekkel zárjuk írásunkat.

1. A TŐKEKÖVETELMÉNY LDA ESETÉN

A pénzügyintézetben az operációs kockázat számításához először részekre kell osztani az operációs kockázathoz tartozó tevékenységek és folyamatok egészét. Ezeket a részeket elsősorban a szabályozó által ajánlott *veszteségkategóriák* szerint – 7 kategóriát szokás kialakítani⁸ – és *üzletágak* szerint – 8 üzletágot szokás elkülöníteni⁹ – alakítják ki. Ezen két szempont szerint tehát létrejön egy 7 x 8-as méretű mátrix, nevezzük ezt az *operációs kockázatok mátrixának*, amely a feltüntetett szempontok szerint egy csoportosítást adja a működési kockázati eseményeknek. Ennélfogva akár 56 különböző csoportot is kialakíthatunk, de a valóságban nem feltétlenül tanácsos egy ilyen részletes bontás, mert annak számos hátránya van, amelyeket a későbbiekben tárgyalunk. Ezért azt javasoljuk, hogy célszerű összevonni egyes elemeit ennek az 56 elemű mátrixnak, s így létrehozni néhány nagyobb csoportot. A továbbiakban ezeket a csoportokat az operációs kockázat *osztályainak* fogjuk nevezni. Ezek, ahogy a működési kockázatok mátrixának 56 csoportja, valóban egy osztályozást adják a lehetséges eseményeknek (veszteségeknek): azaz minden operációs kockázat szempontjából felmerülő esemény beletartozik valamelyik osztályba, ugyanakkor átfedések nincsenek az osztályok között. Nem foglalkozunk viszont ebben az írásban azzal a problémával, hogy egy esemény több osztályt is érinthet (pl. több üzletág együttes hibájának a következménye a veszteség), és ennek következtében az intézmény a veszteséget megosztaná az érintett osztályok között. A továbbiakban jelölje M a létrehozott osztályok számát. A későbbiekben részletesebben visszatérünk arra a problémára, hogy milyen elvek szerint érdemes kialakítani az osztályokat az operációs kockázat mátrixának elemeinél, az összevonásokat elvégezve.

A továbbiakban az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy adott egy operációs kockázati osztály, s az operációs kockázatot (tőkekövetelményt) erre az osztályra kívánjuk

8 Veszteségkategóriák: (a) belső csalás, (b) külső csalás, (c) munkáltatói gyakorlat és munkabiztonság, (d) ügyfél, üzleti gyakorlat, marketing- és termékpolitika, (e) tárgyi eszközökben bekövetkező károk, (f) tevékenységbeli zavar vagy rendszerhiba, (g) végrehajtás, teljesítés és folyamatkezelés.

9 Üzleti kategóriák: (a) vállalati pénzügyek, (b) kereskedés és értékesítés, (c) lakossági közvetítői tevékenység, (d) kereskedelmi banki tevékenység, (e) lakossági banki tevékenység, (f) fizetési és elszámolási tevékenység, (g) a pénzügyi szolgáltatás közvetítése (ügynöki) tevékenység, (h) vagyonkezelési tevékenység.

meghatározni. Továbbá feltételezzük, hogy rögzített egy időintervallum (tipikusan 1 év), amelyre meghatározzuk a tőkekövetelményt.

Az LDA módszertana szerint a következőt feltételezzük az operációs veszteségekről. Jelölje a vizsgált időszakban az adott kockázati osztályban bekövetkező i -edik eseményhez tartozó (egyedi) *veszteség* értékét (ahol i pozitív egész)! Az egyszerűség kedvéért a későbbiekben azonban azt feltételezzük, hogy egy eseményhez csak egy veszteség tartozik. Ez nem jelent megszorítást, csupán lehetővé teszi, hogy az esemény és veszteség szavakat szinonimaként használjuk. Ezeket egyedi veszteségeknek is fogjuk a későbbiekben nevezni, hangsúlyozva a teljes veszteségtől való különbözőést. Ekkor X_i egy nemnegatív értékű valószínűségi változó. Feltételezzük, hogy X_1, X_2, X_3, \dots függetlenek és azonos eloszlásúak. Ezek nem túlzottan szűkítő feltételezések, hiszen ezek értelmében a vizsgált időszakban bekövetkező veszteségek egymástól függetlenek, és azok azonos eloszlását azért indokolt feltételeznünk, mert ugyanazon rögzített veszteségkategória és üzletág veszteségei, tehát azonos típusúak. Az adatgyűjtéshez és a modellezéshez fontos a veszteségek (események) pontos definiálása és besorolása. Ez különösen lényeges a több veszteségkategóriát vagy üzletágot is érintő eseményeknél, ahol a belső szabályozásnak egyben hatása lehet a tőkekövetelményre, az aggregációs kérdésekre, amelyekre később még utalunk. Jegyezzük meg azt is, hogy egyes események akár negatív veszteséggel is járhatnak, amelyet jelen írásban nem veszünk figyelembe¹⁰.

Jelölje továbbá η az adott időszakban az adott kockázati osztályban bekövetkező veszteségek számát. Ennélfogva η is egy valószínűségi változó – hiszen nem ismerjük előre a veszteségek számát –, amely nemnegatív egész értékeket vehet fel. A továbbiakban η -t egyszerűen *gyakoriságnak* fogjuk nevezni, η eloszlását pedig gyakoriságeloszlásnak. Felteesszük, hogy az X_i változók az η változótól is függetlenek. Jelölje végül S az adott időszakban az adott kockázati osztályban bekövetkezett *összes (vagy teljes) veszteség* értékét. Nyilvánvalóan

$$S = \sum_{i=1}^{\eta} X_i .$$

Ahogy hangsúlyoztuk, a fentiekben leírt modell nem a pénzügyi teljes operációs kockázatára, hanem csak egy rögzített (veszteségkategóriák és üzletágak alapján kialakított) osztály kockázatára és az ahhoz tartozó tőkekövetelmény meghatározására vonatkozik.

A teljes veszteség itt ismertetett modellje a valószínűség-számításban és statisztikában jártas olvasók előtt közismert modellt és megközelítést mutat. A későbbiekben részletesen tárgyaljuk, hogy milyen eloszláscsaládokat ajánlatos használni a veszteségek és a gyakoriság esetén. Ha specifikusan η eloszlása Poisson, akkor S eloszlása nem más, mint az ún. *összetett Poisson-eloszlás*, amelyet a pénzügyi és a biztosítási matematikában is számos helyen alkalmaznak. Általánosan pedig S eloszlását a továbbiakban *összetett eloszlásnak*

¹⁰ Am megjegyezzük, hogy ilyen módon is bővíthetjük a jelen írásban leírt modelleket (például alkalmas feltevésekkel a feltételes veszteségeloszlásokról). Itt említhető az a rokon probléma is, hogy a szabályzó a belső adatokra vonatkozóan veszteségküszöb használatát is lehetővé teszi. Továbbá fontos, hogy az adatbázisból csak azok a veszteségadatok hagyhatók ki, amelyek bizonyíthatóan nem befolyásolják jelentősen sem egyedileg, sem pedig összességében a teljes kockázatot (Validációs kézikönyv, Pénzügyi Szervezetek Állami Felügyelete [2006]).

fogjuk nevezni az egyszerűség kedvéért. Érdemes hangsúlyozni a definícióban a függetlenség feltételét, amely nemcsak az egyedi veszteségekre vonatkozik, hanem azoknak a gyakoriságot leíró változótól való viszonyára is.

A szakirodalomban számos tulajdonság, elméleti eredmény ismert az összetett (Poisson-) eloszlásokról. Nem célunk ezen írásban az elméleti eredmények összefoglalása, ám a későbbi részekben megemlítjük a szóban forgó eloszlások néhány számunkra szükséges, fontosabb tulajdonságát.

A továbbiakban egy Y valószínűségi változó eloszlásfüggvényét F_y fogja jelölni, azaz $F_y(x) = P(S < x)$, ahol $x \in R$, továbbá R a valós számok halmaza.

Az összes veszteséghez tartozó *tőkekövetelmény-hozzájárulás* alatt annak egy adott biztonsági szinthez tartozó *kockázatotott értékét* (Value at Risk – VaR) tekintjük. Ezt a tőkekövetelmény-hozzájárulást a későbbiekben az egyszerűség kedvéért tőkekövetelménynek fogjuk nevezni.

Azaz, legyen $0 < \alpha < 1$, és tekintsük az $1 - \alpha$ biztonsági szinthez tartozó VaR-értéket, amely megadja az LDA alapján az adott kockázati osztályhoz tartozó tőkekövetelményt. Itt eltekintünk attól, hogy a szabályozó lehetőséget ad arra, hogy bizonyos esetekben tőkekövetelmény alatt a várható értékkel csökkentett kockázatotott értéket értsük. A VaR pedig nem más, mint egy $1 - \alpha$ rendű *kvantilis*: megmutatja azt az összeget, amelynél nagyobb teljes veszteség bekövetkezésének valószínűsége α , azaz $1 - \alpha$ biztonsággal mondhatjuk, hogy a vizsgált időszakban a teljes veszteség nem fogja meghaladni a VaR által megadott értéket. A fentiek alapján a következő módon adhatjuk meg a VaR precíz definícióját:

$$VaR_{1-\alpha}(S) = \sup\{x \in R \mid F_S(x) = P(S < x) < 1 - \alpha\}.$$

Ebben az esetben tehát az alsó kvantilis adja a VaR értékét, ezért $VaR_{1-\alpha}$ -t az $1 - \alpha$ rendű alsó VaR-nak szokás nevezni. Természetesen hasonlóan definiálható a felső VaR fogalma is a megfelelő felső kvantilis segítségével:

$$VaR^{1-\alpha}(S) = \inf\{x \in R \mid F_S(x) = P(S < x) > 1 - \alpha\}.$$

Az alsó és felső kvantilis nem szükségképpen esik egybe¹¹. Abszolút folytonos eloszlásoknál azonos értéket ad adott szint mellett, hiszen ekkor egyszerűen legyen q az az érték, amelyre

$$F_S(q) = 1 - \alpha$$

teljesül, hiszen ekkor nyilvánvalóan

$$VaR_{1-\alpha}(S) = VaR^{1-\alpha}(S) = q.$$

Közismert, hogy a két érték különbözhet, például diszkrét eloszlások esetén bizonyos szinteken. (A precizitás kedvéért jegyezzük meg azt is, hogy bizonyos esetekben az sem teljesül, hogy pontosan α és $1 - \alpha$ a $VaR_{1-\alpha}$ -nál vagy a $VaR^{1-\alpha}$ -nál nagyobb, illetve kisebb

¹¹ Már egy egyszerű (akár kétértékű) diszkrét valószínűségi változónál is előfordulhat ilyen eset, hiszen az eloszlásfüggvénye lépcsős, ám az összetett veszteségek esetén ennek jelentősége nem igazán nagy egy megfelelően „gazdag” modell esetén. Ezen problémakört példákkal együtt tárgyalja GÁLL és PAP [2005].

veszteségek valószínűsége.) A VaR ezen tulajdonságaival ebben az írásban nem foglalkozunk részletesen, hiszen a későbbiekben tárgyalandó példák és problémák szempontjából nem lényeges. (Az érdeklődő olvasónak ajánljuk Gáll és Pap [2006] jegyzetét, ahol az említett kérdéseket részletesen vizsgáltuk.) Megjegyezzük, hogy az alsó és felső VaR mellett más VaR-fogalmakat is szokásos definiálni (például a fenti VaR-fogalmak bizonyos átlagát véve), de ennek írásunk szempontjából nincs jelentősége.

A továbbiakban a fentiekben leírt módon meghatározott tőkekövetelményt operációs kockázatnak fogjuk nevezni az egyszerűség kedvéért. Működési kockázatok esetén a szóban forgó értékre a VaR elnevezés helyett szokásos a *Capital at Risk* elnevezés is, amelyet talán *kockázatott tőkének* nevezhetnénk.

A bázeli ajánlások szerint (Basel Committee on Banking Supervision [2001]) az összes kialakított osztály tőkekövetelményének összegeként adódik a pénzüintézet operációs kockázatára vonatkozó teljes tőkekövetelménye. Tehát ha adott M osztály, amelyek teljes vesztesége az adott időszakban rendre $S^{(j)}$, ahol $j=1, 2, \dots, M$, és az ezekhez tartozó tőkekövetelmények értéke rendre

$$T^{(j)} = VaR_{1-\alpha}(S^{(j)}),$$

akkor az LDA alapján a pénzüintézet adott időszakhoz tartozó operációs kockázatokra meghatározott *teljes tőkekövetelménye*¹²

$$T = \sum_{j=1}^M T^{(j)}.$$

Jegyezzük meg azt is, hogy egyes esetekben a szabályozó lehetőséget ad arra is (bizonyos feltételek teljesülése mellett¹³), hogy a hitelintézet által képzett tőke csupán az ún. *nem várt veszteségekre* nyújtson fedezetet, ebben az esetben a következő összefüggés érvényes:

$$T^{(j)} = VaR_{1-\alpha}(S^{(j)}) - ES^{(j)},$$

ahol E a várható értéket jelöli.

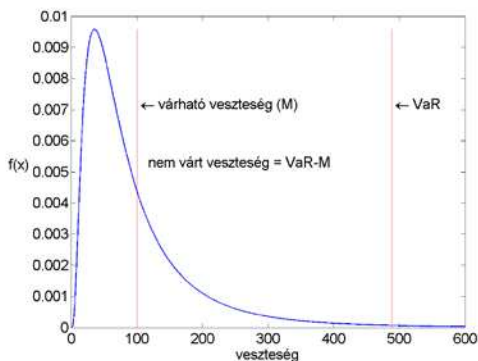
Az 1. ábra egy lognormális eloszláson szemlélteti a VaR, az elvárt veszteség (várható veszteség) és a nem várt veszteség viszonyát a sűrűségfüggvénye mellett. A 2. ábra ugyanezen mennyiségek viszonyát mutatja egy összetett eloszlás, azaz a teljes veszteségek esetén.

12 FRACHOT, RONCALLI és SALOMON [2004] megmutatta, hogy valójában a tőkekövetelmények ilyen összegzése akkor indokolt elméletileg, ha a különböző kockázatokból származó veszteségek egyfajta teljes függősége („tökéletes korrelációja”) fennáll. Ez nem életszerű helyzetet tükröz, ugyanakkor az intézmények ettől csak akkor térhetnek el, ha a korreláció mérésére alkalmazott módszereit a felügyeleti szerv jóváhagyja. A veszteségek közötti függőségek kérdésével ezen tanulmány nem foglalkozik, az érdeklődő olvasónak ajánljuk a fent hivatkozott tanulmányt.

13 A várt (várható) veszteséget nem kell a tőkeképzés során figyelembe vennie az intézménynek, amennyiben bizonyítja a felügyeletnek, hogy szabályzatában meghatározta a várható veszteségek mérséklésére vonatkozó eljárásokat, azaz belső üzletviteli eljárásaiban azokat más módon (pl. céltartalékképzésben, termékei árazásakor) már figyelembe veszi.

1. ábra

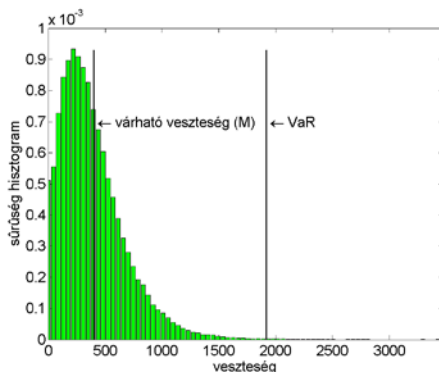
Várható veszteség, kockázatosított érték és a nem várt veszteség mint statisztikai jellemzők illusztrálása a lognormális eloszláson ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$)



Természetesen adódik az a kérdés, hogy milyen α érték mellett érdemes a VaR-t számolni, és így a tőkekövetelményt meghatározni. A magyar szabályozás $\alpha=0,001$ mellett írja elő a VaR meghatározását egyéves időszak során bekövetkező működési kockázati veszteségekre vonatkozóan (200/2007. [VII. 30.] Korm. r.), azaz 99,9 százalékos biztonság mellett kell majd meghatározni a tőkekövetelményt operációs kockázatok esetén az AMA- (így az LDA-) módszertant választóknak. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy ezt az egyetlen értéket tanácsos meghatározni. A VaR napjainkban a leggyakrabban használatos kockázati mérték a modern pénzügyben. Annak meghatározása különböző α értékek esetén fontos információt ad a vállalt kockázatokról, ezért érdemes néhány VaR-értéket meghatározni különböző biztonsági szinteken még akkor is, ha azokat a készülő szabályozás nem követeli meg, hiszen a veszteségek eloszlásának tulajdonságai, különösképpen a fark (szél) viselkedése (nagy veszteségek) jól tükröződik a különböző VaR-értékekben.

2. ábra

A várható veszteség és a kockázatosított érték mint statisztikai jellemzők illusztrálása Poisson ($\lambda=4$) – lognormális ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$) (P-L) összetett eloszláson



Fontos megjegyeznünk azt is, hogy portfóliók, pénzügyi eszközök esetén nem a VaR az egyetlen kockázati mérték (mutató), amelyet lehet vagy ajánlatos használni. Sőt, a szakirodalomban számos publikációt találhatunk arról, hogy az egyes mutatóknak milyen előnyös és hátrányos tulajdonságai vannak. A Value at Risk esetén a legfontosabb kritika az, hogy nem teljesíti a szubaditivitás tulajdonságát¹⁴. Így a VaR nem lesz koherens kockázati mérték. Jelen írásban nem célunk a kockázati mértékeknek és a VaR tulajdonságainak részletes tárgyalása, az érdeklődő olvasó többet tudhat meg ezen kérdéskörrel többek között *Acerbi* [2004], *Delbaen* [2000], valamint Gáll és Pap [2005] munkáiban, de itt említhetnénk számos más szakirodalmi forrást is.

2. AZ OPERÁCIÓS KOCKÁZAT BECSLÉSE

Az előző részben megismerkedtünk azzal, hogy LDA esetén milyen mutatóval érdemes az operációs kockázatot jellemezni, és így magát a tőkekövetelményt megadni. Amint láttuk, annak megadása feltételezi a veszteségeloszlás és a gyakoriságeloszlás ismeretét. Azok együttesen már meghatározzák a teljes veszteség eloszlását, amely pedig nyilvánvalóan meghatározza a kérdéses VaR-értékeket is. A gyakorlatban természetesen nem ismertek az említett (elméleti) eloszlások, így a VaR-értékeket valamilyen statisztikai módszerrel kell becsülni. A VaR becslése egyszerű feladatnak tűnik, hiszen egy kvantilis becsléséről van szó, ám számos statisztikai kérdés felvetődik a becslés módszerének megválasztása és a becslés során is. Cikkünk további részében ezeket a kérdéseket kívánjuk áttekinteni.

Mivel egy kvantilis becslése a feladatunk, így természetesen adódik egy közvetlen módszer, nevezetesen tekintsük a kvantilisnak a statisztikában jól ismert becslését, úgy is

¹⁴ Szubaditivának nevezünk egy kockázati mértéket, ha két portfólió esetén a portfóliókra külön-külön számolt kockázati mértékek – azaz kockázatok – összegénél nem lehet nagyobb a két portfólió egyesítésével létrehozott portfólió kockázati mértéke, azaz kockázata.

mondhatnánk, hogy az empirikus kvantilist. (Itt most nem térünk ki arra, hogy mi a precíz definíciója a szakirodalomban ismert becsléseknek, s melyek a becslések statisztikai tulajdonságai, különös tekintettel a különböző kvantilisfogalmak okozta apróbb különbségekre.) Ezt nevezhetjük egy nemparaméteres módszernek is, hiszen valójában nem feltételeznék az eloszlások és azok paramétereinek ismeretét, becslését. Ehhez mindössze a teljes veszteségeket tartalmazó minta kellene minél több megfigyelt időszakra, azaz minél nagyobb mintaelemszámmal.

Azonban ez működési kockázatok esetén nyilván nem járható út, hiszen a teljes veszteségadatok száma, azaz a megfigyelt időszakok száma nagyon kevés a magyar pénzügyi életknél, általában néhány év. Ehhez jegyezzük meg, hogy egyáltalán az operációs kockázatok számításához szükséges adatbázisok következetes kialakítása a legtöbb pénzügyi életnél néhány, esetenként mindössze 2-3 évre nyúlik vissza. De ha el is játszunk egy pillanatra a gondolattal – mi lenne, ha egy sok megfigyelt évet (időszakot) tartalmazó mintánk lenne, esetleg több évtizednyi minta –, akkor is láthatnánk, hogy ez a közvetlen kvantilisbecslés statisztikailag nem igazán adna megbízható eredményt. Itt két fontos dologra hívjuk fel az olvasó figyelmét. Az egyik probléma, hogy több év adatainak használata során egyáltalán nem lehetünk biztosak abban, hogy a teljes veszteséget leíró eloszlások nem módosultak, így a minta azonos eloszlású volta csorbul, ami számos problémát vetne fel. Másrészt jegyezzük meg, hogy jellemzően 99,9%-os biztonsági szinthez, tehát igen magas szinthez akarunk VaR-t becsülni, amelynél nem engedhetjük meg azt, hogy csak a teljes veszteségeloszlásokat tartalmazó mintát használjuk, elveszítve ezzel rengeteg információt az egyedi veszteségek és a gyakoriság eloszlásáról. Másképpen úgy is megfogalmazhatjuk ezt a problémát, hogy az intézmény rendelkezésére álló minta (teljes veszteségadatok száma) időszakonként (évente) csupán egy elemmel bővül, így több évtizednyi adatgyűjtés után is egy csupán néhány tucatnyi elemet tartalmazó mintából kellene meghatározni egy nagyon magas konfidenciaszinthez tartozó empirikus kvantilist.

A tőkekövetelmény becsléséhez így a szakirodalom inkább egy paraméteres, közvetett utat javasol. Ennek lényege az, hogy a teljes veszteségeket felépítő, egyedi veszteségek eloszlását és a gyakoriság eloszlását próbáljuk meghatározni. Ez esetben adott eloszláscsaládok paramétereinek becslését kell elvégeznünk, majd abból következtetni a teljes veszteség eloszlására és annak kvantilisaira.

Először összefoglaljuk röviden, hogy milyen feladatokat kell elvégeznünk, ha körültekintően akarjuk elvégezni a tőkekövetelmény kiszámítását a felvázolt paraméteres megközelítés esetén. A szükséges lépések az alábbiak:

- A minta létrehozása a megfelelő szűrési feltételek meghatározásával (időszak, veszteség kategóriák és üzletágak alapján az osztályok rögzítése).
- Az egyedi veszteségekhez használt eloszláscsaládok kiválasztása.
- A gyakorisághoz használt eloszláscsaládok rögzítése.
- A legjobban illeszkedő eloszláscsalád kiválasztása a vizsgált (veszteség-) osztály esetén megfelelő statisztikai módszerekkel (modellselektció).
- A veszteségek és a gyakoriság eloszlásai esetén a szükséges paraméterek becslése és a kialakított modell illeszkedésének vizsgálata.
- Esetleges korrekciós tényezők, módosító hatások figyelembe vétele (pl. infláció, növekedés, korlátok, szűrt adatok).

- A teljes veszteség eloszlásának, jellemzőinek, mutatóinak (pl. momentumok) meghatározása, illetve becslése, különös tekintettel a szükséges kvantilis (azaz VaR) meghatározására vagy becslésére.
- Külső adatbázisok használatának megfontolása, és a becslési módszerek korrekciója ilyen esetekre.

A felvázolt feladatok nem jelentenek sorrendet, sőt, egyes problémákat – mint például a paraméterek becslése és modellszelekció – gyakran egyszerre tudjuk kezelni. A fenti felsorolás sokkal inkább azt emeli ki: melyek azok a fontos lépések és szempontok, amelyeket a munkánk során mérlegelnünk kell, hogy egy megbízható, az ellenőrző szervek számára is elfogadható belső módszertant dolgozzunk ki egy adott pénzügyi intézet működési kockázatainak modellezésére és a szükséges tőkekövetelmény meghatározására.

A következő részben a felsorolt lépések végrehajtásához szükséges (javasolt) módszereket, eljárásokat tekintjük át röviden. Nem célunk az egyes módszerek részletes elméleti bemutatása, hiszen azok közismertek a statisztika irodalmában. Célunk viszont egyrészt a szakirodalomban javasolt és alkalmazott módszerek áttekintése és azok alkalmazási kérdéseinek tisztázása, másrészt egyes kérdések kiemélése, amelyekről úgy gondoljuk, hogy a tárgyalt operációs kockázati problémák specifikumaiból adódóan fontosabbak lehetnek, mint más alkalmazásoknál. Ezek után pedig bemutatunk néhány példát és szimulációt is azazal a céllal, hogy egyes, általunk fontosnak tartott, empirikus vagy numerikus problémákra és a modellválasztás fontosságára felhívjuk a figyelmet.

2.1. A becsléshez, illesztéshez használt módszerek áttekintése, alkalmazási problémák

2.1.1. A mintáról

Először röviden kitérünk a mintanagyság problémájára. Ezt a kérdést részben már az előzők során érintettük, hangsúlyozva, hogy általában néhány év adatai állnak egy pénzügyi intézet rendelkezésére (és esetenként azok sem teljes körűen). Egy adott veszteségkategóriában pedig évente néhány tucat megfigyelés már átlagon felüli egy magyar pénzügyi intézetnél (a pénzügyi intézet mérete miatt), így egy adott veszteségkategórián belül egy-egy üzletágban már csak néhány adat van évente, sőt, egyes esetekben akár az is előfordulhat, hogy egyetlen adat sincs.

Ennélfogva különösen megfontolandó, hogy milyen egységekre számolunk külön tőkekövetelményt. Akár az operációs kockázat mátrixának mind az 56 elemére – azaz üzletág-veszteségkategória kombinációjára – számolhatnánk tőkekövetelményt, majd azok összegeként a teljes tőkekövetelmény adódna. Azonban a minták rendkívül alacsony mérete miatt statisztikai szempontból ajánlott összevonásokat alkalmazni, és így az 56-nál lényegesen kevesebb kockázati osztályt létrehozni. Például összevonhatunk üzletágak vagy veszteségkategóriák mentén. Azt is meg kell azonban gondolnunk, hogy az összevonások után még reálisnak tartjuk-e a teljes eloszlásra felírt összetett modellt, amelyben például feltételeztük az egyedi veszteségek eloszlásának azonosságát egy adott osztályon belül. Így talán ajánlatosabb a veszteségkategóriákat nem összevonni, vagy csak bizonyos kategóriákat összevonni, míg talán üzletáganként indokoltabb lehet az összevonás. A gyakorlatban is tipikusan használt, kézenfekvő megoldás az üzletágak összevonása, azaz csak a veszteségkategóriák szerinti bontás alkalmazása.

Fontos megemlítenünk, hogy itt nem adhatunk egy általános ajánlást. Csak az adott pénzügyi intézet saját mintáját, korábbi évek tapasztalatát és az adatokon végzett statisztikai vizsgálatokat figyelembe véve érdemes és lehet kialakítani egy belső rendszert az összevonásokra. Hiszen például a termékínálat, az ügyfélkör sajátosságai lényegesen befolyásolhatják az egyes kategóriákba eső adatok számát és jellegét (eloszlását). Továbbá fontos azt is hangsúlyoznunk, hogy a szabályzónak is el kell fogadnia a kialakított belső modellt.

2.2. Gyakran alkalmazott eloszlások és illesztésük

Az egyedi veszteségekről már megállapítottuk, hogy azokat nemnegatív értékű valószínűségi változóval írhatjuk le. Ennélfogva természetesen adódik, hogy nemnegatív értékű eloszláscsaládokat használjunk. További korlátozást általánosan ugyan nem tehetünk, azonban kiemelhetjük azoknak a nevezetes eloszlásoknak a körét, amelyeket a szakirodalomban is gyakorta ajánlanak. Ezeket tartalmazza az 1. táblázat. A táblázatbeli eloszlások használatának egyik alapvető oka – amellet, hogy ezek a valószínűség-számításban számos helyen használt nevezetes nemnegatív eloszlások – az, hogy korábbi pénzügyi és biztosítási területen szerzett tapasztalatok (statisztikai vizsgálatok) alapján ezek az eloszlások jól illeszkedtek egyes vizsgált veszteségtípusokra. Kiemelendő, hogy kevés paraméterrel rendelkeznek ezek az eloszlások, amely a kis mintaméretetek esetén fontos szempont a becslési megbízhatóság miatt. További alkalmas eloszlások találhatóak Panjer [2006], valamint Panjer és Willmot [1986] művekben.

1. táblázat

Leggyakoribb veszteségeloszlások

Eloszlás	Paraméterek	Sűrűségfüggvény
Exponenciális	$\lambda > 0$	$\lambda e^{-\lambda x}, x > 0$ 0, egyébként.
Lognormális	$\mu \in R, \sigma^2 > 0$	$\frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, x > 0$ 0, egyébként.
Pareto (európai)	$c, a > 0$	$\frac{a}{c} \left(\frac{c}{x}\right)^{a+1}, x > c$ 0, egyébként.

A gyakoriságeloszlások esetén a veszteségeloszlásoknál leírtakkal analóg módon mondhatjuk, hogy tekinthetünk tetszőleges nemnegatív egészértékű eloszlást. Ezek közül is első sorban a 2. táblázatban szereplő három eloszlás (Poisson-, binomiális és negatív binomiális) a leginkább javasolt. Ezeket akár tekinthetjük egy eloszláscsaládnak is, hiszen mindegyik

ún. $(a, b, 0)$ típusú eloszlás, amely azt jelenti, hogy léteznek olyan valós (a, b) paraméterek, hogy az η gyakoriság eloszlására teljesül az alábbi rekurzió:

$$P(\eta = n) = \left(a + \frac{b}{n} \right) P(\eta = n - 1) \quad ,$$

minden pozitív egész n esetén. Könnyen bizonyítható, hogy egy (nemnegatív egészértékű) diszkrét eloszlás pontosan akkor $(a, b, 0)$ típusú, ha az Poisson-, binomiális vagy negatív binomiális.

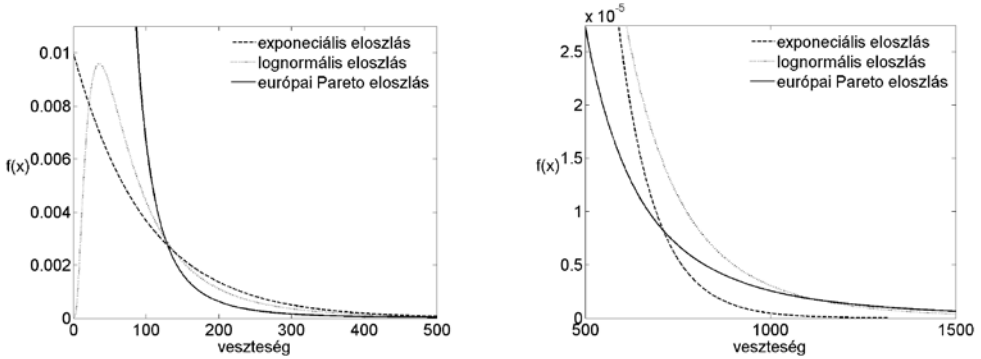
2. táblázat

$(a, b, 0)$ típusú eloszlások

Eloszlás	Para- méterek	$P(\eta=k)$	$E(\eta)$	$D^2(\eta)$	a, b értékek
Bino- miális	n : pozitív egész, $0 \leq p \leq 1$	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$ $k = 0, 1, \dots, n.$	np	$np(1-p)$	$a = -\frac{p}{1-p}$ $b = \frac{(n+1)p}{1-p}$
Poisson	$\lambda \geq 0$	$\frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$ $k = 0, 1, \dots$	λ	λ	$a = 0$ $b = \lambda$
Negatív binomiális	r : pozitív, $0 \leq q < 1$	$\frac{\Gamma(r+k)}{\Gamma(r)k!} (1-q)^r q^k$ $k = 0, 1, \dots$	$\frac{rq}{1-q}$	$\frac{rq}{(1-q)^2}$	$a = q$ $b = (r-1)q$

Működési kockázatok esetén különösen kicsi a gyakoriságokhoz tartozó minták elemszáma, hiszen egy-egy megfigyelt időszak csak egy újabb mintaelemet ad. Ennélfogva – bár matematikailag könnyen kezelhető lenne mindhárom említett eloszlás, sőt, ahogy később látni fogjuk, ezen eloszlások esetén jól használható rekurziós képlet is ismert az együttes eloszlás meghatározására – azt javasolhatjuk, hogy a mindössze egy paraméterrel rendelkező Poisson eloszlást érdemes csak használni operációs kockázatok esetén. (Cikkünkben csak Poisson-eloszlású gyakoriságokkal végzünk ezért mi is szimulációs vizsgálatokat.) Ugyancsak a kis mintaméret miatt az is szükséges lehet, hogy a pénzügyi belső szakértői (szubjektív) becslést használjon statisztikai módszerek (pontbecslés) helyett, ha a statisztikai becslések hibája elfogadhatatlanul nagyak bizonyul. Erre a kérdésre az utolsó rész példáiban még visszatérünk.

**Az exponenciális ($\lambda=0.01$), lognormális ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$)
és európai Pareto- ($\alpha=2,41$ $c=59$) eloszlások sűrűségfüggvénye**

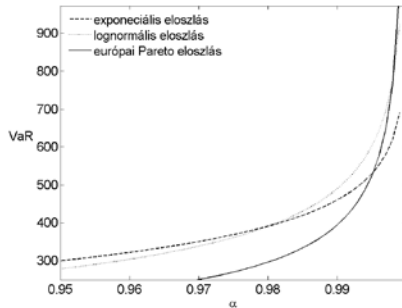


Megjegyzés: Az eloszlások várható értéke és szórása egyaránt 100.

Az eloszlások paramétereinek becslése, a legjobb eloszláscsalád kiválasztása, továbbá az illeszkedés jóságának vizsgálata is fontos feladat mind a veszteséeloszlások, mind a gyakoriságeloszlások esetén. A 3. ábrán jól látható, hogy lényegesen különböző a néhány kiemelt veszteségeloszlás sűrűségfüggvénye, különösen kiemelnénk a farkeloszlásoknak a 3. ábra jobb oldalán látható, eltérő jellegét. Ezért nagyon fontos megfelelő eloszláscsaládot választanunk, hiszen annak a tőkekövetelmény értékére is nagy a hatása, különösen a farkeloszlások eltérő jellege miatt. Ennek szemléltetésére tekintünk a 4. ábrára, ahol a VaR-értékeket a szóban forgó egyedi eloszlásokra mutatjuk be ugyanazon paraméterértékek mellett, mint amit a 3. ábrán használtunk, így jól látható az eltérő jellegű sűrűségfüggvény okozta különbség. Természetesen ezeknek a hatását a teljes eloszlás VaR-értékeire is bemutatjuk a későbbi szimulációs vizsgálatainkban, hiszen ezzel azt vizsgálhatjuk, hogy a rosszul választott eloszláscsalád milyen hibát okozhat a tőkekövetelményben. Hasonlóan a veszteségeloszlásokhoz, a korábban említett, három nevezetes gyakoriságeloszlás egy konkrét összehasonlítását (azonos várható érték választása mellett) is bemutatjuk az 5. ábrán. A paraméterbecsléshez, az eloszlások szelekciójához, az illeszkedés jóságának vizsgálatához természetesen a statisztikából jól ismert standard eljárásokat használhatjuk, például: hipotézisvizsgálatok illeszkedésre (l. χ^2 próba, Kolmogorov–Smirnov-próba, Anderson–Darling-próba), grafikus eszközök (pl. hisztogram, PP-plot, QQ-plot), pontbecslési módszerek (pl. momentumok módszere, maximum likelihood módszer, kvantilis módszer). Mivel ezen eljárások alkalmazása során nem vetődnek fel a működési kockázatra jellemző, specifikus problémák, így ezeket jelen írásban nem tárgyaljuk részletesen.

4. ábra

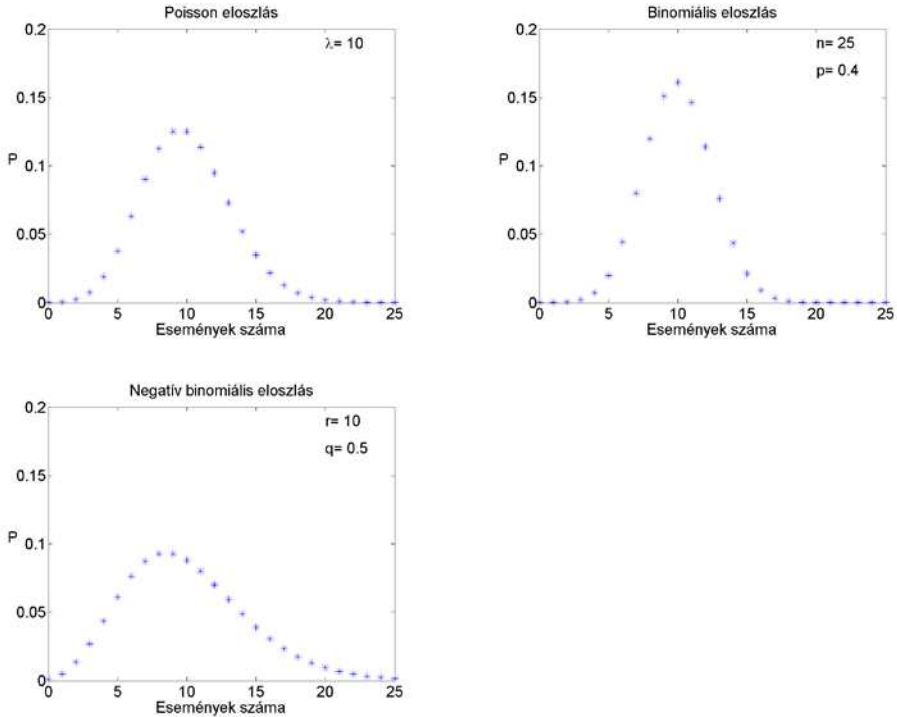
Az exponenciális ($\lambda=0.01$), lognormális ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$) és európai Pareto ($\alpha=2,41$ $c=59$) eloszlások kockázatotott értéke (VaR) a konfidenciaszint függvényében



Megjegyzés: Az eloszlások várható értéke és szórása egyaránt 100.

Fontos ismernünk az adott pénzüzet adatrögzítési gyakorlatát. Egyes intézetekben ugyanis csak egy adott szint fölötti veszteségek kerülnek be a működési kockázatok adatbázisába, így a felhasználható mintába. Ez esetben tehát egy szűrt mintánk van, a szűrési feltételt a megadott limit jelentette. Ekkor, ha körültekintően akarunk eljárni, akkor az egyedi veszteségeknél és gyakoriságoknál ezeket a szűrési feltételt figyelembe véve kell számolnunk a paraméterbecsléseinket (akár a momentumok módszerének alkalmazása esetén, akár maximum likelihood-becslés esetén). Ennek a korrekciónak a lehetséges módozatait és azok részleteit jelen írásban nem célunk tárgyalni. Az érdeklődő olvasónak javasoljuk *Klugman*, Panjer és Willmot [2004] és Panjer [2006] műveit.

**A Poisson ($\lambda=10$), binomiális ($n=25$, $p=0,4$)
és negatív binomiális ($r=10$, $q=0,5$) eloszlások szemléltetése**



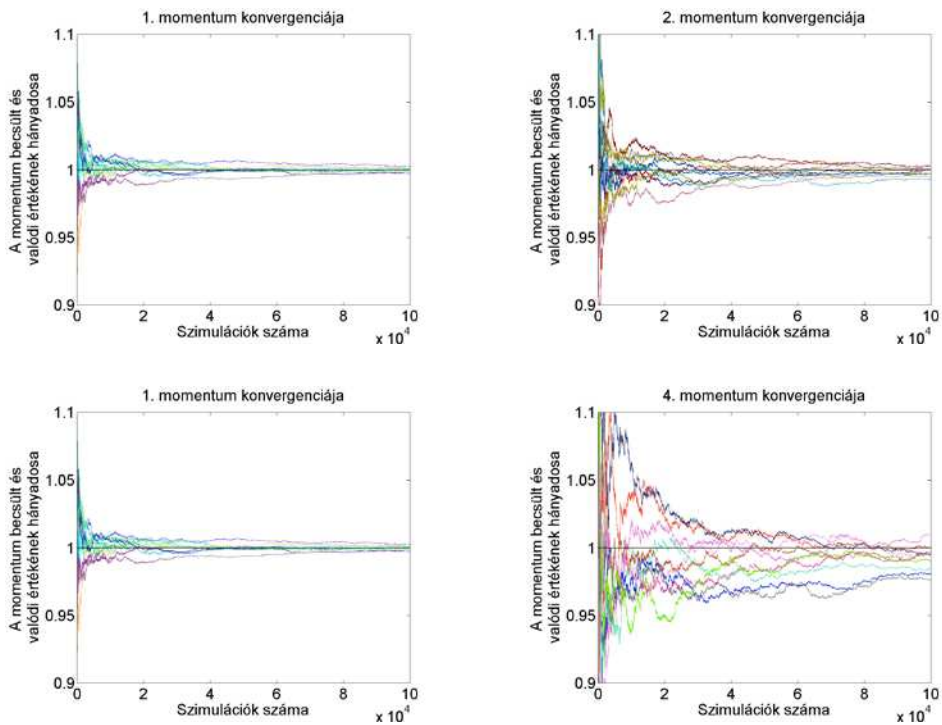
Megjegyzés: Az eloszlások várható értéke egyaránt 10.

2.3. Az összetett eloszlás és a tőkekövetelmény

A veszteség- és gyakoriságeloszlások ismeretében következő feladatunk a teljes eloszlás, illetve a teljes eloszlás kvantiliseinek meghatározása vagy becslése. Ehhez több módszer is rendelkezésünkre áll. A továbbiakban X egy olyan valószínűségi változót jelöl, amelynek eloszlása megegyezik az egyedi veszteségeloszlással. Emlékeztetül hangsúlyozzuk, hogy az egyedi veszteségek azonos eloszlásúak a feltételezésünk szerint egy adott veszteségosztályban.

6. ábra

Összetett Poisson ($\lambda=4$) eloszlás első négy momentumának konvergenciája



Megjegyzés: A veszteségeloszlás lognormális eloszlású ($\mu = 4,26$ $\sigma = 0,83$ paraméterekkel).

3. táblázat

A momentumok és a VaR jellemzőinek alakulása adott szimulációs szám mellett, Poisson ($\lambda=4$) – lognormális ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$) összetett eloszlás esetén

Összetett eloszlás meghatározásához használt szimulációk száma	1000	5000	10 000	50 000	100 000
M1 becült/igazi átlag	1,0009	0,9999	0,9997	1,0001	1,0000
M2 becült/igazi átlag	1,0031	1,0001	0,9997	0,9999	0,9998
M3 becült/igazi átlag	1,0096	1,0008	1,0002	0,9992	1,0000
M4 becült/igazi átlag	1,0305	1,0000	0,9996	0,9971	1,0060
M1 becült/igazi SE	0,0217	0,0098	0,0071	0,0030	0,0025
M2 becült/igazi SE	0,0504	0,0227	0,0168	0,0070	0,0058
M3 becült/igazi SE	0,1170	0,0517	0,0363	0,0158	0,0139
M4 becült/igazi SE	0,3596	0,1359	0,0862	0,0522	0,0663
VaR95 átlag	937	932	932	932	932
VaR99 átlag	1 313	1 311	1 310	1 309	1 309
VaR999 átlag	1 978	1 926	1 914	1 901	1 902
VaR95 SE	35	15	10	5	4
VaR99 SE	74	36	27	11	8
VaR999 SE	342	133	95	38	29
VaR95 max - VaR95 min	177	77	52	21	20
VaR99 max - VaR99 min	382	158	129	52	36
VaR999 max - VaR 999 min	1 854	584	510	185	151

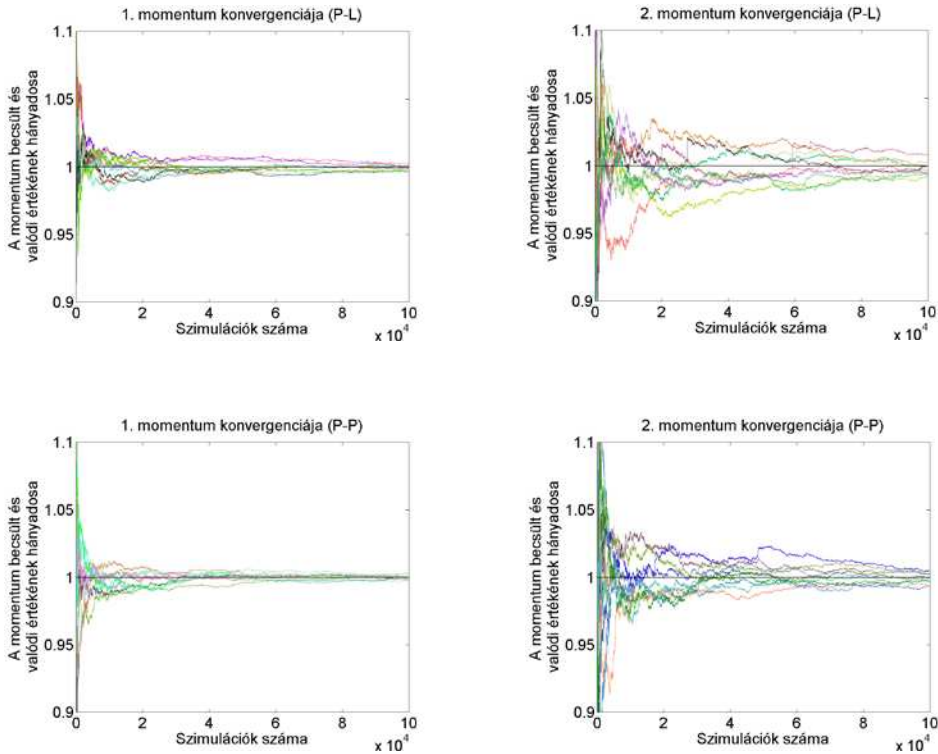
Megjegyzés: A VaR-becslést 100-szor végeztünk el, M1–M4 az összetett eloszlás első négy momentumát jelöli.

A leginkább kézenfekvő és leginkább javasolt módszer a felmerülő matematikai nehézségek miatt a Monte-Carlo-módszer, amelynek a segítségével közvetlenül adhatunk becslést adott biztonsági szint mellett a keresett kvantilisra, azaz a VaR-értékre. Ehhez mindössze egy nagyméretű (azaz nagy szimulációs számú) mintát kell generálnunk a teljes veszteségeloszlásra (nyilvánvalóan gyakoriságok és veszteségadatok generálásával), amelyhez elegendő ismernünk az egyedi veszteség- és gyakoriságeloszlásokat. Majd a generált mintából számíthatjuk ki a keresett kvantilist, amely a tőkekövetelményünk becslése lesz. Az eljárás használatakor kritikus a szimulációs szám nagysága. A 6. ábrán és a 3. táblázatban bemutatjuk, hogy a kis szimulációs szám (pl. néhány ezer) hatalmas becslési hibát eredményezhet. Lognormális egyedi veszteségeloszlást feltételezve, láthatjuk a 6. ábrán, hogy mennyire gyors (vagy éppen lassú) a teljes veszteségeloszlás tapasztalati momentumainak a konvergenciája, ahol a becült értékeket a valódi értékkel vett hányadosában mutatjuk be. A 3. táblázat pedig már a hányadosok szórását és a megfelelő VaR-becslések átlagát és szórását

(standard hibáját) is mutatja. Különösen kiemelendő, hogy a táblázatban a szimulációk alacsony száma esetén a VaR standard hibája igen magas lesz, annál magasabb természetesen, minél magasabb a biztonsági szint. Kiemelendő a szabályzó által megkövetelt 99,9% melletti rendkívül nagy standard hiba. Az MC-becslést minden szimulációs szám mellett 100-szor ismételtük meg. Egy összehasonlítást is végeztünk a konvergenciasebbségekben lognormális és Pareto-veszteségeloszlások esetén, amelyeknek azonos az első két momentumuma. Az eredményeket a 7. ábra és a 4–5. táblázatok tartalmazzák.

7. ábra

Poisson ($\lambda=4$) lognormális ($\mu=4,11$ $\sigma=1$) (P-L) és Poisson ($\lambda=4$) amerikai Pareto ($\alpha=4,9$ $\beta=390$) (P-P) összetett eloszlások első két momentumának konvergenciája



Megjegyzés: Mindkét veszteségeloszlás esetében a várható érték 100, míg a szórás 130. Az amerikai Pareto-

eloszlás eloszlásfüggvénye: $1 - \left(\frac{\beta}{\beta+x} \right)^\alpha$ ha $x > 0$, egyébként 0.

4. táblázat

**A momentumok és a VaR jellemzőinek alakulása adott szimulációs szám mellett,
Poisson ($\lambda=4$) – lognormális ($\mu=4,11$ $\sigma=1$) összetett eloszlás esetén**

Összetett eloszláshoz használt szimulációk száma	1000	5000	10 000	50 000	100 000
M1 becült/igazi átlag	0,9962	0,9987	0,9994	0,9996	0,9998
M2 becült/igazi átlag	0,9965	0,9949	0,9976	0,9995	1,0000
M1 becült/igazi SE	0,0252	0,0109	0,0073	0,0039	0,0026
M2 becült/igazi SE	0,0675	0,0302	0,0204	0,0103	0,0072
VaR95 átlag	1 006	1 009	1 009	1 010	1 010
VaR99 átlag	1 538	1 527	1 530	1 530	1 531
VaR999 átlag	2 680	2 464	2 490	2 504	2 506
VaR95 SE	41	18	13	5	4
VaR99 SE	112	44	28	16	11
VaR999 SE	624	250	161	78	53
VaR95 max - VaR95 min	184	97	70	25	18
VaR99 max - VaR99 min	518	226	144	84	52
VaR999 max - VaR 999 min	2 895	1 361	920	435	280

Megjegyzés: A VaR-becslést 100-szor végeztünk el, M1–M4 az összetett eloszlás első négy momentumát jelöli. A lognormális eloszlás várható értéke 100, szórása 130.

5. táblázat

A momentumok és a VaR jellemzőinek alakulása adott szimulációs szám mellett, Poisson ($\lambda=4$) – Pareto ($\alpha=4,9$ $\beta=390$) összetett eloszlás esetén

Összetett eloszlás meghatározásához használt szimulációk száma	1000	5000	10 000	50 000	100 000
M1 becslt/igazi átlag	0,9955	0,9998	0,9995	1,0006	1,0004
M2 becslt/igazi átlag	0,9860	0,9986	0,9996	1,0013	1,0006
M1 becslt/igazi SE	0,0241	0,0125	0,0082	0,0038	0,0027
M2 becslt/igazi SE	0,0528	0,0312	0,0212	0,0089	0,0066
VaR95 átlag	1 010	1 021	1 021	1 021	1 021
VaR99 átlag	1 484	1 499	1 502	1 504	1 503
VaR999 átlag	2 399	2 318	2 333	2 331	2 331
VaR95 SE	36	19	13	6	4
VaR99 SE	80	46	34	14	10
VaR999 SE	415	204	126	56	41
VaR95 max - VaR95 min	168	103	86	28	18
VaR99 max - VaR99 min	421	259	164	74	48
VaR999 max - VaR 999 min	2 223	1 224	645	279	207

Megjegyzés: A VaR-ábecslést 100-szor végeztünk el, M1–M4 az összetett eloszlás első négy momentumát jelöli. A Pareto eloszlás várható értéke 100, szórása 130.

Egy másik lehetőség a teljes eloszlás egzakt meghatározása (az „összetevők” ismeretében, s nem csak becslésükkel), majd abból a kvantilis kiszámolása. A teljes eloszlást azonban nem egyszerű meghatározni. Az egyik legismertebb eszköz ehhez a Panjer-rekurzió. Ha a gyakoriságeloszlásunk $(a, b, 0)$ típusú, és a veszteségeloszlásunk egész értékű(!), akkor Panjer [1981] bizonyította, hogy az S teljes veszteség eloszlására teljesül a következő rekurzív képlet:

$$P(S = n) = \sum_{y=1}^n \left(a + \frac{by}{n} \right) P(X = y) P(S = n - y) \quad , \text{ ahol } n=1, 2, \dots ,$$

és a rekurziót a $P(S = 0) = P(X = 0)$ kezdő lépéssel indíthatjuk, ahol X egy egyedi veszteséget jelöl. Speciálisan, λ paraméterű Poisson-gyakoriságeloszlás esetén $P(S = 0) = e^{-\lambda}$, továbbá

$$P(S = n) = \frac{\lambda}{n} \sum_{y=1}^n y P(X = y) P(S = n - y) \quad , \text{ ahol } n = 1, 2, \dots$$

Mivel a teljes veszteség eloszlását így egzakt módon számolhatjuk, ezért abból azonnal adódik tetszőleges kvantilis- (VaR-) értéke. A módszer alkalmazásának veszélye, hogy numerikus hibák léphetnek fel a rekurzió alkalmazása során (részletesebben tárgyalja ezt a kérdéskört Panjer és Willmot [1986]). Továbbá szemben a korábban javasolt folytonos veszteséeloszlásokkal, a rekurzió azt feltételezi, hogy a veszteséeloszlás is diszkrét. Ugyan Panjer és Willmot [1992] megmutatta, hogy egy f_x folytonos egyedi veszteséeloszláshoz tartozó sűrűségfüggvény esetén a teljes eloszlás f_s sűrűségfüggvénye kielégíti az

$$f_s(x) = P(\eta = 1) f_x(x) + \int_0^x \left(a + \frac{by}{x} \right) f_x(y) f_s(x - y) dy$$

Volterra-típusú integrálegyenletet, azonban a gyakorlatban ez nem a legegyszerűbben használható eszköz. Hiszen ennek az eredménynek a használata esetén meg kell oldani az integrálegyenletet, amely számos újabb numerikus kérdést vet fel, komoly szakértelmet igényel (szemben például a fent leírt egyszerű Monte-Carlo-közelítéssel). Ezért, ha mégis meg akarjuk határozni a teljes veszteséeloszlást, s nem csak a kvantilisra van szükségünk, akkor szerencsésebb a fenti integrálegyenlet helyett a Panjer-féle rekurziós képletet használni még folytonos eloszlások esetén is(!): ehhez azonban a folytonos veszteséeloszlás diszkrétizálása szükséges, hogy ennél fogva alkalmazható legyen a szóban forgó rekurziós képlet. A diszkrétizálást, azaz a folytonos eloszlás diszkrét eloszlással való közelítését (helyettesítését) több módon végezhetjük el, ennek tárgyalásától itt eltekintünk. Az érdeklődő olvasó Klugman, Panjer és Willmot [2004] könyvében találhatja meg a probléma részletes tárgyalását.

Az összetett eloszlás közelítésére egy további, szintén nem triviális mód vezet az eloszlás momentumgeneráló és karakterisztikus függvényének meghatározásán keresztül. Ehhez vegyük észre: egyszerűen levezethető, hogy a teljes eloszlás momentumgeneráló függvénye meghatározható a gyakoriság generátorfüggvénye és az egyedi veszteségek momentumgeneráló függvénye segítségével (amennyiben léteznek):

$$G_s(y) = g_\eta(G_x(y)) \quad , \quad y \in R \quad ,$$

ahol G_x és G_s az egyedi, illetve a teljes veszteség eloszlásainak momentumgeneráló függvényét jelöli, míg g_η a gyakoriságeloszlás generátorfüggvénye. Ugyanilyen összefüggés adódik karakterisztikus függvények esetére is. Utóbbi előnye, hogy mindig létezik. Ha a fenti módon meghatároztuk a teljes veszteség karakterisztikus függvényét, akkor például a gyors Fourier-transzformáció (Fast Fourier Transform – FFT) módszerét használhatjuk annak érdekében, hogy a karakterisztikus függvényből megkapjuk (becsüljük) a szóban forgó eloszlást (sűrűségfüggvényt). Azonban ez az eljárás is lényegesen több numerikus buktatót tartalmaz, mint az elsőként javasolt Monte-Carlo-módszer.

Végezetül hasznos megemlítenünk, hogy a teljes eloszlás egyes jellemzőinek a meghatározásához nem kell ismernünk a teljes veszteség eloszlását. A teljes veszteség momentumait például könnyen megadhatjuk az egyedi veszteségek és a gyakoriság momentumaival. Itt most az első kettő momentumra ismertetjük csak az összefüggéseket:

$$ES = EX \cdot E\eta,$$

$$D^2S = E\eta \cdot D^2X + D^2\eta \cdot (EX)^2,$$

ahol E és D^2 rendre várható értéket és varianciát (szórásnégyzetet) jelöl.

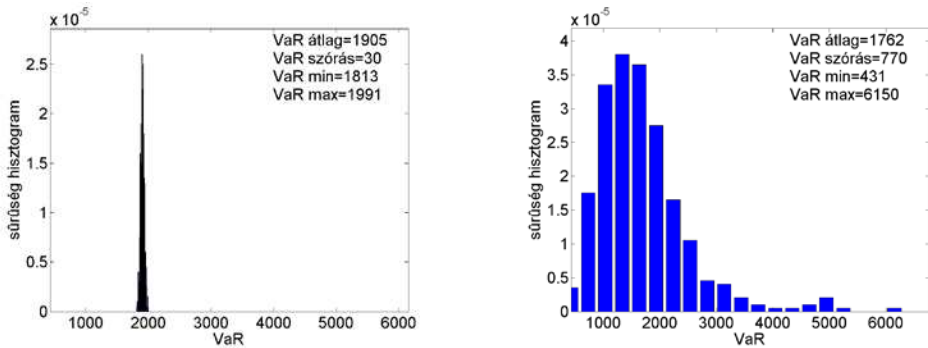
Az ebben a részben tárgyalt módszerek és általában a működési kockázat módszertanának részletes áttekintését tartalmazza Panjer (2006).

3. NÉHÁNY TOVÁBBI SZIMULÁCIÓS PÉLDA

Ebben a részben néhány újabb példát mutatunk be. Ezek közös eleme: azt kívánjuk vizsgálni, hogy egyes döntéseinknek és a modellépítés közben hozott döntési hibáknak milyen következményei lesznek a tőkekövetelmény becslésére. A vizsgálatokban a gyakoriság minden esetben Poisson-eloszlású.

Az első példában azt vizsgáljuk, hogy mi a következménye a kis mintán végzett becsléseknek. Ehhez lognormális egyedi veszteségeket tekintettünk. Feltételeztük, hogy az intézmény 5 éves időszorral rendelkezik, és átlagosan évi 4 eseménye van, amit Poisson ($\lambda = 4$) paraméterű eloszlással modelleztük. Ez lényegében megfelelhet egy olyan szituációnak, ahol a kockázati mátrix egy adott (üzletág-veszteségkategória) elemében külön számolunk (összevonás nélkül) működési kockázatot. A 8. ábra mutatja a kapott eredményeket. Az ábra bal oldalán a 99,9%-os konfidenciaszint melletti VaR-becslések hisztogramját mutatjuk be, annak feltételezése mellett, hogy ismerjük a fent említett pontos paramétereket és így az aggregált eloszlás VaR-értékeit Monte-Carlo-szimulációval becsültük, ahol a szimulációk száma 100 000, és a becsléseket 400-szor ismételtük meg. A jobb oldali ábra szintén a 99,9%-os konfidenciaszint melletti VaR-becslések hisztogramját mutatja, azonban ez esetben a 400 becslést úgy végeztük el, hogy minden esetben generáltunk egy 5 éves időszaknak megfelelő mintát, és először a paramétereket ebből a mintából becsültük vissza, majd azokkal elvégeztük a VaR Monte-Carlo-becslését, a szimulációs szám ismét 100 000 volt (becslésenként). Utóbbi esetben a Poisson-eloszlás paraméterét egy 5 elemű, míg a lognormális eloszlás paramétereit egy átlagosan $4 \times 5 = 20$ elemű mintából kellett megbecsülni. Összefoglalva tehát: míg a bal oldalon ismertük az eredeti paramétereket, s így a VaR-becslések hibái csak a Monte-Carlo-eljárásból adódnak, addig a jobb oldalon paraméterbecslési hiba és a Monte-Carlo hibája együttesen okozza a VaR-becslések hibáját. Az ábrákon látható jellemzőkből könnyen kiszámítható, hogy a becslési hiba következtében az eloszlás a becslési hibától mentes esethez képest egy százszor akkora intervallumon terül el. A Monte-Carlo-módszer szimulációs hibája tehát jelentéktelenné válik a becslési hibához képest.

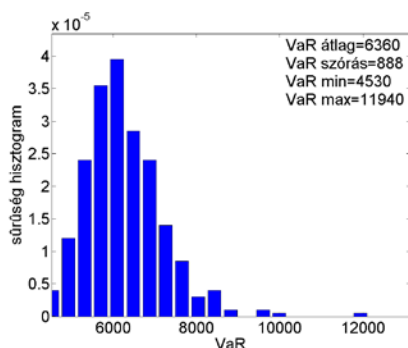
A VaR-beclsés paraméterbecslési hibák miatti hibája



Megjegyzés: A jobb oldalon paraméterek becslése nélkül a valós paraméterek ismeretében, bal oldalon azzal együtt, 5 éves idősr mellett, gyakoriságeloszlás Poisson ($\lambda=4$), veszteségeloszlás lognormális ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$). VaR becslések száma 400, minden VaR becslésnél a Monte-Carlo-szimulációk száma 100000.

Ez a (szándékosan szélsőséges) példa arra figyelmeztet, hogy ha túl kevés minta található egy létrehozott veszteségosztályban, akkor a gyakoriság- és veszteségeloszlások paramétereinek becslésében olyan nagy lesz a bizonytalanság, hogy azok lényegében használhatatlan VaR-becsléseket eredményezhetnek. Ha a pénzügyi intézetben a fentihez hasonló vizsgálatokat végeznek, akkor ezek segítségével könnyebben el lehet dönteni, hogy milyen nagy veszteségosztályokat érdemes létrehozni az összevonások segítségével. (Természetesen a mintanagyság ilyen módon való növelése csak szakmailag megalapozott összevonásokkal képzelhető el. Hiszen egyrészt fontos, hogy a létrejövő osztályok jól leírhatóak legyenek a használt modellekkel, az azokban szereplő eloszlásokkal, másrészt természetesen pénzügyi, működési szempontból sem elfogadható bármilyen „távoli” kategóriák összevonása.) Egy összevonások utáni lehetséges állapotot mutat a 9. ábra. Itt feltételeztük, hogy üzletáganként összevonás történt, így az előbb vizsgált éves átlagos 4 esemény helyett 32 eseménnyel számoltunk, azaz ennyi volt a Poisson eloszlású gyakoriság paramétere. Ugyan így is nagy a VaR-beclsés standard hibája, ám az relatív értelemben lényegesen kisebb, mint a 8. ábrán, ahol nem volt összevonás.

99,9%-os VaR-becslések veszteségkategóriánkénti bontásban



Megjegyzés: Gyakoriságeloszlás: Poisson ($\lambda=32$), veszteségeloszlás: lognormális ($\mu=4,26$ $\sigma=0,83$). VaR-becslések száma 400, minden VaR-becslésnél a Monte-Carlo-szimulációk száma 100-000.

Itt azt is fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a nemrégiben több hazai hitelintézet által közösen kialakított működési kockázati adatbázis (Magyar Működési Kockázati Adatbázis, HunOR) adatainak bevonása az intézmény saját mintájába – ha alkalmas módszerrel, körültekintően végzik –, újabb lehetőséget jelent a fent említett becslési hibák csökkentésére. Megjegyzendő azonban, hogy a HunOR feltöltése 2007 első negyedévében kezdődött, visszamenőleg nem szerepeltet adatokat, így ennek eredményes használatához is meg kell várni az adatbázis további bővülését. A használathoz részletesen át kell gondolni, hogy milyen módszerrel (pl. bayesi megközelítés) történjen a paraméterek becslése. Erre a kérdésre jelen írásban terjedelmi okok miatt nem térünk ki részletesen, mint ahogy az itt felmerülő skálázási problémákat sem érintjük.

A második példában azt vizsgáljuk, hogy egyes modellszelekciós kérdéseknek mekkora a hatása a tőkekövetelményre. Poisson-eloszlású gyakoriság mellett azt feltételezzük, hogy a valódi eloszlása a veszteségeknek lognormális. Ezen feltétel mellett végeztük el a lognormális, exponenciális és Pareto-eloszlások illesztését a veszteségadatokra, és kiszámoltuk a különböző teljes eloszlásokhoz tartozó VaR-t. Azt lehet látni az összehasonlításunk segítségével, hogy mekkora hibát követnénk el a tőkekövetelmény becslésénél, ha nem a jó eloszláscsaládot választanánk a veszteségek leírásához a megfelelő statisztikai tesztek és eljárások segítségével. Az eredményeket a 6. táblázat mutatja. Látható, hogy exponenciális eloszlás választása esetén különösen nagy az eltérés a valódi VaR-tól, míg Pareto esetén ugyan kisebb, ám így is számottevő az eltérés, különösen nagy biztonsági szintek mellett.

Összetett Poisson ($\lambda=30$) eloszlások VaR-becsléseinek jellemzői

Káreloszlás	Lognormális	Exponenciális	Amerikai Pareto
VaR95 átlag	4610	4352	4601
VaR99 átlag	5578	5017	5503
VaR999 átlag	7044	5829	6799
VaR95 SE	8	6	8
VaR99 SE	18	12	18
VaR999 SE	72	33	58

Megjegyzés: Szimulációs szám 100000, VaR-becslések száma 400. A veszteséeloszlások várható értéke 100, szórása exponenciális eloszlás esetén 100, más esetben 130.

Végül a harmadik példában azt vizsgáljuk, hogy a VaR, azaz a tőkekövetelmény értéke mennyire érzékeny a paraméterek választására, esetleg rossz választására, becslésére. Ez nem csak abból adódhat, hogy valamelyik pontbecslési eljárás során becsléseinknek hibája van, ahogy azt ebben a részben az első példában már tárgyaltuk. Számos más ok vezethet oda, hogy rossz paramétereket használunk. Korábban említettük, hogy bizonyos korrekciós lépéseket szükséges lehet elvégezni az eloszlásokon. Változhat az eloszlás becslt paramétere például infláció vagy növekedés következtében, de említettük már, hogy adatszűrések, rögzítési limitek figyelembe vétele is ilyen hatással járhat, végül emlékezzünk arra is, hogy esetenként belső szakértői becslésre lehet szükség a kis mintaméret miatt, amely szintén felveti a paraméterekre való érzékenység kérdését.

Nagyon egyszerű módon vizsgáljuk a szóban forgó érzékenység kérdését. Ehhez az egyszerűség kedvéért ismét felhasználjuk a 6. táblázatban kapott eredményeket. Ugyanis most feltételeztük, hogy az intézmény hibásan alulbecsli mind a működési veszteségeinek a számát (Poisson-gyakoriság, $\lambda=30$), mind a káreloszlás várható értékét (100). Ezzel szemben tegyük fel, hogy a veszteségek bekövetkeztének valódi gyakorisága 40, várható értéke 110. Ilyen (és ekkora) hiba adódhat például rossz szakértői véleményekből, vagy egyes hatások (infláció, növekedés) figyelmen kívül hagyásából. A vizsgálatokat különböző biztonsági szintek mellett lognormális, exponenciális és Pareto-veszteséeloszlásokra is elvégeztük. A 6. táblázat tehát az alulbecsült eseteket, a 7. táblázat pedig a valódi paraméterek mellett kapott szimulációs eredményeket tartalmazza. Jól látható a két táblázat összevetésével, hogy ez a becslési hiba a kockázatok akár 30–40%-os alulbecsléséhez vezetett. Jegyezzük meg, hogy az összetett eloszlások momentumainak a szóban forgó hibából adódó változását könnyen számolhatjuk az előző rész végén az összetett eloszlások momentumaira vonatkozó összefüggések segítségével.

7. táblázat

Összetett Poisson ($\lambda=40$) eloszlások VaR becsléseinek jellemzői

Káreloszlás	Lognormális	Exponenciális	Amerikai Pareto
VaR95 átlag	6307	6108	6294
VaR99 átlag	7354	6935	7257
VaR999 átlag	8812	7933	8474
VaR95 SE	9	8	9
VaR99 SE	19	15	17
VaR999 SE	62	40	52

Megjegyzés: Szimulációs szám 100000, VaR-becslések száma 400. A veszteséeloszlások várható értéke 110, szórása exponenciális eloszlás esetén 110, más esetben 130.

4. KONKLÚZIÓK

Cikkünkben összefoglaltuk a Loss Distribution Approach (LDA) módszertanának elméleti alapjait, és részletesen tárgyaltuk azt, hogy a pénzüintézeteknek milyen feladatokat kell elvégezniük az alkalmazás során. Ehhez áttekintettük a szükséges statisztikai módszertan lényeges eszközeit.

Nem titkolt célunk volt az is, hogy felhívjuk az olvasó figyelmét több olyan kritikus kérdésre, amelyek döntően és lényegesen befolyásolják a tőkekövetelmény számolását vagy becslését. Ezért ezeket részletesebben tárgyaltuk, míg a cikk terjedelme nem tette lehetővé, hogy a standard statisztikai eszközöket, mélyebb valószínűség-számítási alapokat részletesen bemutassuk.

Számos szimulációs példával igyekeztünk az említett, szerintünk fontos problémákat ismertetni. Így láthattuk, hogy nagyon fontos a szerepe a megfelelő veszteségosztályok rögzítésének esetleges összevonásokkal, hiszen a minta mérete, a pontbecslések hibái hatalmas becslési hibát eredményezhetnek a tőkekövetelményeknél, különösen a szabályzó által megkövetelt, magas biztonsági szint mellett. Említettük, hogy a hitelintézetek által közösen kialakított működési kockázati adatbázis is segítheti a munkánkat.

Láthattuk, hogy hasonlóan lényeges a körütekintő modellszelekció elvégzése, továbbá a gyakoriság- és veszteséeloszlások paramétereinek alulbecslése, vagy rossz (elmaradt) korrekciója (infláció, növekedés vagy éppen különböző adatrögzítési okok miatt) szintén komoly hibát eredményezhet a tőkekövetelmény becslésénél.

Természetesen az egyes statisztikai eljárások alkalmazását is rendre körütekintően kell elvégezni, ahogy azt más alkalmazásokban is tennénk. Itt többek között tárgyaltuk, hogy a Monte-Carlo-becslések esetén a szimulációk száma kritikus kérdés. Viszont tőkekövetelményt nem kell percenként kalkulálni, így az esetleges futási időkből tapasztalható növekedések nem jelentenek valódi problémát.

Jelen cikkben viszont nem tértünk ki néhány egyéb elméleti kérdésre, amelyek napjainkban az LDA kapcsán felmerülnek. Csak röviden utaltunk például arra, hogy a pénzüintézet teljes működési kockázatának meghatározása az egyes veszteségosztályokra (vagy akár a működési kockázati mátrix minden elemére) számított tőkekövetelmények összeadásával több elméleti kérdést vet fel. Ezek a kérdések összefüggnek a kockázat szubadditivitásával vagy a szubadditivitás

hiányával, ahogy arra utaltunk röviden. Részben idekapcsolódik a veszteségek megosztásának kérdése is, valamint a választott megosztási problémákkal. Ezekre egy tervezett újabb tanulmányban mi is vissza kívánunk térni. Azonban az LDA standard alkalmazásához ezen kérdések mélyebb ismerete nem szükséges. Nem térünk ki továbbá részletesen a külső adatbázisok (pl. HunOR) megfelelő bevonására és alkalmazására a megbízhatóbb becslések érdekében.

Végezetül, hangsúlyozni kívánjuk, hogy az áttekintett alkalmazási problémákkal egyáltalán nem azt akartuk sugallni, hogy az AMA, különösképpen az LDA módszertanát nem javasolnánk, s inkább a szabályzó által engedélyezett egyéb, kevésbé szofisztikált módszertanra szavazunk. Sőt, az LDA előnye éppen abban áll, hogy a veszteségek eloszlását – különösen tekintettel a farokeloszlására – is figyelembe veszi, azok alapján alakít ki tőkekövetelményt, míg más módszerek teljesen érzéketlenek az eloszlás jellegére, így esetleg teljesen figyelmen kívül hagyják a bizonytalanságból eredő valódi kockázatot. Ennek a szempontnak az érvényesülését pedig elengedhetetlen tartjuk egy modern pénzügyi megközelítésben. Azt is láttuk, hogy körültekintő eljárással számos becslési hibát csökkenthetünk. Mindemellett szükségesnek tartjuk természetesen az LDA-val kapcsolatos elméleti és alkalmazási problémákkal való további foglalkozást is.

IRODALOMJEGYZÉK

- A működési kockázat kezeléséről és tőkekövetelményéről, 200/2007. (VII. 30.) Korm. r., *Magyar Közlöny*, 101., 2007. júl. 30., <http://www.magyarokozlony.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/MK07101.pdf>
- ACERBI, C. [2004]: Coherent Representations of Subjective Risk Aversion, in Giorgio Szegő (ed.): *Risk Measures for the 21st Century*, Wiley, New York.
- Basel Committee on Banking Supervision [2001]: Consultative Document, Operational Risk, Supporting Document to the New Basel Capital Accord, Issued for comment by 31 May 2001., www.bis.org.
- Basel Committee on Banking Supervision [2003]: *Consultative Document, The New Basel Capital Accord*, Issued for comment by 31 July 2003., www.bis.org.
- Committee of European Banking Supervisors [2006]: Quantitative Impact Study 5, Overview on the Results of the EU countries, június 16., 2006., <http://www.c-ebis.org/qis5.htm>.
- DELBAEN, F. [2006]: Coherent risk measures on general probability spaces, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Directive 2006/48/EC of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 relating to the taking up and pursuit of the business of credit institutions (recast), *Official Journal of the European Union*, 30.6.2006, L 177/1, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l_177/l_17720060630en00010200.pdf.
- Directive 2006/49/EC of the European Parliament and the Council of 14 June 2006 on the capital adequacy of investment firms and credit institutions (recast), *Official Journal of the European Union*, 30.6.2006, L 177/201, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l_177/l_17720060630en02010255.pdf.
- FRACHOT, A.–P. GEORGES–T. RONCALLI [2001]: Loss Distribution Approach for operational risk, Crédit Lyonnais, <http://gro.creditlyonnais.fr/content/wp/lda.pdf>.
- FRACHOT, A.–T. RONCALLI–E. SALOMON [2004]: The Correlation Problem in Operational Risk, Crédit Lyonnais, <http://gro.creditlyonnais.fr/content/wp/lda-correlations.pdf>.
- GÁLL, J.–PAP GY. (2005): Hasznosság alapú portfólió-menedzsment, jegyzet, Mobidiak-Debreceni Egyetem, <http://mobidiak.inf.unideb.hu>; <http://iam035.inf.unideb.hu/mobidiak/listdocument.mobi?id=50>
- KLUGMAN, S., PANJER, H.–WILLMOT G. [2004]: *Loss Models, From Data to Decision*, Wiley, Hoboken, New Jersey.
- PANJER, H. [1981]: Recursive evaluation of compound distributions, *Astin Bulletin*, 12., 22–26. o.
- PANJER, H. [2006]: *Operational Risk, Modeling Analytics*, Wiley, Hoboken, New Jersey.
- PANJER, H.–WILLMOT G. [1986]: Computational Aspect of Recursive Evaluation of Compound Distributions, *Insurance: Mathematics and Economics*, 5, 113–116. o.
- PANJER, H.–G. WILLMOT [1992]: *Insurance Risk Models*, Chicago: Society of Actuaries.
- Validációs kézikönyv, Pénzügyi Szervezetek Állami Felügyelete [2006], http://www.pszaf.hu/engine.aspx?page=pszafhu_validacios&switch-content=pszafhu_validacios_20060331_3&switch-zone=Content%20Zone%204&switch-render-mode=full

LAMANDA GABRIELLA

Kulcs kockázati indikátorok és lehetséges alkalmazásuk

A működési kockázat tőkekövetelményének meghatározása és a kockázat kezelése kemény kihívás az intézményeknek, az eddigi kockázatmenedzsment-eszközöktől merőben eltérő technikákat igényel. A kockázat mérésére, a kockázati kitettség meghatározására nyújt lehetőséget a banki gyakorlatban eddig kiaknázatlan, folyamatspecifikus kulcs kockázati indikátorok kialakítása és alkalmazása. A megfelelő indikátorok kiválasztásakor számos szempontot figyelembe kell venni, hogy a kiválasztott mutatók értékeinek ingadozása valóságos képet adjon a működési kockázati kitettség változásáról. A cél olyan kulcs kockázati indikátorok kialakítása, amelyek segítségével azonosíthatók a valószínűleg magas kockázatú területek, és amelyek révén feltárhatók a problémák – előfordulásuk, illetve súlyosbodásuk előtt.

1. TÖKESZÁMÍTÁS ÉS KOCKÁZATKEZELÉS – KRITÉRIUMOK

A Bázel II. ajánlások alapján kidolgozott tőkemegfelelési direktíva (Capital Requirements Directive – CRD) a tőkeszámítás során felmerülő kockázatok körét – a hitelkockázat és a piaci kockázatok mellett – kiterjeszti a működési kockázatokra is. A működési kockázatra képzett tőke meghatározásához – amely várhatóan a teljes tőkekövetelmény 12 százalékát alkotja majd – az intézmények három különböző módszert alkalmazhatnak. A szabályozás előírja, hogy a bankok kockázati profiljuknak, az intézmény összetettségének és méretének, rendszerei fejlettségének megfelelő megközelítést alkalmazzanak a tőkekövetelmény számításakor. A legegyszerűbb számítási forma az alapmutató módszer (Basic Indicator Approach – BIA), amely az ún. releváns mutató¹ 15 százalékának megfelelő összegű tőke elkülönítését írja elő. Ehhez képest valamivel összetettebb a sztenderdizált módszer (The Standardised Approach – TSA); ebben az esetben az intézmények által végzett tevékenységeket és nyújtott szolgáltatásokat nyolc különböző üzletágba² sorolják be, és a tőkekövetelményt a releváns mutató bizonyos – üzletáganként eltérő – százalékában határozzák meg. A sztenderdizált módszer annyiban fejlettebb az alapmutató módszernél, hogy kockázatoság szempontjából különbséget tesz az egyes üzletágak között. A kockázatosabb üzletágak esetében a tevékenység méretét jelző bruttó jövedelemhez kapcsolódó százaléktételek az

1 A bruttó jövedelem meghatározását l. CRD Annex X. Part 1. A bruttó jövedelem mint releváns indikátor kiválasztását hosszas szakmai viták előzték meg. Olyan indikátorra volt szükség, amely jól tükrözi az intézmények tevékenységének méretét, összetettségét.

2 (1) Vállalati pénzügyi tanácsadás – 18 %; (2) kereskedés és értékesítés – 18 %; (3) lakossági banki üzletág – 12 %; (4) kereskedelmi banki tevékenység – 15 %; (5) fizetés és elszámolás – 18 %; (6) lakossági bizományos – 12 %; (7) ügynöki tevékenység – 15 %; (8) vagyonekezelés – 12 %.

átlagosnál (15 százalék) magasabbak, míg a kevésbé kockázatos üzletágak esetében alacsonyabbak. A százalékvértékek megválasztása során figyelembe vették, hogy a teljes tőkekövetelményben a működési kockázatnak 12 százalékos szintet kell kitennie.

A harmadik hatástanulmány (Quantitative Impact Study – QIS 3) alátámasztotta, hogy az alapmutató és a sztenderdizált módszer alkalmazásával elérhető a működési kockázatra megcélzott, átlagban 12 százalékos „részesedés”. A vizsgált intézmények körében azonban – az eltérő jövedelmezőségi szintek következtében – nagy volt a szórás. Az eltérő jövedelmek különböző hitelkockázati szinteket képviselnek, mivel a működési kockázatra képzett tőkét a bruttó jövedelem alapján határozzák meg. Ebben az esetben a működési kockázatokra képzett tőke – a számítási módszerből adódóan – az intézmény hitelezési kockázatát is tartalmazza, vagyis a hitelezési kockázatot kétszeresen számítják be. Az ilyen problémák kiküszöbölése érdekében az illetékes nemzeti hatóságok engedélyezhetik a CRD-ben³ rögzített kritériumok teljesítése esetén az ún. alternatív sztenderdizált módszer (Alternative Standardised Approach – ASA) alkalmazását, amely a lakossági és a jellegzetesen kereskedelmi banki tevékenységekre⁴ orientálódott bankoknak teremt lehetőséget kisebb mértékű, a bank kockázati profilját jobban tükröző tőke képzésére. E módszer a bruttó jövedelem helyett a hitelezési volumen veszi alapul. A lakossági és kereskedelmi banki üzletágban a teljes hitelállomány 3,5 százalékát kell elkülöníteni.

A harmadik technika, a fejlett mérési módszer (Advanced Measurement Approach – AMA) az intézmények saját belső számításai alapján történő tőkemeghatározást foglalja magában. E tőkeszámítási forma alkalmazásához szigorú feltételeknek, előírásoknak kell megfelelni, hiszen az intézmények, a bankrendszer biztonsága érdekében szükséges a ténylegesen vállalt működési kockázat feltárása, és a kockázati kitettségek megfelelő mértékű tőke képzése. A szabályozás megengedi a fejlett mérési módszer részleges bevezetését, így módon a bankok az AMA-t párhuzamosan alkalmazhatják az alapmutató vagy sztenderdizált módszerrel, bizonyos minimumfeltételek kielégítése esetén⁵.

A fejlettebb módszerek alkalmazása kockázaterzékenyebb megközelítést igényel, amely pontosabb kockázatfelmérést, finomabb kockázatkezelési technikák alkalmazását jelenti. A CRD⁶ megfogalmaz bizonyos minőségi és mennyiségi kritériumokat, amelyeknek a teljesítése alapvető fontosságú egy-egy mérési módszer alkalmazásához.

Azoknak a bankoknak, amelyek az AMA-t alkalmazni kívánják, rendelkezniük kell egy független, a működési kockázat kezeléséért felelős szervezeti egységgel. A kockázat kezeléshez kapcsolódó feladatok hatékony ellátása érdekében fontos, hogy a működési kockázatkezelő „team” elfogulatlan, objektív legyen a vizsgálatok és a döntéshozás, az ítéletalkotás során; azonban lényeges szempont az egyes területekkel, szervezeti egységekkel kialakított, kölcsönös bizalom, hiszen csak így nyílik lehetőség a problémák, a kockázati kitettség növekedésének gyors észlelésére és a megfelelő intézkedésekre, korrekciókra. A kockázatkezelésért felelős funkció tehát ne különálló legyen, hanem független.

3 CRD Annex X. Part 2.

4 Betétgyűjtés, hitelezés, pénzügyi lízing, garanciák stb.

5 A BIA és a TSA csak kivételes esetekben alkalmazható együttesen. Például vállalatfelvásárlás esetén, azonban az intézménynek ekkor is kötelezettséget kell vállalnia a sztenderdizált módszer mielőbbi teljes körű alkalmazására.

6 CRD Annex X. Part 3.

Fontos kritérium – amelyet a felügyelet a validáció⁷ során figyelembe vesz – a CRD-ben meghatározott négy kulcstevékenység beépítése a kockázatmérési rendszerbe:

- a belső veszteségszámítás rendszerezett és folyamatos gyűjtése;
- külső adatok alkalmazása;
- forgatókönyv-elemzés;
- az üzleti környezet és belső ellenőrzési rendszer⁸ tényezőinek megragadása.

A fejlett mérési módszer alkalmazásának egyik lényeges kritériuma az intézményben a veszteségszámítás gyűjtése, számszerűsítése – azaz az „elszenvedett” káresemények pénzbeli kifejezése –, valamint értékelése, elemzése. Minden banki területet, tevékenységi csoportot figyelni kell, és veszteség esetén részletes jelentést kell készíteni a kár körülményeiről: a veszteség helyéről és idejéről, mértékéről, gyakoriságáról stb. A kockázati eseményekhez hozzá kell rendelni a felelősöket. A veszteségeket és a jellemző információkat egységes, átfedésektől mentes adatbázisokban kell rögzíteni. A káradatbázisok „feltöltése” jelenti az első lépést a hatékony működés kockázat-kezelési módszertan kialakításában. A bekövetkező veszteségeket egy bizonyos küszöbérték⁹ felett gyűjtik, azonban a küszöbérték alatti események kapcsolatát és a kiváltó okok közötti összefüggéseket is vizsgálják. A számba vett káreseményeket hozzá kell rendelni a nyolc üzletág valamelyikéhez, és be kell sorolni a CRD-ben meghatározott hét eseménykategória, veszteségtípus¹⁰ egyikébe, azaz a veszteségeket egy 8×7 -es mátrixban kell feltüntetni.

Léteznek a bázeli besorolástól eltérő csoportosítási ismérvek, amelyeket az intézmények szabadon alkalmazhatnak, azonban a fejlett mérési módszer alkalmazása esetén kötelező megfelelni a CRD-ben foglaltaknak. A Zurich Strategic Risk például öt kategóriát különböztet el (Álvarez, G. [2002]):

- *az emberi tényező kockázatát*, amely az alkalmazottak szándékos és nem szándékos cselekedeteire vezethető vissza (belső csalás; munkáltatói gyakorlat és munkahelyi biztonság; végrehajtás, teljesítés és folyamatkezelés);
- *a folyamatkockázatot*, amely az üzletmenet folytonosságával, az irányítással kapcsolatos tényezőket foglalja magában (ügyfelek, termékek és üzleti gyakorlat; végrehajtás, teljesítés és folyamatkezelés);
- *a kapcsolatokból származó kockázatot*, ez a harmadik fél – szabályozó hatóság, ügyfél, tulajdonos – hordozta kockázatot testesíti meg (ügyfelek, termékek és üzleti gyakorlat);

7 A felügyeleti validáció engedélyezést, felülvizsgálatot, a megfelelés vizsgálatát jelenti. A felügyelet csak akkor ad engedélyt, ha meggyőződött arról, hogy az intézményben alkalmazott kockázat- és kitettségmérési, valamint kezelési technikák és rendszerek, illetve folyamatok megbízhatóak, azokat teljes körben alkalmazzák, és teljesítik a CRD-ben – valamint a CRD alapján készülő kormányrendeletben – foglalt mennyiségi és minőségi kritériumokat. A validációt maga az érintett intézmény végzi, az ő felelőssége az elsődleges; a validáció jóváhagyásáért azonban a felügyeletet terheli a felelősség.

8 A belső ellenőrzési/irányítási rendszer (internal control) magába foglalja a vezetői ellenőrzést, a folyamatokba épített ellenőrzési mechanizmusokat és a függetlenített belső ellenőrzési funkciót.

9 Jelenleg 50 000 és 250 000 forint között mozog ez a küszöbérték (www.pszaf.hu, VKK II. rész 98).

10 (1) Belső csalás; (2) külső csalás; (3) munkáltatói gyakorlat és munkahelyi biztonság; (4) ügyfelek, termékek és üzleti gyakorlat; (5) végrehajtás, teljesítés és folyamatkezelés; (6) fennakadások az üzleti folyamatban, rendszerhiba; (7) tárgyi eszközök sérülése. A magyar nyelvű elnevezésekről még nem alakult ki egységes szakmai álláspont.

- *a technológiai kockázatot*, ezen az információval, a bank által használt rendszerekkel kapcsolatban felmerülő kockázati tényezőket értjük (fennakadások az üzleti folyamatban, rendszerhibák);
- *a külső események kockázatát*, amely az intézmény tárgyi eszközeit ért veszteségekből fakad (külső csalás; tárgyi eszközök sérülése).

A veszteségadatok gyűjtése és elemzése, a kockázati önértékelés visszacsatolást nyújt a kockázatkezelés számára: mely területekre szükséges nagyobb figyelmet szánni; sikeres volt-e egy-egy, a kockázatok mérséklődését célzó intézkedés.

A *külső adatok* jelentősége elsősorban a ritkán előforduló, de potenciálisan nagy veszteséget okozó káresemények kapcsán mutatkozik meg. Az ilyen események bekövetkezésére az intézményeknek fel kell készülniük. A külső adatokra támaszkodva, részletesen dokumentált, és bizonyos időközönként felülvizsgált intézkedési terveket kell lehet hozzájutni. Hazánkban is működik a Magyar Működési Kockázati Adatbázis (HunOR), amelynek célja a magyar bankok közötti információcsere előmozdítása, a működési kockázattal kapcsolatos veszteségadatok gyűjtése és a tőkekövetelmény meghatározása érdekében. Intézményfüggő, hogy a külső információkat közvetve, az intézkedési tervek, forgatókönyvek elkészítése során veszik figyelembe, vagy azok közvetlenül beépülnek a tőkeszámításba. Ez utóbbi esetben nehézséget jelent az adatok súlyának meghatározása, azaz annak a megállapítása, hogy mihez viszonyítva és milyen mértékben vegyék figyelembe a külső adatokat. A fejlett mérési módszer engedélyezésének feltétele a külső adatok felhasználása a tőkeszámításban.

A *forgatókönyv-elemzésben* – a külső adatok felhasználásával és szakértő elemzők bevonásával – a súlyos események esetleges hatásait értékelik. Alapvetően a „mi történe, akkor, ha...” típusú kérdésekre keresnek megoldásokat. Modelleznek bizonyos eseményeket, és – feltérképezve azok lehetséges hatásait – intézkedési terveket dolgoznak ki. A forgatókönyv-elemzés kiemelkedő jelentősége a potenciális veszélyek feltárásában rejlik, emellett hasznos információkat nyújt a kockázati profil meghatározásához.

Az üzleti környezetet és a belső kontrollt leíró tényezők olyan indikátorok, amelyek tükrözik az intézmény kockázati kitettségét, illetve ezen keresztül a belső ellenőrzési rendszer hatékonyságát. A kockázati szempontból kritikus területek és tényezők feltárására alkalmazhatók a *kulcs kockázati indikátorok* (Key Risk Indicators – KRI). Fontos, hogy a kiválasztott mutatók kellően érzékenyek és rugalmasak legyenek; azaz jelezzék a kockázati kitettség változását, és a tapasztalatoknak megfelelően módosíthatók, fejleszthetők legyenek. A megfelelő indikátorok kialakítását segíti, ha az érintett üzletágak, szervezeti egységek szakembereit is bevonják a kiválasztási folyamatba. Emellett az intézményekben gyűjtött belső veszteségadatok is megfelelő kiindulási alapot jelentenek, mivel a KRI-k elsősorban a már bekövetkezett hibák, események gyakoriságát és hatását jelzik. A kulcsindikátoroknak több típusa létezik. Az intézmények alkalmaznak többek között ún. kulcs kontroll- (Key Control Indicator – KCI) és kulcs kitettségindikátorokat (Key Exposure Indicator – KEI). Az előbbieket az ellenőrzés, a monitoring hatékonyságát hivatottak mérni; ilyen indikátor például az egy hónapra eső ellenőrzések száma. A kitettségindikátorok abból az elvi alapról indulnak ki, hogy a működési kockázat a tevékenység méretétől függ. Ennek megfelelően a tevékenység, egy-egy termék vagy folyamat górcső alá vétele előzi meg ezen indikátorok képzését. Ilyen indikátor többek között az ügyfélszámlák száma, a hitelfelvételek száma és volumene, a különböző tevékenységekhez kapcsolódó tranzakciók száma stb.

A négy tényezőt, így a kulcs kockázati indikátorok értékeit valamilyen formában be kell építeni a kockázati kitettség meghatározásába és a tőkeszámításba.

A KRI-k jelentősége nem csupán a tőkekövetelmény meghatározásakor mutatkozik meg, hanem a kockázat kezelésének is hasznos eszközei. A kockázatkezelés a következő tevékenységeket foglalja magában (RIMS [2006] és RMA [2007]):

- Irányelvek és belső kontrollok, jelentési rendszerek kialakítása, amelyek alapján figyelemmel kísérhető az intézmény kockázati kitettségének változása, és segítik a döntéshozást, illetve a bankon belüli kommunikációt. A kockázatkezelés menetét, rendszerét tartalmazó dokumentumokat időről időre ellenőrizni és frissíteni kell.
- A kockázat azonosítása a kockázat észlelését jelenti, amelyre kiválóan alkalmasak a kockázati indikátorok. A KRI-k értékének változása jelzi a kockázati kitettség alakulását.
- A kockázat mérése és értékelése a kockázat hatásainak meghatározását és okainak felderítését foglalja magában. Az értékelés során összehasonlítják a vállalt kockázatot, az elszendvedett veszteséget az előre definiált kockázati toleranciaszinttel. A kulcs kockázati indikátorok mellett ebben a fázisban kiemelkedő szerepe van a kockázati önértékelésnek.
- A kockázat mérséklése a kockázati kitettséget csökkentő technikák kidolgozását (például katasztrófaelhárítási és üzletmenet-folytonossági tervek kialakítását, tökéletesítését), valamint különböző eszközök (például biztosítás) alkalmazását jelenti.
- A nyomon követés a kitettség mérséklése és kiküszöbölése érdekében hozott intézkedések hatékonyságát vizsgálja.

A kockázatkezelésben mind az azonosítás, mind a mérés és értékelés terén jelentős szerepet játszanak a KRI-k.

A Bázeli Bizottság 2006 őszén publikált, az ajánlások alkalmazási gyakorlatára összpontosító cikke szerint (BIS [2006]) az intézmények a veszteségadatok gyűjtésében és a forgatókönyvek készítésében felkészültebbek, mint az üzleti környezet és a belső kontroll tényezőinek, valamint a működési kockázat kezelésére kiválóan alkalmas kulcs kockázati indikátorok kidolgozásának terén. A problémát elsősorban az jelenti, hogy az intézmények – bár számos megközelítést alkalmaznak a kulcs tényezők számbavételére – mégsem képesek kellően megalapozott mutatószámrendszer kialakítására, az események, a kiváltó okok és a következmények megragadására, számszerűsítésére.

A következő fejezetekben bemutatunk néhány támpontot, amelyek segítségével kiküszöbölhető ez a probléma.

2. A KULCS KOCKÁZATI INDIKÁTOROK

2.1. Követelmények

A vállalatok már az 1970-es és 1980-as években felismerték, hogy kulcsterületeik, kulcstevékenységeik azonosítása, azok előtérbe helyezése versenyelőnyt jelenthet, illetve jövedelmezőségük és piaci részesedésük növekedését eredményezheti. A kulcsterületek és kulcstevékenységek meghatározását segíti elő a kulcs teljesítménymutatók (Key Performance

Indicators – KPI), a különböző sikertényezők kidolgozása, alkalmazása és elemzése. Egy profitorientált vállalat, amelynek az a célja, hogy az adott ágazat legjövedelmezőbb szereplője legyen, valószínűleg az adózás előtti eredményre fogja alapozni kulcs teljesítménymutatóinak nagy részét. Fontos információkat nyújthat például a törzsvásárlóktól (visszatérő vevőktől) származó bevétel és az összes bevétel aránya. A nyereségszemléletű megközelítés azonban nem alkalmazható minden esetben. Az oktatási közintézmények – például egy középiskola – esetében a teljesítmény megfelelő mérőszámai lehetnek a sikeresen érettségizők, a felsőoktatási intézményben tovább tanulók, vagy az első helyre felvett diákok számának az iskola végzős tanulóinak létszámához viszonyított aránya.

A kulcs teljesítménymutatókhoz hasonlóan funkcionálnak a *kulcs kockázati indikátorok*, amelyek a kockázatfelmérés és -kezelés korszerű és hatékony, eddig kiaknázatlan eszközei.

A kulcs kockázati indikátorok olyan pénzügyi vagy operatív, statisztikai mutatószámok, amelyek kifejezik egy bank kockázati pozícióját, ezért – indikátortól függően – napi, heti, havi, negyedéves illetve éves gyakorisággal nyomon követendők és felülvizsgálandók (BIS [2001], 8. o.).

A kulcs kockázati indikátorok kialakításakor három alapvető követelményt kell figyelembe venni: a hatékonyságot, az összehasonlíthatóságot és az egyszerű kezelhetőséget. Fontos, hogy a szervezetben elfogadott KRI-k célirányosak legyenek, ténylegesen tükrözzék a vállalt kockázatot, és hasznos, a kockázatkezelésben felhasználható, objektív információkat nyújtsanak a kockázatmenedzsmentnek. Lényeges követelmény a közös nevező (százalék, darab, összeg, időtartam stb.) használata, amely megkönnyíti az összehasonlítást, az ellenőrzést, és támogatja az elemzési, értékelési folyamatokat. Nem elhanyagolható szempont a kezelhetőség, az egyszerűség és az átláthatóság, a megbízható adatforrások elérhetősége és a költséghatékony információgyűjtés.

A KRI-kel szemben támasztott fontosabb követelmények (RMA [2005] 19. o., JL&A [2006]):

- kifejező erő: tükrözzék az adott terület, üzletág, szervezeti egység, tevékenység kockázatát;
- mérhetőség: elérhető, rendszeresen aktualizálható (visszamérhető) adatokra támaszkodjanak;
- objektivitás: lényeges a szubjektív megítélés kizárása, minimalizálása;
- nyomon követhetőség: teremtsék meg a rendszeres gyűjtés és az idősoros elemzés feltételeit, hogy a KRI-k változásán keresztül a kockázati kitettség alakulása is nyomon követhető legyen;
- hasznosság: az elemzéssel nyerhető információk a kockázattudatosság erősítését, a kockázatkezelés és a döntéshozás támogatását szolgálják;
- számszerűsíthetőség: valamilyen mennyiségben, mértékegységben (százalék, darab, összeg, időtartam stb.) kifejezhetők legyenek;
- ésszerűség: az indikátorokat egységes rendszerben kell kialakítani úgy, hogy azok összhangban álljanak a bank célkitűzéseivel – csak azért, mert valami mérhető, még nem biztos, hogy szükséges a mérése;
- összehasonlíthatóság: külső és belső adatokkal (más üzletágak, szervezeti egységek adataival) összehasonlíthatóak legyenek;

- gyűjthetőség: lehetőleg könnyen megszerezhető, rendelkezésre álló adatokra támaszkodjanak;
- ellenőrizhetőség: kapcsolódjanak hozzájuk célok, célértékek és felelősök;
- minőség: megbízható, releváns adatforrásra támaszkodjanak;
- költséghatékony gyűjtés: a mutató információtartalma, használhatósága összhangban álljon a gyűjtésre és az előállításra fordított költségekkel;
- bonyolultság mellőzése: egyszerű, átlátható, kommunikálható indikátorok alkalmazása szükséges, a KRI-k képzése egységes módszereken alapuljon;
- stabilitás: a KRI-k kiválasztása kellően megalapozott legyen, az alkalmazás előtt teszteljék működésüket, mivel a hosszú távú, rendszeres és folyamatos gyűjtés és elemzés ad valódi képet a kockázatról; nem jó, ha az indikátorokat gyakran cserélik, változtatják.

A (kockázati) indikátorok hasznos kockázatmenedzsment-eszközök, ugyanakkor többségük jellemzően a múltra összpontosít, a káresemények és a veszteségek bekövetkezése után alkalmazzák azokat. A hatékony kockázatkezelés kulcsa azonban pontosan a káresemények bekövetkezésének előrejelzése, hogy a megfelelő eszközök birtokában azok időben megakadályozhatók legyenek. A cél, hogy olyan indikátorokat alakítsanak ki, amelyek segítségével azonosíthatók a potenciálisan magas kockázatú területek, és feltárhatók a valószínű problémák azok előfordulása, illetve súlyosbodása előtt. A KRI-knek – és az intézményekben előrejelzésre alkalmazott egyéb kulcsindikátoroknak, mint például a KCI-knek – azokat a tényezőket kell fölteniük, amelyek megváltozása – csökkenése vagy növekedése – adott esetben a működési kockázati kitettség növekedését jelzi. A mutatók hosszabb távú, folyamatos gyűjtése lehetőséget teremt az egyes időszakok értékeinek összehasonlítására, idősoros- és trendelemzésekre, amelyek az előrejelzések és a becslések elkészítésének kiindulási alapját jelentik.

A nehézséget – azon túl, hogy a megfelelő KRI-t kell kiválasztani – a mutatókhoz kapcsolódó, többnyire bankként változó határértékek, limitek meghatározása jelenti. A KRI-k és a kapcsolódó küszöbértékek intézményenként különbözőek, hiszen az egyes bankok meghatározó jellemzői (ügyfélkör, ügyfelek száma, portfóliók mérete, mérlegfőösszeg stb.) jelentősen eltérhetnek egymástól.

2.2. *Folyamatalapú megközelítés*

A KRI-vel szemben megfogalmazott kritériumok is arra ösztönöznek, hogy az indikátorokat valamilyen egységes szemlélet alapján határozzuk meg. Fontos kérdés, hogy mire alapozva, minek a mentén alakítanak ki kockázati indikátorokat. A rendszerszemléletet nélkülöző technikák nem célravezetőek, hiszen az „összevissza” gyűjtött (csak azért, mert könnyen előállítható, nem a kockázati pontokra koncentráló) mutatók nem tükrözik a bank kockázati profilját. Az egységes, megalapozott és hatékonyan működő KRI-rendszer kialakítására nyújt lehetőséget a *folyamatalapú megközelítés*.

A menedzsmenttudományok fejlődésének köszönhetően, az 1970-es évektől a vállalati gondolkodásban előtérbe került a minőség szemlélet, a folyamatközpontú megközelítés. Az intézmények (iparvállalatok, multinacionális nagyvállalatok) többsége folyamatalapon működik, azaz a szervezetek különböző folyamatok hálózataiként strukturálhatók. A folya-

matok meghatározása és rendszerezése célszerű és hasznos a bankokban is: ezáltal átláthatóbb lesz az intézmény, egy-egy üzletág, szervezeti egység tevékenysége, és egyszerűbbé válik a kockázatkezelés, mivel könnyebben kiszűrhetők a kritikus pontok. A folyamat alapú megközelítés alkalmazását indokolja, hogy a Nemzetközi Fizetések Bankja (Bank for International Settlements – BIS) és a The Risk Management Association (RMA) által készített felmérések egyöntetűen azt mutatják, hogy a végrehajtási, teljesítési és folyamatkezelési, valamint az üzletmenet folytonosságát veszélyeztető hiányosságok és rendszerhibák gyakorisága és súlyossága egyaránt kiemelkedik.

Raffai [1999] a folyamatok három fő típusát különíti el:

- operatív folyamatok: ismételten végrehajtott, ezáltal szabványosítható folyamatok, idetartoznak a kulcsfolyamatok és az azokat támogató műveletek, pl. hitelezés;
- ellátási folyamatok: az infrastrukturális háttér biztosítását és az alaptevékenység zavartalan ellátását szolgáló folyamatok, pl. külső adatokhoz való hozzáférést biztosító rendszerek – Gironet, Központi Hitelinformációs Rendszer (KHR), korábban Bankközi Adós- és Hitelinformációs Rendszer (BAR) – működtetése;
- irányítási folyamatok: a kitzűzött vállalati célok elérése érdekében tett koordinációs lépések, pl. marketingakciók, arculattervezés.

A folyamatok közül az utóbbi kategóriába tartozó műveletek megragadása a legnehezebb feladat, mivel jellemzően egyedi, rendszeresen megújuló tevékenységek sorolhatók ide, azonban ezeket a tevékenységeket is dokumentálják tervezetek, akcióprogramok, iránymutatások formájában. Az ellátási folyamatok biztosítják az üzletmenet folyamatos és zavartalan működését. Néhány speciális művelet kivételével minden üzletágnak hasonló szolgáltatásokat nyújtanak, az operatív folyamatok technikai kivitelezését valósítják meg. Az operatív folyamatok a napi, rendszeres – éppen ezért szabványosítható – tevékenységeket ölelik fel, amelyek többségében üzletág-specifikus műveleteket jelentenek.

A kockázat pontos felméréséhez nem szükséges több száz KRI alkalmazása. Az operatív folyamatokra elegendő – a folyamat összetettségétől és fontosságától függően – néhány (3–5) indikátor kiválasztása, amelyek a leginkább megvilágítják a folyamatok kockázati szempontból lényeges paramétereit. Az ellátási folyamatok esetében – mivel átfogóan érintik az intézményt – célszerű üzletáganként, esetleg folyamatonként meghatározni és alkalmazni több olyan mutatót, amelyek a legnagyobb hatással vannak a kontrollmechanizmusokra, azonnali cselekvésre készítetnek. Az irányítási folyamatokra vonatkozó KRI-k kiválasztásakor az elsődleges szempont – emellett, hogy rávilágítsanak a folyamatok kritikus tényezőire – az, hogy kihangsúlyozzák a folyamatok sikerességének kulcselemeit, azaz a KRI-k tükrözzék, melyek azok a tényezők és folyamatlépések, amelyek kulcsszerepet játszanak például egy reklámkampány eredményességében.

A folyamatok meghatározásakor szem előtt kell tartani, hogy azoknak számos kapcsolódási pontja létezik, némelyek hierarchikusan egymásra épülnek, átfedések lehetnek az egyes folyamatok között. Ezért a jobb áttekinthetőség és a hatékonyabb megoldások érdekében célra vezetőbb fő- és alfolyamatokat definiálni, többlépcsős felbontást alkalmazni. Például a hitelezés folyamatát nem csupán üzletáganként (kereskedelmi banki és lakossági banki üzletág) szükséges vizsgálni, hanem célszerű hitelfajtánként (lakáshitelek, fogyasztási hitelek, forintalapú/devizaalapú hitelek) külön-külön elemezni a kockázati súlypontokat, mivel a KRI-k és azok célértékei is eltérőek lehetnek.

Az egyedi kockázatok, a potenciális veszélyek feltérképezéséhez lépésről lépésre ismereni kell a folyamatokat, majd a feltárt egyedi kockázati tényezőkhöz hozzá kell rendelni a *folyamatspecifikus kulcs kockázati indikátorokat*. A folyamatok megismerését segíthetik a sajátosságaikat jól ismerő folyamatgazdák. A folyamatok meghatározásához és a KRI-k kialakításához hasznos információkkal szolgálhatnak a szervezeti és működési szabályzat, a döntési és hatáskör listák, valamint a feladat- és felelősségmegosztási dokumentumok, emellett fontosak a különböző folyamatszabályzatok és belső eljárásrendek. Hatékony és sokatmondó indikátorok képezhetők a korábbi veszteségek és káresemények, azaz a veszteség-adatbázisok információi, az önértékelés eredményei és a forgatókönyvek, valamint a működési környezet (szabályozó hatóságok, ügyfelek, üzleti partnerek, részvényesek, ratingcégek, elemzők stb.) elvárásai alapján.

Az átfogó kulcs kockázati indikátorrendszer létrehozásában, a banki folyamatok szám-bavételében hatékony segítséget nyújthat a belső ellenőrzés, mivel e szervezeti egység feladataiból, kötelezettségeiből adódóan ismeri az intézmény folyamatait, azok kritikus pontjait. A működésikockázat-kezelési egység és a belső ellenőrzés együttműködése a bank alapvető érdeke, ha mindkét terület megőrzi függetlenségét.

A megfelelő KRI-k kiválasztását segítheti az RMA által működtetett KRI Library, ahol több ezer KRI-t érhetnek el a (tag)intézmények. Emellett e szolgáltatás igénybevétele az egységes értelmezés, elnevezés hiányának problémáit is kiküszöböli, előmozdítva a bankok közötti kommunikációt (RMA [2005]).

A folyamatalapú megközelítés hátrányaként említhető, hogy a bankok tevékenysége rendkívül összetett. Nehezen ragadhatók meg a folyamatok, nagy számuk és a közöttük fennálló, bonyolult kapcsolati viszonyok következtében. A folyamatok kritikus pontjaira képzett mutatószámrendszer kialakítása és működése akkor hatékony, ha biztosítják, hogy az teljes körű legyen; ha az intézmény minden tevékenységét górcső alá veszi a kockázati kitettséget értékelésekor. Fontos, hogy ne maradjanak olyan területek, amelyek a működési veszteségek szempontjából lehetséges veszélyforrásnak tekinthetők. Azonban korántsem biztos, hogy minden banki folyamat lépésről lépésre meghatározható. Ebben az esetben, az adott terület kockázatának megragadása érdekében, gondoskodni kell valamilyen alternatív – lehetőleg indikátorokon alapuló – megközelítési módszer kialakításáról.

Hogy a folyamatokat fejleszteni és ellenőrizni lehessen, azokat több szempontból értékelni kell; a szempontok a kockázati indikátorok képzésének kiindulási alapját jelenthetik. Ilyen mutatószámok alkalmazásával vizsgálható (Élő [2004]):

- a folyamatok eredményessége, hatékonysága, gazdaságossága, pl. a hitelezési eljárás-hoz kapcsolódó ügyfélpanaszok száma (a mutatóhoz definiálni kell egy célértéket, ha ezt meghaladja a panaszok száma, akkor vizsgálatot indítanak);
- a folyamatok bizonyos paramétereinek eltérései a megszokott, illetve a tervezett értékektől, pl. eltérések a hitelkérelem átlagos átfutási idejéhez képest (ebben az esetben az extrém eltéréseket kell figyelni, miután meghatározták, hogy mi számít lényeges eltérésnek);
- a folyamatban fennakadást okozó belső és külső zavarok, pl. rendszerleállások száma és időtartama, a backuprendszer felállításának időszükséglete, áramszünet, betörés (az üzletmenet folytonosságát megszakító zavarok alapos kivizsgálása minden esetben szükséges, mivel az indikátorok célértékeit a következtetések alapján határozhatjuk meg);

– a folyamatokhoz felhasznált inputok és – elsősorban emberi – erőforrások jellemzői, pl. nyelvvizsgával rendelkező frontoffice-munkatársak száma, egy munkatársra jutó ügyfelek száma, táppénzes napok száma a munkanapok számához viszonyítva.

Az operatív és az irányítási folyamatok esetében a fő vizsgálati szempontok az eredményesség és az eltérések elemzése, mivel az e folyamatokban bekövetkező fennakadások, zavarok elsősorban az ellátási folyamatokhoz kapcsolódnak. Például, ha a hitelek folyósítása vírustámadás vagy áramkimaradás következtében egy adott napon (néhány órás időtartamban) tömegesen nem történik meg, akkor ez a nem megfelelő ellátási folyamatokra, vagy a külső szolgáltató hibájára, illetve természeti hatásokra (villámcsapás) vezethető vissza. A folyamatokhoz felhasznált erőforrások – hasonlóan az ellátási folyamatok megítéléséhez – az intézményt átfogóan érintik, ezért ez a terület külön KRI-k kidolgozását igényli.

Ha abból indulunk ki, hogy a bankok folyamatok hálózatai, és egész tevékenységük leképezhető különböző műveletekre, folyamatokra, akkor megállapíthatjuk, hogy a folyamatok kockázatosságát – ezen keresztül az intézmény kockázati kitétségét – a folyamatok eredményessége, az egyes folyamatlépések szokatlan változása, a támogató infrastruktúrák és háttérrendszerek hibája és nem megfelelő működése, az alkalmazott emberi erőforrás hiányosságai és a külső környezet kedvezőtlen hatásai befolyásolják. Tehát eljutunk a működési kockázat bázeli definíciójának lényegéhez: a kockázatkezelés akkor hatékony, ha az okokra, nem pedig a hatásokra koncentrálunk.

2.3. A KRI-k értékelése

Az egyes folyamatok kockázatosságát az azokhoz rendelt KRI-k összege fejezi ki. Mivel a mutatók nem egyforma mértékben tükrözik a tevékenységek hordozta potenciális kockázatot, így célszerű kritikusságuk szerint súlyozni az indikátorokat. Például egy folyamat KRI-k alapján meghatározott K kockázata a következőképpen írható fel:

$$K = 0,4 \times a + 0,3 \times b + 0,2 \times c + 0,1 \times d.$$

A vizsgált folyamat K kockázatát a 4 különböző KRI (a , b , c és d) súlyozott összege fejezi ki.

Mind a KRI-k, mind a folyamatok kockázatossága osztályozható aszerint, hogy azok értékei a meghatározott határértéken belül vannak, közelítik a határértéket, túllépik, illetve jelentős mértékben meghaladják azt. Az ellátási folyamatokhoz, a külső eseményekhez, valamint az emberi erőforráshoz kapcsolódó kockázati kitétség bemutatásának legszemléletesebb módja, ha az indikátorokat *kockázati mátrixban* – illetve *kockázati térképen* – ábrázoljuk. A kockázati térképek készítésének számos előnye van. Szemléletesek, rávilágítanak a kritikus pontokra és a kockázat koncentrálódására, azaz a kockázatkezelés szempontjából lényeges területekre (Scandizzo, S. [2005]).

1. táblázat

Példa kockázati térképre (kereskedelmi banki üzletág)

KRI	Folyamatok						
	1.	2.	3.
A rendszerleállások időtartama egy hónapra vetítve (óra/hó)							
Korrigált könyvelési műveletek száma egy hónapra vetítve (db/hó)							
Fluktuáció (fő/hó)							
Jogszabályok, egyéb előírások be nem tartása miatt fizetendő bírság egy hónapra vetítve (forint/hó)							
Hibás tranzakciók (átutalások) száma egy hónapra vetítve (db/hó)							
...							
...							
...							
...							

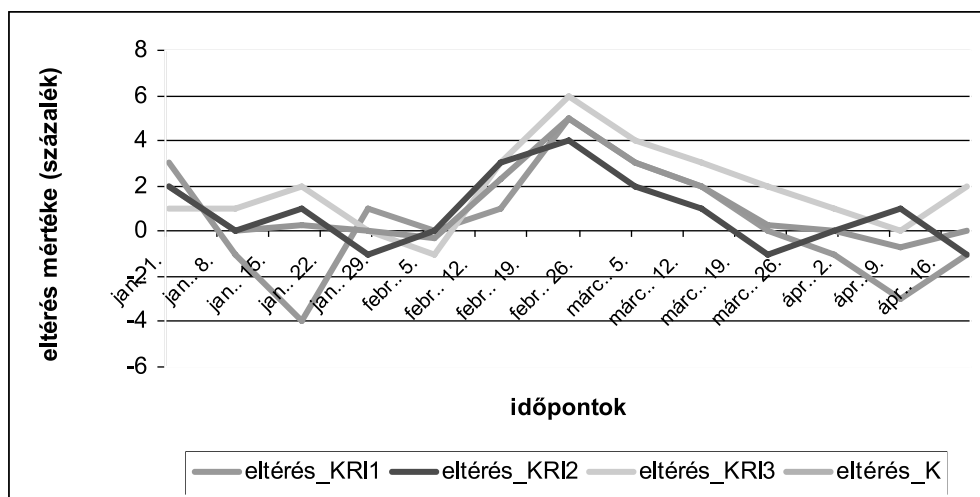
A kockázati térkép segítségével meghatározhatók a kockázati szempontból kritikus területek, ahol valamely indikátor értéke eltér az elfogadhatótól. Több intervallum kialakítása célszerű a kijelölt célértéktől való eltéréstől függően, amelyet a mátrix különböző színárnyalatai is szemléltetnek. Az 1. táblázatban szereplő KRI-k közül a fluktuáció az a mutató, amely minden folyamat esetében lényegesen meghaladja a határértéket. Az okokat a lehető leghamarabb ki kell deríteni, és gondoskodni kell a probléma kiküszöböléséről. A magas fluktuációt előidéző problémák a bázeli eseménytípusok közül a munkáltatói gyakorlat és a munkahelyi biztonság kategóriájába sorolhatók. Az alkalmazottak „elváندorlásának”, gyors cserélődésének számos oka lehet, például diszkrimináció, vagy az alkalmazottak túlzott leterheltsége. Ez utóbbi lehetőség – mint a fluktuáció oka – egyszerűen kideríthető, abban az esetben, ha a bank nyomon követi például az egy alkalmazottra jutó ügyfelek, esetleg feladatok számát, vagy a napi átlagos munkaidőt.

Az olyan problémák, mint a diszkrimináció vagy a zaklatás, zavarás az alkalmazottak panaszai alapján deríthetők ki. A kockázati mátrix alapján nem csupán az egyes indikátorok ragadhatók meg, hanem a problémás folyamatok is kiszűrhetők.

Az operatív folyamatok kockázati profilja is ábrázolható kockázati térképek segítségével, azonban – az alkalmazott mutatók különbözősége miatt – ez kevésbé szemléletes. Az operatív folyamatok kockázatának és a kapcsolódó KRI-k értékeinek vizsgálata, valamint az idősoros elemzések grafikonok alkalmazásával a legkifejezőbbek.

1. ábra

Operatív folyamatok kockázata



A vízszintes tengely az időtengely, amely a vizsgálatok időpontjait tünteti fel. A függőleges tengely az egyes KRI-k és a folyamat *K* kockázatának határértéktől való – százalékban kifejezett – eltéréseit mutatja. A grafikon tehát az elfogadható, a várható érték körüli ingadozást mutatja az idő függvényében.

A KRI-k révén – az idő előrehaladtával – óriási mennyiségű adat képződik az intézményekben, amelyek kezelése, az átláthatóság biztosítása kulcsfeladat. E problémák áthidalását, megoldását segíti a jól strukturált, megfelelő infrastruktúrával alátámasztott, gördülékeny kommunikáción alapuló jelentési rendszer kiépítése. A KRI-k kezelésére és a működési kockázat menedzsmenttámogatására különböző kockázatkezelő szoftverek kínálnak megoldást.

3. ÖSSZEZGÉS

A folyamatspecifikus kulcs kockázati indikátorok alkalmazása a működési kockázat kezelésére alkalmazott technikák körében újszerű megközelítés, amely a kockázati kitétség pontos meghatározására teremt lehetőséget. A banki folyamatok számbavétele, majd a folyamatok kritikus pontjait megragadó indikátorok alkalmazása a kockázati kitétség meghatározásának hatékony eszköze. Lényeges szempont, hogy az eljárás teljes körű legyen, az intézmények minden tevékenységének megragadja, ne maradjanak ki olyan területek, illetve tényezők, amelyek a mű-

ködési veszteségek szempontjából potenciális veszélyforrásnak tekinthetők. Ezért szükséges a folyamatspecifikus indikátorokkal párhuzamosan alkalmazni a banki infrastruktúrára, a humán erőforrásra és a külső környezetre vonatkozó kockázati mutatókat, amelyek a folyamatok eredményességét, ezáltal a bank működési kockázati kitettségét is befolyásolják.

A folyamat alapú indikátorok kidolgozása, tesztelése jelentős idő- és munkaráfordítással jár, emellett komoly informatikai támogatást igényel; ennek következtében komoly költségeket jelent az intézmények számára. Ha azonban jól működik a rendszer, akkor hosszú távon megtérülnek ezek a költségek és ráfordítások, hiszen a kulcs kockázati indikátorok változásán keresztül előre jelezhetővé, megelőzhetővé válik egy-egy kockázati esemény bekövetkezése. Az RMA 2006-ban végzett kutatása – amelyben 55 pénzügyi intézmény vett részt – arra a következtetésre jutott, hogy a működési kockázat kezelése jótékonyan hat a részvényesi értékre, mivel csökkenti a működési veszteségeket, és növeli a kockázati tudatosságot. Minél precízebb és megalapozottabb módszereket – mint például a folyamat alapú kockázati indikátorok – alkalmaznak kockázatkezelési rendszerükben az intézmények, annál nagyobb megtérülésre számíthatnak.

IRODALOMJEGYZÉK

- BIS [2001]: Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk. Bank for International Settlement, 2001. december, www.bis.org 8. o.
- BIS [2006]: Observed range of practice in key elements of Advanced Measurement Approaches [AMA] 2006. október, www.bis.org
- ÉLŐ, G. [2004]: IRM és az üzleti folyamatok. Információmenedzsment II. kurzus, 2004. tavaszi szemeszter [informen_II_3_irm.ppt], www.itm.bme.hu
- JL&A [2006]: Emerging Best Practices in Developing Key Risk Indicators and ERM Reporting. An Executive White Paper by James Lam & Associates, 2006. szeptember, www.cognos.com
- RAFFAI, M. [1999]: BPR – Üzleti folyamatok újjászervezése. A menedzsment sikeres megoldásai [MSM] sorozat, Novadat Bt., 22–23. o.
- RMA [2005]: The KRI Banking Study. The Risk Management Association, www.kriex.org 1–32. o.
- RMA [2007]: Operational Risk Management – The Next Frontier. Executive Summary 2007. január, www.rmahq.org
- RIMS [2006]: RIMS Risk Maturity Model for Enterprise Risk Management, 2006. november, www.RIMS.org
- SCANDIZZO, S. [2005]: Risk Mapping and Key Risk Indicators in Operational Risk Management, *Economic Notes*, 231–256. o.
- ÁLVAREZ, G. [2002]: Operational Risk Event Classification www.garp.com/library/article, vagy www.zurich.co.uk

Abstract of the articles

ON THE WAY TO AMA AT ERSTE BANK HUNGARY

ZSOLT ARMAI–DÁNIEL HOMOLYA–KLÁRA KASNYIK

–OTTÓ KOVÁCS–GERGELY SZABOLCS

Managing and modeling operational risk is one of the greatest challenges in the process of Basel II implementation, as this risk category has not been captured in the current risk regulatory regime. This article provides a review of the operational risk measurement concept and its implementation strategy of Erste Bank Hungary (EBH), where EBH works together with ITCB Consulting and Training.

Nowadays more and more institutions share their practice via publications and conference presentations to enhance „best practice” solutions (e.g. *Aue–Kalbrener* [2006]). This article follows this tendency.

Our main presumption is that loss data solely do not provide adequate basis for risk assessment due to dynamic changes in previous period and relatively short period of loss data collection practice, expert judgments and scenario analysis techniques should be also involved in risk measurement. Therefore EBH emphasizes the importance of risk self-assessment techniques. The final goal of operational risk modeling is to provide suitable inputs for risk monitoring and management actions. First we present the status of preparation process of EBH, afterwards the overall model concept (risk self-assessment, scenario analysis, risk mitigation techniques) is reviewed. Finally we compare [EBH's] operational risk strategy with other possible strategies.

OPERATIONAL DISRUPTION AND THE HUNGARIAN REAL TIME GROSS SETTLEMENT SYSTEM (VIBER)

ÁGNES LUBLÓY–ÉSZTER TANAI

Central bankers wish to ensure worldwide, that large-value transfer systems, as a component of the key market infrastructure, exhibit sufficiently robust level of operational resilience. We focus on the operational resilience of Hungarian real time gross settlement system, known as VIBER. The goal of the research is the quantitative assessment of the ability of the system to withstand certain types of operational shocks. We shed light on the capacity of the system to function smoothly in the event of operational problems by simulating the technical default of one or two systemically important participants in VIBER. Altogether six hypothetical scenarios were formed, three entire-day incidents and three part-time incidents. The impact of behavioural reactions of technically non-defaulted participants and the application of existing back-up procedures are also considered. The disturbance in the payment system was measured by various indicators. By means of gross and net liquidity deficit indicators liquidity assistance required to settle all previously rejected transactions is calculated. By comparing the value of unsettled payments with the value of eligible collaterals in the banks' balance sheet we can gain insight whether the liquidity deficit can be financed through normal monetary policy operations.

ANALYSIS OF OPERATIONAL RISK OF BANKS – CATASTROPHE MODELLING

DÁNIEL HOMOLYA– GÁBOR BENEDEK

Nowadays financial institutions due to regulation and internal motivations care more intensively on their risks. Besides previously dominating market and credit risk new trend is to handle operational risk systematically. Operational risk is the risk of loss resulting from inadequate or failed internal processes, people and systems or from external events. First we show the basic features of operational risk and its modelling and regulatory approaches, and after we will analyse operational risk in an own developed simulation model framework. Our approach is based on the analysis of latent risk process instead of manifest risk process, which widely popular in risk literature. In our model the latent risk process is a stochastic risk process, so called Ornstein-Uhlenbeck process, which is a mean reversion process. In the model framework we define catastrophe as breach of a critical barrier by the process. We analyse the distributions of catastrophe frequency, severity and first time to hit, not only for single process, but for dual process as well. Based on our first results we could not falsify the Poisson feature of frequency, and long tail feature of severity. Distribution of „first time to hit” requires more sophisticated analysis. At the end of paper we examine advantages of simulation based forecasting, and finally we concluding with the possible, further research directions to be done in the future.

**LOSS DISTRIBUTION APPROACH (LDA)
FOR MODELLING OPERATIONAL RISK**

GÁLL JÓZSEF–NAGY GÁBOR

In this paper we summarise the theoretical background of loss distribution approach (LDA) for modelling operational risk and consider the necessary statistical methods for its application. The theory of LDA discussed in this paper is certainly known in the literature – including the directives of the (regulatory) authorities –, hence the derivation of further theoretical results and the proposal of possible new models are not among our aims in this paper. However, we find it fairly important to consider issues of the applications and to present some problems (e.g. model selection, statistical problems) which might be crucial to the successful applications of the method in a financial institution. For this, we discuss several examples and results on simulations to show the consequences of the regulations and of our decisions in model specification to the capital requirement for operational risk based on LDA.

KEY RISK INDICATORS AND THEIR FIELD OF APPLICATION

GABRIELLA LAMANDA

The calculation of operational risk capital requirements and the risk management mean great achievement for institutions. They should adopt different methodologies for risk identification, assessment, monitoring and mitigation. The process-specific key risk indicators provide a reliable basis for estimating the operational risk profile. The role of them is relevant in the monitoring and forecasting of operational risk. It is essential to design the appropriate indicators, otherwise it is hard to get a real picture of changing of risk exposures. The purpose is to identify potential high-risk hotspots and anticipate the potential problems before they occur.