

DÁVID LÁSZLÓ

## A piaci kockázatkezelési eszközök viselkedése extrém piaci körülmények között<sup>1</sup>

A tavalyi év során kialakult világméretű válság alaposan megbolygatta a piaci árfolyamok idősorait. Ennek következtében a normál piaci körülményekre kialakított piaci kockázatkezelési eszközök megbízhatósága jelentősen csökkent. A változások olyan hirtelen mentek végbe, hogy a piaci szereplők nem tudtak megfelelő gyorsasággal reagálni a módosult piaci környezet kihívásaira. Cikkemben részletesen elemzem a piaci adatok idősorát, bebizonyítom, hogy a 2008. évi események egyedinek tekinthetők, az utóbbi évtizedekben nem tapasztalhattunk hasonló mértékű és kedvezőtlen irányú piaci árfolyammozgásokat. Rámutatok arra, hogy amennyiben a modellek feltételrendszerét felülvizsgáljuk és a megfelelő módosításokat elvégezzük, akkor ezeknek a kockázatkezelési eszközöknek a megbízhatóságát jelentősen javítani lehet még extrém piaci körülmények között is.

### BEVEZETÉS

2008 második és harmadik negyedéve sokáig emlékezetes marad a pénzügyi történelemben. Az Egyesült Államokban kezdődő válság világméretűvé nőtt, hatására a piaci árfolyamok és idősorok hirtelen drasztikus változásokat mutattak. A helyzetet nemcsak az árfolyam-változások volatilitásának exponenciális emelkedése súlyosbította, hanem az is, hogy egyik pillanatról a másikra váltak az eloszlások extrémé, felborultak a korrelációs mátrixok, s ennek a hatására a korábban diverzifikáltak hitt portfóliók fedezetlenekké váltak. A pozíciók zárása miatti ügyletkötések tovább erősítették a negatív irányú változásokat, majd eljött az az időszak is, amikor a befektetői bizalom megszűnt a piacokon. Hiába próbálták a szereplők a fedezetlen portfólióikat átrendezni, a nagyfokú illikviditás miatt ezt nem voltak képesek hatékonyan elvégezni, ami miatt korábban nem tapasztalt, hatalmas veszteségek realizálódtak.

A kockázattípusok közötti korrelációk is megnöttek, a hitelezési piacon keletkező gondok hamar beszivárogtak mind a piaci, mind az operációs kockázatok területére, majd a bankok és hitelintézetek jövedelmezőségére is súlyos csapást mértek. A pénzügyi intézmények a költségsökkentés vezérszavát tüzték zászlaikra, ennek tömeges elbocsátás lett a következménye, ami tovább rontotta a bankok működésének hatékonyságát.

A hirtelen jött változások időszakában a felügyelvek kapkodó intézkedéseket hoztak, amelyek közül sokról utólag bebizonyosodott, hogy felesleges és hatástalan volt. Magyaror-

<sup>1</sup> Köszönettel tartozom Kassai Dániel és Soczó Csaba kollégáimnak lektorálási munkájukért és Borbély Árpád kollégámnak a modellezésekben nyújtott segítségéért.

szágon a negatív hatások élesebben jelentkeztek, és itt olyan problémák is felszínre kerültek, amelyekkel a nyugati fejlett országok nem szembesültek.

2008 második és harmadik negyedévében meglepő adatok láttak napvilágot a fejlett, nagyméretű univerzális bankok beszámolóiban. A piaci várakozásoknak megfelelően a beszámolóikban közölt VaR-számok emelkedtek, hiszen a piacon a volatilitás jelentősen megnőtt. Az viszont megdöbbentő, hogy a felügyeletek által kötelezően előírt VaR-backteszt<sup>2</sup> keretében a korábbi negyedévek megfelelő modellteljesítményével szemben drasztikusan megnőtt a túllépések száma. Általában 99%-os szignifikanciaszintű VaR esetében az elmúlt egy év távlatában 2-3 túllépés, 95%-os megbízhatósági szint mellett pedig 12-13 túllépés az elfogadható mérték. A Credit Suisse 99%-os VaR-modell használat mellett 11, a Bear Stearns 99% VaR mellett 10 és a UBS pedig szintén 99%-os VaR mellett 16 túllépést jelentett a backteszt során.<sup>3</sup> A helyzetet súlyosította az is, hogy ezek a kiugrások nem véletlenszerűen, hanem klaszterekben jelentkeztek. A modellek felülvizsgálata rávilágított egy olyan problémára is, amelyik régóta jelen volt a VaR-alapú tőkeképzés folyamatában. Ez a korábbi időszakok nulla közeli túllépéseiből eredő probléma a napi P&L<sup>4</sup> definíciójából adódott. Sok bank nem a portfóliók piaci értékváltozását vette alapul a modell tesztelése során, hanem egyéb P&L-komponenseket is figyelembe vett a kalkulációknál (pl. cost of carry, brókeri díjak, jutalékok stb). Emiatt a portfóliókra számított VaR-értékek és a portfóliókon keletkező P&L-eredmények összehasonlíthatatlanokká váltak. Ezekre a felügyeletek azonnali megszorításokkal és szigorításokkal válaszoltak.

A válság megkérdőjelezte a kockázatkezelési és elemzési eszközök alkalmazhatóságát az eredeti feltételrendszerek figyelembevétele mellett. Véleményem szerint azonban a modellek alapfeltételezéseiből eredő tökéletlenségek nem jelentik azt, hogy ezeket el kellene temetni, mert az extrém piaci árfolyamok részletes elemzése lehetővé teszi az említett eszközök mélyebb megismerését, az eszközök hatékonyságának javítását és további csiszolását.

Cikkemben részletesen megvizsgálom, hogy mennyire élesen és hirtelen változtak meg 2008 két utolsó negyedéve alatt a piaci idősorok statisztikai tulajdonságai, ami a korábban évtizedeken keresztül használt kockázatkezelési eszközök megbízhatóságának jelentős leértékelődését eredményezte. Az elemzés során külön figyelmet szentelek a hazai eseményeknek is, különös tekintettel a 2008. március végén kialakult „asset swap spread”<sup>5</sup> drasztikus kitágulására.

Az idősorok analízise után bemutatom, hogy a piaci kockázatkezelési eszközök, valamint a treasury kontrollfunkcióját betöltő limitrendszer megbízhatósága mennyiben sérült a válság során. Végezetül olyan fejlesztési irányokat ismertetek, amelyekkel a korábban felvázolt kockázatkontroll- és kockázatkezelési eszközök hatékonyságát extrém piaci körülmények között is nagymértékben javítani lehet. A piacon bekövetkező események azokat

2 Backteszt: a VaR-modellek teljesítményének utólagos ellenőrzése. Ennek keretében az adott portfólió tényleges piaci értékváltozását hasonlítjuk össze az előzetesen valamely VaR-moddellel előre jelzett változás mértékével.

3 ALEXANDER CAMPBELL–XIAO-LONG CHEN: VaR Counts (*Risk Magazin*, 2009. január)

4 P&L: profit and loss kimutatás. A treasury kereskedési tevékenység eredményének mérése a számviteli megközelítéstől számos pontnál különbözik, speciális szabályok vonatkoznak rá.

5 „Asset swap” alatt a különböző eszközök egymással szembeni pozícióit értem, azokat, amelyeket elsősorban fedezeti céllal kötnek. Általában az értékelő árfolyamok a két eszköszegmensben erősen korrelálnak; amikor azonban ez az összefüggés felbomol, jelentős veszteségek keletkezhetnek a portfólióban.

a feltételeket változtatták meg, amelyekre a modellek épültek normál piaci körülmények között, így a feltételrendszerek újragondolásával jelentősen növelhető az eszközök megbízhatósága.

## 1. A PIACI ADATOK TULAJDONSÁGAI A GAZDASÁGI VÁLSÁGOK ALATT

A piaci adatok elemzése során alapvetően 5 időszakot vizsgálok részletesen:

- **1997–1999:** ebben az időszakban lehet megfigyelni az orosz válság nyomán kialakult illikviditás miatti piactorzulásokat.
- **2000–2002:** ebben az időszakban „durrant” ki a sok éven keresztül fűjt „dotcom-buborék”, amely az IT-s cégek részvényeinek árfolyamzuhanását okozta.
- **2003–2005:** a világgazdaságban alacsony volatilitás és emelkedő árfolyamok voltak jellemzőek.
- **2006–2007:** ebben az időszakban még mindig emelkedő árfolyamok, gazdasági fellendülés volt jellemző, ám a volatilitások elkezdtek emelkedni.
- **2008–2009 Q1:** a legújabb világgazdasági válság kiteljesedése.

Általában megfigyelhető, hogy a 2008-ban kezdődő gazdasági válságon kívül Magyarországon a piaci árfolyamok a világgazdaságban kialakult trendektől többé-kevésbé függetlenül viselkedtek.

A vizsgálat során elemzem a különböző kockázattípusokat – deviza-, részvény- és kamatláb-kockázat –, továbbá az eszközök és a régiók közötti korrelációs viszonyokat. A fejlett nyugat-európai és amerikai nagybankok portfólióiban az egyes kockázattípusok közötti megoszlás a következőképpen alakul: 50% kamatláb-kockázat, 40% részvénykockázat és 10% devizakockázat. A hazai bankok portfólióiban ez az arány általában a következő: 50% kamatláb-kockázat, 10% részvénykockázat és 40% devizaárfolyam-kockázat. Így kijelenthető, hogy a hazai bankok esetében a deviza- és a kamatlábpiacon kialakult sokkok érintik leginkább a portfóliók piaci értékét.

### 1.1. A részvényt piacok elemzése

A részvényt piacok kockázatát az analízisbe bevont országok<sup>6</sup> főbb részvényindexeinek<sup>7</sup> elemzésén keresztül vizsgáltam.

Az alábbi indexeket vettem alapul:

- **BUX:** a hazai börze 13 legnagyobb kapitalizációjú társaságának részvényárfolyamából kalkulált piaci értéksúlyozású index,

<sup>6</sup> A vizsgálatba bevont országok: Németország, Egyesült Államok, Franciaország, Anglia, Csehország, Lengyelország és Magyarország.

<sup>7</sup> Forrás: Bloomberg

- **DAX:** a frankfurti tőzsde 30 legnagyobb cégének részvényárfolyamából számított piaci értéksúlyozású indexe,
- **DJIA:** a 30 legnagyobb amerikai cég részvényárfolyamából számított piaci ársúlyozású index,
- **CAC 40:** a párizsi tőzsde 40 legnagyobb kapitalizációjú cég részvényárfolyamából számított piaci értéksúlyozású indexe,
- **FTSE 100:** a londoni tőzsde 100 legnagyobb piaci értékű társaságának árfolyamaiból számított piaci értéksúlyozású indexe,
- **PX:** a prágai tőzsde 50 legnagyobb piaci értékű társaságának árfolyamaiból számított piaci értéksúlyozású indexe,
- **WIG:** a varsói tőzsde legnagyobb piaci értékű társaságainak árfolyamaiból számított piaci értéksúlyozású indexe

Az indexek logaritmikus napi változásaiból számított évesített szórásait és várható értékeiket mutatja be az *1. táblázat*<sup>8</sup>:

*1. táblázat*

#### Részvényindexek éves szórásának és várható értékének alakulása

SZÓRÁSOK							
ÉV	BUX	DAX	DJIA	CAC 40	FTSE 100	PX	WIG
1997	36,62%	23,64%	21,65%	22,18%	17,03%	18,60%	25,34%
1998	51,47%	32,13%	20,16%	28,54%	23,00%	27,11%	49,80%
1999	34,07%	25,21%	18,71%	22,71%	20,07%	24,49%	28,14%
2000	28,40%	25,61%	22,38%	24,80%	19,94%	25,77%	29,91%
2001	23,54%	30,43%	22,40%	27,41%	21,10%	24,29%	23,99%
2002	24,04%	41,50%	25,96%	36,31%	28,08%	23,04%	19,55%
2003	18,29%	32,42%	16,96%	26,84%	20,13%	16,48%	19,87%
2004	17,53%	16,28%	10,92%	14,33%	10,77%	16,21%	15,60%
2005	24,75%	12,96%	10,91%	11,37%	9,27%	19,72%	14,61%
2006	25,17%	15,83%	10,25%	15,32%	12,72%	20,85%	22,21%
2007	19,40%	16,45%	15,06%	18,16%	18,94%	18,25%	22,13%
2008	47,64%	39,38%	38,81%	42,43%	38,65%	52,46%	33,24%
2009	42,51%	36,97%	32,77%	35,36%	32,65%	39,91%	39,37%

A fenti adatokból látható, hogy a 2008-ban és 2009-ben bekövetkezett változások a szórásértékekben nem tekinthetők egyediéknél. A hazai és kelet-európai részvényindexek esetében az orosz és a dotcom-válság magasabb volatilitást eredményezett, mint a jelenlegi recesszió. Az viszont egyedivé teszi a jelenlegi eseményeket, hogy a várható értékekben

<sup>8</sup> A tanulmányban található valamennyi táblázatot és grafikont a cikk szerzője készítette.

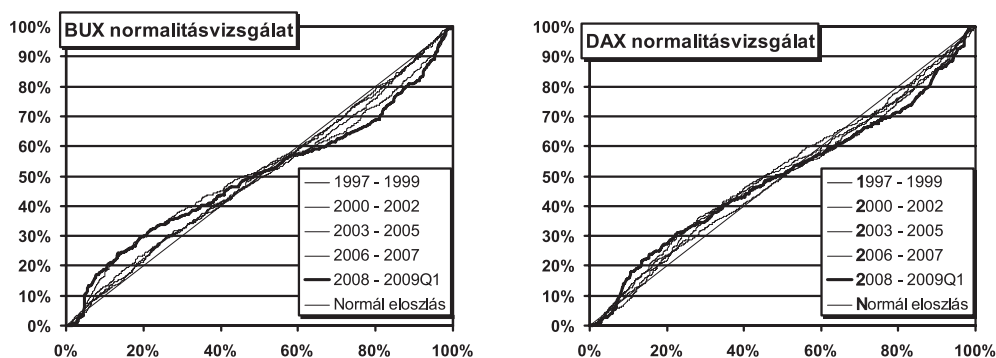
drasztikus csökkenés jelentkezett 80% körüli veszteségrátával. Amikor egy erőteljes trend uralkodik egy idősoron, akkor a hosszú távú VaR-alapú becslés tulajdonképpen működés-képtelenné válik. A –80%-os éves hozam viszont olyan mértékű, hogy a rövidebb távú (akár a 10 napos) VaR-számítások megbízhatósága is megkérdőjelezhetővé válik.

A parametrikus VaR-kalkuláció<sup>9</sup> legfőbb hátránya az, hogy a modell a valószínűségi változók normális eloszlását feltételezi. Amikor egy idősor erőteljesen leptokurtikus<sup>10</sup>, akkor a parametrikus VaR által adott veszteségértékek nagymértékben alulbecslik a tényleges kockázatokat. Noha a modellnek ezt a hátrányát mindenki jól ismeri, a parametrikus megközelítés mégis kedvelt elemzési eszköz a világ minden táján, mert gyorsan kalkulálható, és nem igényel összetett, költségigényes rendszereket. Számos nyugat-európai és amerikai nagybank jelenleg is parametrikus VaR-on alapuló tőkeképzési rendszert működtet.

Vajon mennyire térnek el az idősorok a normális eloszlástól? Az 1. ábra szemlélteti ezt a vizsgálatot. A diagramok értelmezése az alábbi: minél közelebb van az 1 meredekségű egyeneshez az egyes idősorokhoz tartozó görbe, annál jobban közelít a normális eloszláshoz.

1. ábra

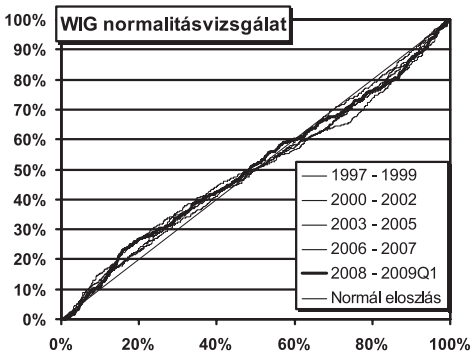
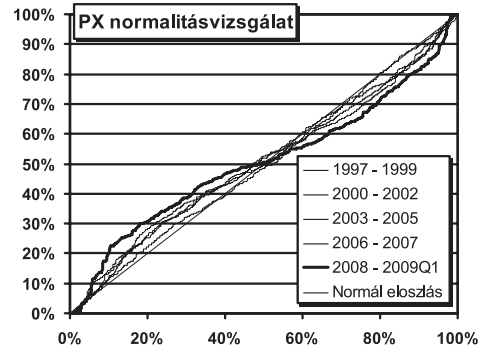
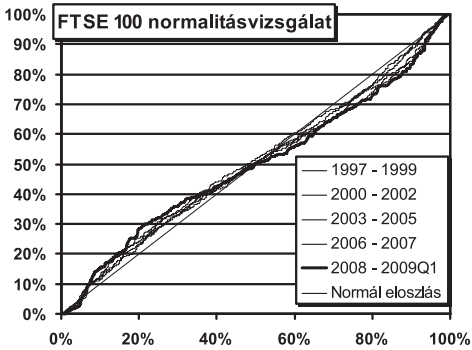
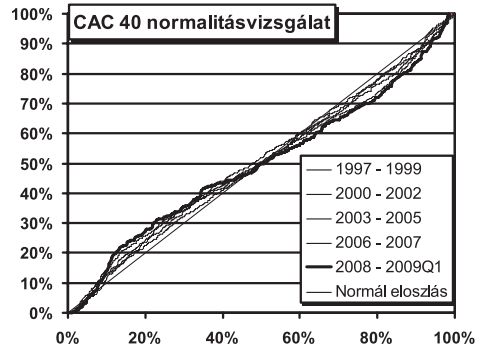
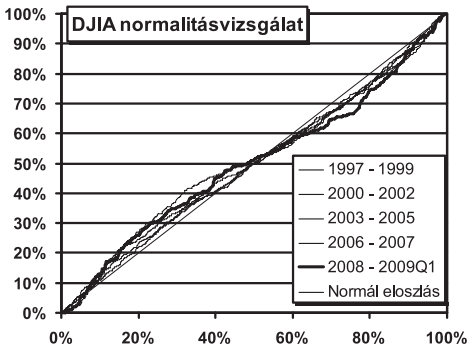
### A részvényindexek loghozamainak<sup>11</sup> normalitásvizsgálata



9 A VaR számítását jelentősen leegyszerűsítethetjük, ha normális eloszlást feltételezünk. Ha ez az eset áll fenn, akkor a VaR-mérőszámot közvetlenül származtathatjuk a portfólió szórásából, egy – a konfidenciaszinttől függő – szorzótényező felhasználásával. Ezt a módszert *parametrikus módszernek* hívják, mivel egy paraméter, a szórás becslését igényli, és alkalmazásakor nem csupán a tapasztalati eloszlás egyik kvantilisét határozzuk meg. (PHILIPPE JORION: A kockázatosított érték, Panem, Budapest 1999).

10 Leptokurtikusnak nevezük azokat az eloszlásokat, amelyek szélső részeinél az események bekövetkezésének valószínűsége jóval nagyobb, mint amit a Gauss-féle normális eloszlás használatával tapasztalnánk.

11 Napi loghozam – az árfolyam napi változásainak logaritmusai:  $\ln(X_{t+1}/X_t)$



A fenti grafikonok azt is szemléltetik, hogy a WIG kivételével minden egyes index idősrában megfigyelhető: leginkább a 2008–2009-es események térítették el a napi loghozamok eloszlását a normális eloszlástól.

A korrelációs mátrixok hirtelen változása a portfóliók diverzifikációs hatékonyságát jelentősen csökkentheti. Minél hirtelenebb a változás, annál nehezebb a befektetőknek, kereskedőknek a pozícióik átrendezése. 2008-ban és 2009-ben a piacok illikviddé váltak, ami lehetetlenné tette az optimális fedezettség kialakítását, s ez korábban nem látott veszteségeket okozott.

A 2. táblázat a korrelációs viszonyok változását mutatja be a vizsgált időszakokban.

2. táblázat

### A részvényindexek loghozama közötti korrelációk

#### 1997–1999

	<b>BUX</b>	<b>DAX</b>	<b>DJIA</b>	<b>CAC 40</b>	<b>FTSE 100</b>	<b>PX</b>	<b>WIG</b>
<b>BUX</b>	1	0,500	0,294	0,474	0,483	0,477	0,450
<b>DAX</b>	0,500	1	0,491	0,756	0,715	0,410	0,361
<b>DJIA</b>	0,294	0,491	1	0,536	0,532	0,229	0,283
<b>CAC40</b>	0,474	0,756	0,536	1	0,773	0,384	0,290
<b>FTSE100</b>	0,483	0,715	0,532	0,773	1	0,407	0,357
<b>PX</b>	0,477	0,410	0,229	0,384	0,407	1	0,359
<b>WIG</b>	0,450	0,361	0,283	0,290	0,357	0,359	1

#### 2000–2002

	<b>BUX</b>	<b>DAX</b>	<b>DJIA</b>	<b>CAC 40</b>	<b>FTSE 100</b>	<b>PX</b>	<b>WIG</b>
<b>BUX</b>	1	0,464	0,305	0,489	0,464	0,517	0,460
<b>DAX</b>	0,464	1	0,609	0,847	0,745	0,390	0,343
<b>DJIA</b>	0,305	0,609	1	0,516	0,483	0,233	0,188
<b>CAC40</b>	0,489	0,847	0,516	1	0,842	0,448	0,383
<b>FTSE100</b>	0,464	0,745	0,483	0,842	1	0,405	0,343
<b>PX</b>	0,517	0,390	0,233	0,448	0,405	1	0,434
<b>WIG</b>	0,460	0,343	0,188	0,383	0,343	0,434	1

#### 2003–2005

	<b>BUX</b>	<b>DAX</b>	<b>DJIA</b>	<b>CAC 40</b>	<b>FTSE 100</b>	<b>PX</b>	<b>WIG</b>
<b>BUX</b>	1	0,241	0,122	0,273	0,303	0,463	0,481
<b>DAX</b>	0,241	1	0,617	0,875	0,751	0,291	0,351
<b>DJIA</b>	0,122	0,617	1	0,538	0,481	0,155	0,243
<b>CAC40</b>	0,273	0,875	0,538	1	0,848	0,306	0,369
<b>FTSE100</b>	0,303	0,751	0,481	0,848	1	0,309	0,328
<b>PX</b>	0,463	0,291	0,155	0,306	0,309	1	0,408
<b>WIG</b>	0,481	0,351	0,243	0,369	0,328	0,408	1

**2006–2007**

	<b>BUX</b>	<b>DAX</b>	<b>DJIA</b>	<b>CAC 40</b>	<b>FTSE 100</b>	<b>PX</b>	<b>WIG</b>
<b>BUX</b>	1	0,509	0,241	0,531	0,499	0,607	0,658
<b>DAX</b>	0,509	1	0,567	0,931	0,856	0,575	0,548
<b>DJIA</b>	0,241	0,567	1	0,582	0,564	0,340	0,334
<b>CAC40</b>	0,531	0,931	0,582	1	0,913	0,612	0,582
<b>FTSE100</b>	0,499	0,856	0,564	0,913	1	0,620	0,602
<b>PX</b>	0,607	0,575	0,340	0,612	0,620	1	0,640
<b>WIG</b>	0,658	0,548	0,334	0,582	0,602	0,640	1

**2008–2009 Q1**

	<b>BUX</b>	<b>DAX</b>	<b>DJIA</b>	<b>CAC 40</b>	<b>FTSE 100</b>	<b>PX</b>	<b>WIG</b>
<b>BUX</b>	1	0,719	0,517	0,716	0,707	0,704	0,681
<b>DAX</b>	0,719	1	0,636	0,966	0,926	0,699	0,712
<b>DJIA</b>	0,517	0,636	1	0,614	0,598	0,420	0,457
<b>CAC40</b>	0,716	0,966	0,614	1	0,954	0,705	0,707
<b>FTSE100</b>	0,707	0,926	0,598	0,954	1	0,704	0,703
<b>PX</b>	0,704	0,699	0,420	0,705	0,704	1	0,811
<b>WIG</b>	0,681	0,712	0,457	0,707	0,703	0,811	1

Az adatokból egyértelműen látszik, hogy a 2008-ban kiteljesedett válságban az egyes indexek közötti korrelációk a korábbi időszakokhoz képest jóval nagyobb mértékben emelkedtek.

**1.2. A devizapiacok elemzése**

A devizapiacokat a forinttal szembeni devizapárok idősorain keresztül vizsgálom. Mivel az euró bevezetése és a zloty piacán bevezetett reform miatt nem állt rendelkezésemre elegendő hosszúságú idősor, így az 5 időszak helyett csak 4-et vizsgáltam.<sup>12</sup>

Ha egy pillantást vetünk a 3. táblázatban a szórások és várható értékek alakulására, kiderül, hogy a forintot tekintve, az elmúlt időszak eseményei rendkívüli állapotot hoztak létre. A szórások minden forinttal szembeni deviza esetében 2009 első negyedévében voltak a legmagasabbak, és ugyanebben az időszakban gyengült legnagyobb mértékben a hazai fizetőeszköz. A drámai helyzetet fokozza az a tény is, hogy a forint a régiós devizákkal szemben is erőteljesen gyengült. Úgy tűnik az adatok alapján, hogy a válság hazánkban a bankok devizapozícióit érintette leginkább. Mivel a hitelezési tevékenység döntő többsége devizában történik, így a hitelek törlesztőrészleteinek emelkedése a lakosságot is erőteljesen sújtja. Ezek a jellemzők a VaR-modellek paramétereinek újragondolását mindenképpen szükségessé teszik.

12 Forrás: Bloomberg. A devizaárfolyamok a bankközi piacon kialakult jegyzéseket tükrözi.



## Devizapárok éves szórásának és várható értékének alakulása

**SZÓRÁSOK**

ÉV	EUR HUF	USD HUF	CHF HUF	CZK HUF	SKK HUF	GBP HUF	PLN HUF
2000	3,40%	11,68%	5,10%	8,24%	7,42%	9,70%	13,19%
2001	7,56%	12,34%	9,24%	9,22%	9,53%	10,94%	11,96%
2002	5,60%	9,19%	7,83%	10,16%	7,77%	7,63%	11,45%
2003	12,04%	15,12%	12,59%	12,04%	12,17%	14,48%	13,74%
2004	6,48%	12,75%	7,74%	8,01%	6,67%	8,88%	8,92%
2005	5,01%	10,62%	6,11%	4,82%	5,35%	7,49%	7,63%
2006	8,50%	11,84%	9,48%	7,87%	7,71%	9,59%	6,53%
2007	7,29%	10,15%	9,61%	8,71%	6,86%	8,74%	5,54%
2008	14,07%	22,24%	18,52%	13,35%	13,68%	17,62%	12,61%
2009	<b>20,27%</b>	<b>28,34%</b>	<b>25,26%</b>	<b>15,43%</b>	<b>20,53%</b>	<b>25,45%</b>	<b>18,27%</b>

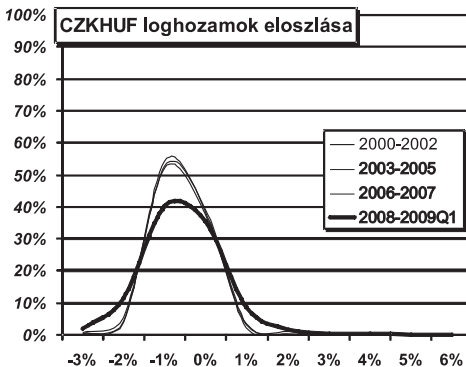
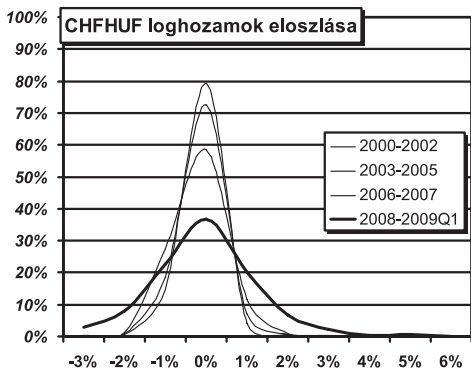
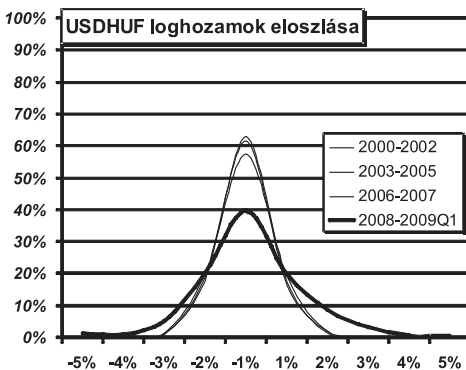
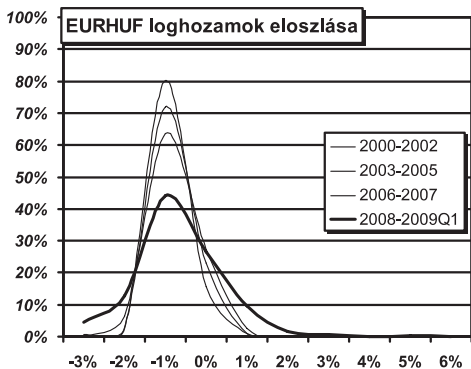
**VÁRHATÓ ÉRTÉKEK**

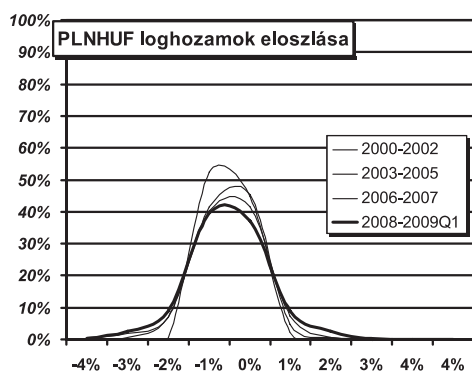
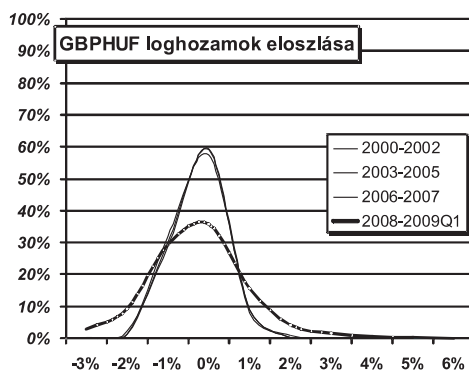
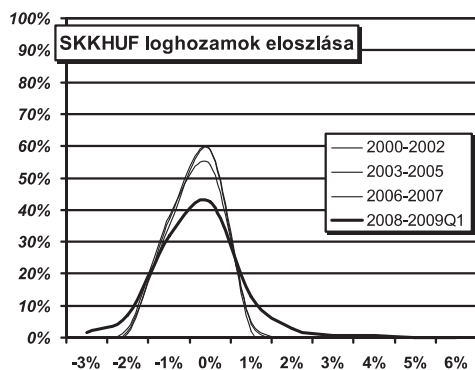
ÉV	EUR HUF	USD HUF	CHF HUF	CZK HUF	SKK HUF	GBP HUF	PLN HUF
2000	3,84%	12,85%	8,86%	6,44%	0,20%	3,68%	<b>12,64%</b>
2001	<b>-7,50%</b>	-2,57%	-4,51%	1,85%	<b>-5,74%</b>	-5,02%	1,40%
2002	-3,54%	<b>-17,68%</b>	-1,92%	<b>-3,33%</b>	0,15%	-9,25%	<b>-15,08%</b>
2003	11,09%	-6,52%	3,56%	8,84%	12,04%	3,17%	-4,02%
2004	-6,32%	-12,70%	<b>-5,37%</b>	-0,48%	-0,81%	-6,61%	7,17%
2005	2,78%	16,99%	2,05%	6,89%	4,94%	5,37%	8,71%
2006	-0,47%	-10,37%	-3,63%	4,98%	9,09%	1,61%	-0,24%
2007	0,49%	-8,73%	-2,29%	4,18%	2,95%	-7,55%	6,72%
2008	4,82%	9,32%	15,89%	3,72%	16,34%	<b>-18,50%</b>	-8,36%
2009	<b>135,98%</b>	<b>328,32%</b>	<b>148,82%</b>	<b>74,93%</b>	<b>136,83%</b>	<b>241,64%</b>	<b>4,84%</b>

A következő lépésben a devizaárfolyamok napi logváltozásának sűrűségfüggvényét elemeztem. A 2. ábrán látszik, hogy egyértelműen a 2008 és 2009 Q1 időszakban váltak az eloszlások leptokurtikusá és extrémé. A grafikonokon a korábban említett várható érték és volatilitás növekedése is nyomon követhető.

2. ábra

## A devizapárok napi loghozamainak sűrűségfüggvénye





Végül nézzük meg a vizsgált devizapárok közötti korrelációk alakulását!

4. táblázat

**A devizapárok loghozama közötti korrelációk**

**2000–2002**

	EUR HUF	USD HUF	CHF HUF	CZK HUF	SKK HUF	GBP HUF	PLN HUF
EURHUF	1	0,324	0,584	0,424	0,524	0,410	0,135
USDHUF	0,324	1	0,322	0,354	0,357	0,663	0,542
CHFHUF	0,584	0,322	1	0,365	0,329	0,398	0,159
CZKHUF	0,424	0,354	0,365	1	0,383	0,324	0,281
SKKHUF	0,524	0,357	0,329	0,383	1	0,348	0,259
GBPHUF	0,410	0,663	0,398	0,324	0,348	1	0,351
PLNHUF	0,135	0,542	0,159	0,281	0,259	0,351	1

**2003–2005**

	<b>EUR HUF</b>	<b>USD HUF</b>	<b>CHF HUF</b>	<b>CZK HUF</b>	<b>SKK HUF</b>	<b>GBP HUF</b>	<b>PLN HUF</b>
EURHUF	1	0,658	0,758	0,780	0,771	0,774	0,543
USDHUF	0,658	1	0,422	0,498	0,489	0,723	0,499
CHFHUF	0,758	0,422	1	0,580	0,513	0,603	0,382
CZKHUF	0,780	0,498	0,580	1	0,701	0,618	0,522
SKKHUF	0,771	0,489	0,513	0,701	1	0,616	0,504
GBPHUF	0,774	0,723	0,603	0,618	0,616	1	0,531
PLNHUF	0,543	0,499	0,382	0,522	0,504	0,531	1

**2006–2007**

	<b>EUR HUF</b>	<b>USD HUF</b>	<b>CHF HUF</b>	<b>CZK HUF</b>	<b>SKK HUF</b>	<b>GBP HUF</b>	<b>PLN HUF</b>
EURHUF	1	0,790	0,908	0,836	0,671	0,846	0,553
USDHUF	0,790	1	0,689	0,679	0,505	0,756	0,429
CHFHUF	0,908	0,689	1	0,782	0,602	0,792	0,500
CZKHUF	0,836	0,679	0,782	1	0,644	0,731	0,611
SKKHUF	0,671	0,505	0,602	0,644	1	0,575	0,517
GBPHUF	0,846	0,756	0,792	0,731	0,575	1	0,490
PLNHUF	0,553	0,429	0,500	0,611	0,517	0,490	1

**2008–2009 Q1**

	<b>EUR HUF</b>	<b>USD HUF</b>	<b>CHF HUF</b>	<b>CZK HUF</b>	<b>SKK HUF</b>	<b>GBP HUF</b>	<b>PLN HUF</b>
EURHUF	1	0,803	0,911	0,655	0,957	0,743	0,404
USDHUF	0,803	1	0,769	0,474	0,758	0,757	0,245
CHFHUF	0,911	0,769	1	0,577	0,867	0,633	0,290
CZKHUF	0,655	0,474	0,577	1	0,639	0,521	0,573
SKKHUF	0,957	0,758	0,867	0,639	1	0,714	0,418
GBPHUF	0,743	0,757	0,633	0,521	0,714	1	0,407
PLNHUF	0,404	0,245	0,290	0,573	0,418	0,407	1

A mátrixokból látható, hogy a korrelációk megnöttek ugyan, de ez korántsem tekinthető extrém megugrásnak. Sőt, nagy általánosságban elmondható, hogy 2006–2007-ben magasabbak voltak a korrelációk, mint a jelenlegi piaci helyzetben.

### 1.3. A kamatlábpiaconak elemzése

A kamatlábpiaconakat a BUBOR- és LIBOR-piaconak 6 hónapos hozamadatain keresztül vizsgálom.<sup>13</sup>

- **LIBOR-hozamok:** a londoni pénzpiaci bankközi jegyzésekből kalkulált referencia-hozamok (a vizsgálatban: EURO LIBOR, USD LIBOR és CHFLIBOR).
- **BUBOR-hozamok:** a budapesti pénzpiaci bankközi jegyzésekből kalkulált referencia-hozamok .

Az 5. táblázat a szórások és várható értékek alakulását mutatja be.

5. táblázat

#### A kamatlábváltozások éves szórásának és várható értékének alakulása

#### SZÓRÁSOK

ÉV	BUBOR 06M	EURIBOR 06M	USDLIBOR 06M	CHFLIBOR 06M
1997	4,06%	7,55%	5,78%	51,48%
1998	16,47%	8,08%	8,59%	50,14%
1999	6,04%	12,70%	6,18%	47,17%
2000	12,31%	8,96%	5,07%	21,57%
2001	7,15%	13,85%	26,34%	22,13%
2002	18,45%	10,47%	25,25%	40,50%
2003	43,25%	11,24%	24,49%	62,42%
2004	18,84%	9,16%	19,57%	51,06%
2005	12,06%	6,85%	8,14%	18,12%
2006	13,11%	6,03%	5,05%	9,05%
2007	5,25%	4,91%	9,32%	7,81%
2008	33,34%	10,50%	39,29%	44,47%
2009	9,77%	9,72%	37,87%	12,31%

<sup>13</sup> Forrás: Bloomberg.

**VÁRHA TÓ ÉRTÉKEK**

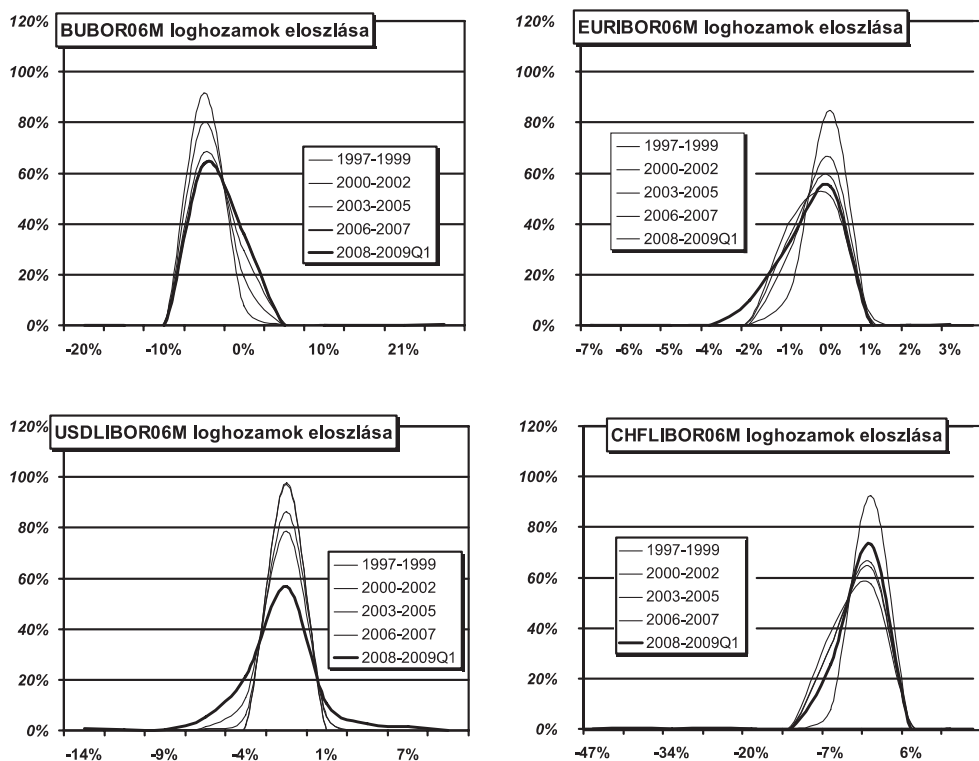
<b>ÉV</b>	<b>BUBOR 06M</b>	<b>EURIBOR 06M</b>	<b>USDLIBOR 06M</b>	<b>CHFLIBOR 06M</b>
1997	-13,43%	8,73%	-4,14%	-20,23%
1998	-14,58%	-28,44%	-13,72%	-3,63%
1999	-17,71%	10,00%	22,84%	26,15%
2000	-14,50%	38,23%	1,21%	75,22%
2001	-20,13%	-32,84%	-68,36%	-45,42%
2002	-18,02%	-14,25%	-31,07%	-66,51%
2003	50,39%	-23,09%	-11,82%	-45,84%
2004	-23,45%	2,29%	138,46%	139,17%
2005	-28,61%	19,65%	71,60%	48,94%
2006	24,17%	46,79%	14,44%	88,13%
2007	-7,18%	23,03%	-13,84%	31,69%
2008	33,17%	-37,26%	-62,80%	-72,22%
2009	-23,64%	-93,04%	20,26%	-76,97%

Az adatok alapján a 2008 második felében kialakult devizapiaci változásokat a szórás és várható értékek szempontjából nem tekinthetjük egyedieknek. Az elmúlt időszakban jelentkező 70% feletti hozamcsökkenések rendkívül magasak, s ez szintén megkérdőjelezi a VaR-modellek közép- és hosszú távú előrejelzési képességét.

A kamatlábak viselkedése normál piaci körülmények között sem tekinthető normálisnak. Az eloszlások további torzulása viszont a jelenlegi piaci környezetben szembetűnő.

Az alábbi grafikonok a napi kamatlábváltozások sűrűségfüggvényét mutatják be.

## A kamatlábak napi logváltozásainak sűrűségfüggvénye



Látható, hogy az összes vizsgált hozam esetében a valószínűségi változók leginkább a 2008-as 2009 Q1-es időszakban voltak messze a normális eloszlástól, és csak ebben az időszakban voltak megfigyelhetők az eloszlások széleinél előforduló, extrém mozgások.

Amennyiben a korrelációkat vesszük szemügyre, akkor kiderül, hogy az elmúlt hónapok eseményei nem borították fel különösképpen a hozamok együttmozgásainak összefüggésrendszerét.

6. táblázat

## A kamatlábak napi logváltozása közötti korrelációk

1997–1999

	<b>BUBOR 06M</b>	<b>EURIBO R06M</b>	<b>USDLIBOR 06M</b>	<b>CHFLIBOR 06M</b>
BUBOR06M	1	0,049	-0,106	0,032
EURIBOR06M	0,049	1	0,364	0,449
USDLIBOR06M	-0,106	0,364	1	0,404
CHFLIBOR06M	0,032	0,449	0,404	1

**2000–2002**

	<b>BUBOR 06M</b>	<b>EURIBOR 06M</b>	<b>USDLIBOR 06M</b>	<b>CHFLIBOR 06M</b>
BUBOR06M	1	-0,008	-0,004	-0,044
EURIBOR06M	-0,008	1	0,564	0,403
USDLIBOR06M	-0,004	0,564	1	0,409
CHFLIBOR06M	-0,044	0,403	0,409	1

**2003–2005**

	<b>BUBOR 06M</b>	<b>EURIBOR 06M</b>	<b>USDLIBOR 06M</b>	<b>CHFLIBOR 06M</b>
BUBOR06M	1	0,031	-0,017	0,055
EURIBOR06M	0,031	1	0,505	0,330
USDLIBOR06M	-0,017	0,505	1	0,431
CHFLIBOR06M	0,055	0,330	0,431	1

**2006–2007**

	<b>BUBOR 06M</b>	<b>EURIBOR 06M</b>	<b>USDLIBOR 06M</b>	<b>CHFLIBOR 06M</b>
BUBOR06M	1	0,005	0,076	0,025
EURIBOR06M	0,005	1	0,373	0,388
USDLIBOR06M	0,076	0,373	1	0,244
CHFLIBOR06M	0,025	0,388	0,244	1

**2008–2009 Q1**

	<b>BUBOR 06M</b>	<b>EURIBOR 06M</b>	<b>USDLIBOR 06M</b>	<b>CHFLIBOR 06M</b>
BUBOR06M	1	0,056	0,006	-0,019
EURIBOR06M	0,056	1	0,285	0,360
USDLIBOR06M	0,006	0,285	1	0,147
CHFLIBOR06M	-0,019	0,360	0,147	1

**1.4. A hazai hozamgörbe további vizsgálata**

Az előző pontban elvégzett elemzésből úgy tűnik, hogy a válság nem érintette drasztikusan a kamatlábiacot. Mivel a hazai bankok kereskedési könyvi portfóliójában<sup>14</sup> a kamatkitett-ség a legjelentősebb, így további vizsgálatnak vettem alá a hazai pénzpiacot.

<sup>14</sup> Nemcsak a kereskedési könyvben, hanem a banki könyvben is a kamatláb-kockázat a leginkább meghatározó. Mivel a banki könyvben tipikusan lejáratig tartott pozíciók találhatók, így ezeket az elemeket nem lehet piaci értékváltozást kifejező VaR-számokkal elemezni. A banki könyv kamatlábérzékeny elemeit a jövedelemváltozás oldaláról lehet leginkább megközelíteni.



Amennyiben nem a különböző devizákban jegyzett hozamok összefüggéseit vizsgáljuk, hanem a hazai hozamgörbe egyes pontjai közötti kapcsolatokat, akkor meghökkentő eredményeket kapunk. A vizsgálatokból kiderül, hogy a piaci változások rendkívüli mértékben megbolygatták a hazai hozamkörnyezetet, és egyik pillanatról a másikra hatalmas kockázati kitettségeket hoztak létre.

Az elemzés során külön ki kell emelni azt, hogy a világon tapasztalható likviditási válság kiteljesedése előtt hazánkban már jóval korábban jelentkezett egy kamatlábi piaci sokk 2008 folyamán.<sup>15</sup>

Az egyes pénzüpi- és kötvénytermékek piaci normál körülmények között erős pozitív korrelációban állnak egymással. A különböző termékeket a hozzájuk tartozó hozamjegyzésekből szerkesztett hozamgörbével kell értékelni. Míg a kötvények értékelésénél a kötvényhozamjegyzésekből, addig a pénzüpi termékek értékelésénél az FRA- és swapjegyzésekből kell kiindulni.

Ahogy a bevezetőben már említettem, „asset-swapnak” hívjuk az egyes eszközök cseréjét, ami tipikusan azt jelenti, hogy az egyik eszközcsoportban nyitott pozíciókat egy másik eszközcsoport ellentétes pozíciójával fedezik.

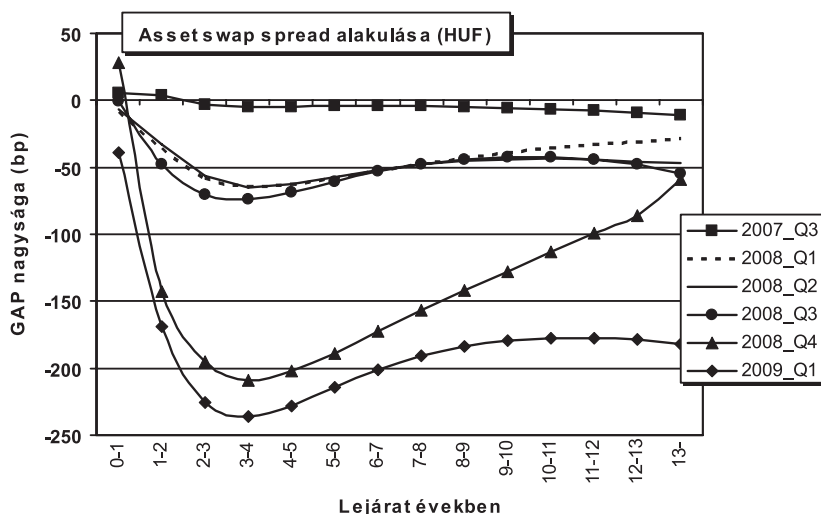
Hazánkban nagyon gyakori konstrukció volt az, hogy nagy piaci értékű kötvényportfóliót klasszikus kamatlábcseré-ügyletekkel és határidős kamatláb-megállapodásokkal fedeztek a bankok a kereskedési könyveikben.

2008 elejéig a két eszközcsoport hozamai szinte tökéletesen együtt mozogtak, ami 2008 március végére egyik pillanatról a másikra megszűnt, és a fent ismertetett asset-swap spread drasztikusan kitágult, ami még jelenleg is egyre inkább fokozódik. A hirtelen megszűnt likviditás miatt nem volt lehetősége a piaci szereplőknek a pozíciók kiigazítására, ami hatalmas veszteségeket okozott a tradingtevékenységben.

Az alábbi ábra szemlélteti a változásokat a forintpiacon.<sup>16</sup>

4. ábra

**Az asset swap spread alakulása a hozamgörbe egyes szegmenseiben**



15 A 2003. november végi 300 bázispontos kamatemelést is joggal tekinthetjük kamatlábi piaci sokknak.

16 A kötvények értékeléséhez használt hozamgörbék szerkesztéséhez felhasznált forrásadatok az ÁKK által közölt legjobb piaci kötvényjegyzéseiből származó árfolyamadatok. A pénzüpi hozamgörbe szerkesztéséhez az FRA- és swap jegyzéseket használtam (forrás: Reuters).

A hozamgörbe egyes pontjai közötti korrelációk is jelentős változáson mentek keresztül.

Az alábbi táblázatok a különböző lejáratú BUBOR-hozamok közötti korrelációkat számszerűsítik.

7. táblázat

### A BUBOR-hozamok napi logváltozása közötti korrelációk

#### 2003–2005

	BUBOR ON	BUBOR 03M	BUBOR 06M	BUBOR 01Y
BUBOR ON	1	0,474	0,345	0,200
BUBOR 03M	0,474	1	0,926	0,792
BUBOR 06M	0,345	0,926	1	0,932
BUBOR 01Y	0,200	0,792	0,932	1

#### 2006–2007

	BUBOR ON	BUBOR 03M	BUBOR 06M	BUBOR 01Y
BUBOR ON	1	0,051	-0,004	-0,006
BUBOR 03M	0,051	1	0,786	0,739
BUBOR 06M	-0,004	0,786	1	0,931
BUBOR 01Y	-0,006	0,739	0,931	1

#### 2008–2009 Q1

	BUBOR ON	BUBOR 03M	BUBOR 06M	BUBOR 01Y
BUBOR ON	1	0,659	0,653	0,653
BUBOR 03M	0,659	1	0,991	0,978
BUBOR 06M	0,653	0,991	1	0,991
BUBOR 01Y	0,653	0,978	0,991	1

Látható, hogy ebben a szegmensben is jelentősen emelkedtek a kapcsolat erősségét mérő mutatók értékei.

### 1.5. Következtetések

A fenti piacelemzésből egyértelműen látszik, hogy a jelenlegi válság környezetben az idősorok több tulajdonsága torzult egy időben, ami jelentősen kiemeli az egyes kockázati modelleknek és módszertanoknak az alapfeltételezéseiből eredő hátrányait. Úgy gondolom, az is kijelenthető, hogy a jelenlegi környezetet egyedinek tekinthetjük, az 1990-es évek vége óta nem volt olyan időszak, ahol ennyire sérültek volna a piaci idősorok torzulása miatt a normál piaci körülmények mellett nagy megbízhatósággal működő modellek feltételrendszerei.

Véleményem szerint a következő változásokat kell kiemelni, amelyek mindegyike szignifikánsan torzította az idősorokat, így a kockázatkezelési eszközök hatékonyságát is:

- Hirtelen megemelkedő volatilitás.
- Mind az adott kockázati faktorcsoportban, mind régiós szinten, mind az eszközcsoportok közötti korrelációs mátrixok drasztikus átalakuláson mentek keresztül.
- A valószínűségi változók eloszlása messze került a modellek feltételrendszerében kiemelt szerepet kapó normális eloszlástól.

Elemzésem további részében ezen változások nyomán olyan megoldásokat és a modellek alapfeltételeiben elvégzett javításokat javaslok, amelyek nagymértékben javítják a piaci kockázatkezelési és kockázatkontrolling-tevékenység megbízhatóságát.

## **2. PIACI KOCKÁZATKEZELÉSI- ÉS KONTROLLINGESZKÖZÖK VISELKEDÉSE EXTRÉM PIACI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT**

Azokat az eszközöket fogom részletes vizsgálatnak alávetni, amelyek a válságot megelőző időszakban a legnépszerűbbek voltak, és a normál piaci körülményekhez kalibrált feltételrendszereik miatt megbízhatóan működtek. Alapvetően a hazai bankok portfólióstruktúráját veszem alapul, így elsősorban a kamatláb- és devizaárfolyam-kockázatok területén alkalmazott módszerek tökéletesítési lehetőségét fogom tárgyalni.

A treasury kontrolling tevékenység legismertebb és leginkább alkalmazott eszközei:

- pozíciós limitek,
- kockázati limitek (BPV limitek, gamma limitek, vega limitek stb.),
- stop loss limitek,
- egyéb deriváltakkal kapcsolatos limitek,
- VaR-limitek.

Noha az első négy csoportba tarozó eszközök sok hátránnyal rendelkeznek, mégis kedvelt elemzési- és kockázatkontroll-módszerek, éppen a könnyű interpretálhatóság, költség-hatékonyság, illetve az egyszerű számszerűsíthetőség miatt. Ezeket megfelelő módszerekkel szofisztikáltabbá, strukturáltabbá lehet tenni, ami hatékonyabb kockázatkezelést tesz lehetővé.

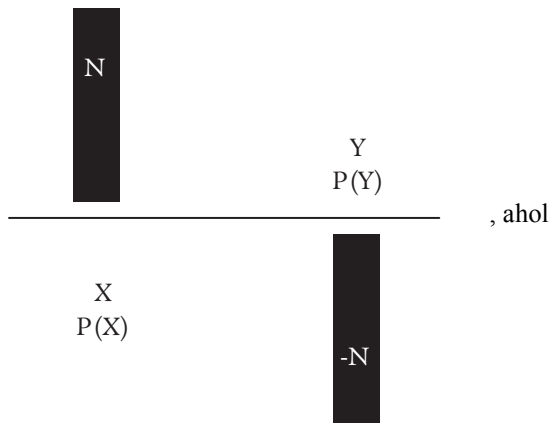
### ***2.1. A pozíciós kitétségek és a tényleges kockázat***

A pozíciós kitétségek meghatározásánál – akár BPV-limitekről<sup>17</sup>, akár devizapozíciók közötti fedezettség ellenőrzésről van szó – figyelembe kell venni azt a ténytet, hogy a korrelációk jelentősen megváltoztathatják az összefüggésrendszert. Amikor nyugodt időszakról van szó, akkor a korrelációk csak lassan változnak, így esetleg nem szúr szemet egy nem megfelelően fedezett pozíció; de amikor hirtelen módosulnak ezek a mátrixok, akkor nagy kilengések és váratlan veszteségek következhetnek be.

17 Bázispontérték-mutató limit. Ezt a módszert később fejtem ki részletesen.

Nézzük meg, hogy milyen kapcsolatban áll egymással a korrelációs együttható és a fedezés tökéletlensége!

Tegyük fel, hogy ugyanabból az eszközszegekből származó „N” piaci értékű „X” eszközben felvett short és egy „N” összegű „Y” eszközben felvett long pozíció áll egymással szemben.<sup>18</sup> A példában feltesszük, hogy mivel ugyanolyan eszközszegekből található a két eszköz, így a szórásuk közel azonos.



$X$ : az „X” eszközből vásárolt mennyiség,  
 $Y$ : az „Y” eszközből eladott mennyiség,  
 $P(X)$ : az „X” eszköz egységára,  
 $P(Y)$ : az „Y” eszköz egységára.

Amennyiben statikusan vizsgáljuk a felvett pozíciót, akkor kijelenthetjük, hogy a piaci értéke nulla. Amennyiben viszont dinamikusan szemléljük a pozíció értékét, akkor nagyon fontos kockázati elemre bukkanunk.

A pozíció szórásnégyzete:

$$\sigma_{PV}^2 = \sigma_{P(X)}^2 \cdot N^2 + \sigma_{P(Y)}^2 \cdot N^2 - 2 \cdot \sigma_{P(X)} \cdot \sigma_{P(Y)} \cdot \rho_{P(X),P(Y)} \cdot N^2, \text{ ahol}$$

$\sigma_{P(X)}$  : a  $P(X)$  árfolyam változásának szórása,

$\sigma_{P(Y)}$  : a  $P(Y)$  árfolyam változásának szórása,

$\rho_{P(X),P(Y)}$  : a  $P(X)$  árfolyamváltozás és a  $P(Y)$  árfolyamváltozás közötti korrelációs együttható,

$\sigma_{PV}^2$  : a teljes pozíció piaci értékváltozásának szórása.

<sup>18</sup> A példában beszélhetünk akár ugyanazon régió két országának devizájában felvett pozícióról, vagy akár ugyanabban az iparágban tevékenykedő két társaság részvényeiben felvett pozíciókról.

A fenti képletet tovább alakítva:

$$\left(\frac{\sigma_{PV}}{N}\right)^2 = \sigma_{P(X)}^2 + \sigma_{P(Y)}^2 - 2 \cdot \rho_{P(X),P(Y)} \cdot \sigma_{P(X)} \cdot \sigma_{P(Y)}, \text{ legyen: } \rho_{P(X),P(Y)} = 1 - \varepsilon$$

$$\left(\frac{\sigma_{PV}}{N}\right)^2 = (\sigma_{P(X)} - \sigma_{P(Y)})^2 + 2 \cdot \varepsilon \cdot \sigma_{P(X)} \cdot \sigma_{P(Y)}$$

Amennyiben feltesszük, hogy két nagyon hasonló termékről van szó, és a szórásuk is közel van egymáshoz, akkor az alábbi egyszerűsítést tehetjük<sup>19</sup>:  $\sigma_{P(X)} \approx \sigma_{P(Y)}$ , további jelölésben legyen egyszerűen:  $\sigma$ .

$$\left(\frac{\sigma_{PV}}{N}\right)^2 \approx 2 \cdot \varepsilon \cdot \sigma^2$$

$$\frac{\sigma_{PV}}{N} \approx \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \varepsilon}$$

$$VaR \approx \alpha \cdot \sigma_{PV}$$

$$VaR \approx N \cdot \alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \varepsilon}$$

Az  $1 - \sqrt{2 \cdot (1 - \rho)}$  kifejezést nevezhetjük a fedezés tökéletességének is. Az összefüggésből kiderül, hogy az eszközök közötti korrelációk és a fedezés tökéletessége között nem lineáris az összefüggés. Így előfordulhat olyan helyzet, hogy a fedezettnek gondolt pozíciók jóval fedezetlenebbek és jóval nagyobb kockázatot hordoznak, mint ahogy azt első ránézésre gondoljuk.

Tegyük fel, hogy a példában említett „X” és „Y” eszközök közötti korreláció nem 100%, hanem csak 96%. Ez közel tökéletes korrelációnak is tekinthető. Ebben az esetben a fedezés csak 70%-ban tökéletes ( $\approx 1 - \sqrt{2 \cdot 0,04}$ ). Látható, hogy egy jelentéktelennek tűnő tökéletlenség milyen drasztikus hatást okozhat az eredményben.

Amennyiben hatékony devizapozíciós limitrendszer szeretnénk építeni, akkor mindenképpen figyelembe kell venni a korrelációknak ezt a hatását. Különösen igaz ez a hozamgörbe-lejáratú szegmensenkénti egyedi limitek meghatározásánál és optimalizálásánál. A hozamgörbéken az egymáshoz közel eső gapek limitjei jellemzően ilyen veszélyhelyzetet hordoznak magukban, hiszen ott nagyon erősek a korrelációk, de nem tökéletesek, így egy 96%-os korreláció is 30%-os fedezetlenséget okozhat.

<sup>19</sup> Ez az egyszerűsítés nem torzítja a kapcsolat elemzés lényegét.

## 2.2. A BPV-limitrendszerekben hordozott kockázatok

Noha a durationalapú<sup>20</sup> közelítésnek számos hátránya és hibája van, mégis a mai napig nagy előszeretettel használják mind kereskedési oldalon, mind kockázatkezelési oldalon. Ennek a legfőbb oka a könnyű értelmezhetőség és a költséghatékony működtethetőség.

Azonban olyan extrém piaci körülmények között, mint amilyen a 2008. év végén alakult ki, a durationalapú eszközök hibái még élesebben jelentkeztek.

Az egyik leginkább használt átlagidő-alapú kockázati mutató a BPV. Ennek általános képlete:

$$BPV = M \cdot D \cdot (dr) + \frac{1}{2} \cdot M \cdot CONV \cdot (dr)^2, \text{ ahol}$$

$M$ : az adott cash flow piaci értéke,

$D$ : az adott cash flow átlagideje,

$CONV$ : az adott cash flow konvexitása,

$dr$ : 1 bázispont, azaz 0.01%.

A BPV legfontosabb hátrányai:

- *A hozamgörbe párhuzamos eltolódását feltételezi.*

Ilyen szinte soha nem következik be, extrém hozamváltozáskor a hozamgörbe csavarodása is mindig megfigyelhető. Az egyes lejáratokon a kereskedés tulajdonképpen eltérő piacokon történik, eltérő volatilitással.

- *A hozamgörbe egyes pontjai közötti korrelációt nem veszi figyelembe.*

Az előző részben bemutattam, hogy milyen veszteségek keletkezhetnek akár aprónak tűnő „tökéletlen” együttmozgások miatt is.

Normál piaci körülmények között a piaci szereplők gyakran csak egyetlen aggregált BPV-limitet állapítanak meg kereskedési portfólióként. Amíg a hozamgörbe kismértékben csavarodik, addig a szumma BPV-limit akár hatékonyan is betöltheti funkcióját.

Akkor azonban, amikor a különböző lejáratú gapek közötti korrelációi megváltoznak, mindenképpen szükséges lejáratonként eltérő BPV-limitet megállapítani.<sup>21</sup>

A gapek nagyságának meghatározásánál az alábbiakat kell szem előtt tartani:

- Amennyiben túl hosszú csoportokat képzünk, akkor a limitrendszer nem fogja tudni kordában tartani az előző részben ismertetett korrelációk miatti fedezési tökéletlenségeket.
- Ha túl rövid lejáratú csoportokat képzünk, akkor előfordulhat, hogy adott lejáratú szegmensben nem áll rendelkezésre megfelelő hosszú idősor, vagy előfordulhat az is, hogy kereskedési szempontból az adott kicsi szegmenshez tartozó hozamoknak egyáltalán nincs piacuk.

20 Durationnek vagy átlagidőnek hívjuk a hozamérzékeny termékek piaci árazását leíró függvények hozam szerinti első deriváltját. A nemzetközi kockázatkezelési módszerek között számos olyan található, amelyek duration- és konvexitásalapú (pl. BPV, hedge equivalent stb.).

21 Tipikus lejáratú szerkezet: 3 hónapos vagy fél éves gapek meghatározása.

A leggyakrabban a 3 hónapos vagy akár az 1 hónapos szegmensképzést alkalmazzák. A lejáratonkénti BPV-limitok abszolút nagyságának legrövidebb közelítése az alábbi:

$$Loss_{\max} \approx \sum_{i=1}^n BPV_{\text{limit}}^i \cdot \alpha \cdot \sigma_i, \text{ ahol}$$

$Loss_{\max}$ : a maximálisan eltűrt veszteség, vagy optimistán a minimum elvárt nyereség<sup>22</sup>,  
 $i=1..n$ : az adott lejáratú bucket sorszáma,

$\alpha$ : egy adott percentilist meghatározó tényező,

$\sigma_i$ : az adott lejáratú szegmensben a hozamok változásának átlagos volatilitása.

Normál körülmények között ez elegendő is lehet, és egyszerű közelítő módszerekkel meg lehet határozni egy optimálisához közeli limitszerkezetet.

Abban az esetben viszont, amikor a korrelációk változása kielezi a helyzetet, akkor mindenképpen szükséges további stresszhelyzetek szimulációja.

Az alábbi példában legyen adott az előbbi módszerrel meghatározott lejáratonkénti BPV limitrendszer:

	Lejáratú szegmensek						TOTAL	
	0 - 3 hónap	3 hónap - 6 hónap	6 hónap - 1 év	1 év - 3 év	3 év - 5 év	5 év - 10 év felett		
<b>BPV LIMIT</b>	100	100	100	80	60	40	0	<b>125</b>

Vegyük példaként az ÁKK-referenciahozamokból<sup>23</sup> számolt diszkontfaktorok közötti korrelációkat!

8. táblázat

#### Az ÁKK-referenciahozamok napi logváltozása közötti korrelációk

2000–2002						
	ÁKK REF 03M	ÁKK REF 06M	ÁKK REF 01Y	ÁKK REF 03Y	ÁKK REF 05Y	ÁKK REF 10Y
ÁKK REF 03M	1	0,893	0,839	0,644	0,498	0,478
ÁKK REF 06M	0,893	1	0,891	0,664	0,521	0,500
ÁKK REF 01Y	0,839	0,891	1	0,687	0,534	0,496
ÁKK REF 03Y	0,644	0,664	0,687	1	0,795	0,741
ÁKK REF 05Y	0,498	0,521	0,534	0,795	1	0,832
ÁKK REF 10Y	0,478	0,500	0,496	0,741	0,832	1

<sup>22</sup> Az utóbbi esetben természetesen feltételezzük, hogy a kereskedők képesek a hozamváltozás irányát minidig pontosan eltalálni.

<sup>23</sup> A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a referenciahozamok számítását az Államadósság Kezelő Központ Zrt. (ÁKK) az elsődleges forgalmazók által az árjegyzési kötelezettség teljesítése körében megadott, tényleges ajánlatai alapján végzi minden kereskedési napon (forrás: www.akk.hu).

Kvadratikus optimalizációs eljárással képesek vagyunk arra is választ adni, hogy az adott korrelációs szerkezetek és szórások mellett az adott limitrendszerrel mekkora maximális VaR-t lehet kialakítani. Ez ugyan egy legrosszabb kimenetelt feltételező scenárió, de mégis fényt derít a tényleges kockázatokra.

A kvadratikus programozás egy speciális optimalizációs probléma, amelynek az a lényege, hogy egy többváltozós kvadratikus függvény minimumát vagy maximumát kívánjuk megtalálni a változókra vonatkozó lineáris feltételrendszer mellett.

A kvadratikus optimalizációs problémák általános formája<sup>24</sup>:

$$\min_x \frac{1}{2} x^T H x + f^T x \quad \begin{cases} A \cdot x \leq b \\ Aeq \cdot x = beq, \text{ ahol} \\ lb \leq x \leq ub \end{cases}$$

$H$ ,  $A$  és  $Aeq$  mátrixok, és  $f$ ,  $b$ ,  $beq$ ,  $lb$ ,  $ub$  vektorok.

$H$  egy  $n \times n$ -es szimmetrikus mátrix,  $f$  pedig egy  $n \times 1$ -es vektor.

$A \cdot x \leq b$  összefüggést nevezzük egyenlőtlenségi feltételnek,  $Aeq \cdot x = beq$  kifejezést pedig egyenlőségi feltételnek.

Amennyiben  $H$  pozitív szemidefinit mátrix, akkor az optimalizálandó függvény konvex függvény. Ebben az esetben az optimalizálás eredményeképpen a globális minimumot/maximumot találjuk meg.

Ha a  $H$  mátrix nullmátrix, akkor lineáris programozási feladatról van szó.

Az optimalizációs eljárást a fenti limitrendszerre alkalmazva, az alábbi nyitott BPV-pozíciók mellett eredményezte a parametrikus VaR maximális értékét.

	Lejárási szegmensek							TOTAL
	0 - 3 hónap	3 - 6 hónap	6 hónap - 1 év	1 év - 3 év	3 év - 5 év	5 év - 10 év	10 év felett	
<b>BPV LIMIT</b>	100	100	100	80	60	40	0	<b>125</b>
2000 - 2002-es időszak	100	100	100	-75	-60	-40	0	125
2003 - 2005-es időszak	100	100	100	-75	-60	-40	0	125
2006 - 2007-es időszak	100	-100	-55	80	60	40	0	125
2008 - 2009Q1-es időszak	100	-100	-55	80	60	40	0	125

A felvett pozíciókkal elért maximális 10 napos 99%-os megbízhatósági szintű VaR-értékek az alábbiak szerint alakultak:

24 COLEMAN, T. F. – LI, Y.: A Reflective Newton Method for Minimizing a Quadratic Function Subject to Bounds on Some of the Variables, <http://hdl.handle.net/1813/6189>



	MAXIMALIS VAR
2000 - 2002-es időszak	203 680
2003 - 2005-ös időszak	399 900
2006 - 2007-es időszak	117 840
2008 - 2009Q1-es időszak	408 070

Megdöbbenő eredmények! Az ismert adatokat figyelembe véve, a BPV-limitek abszolút nagyságát tehát ennek alapján sokkal hatékonyabban lehet meghatározni. Amennyiben például azt szeretnénk elérni, hogy a 2000–2002-es időszakban tapasztalt kockázati szintek maradjanak a portfólióban, akkor a fenti példában közölt BPV-limitrendszerben az összes limit nagyjából 50%-át szabad csak meghatározni.

### ***2.3. Az eszköszegmensek közötti optimális limitnagyságarány meghatározása***

Ha a limitek közötti arányt az eltérő eszköszegmensek között szeretnénk optimálisan kialakítani, akkor segítségül kell hívni az optimális portfólió-összetételt leíró matematikai képleteket.<sup>25</sup> A probléma tipikusan az elemzés első részében ismertetett „asset-swap” pozícióknál és a fedezési célú pozícióstruktúráknál jelentkezik. Nem mindegy, hogy a kötvény-pozíciókra meghatározott limitek hogy viszonyulnak a pénzpiaci termékekre meghatározott limitekhez. A devizapiacról is találunk példát: a nagy összegű svájcifrank-kitettségeknek az európiaccon történő fedezése esetében is fontos az egyes csoportokban meghatározott pozíciós limitek egymáshoz való viszonya.

Nézzük az alábbi példát!

Tegyük fel, hogy „A” eszköszegmensben egy „X” nagyságú pozíciós limit és egy „B” eszköszegmensben egy „Y” nagyságú pozíciós limit van meghatározva. A kereskedési stratégiából jól ismert, hogy elsősorban fedezeti céllal kötik az ügyleteket. Tegyük fel, hogy maximálisan ki van használva a limit! Kérdés, hogy optimális-e a teljes pozíció összetétele, azaz minimális-e a tényleges pozíció szórása?

Tegyük fel, hogy mindig ellentétes irányban állnak az így jellemzett fedezeti kitétségek.

<sup>25</sup> HULL, JOHN C.: Options, Futures and Other Derivatives (Opciók, határidős ügyletek és egyéb származtatott termékek, Panem, Budapest 1999.)

A portfólió szórásnégyzete ebben az esetben:

$$\sigma_p^2 = X^2 \cdot \sigma_A^2 + Y^2 \cdot \sigma_B^2 - 2 \cdot \sigma_A \cdot \sigma_B \cdot X \cdot Y \cdot \rho_{A,B}, \text{ ahol}$$

$\sigma_p^2$ : a portfólió szórásnégyzete,

$X$ : az „A” eszközszegmensben felvett pozíció piaci értéke,

$Y$ : a „B” eszközszegmensben felvett pozíció piaci értéke (ellentétes irányban  $X$ -szel),

$\sigma_A$ : az „A” eszközszegmensben megfigyelhető szórás,

$\sigma_B$ : a „B” eszközszegmensben megfigyelhető szórás,

$\rho_{A,B}$ : az „A” és a „B” eszközszegmens között megfigyelhető szórás.

A szórásnégyzet minimumát  $X$  vagy  $Y$  első deriváltjával közelíthetjük:

$$\frac{\partial \sigma_p^2}{\partial X} = 2 \cdot X \cdot \sigma_A^2 - 2 \cdot \sigma_A \cdot \sigma_B \cdot Y \cdot \rho_{A,B} = 0$$

$$X \cdot \sigma_A^2 = \sigma_A \cdot \sigma_B \cdot Y \cdot \rho_{A,B}$$

$$\frac{X}{Y} = \rho_{A,B} \cdot \frac{\sigma_B}{\sigma_A}$$

Tehát a meghatározott limiteknek meg kell felelniük a fenti aránynak ahhoz, hogy optimális legyen a pozíció összetétele, minimális legyen a kockázat.

Ezt az összefüggésrendszert a kötvény és pénzüpi „asset-swap” elemek közös BPV-limitrendszerében is hatékonyan lehet alkalmazni.

## 2.4. A credit spread risk önálló komponensként való kimutatása

Az elemzés első részében kiemelttem a 2008. március végi események fontosságát és ezeknek a P&L-re gyakorolt negatív hatását.

Mivel a hazai piac jelenleg is ki van téve a kötvény- és pénzüpi hozamok közötti spread erős volatilitásából származó kockázatnak, így mindenképpen érdemes külön foglalkozni ezzel a faktoral.

A kereskedési könyvre vonatkozó VaR-kalkulációkban érdemes külön komponensként megjeleníteni és kezelni a spread változékonyságából eredő kockázatot.

Vizsgáljuk meg, hogyan tudjuk ezt megtenni!

Mivel minden kamatláb-derivatív és kötvény felbontható elemi cash flow-k sorozatára, így elég csupán az elemi alkotórészek értékelési függvényét elemezni.

Tegyük fel, hogy egy 1 névértékű pénzáram jelenértéke az alábbiak szerint alakul:

$$P = \frac{1}{e^{(s+y)t}} = \frac{1}{e^{yt}} \cdot \frac{1}{e^{st}}, \text{ ahol}$$

- $t$ : a CF esedékességéig hátralévő futamidő (év),  
 $y$ : az adott lejáratához tartozó kockázatmentes hozam,  
 $s$ : az adott pozíció kockázatmentes hozam fölötti hozamfelára (spread).

A duration általános képlete a következő:  $D_r = -\frac{\partial P}{P}$

Amennyiben a piaciérték-függvény két komponenstől is függ, két változó szerint<sup>26</sup> is el kell végezni a deriválást:

$$\frac{\partial P}{\partial y} = -t \cdot \frac{1}{e^{yt}} \cdot \frac{1}{e^{st}} \rightarrow D_y = t$$

$$\frac{\partial P}{\partial s} = -t \cdot \frac{1}{e^{yt}} \cdot \frac{1}{e^{st}} \rightarrow D_s = t$$

Az átlagidő felhasználható arra, hogy a kötvényárak, valamint a hozamváltozások és spreadváltozások volatilitása összekapcsolható legyen.

A duration segítségével lineáris közelítéssel felírható a relatív árváltozás a hozamváltozások függvényében.

Általánosan megfogalmazva:

$$\frac{dP}{P} \approx D_y \cdot dy + D_s \cdot ds$$

A képletben szereplő változók szórására pedig az alábbi összefüggés írható fel:

$$\sigma \left( \frac{dP}{P} \right) \approx \sigma \left( D_y \cdot dy + D_s \cdot ds \right) = \sqrt{t^2 \cdot \sigma_{dy}^2 + t^2 \cdot \sigma_{ds}^2 + 2 \cdot \rho_{dy, ds} \cdot \sigma_{dy} \cdot \sigma_{ds} \cdot t^2}, \text{ ahol}$$

$$\sigma \left( \frac{dP}{P} \right): \text{ az árfolyam relatív változásának szórása,}$$

$\sigma_{dy}$ : a kockázatmentes hozam abszolút változásának szórása,

$\sigma_{ds}$ : a kockázati felár abszolút változásának szórása,

$\rho_{dy, ds}$ : a kockázati felár és kockázatmentes hozam közötti korreláció.

A becslés pontosságát könnyen lehet ellenőrizni két irányítottan korrelált, geometriai Brown-mozgáson alapuló szimulációval.

Az általam végzett kísérletben az alábbi folyamatokat használtam fel:

$$dy = y \cdot \mu_y \cdot dt + y \cdot \sigma_y \cdot \varepsilon_1 \cdot \sqrt{dt} \text{ és}$$

$$ds = s \cdot \mu_s \cdot dt + s \cdot \rho \cdot \sigma_s \cdot \varepsilon_1 \cdot \sqrt{dt} + s \cdot \left( \sqrt{1 - \rho^2} \right) \cdot \sigma_s \cdot \varepsilon_2 \cdot \sqrt{dt}, \text{ ahol}$$

<sup>26</sup> PHILIPPE JORION id. mű

$y$ : a kockázatmentes hozam sztochatikus folyamata.

$\mu_y$ : a kockázatmentes hozam alakulásának várható értéke,

$\sigma_y$ : a kockázatmentes hozam logváltozásának szórása,

$\varepsilon_1$  és  $\varepsilon_2$ : független 0 várható értékű, 1 szórású normális eloszlású véletlen tag,

$dt$ : a hátralévő idő változása,

$s$ : a kockázati felár sztochasztikus folyamata,

$\rho$ : a kockázati felár és a kockázatmentes hozam közötti korrelációs együttható,

$\mu_s$ : a kockázati felár várható értéke,

$\sigma_s$ : a kockázati felár logváltozásának szórása.

A szimulációt az alábbi paraméterekkel végeztem:

$$y_0 = 12\%$$

$$s_0 = 100bp$$

$$\sigma_y = 30\% \quad \sigma_s = 20\%$$

$$\mu_y = 10\% \quad \mu_s = 20\%$$

$$\rho = 0.5$$

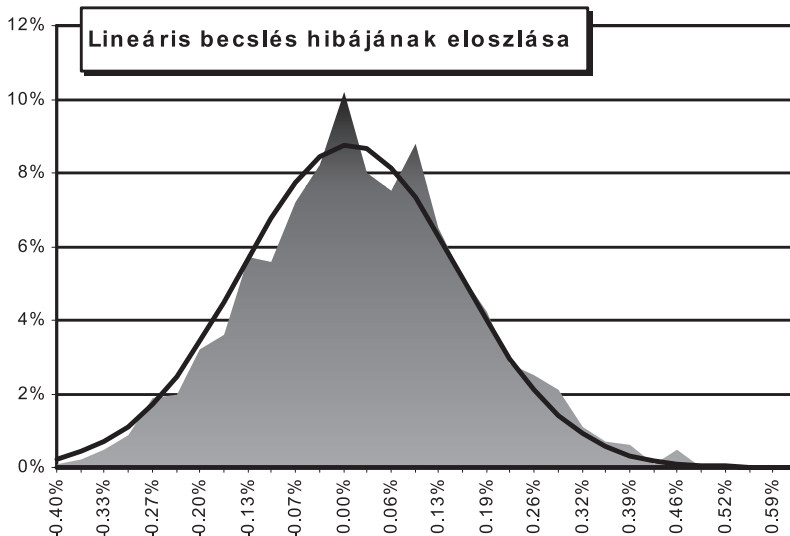
Szimulációs iterációk száma: 10 000 db.

A szimuláció során a fenti lineáris közelítéssel számolt pozíció szórásbecslésének abszolút hibáját vizsgáltam.

Az alábbi ábra ennek a becslési hibának az eloszlását szemlélteti.

5. ábra

**A credit spread risk  
lineáris becslés során tapasztalt hibájának eloszlása**



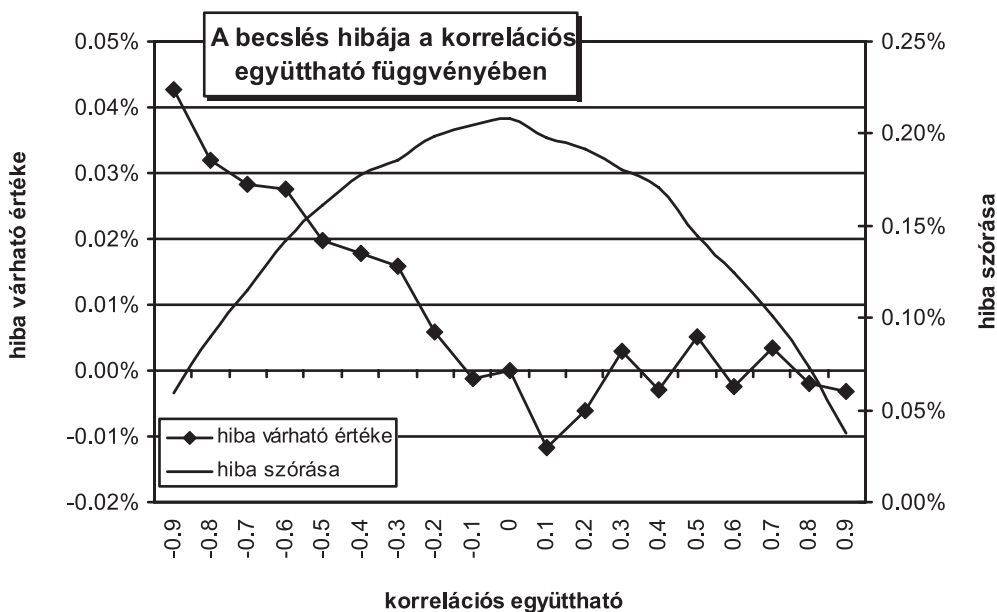
Az eloszlás várható értéke: **0.0053%**, szórása pedig **0.1499%**. A kapott eredmények ismeretében kijelenthető, hogy meglehetősen hatékonyan lehet alkalmazni a bemutatott módszert a kockázati felár önálló komponensként való megjelenítésekor.

A becslés hibájának nagysága függ a szimulációban konstansként beállított korrelációs együtthatótól. Minél közelebb vagyunk a nulla korrelációhoz, annál magasabb a becslés hibájának szórása. Minél közelebb vagyunk a  $-1$  korrelációhoz, annál nagyobb a becslés hibájának várható értéke, de még ebben az esetben sem haladja meg a  $0.05\%$ -ot; a becslés hibája elhanyagolható.

A 6. ábra szemlélteti a becslési hiba és a korrelációs együttható összefüggését.

6. ábra

**A credit spread risk lineáris becslés során tapasztalt hibájának várható értéke és szórása a korrelációs együttható függvényében**



A megközelítés viszonylag egyszerűen és költséghatékonyan számszerűsíthető; elegendően hosszú idősor áll a rendelkezésünkre, így mindenképpen szükségesnek tartom a kockázati felár nagyságának változását önálló komponensként kimutatni. Ennek segítségével képesek vagyunk rövid távon előre jelezni ennek a kockázati faktornak a kitétséértékét és a fedezeti pozíciók piaci értékváltozására gyakorolt negatív hatását.

## 2.5. A VaR-értékelés viselkedése extrém piaci körülmények között

Már a bevezetőben említettem, hogy a fejlett nagybankok elsősorban parametrikus VaR-megközelítést használnak a felügyeleti tőkekövetelmény meghatározásakor. Noha 2008 utolsó két negyedében, a modellek backtesztje során megnövekedtek a klaszterekben jelentkező túllépések, mégis nagyon későn reagáltak erre a piaci szereplők. A változások ismeretében sokan úgy vélték, hogy a hirtelen megváltozott piaci környezet miatt a VaR modellek nem használhatóak megbízhatóan a kockázatok előrejelzésére.

Általánosságban elmondható, hogy a parametrikus VaR-értékelésnek az alábbi ismert hátrányai vannak:

- *A valószínűségi változók normális eloszlását feltételezi.*  
A jelen piaci körülmények között korábban nem látott mértékben távolodtak el az idősorok a normális eloszlástól.
- *Nem szubadditív kockázati mérték.*  
A korrelációk hirtelen megváltozását a VaR nem azonnal reagálja le, így olyan fedezetlen portfóliók alakulhatnak ki, melyek tényleges kockázatát a VaR-mutató jelentősen alulbecsli.

A jelenlegi, a normálistól jelentősen eltérő piaci környezetben minden olyan tulajdonság megjelent, amelyek a normál piaci körülményekre kalibrált VaR-modellek hatékonyságát valóban megkérdőjelezték.

Véleményem szerint kellő odafigyeléssel és apróbb módosításokkal jelentősen javítani lehet a VaR-modellek megbízhatóságán még extrém piaci körülmények között is.

Az elemzések során fontosnak tartom ugyanazt a problémát többfajta VaR-alapú módszerrel is megvizsgálni. Az alábbi költséghatékony módszereket állnak rendelkezésre különböző piaci kockázatokat hordozó problémák elemzésére:

- parametrikus VaR hagyományos szórás felhasználásával,
- parametrikus VaR exponenciálisan súlyozott szórás felhasználásával,
- historikus VaR az eredeti idősorban megfigyelhető trend megtartásával,
- historikus VaR az eredeti idősorban megfigyelhető trend kiszűrésével,
- historikus szimuláción alapuló VaR-megközelítés.

A fent említett módszerek kalkulációja viszonylag egyszerű, és nem tekinthető időigényesnek.

Egyéb nem normális eloszláson alapuló módszereket általában csak robusztus rendszerek üzemeltetésével lehet használni.

Amennyiben több módszer szerint vizsgálunk egy adott problémát, és a módszerek közül mindig a legkonzervatívabbat választjuk, akkor sokat lehet javítani a VaR-megközelítés azon hátrányán, hogy a hirtelen eloszlástorzulás és hirtelen megugró volatilitás miatt a backteszt során klaszterekben jelentkező túllépések száma hirtelen elkezd növekedni.

A megbízhatóságot tovább lehet növelni azzal, hogy aktívan szemléljük a modellek teljesítményét, és a backtesztet naponta elvégezzük. Ebben az esetben megválasztható egy

kritikus túllépésszám; ha ezt elérjük, akkor a modell újraparaméterezését el kell végezni. Ez azt eredményezi, hogy a VaR újraszámolásának gyakoriságát növelni kell.

Az alábbi példában elemzem ennek a két fejlesztési javaslatnak a VaR-modellek megbízhatóságára gyakorolt hatását. Bemutatom, hogy elegendő évente eggyel vagy kettővel növelni az újrakalkulációk számát ahhoz, hogy szignifikánsan javuljon a modellünk teljesítménye.

Tegyük fel, hogy 2008. 04. 30-án azt a felkérést kaptuk, hogy vizsgáljuk meg egy 100 euro névértékű, 10 éves futamidejű, annuitásos eurohitel havi forint törlesztőrészelete növekedésének a kockázatát. Ez egy tipikus példa arra, amikor a VaR-elemzést segítségül hívhatjuk.<sup>27</sup>

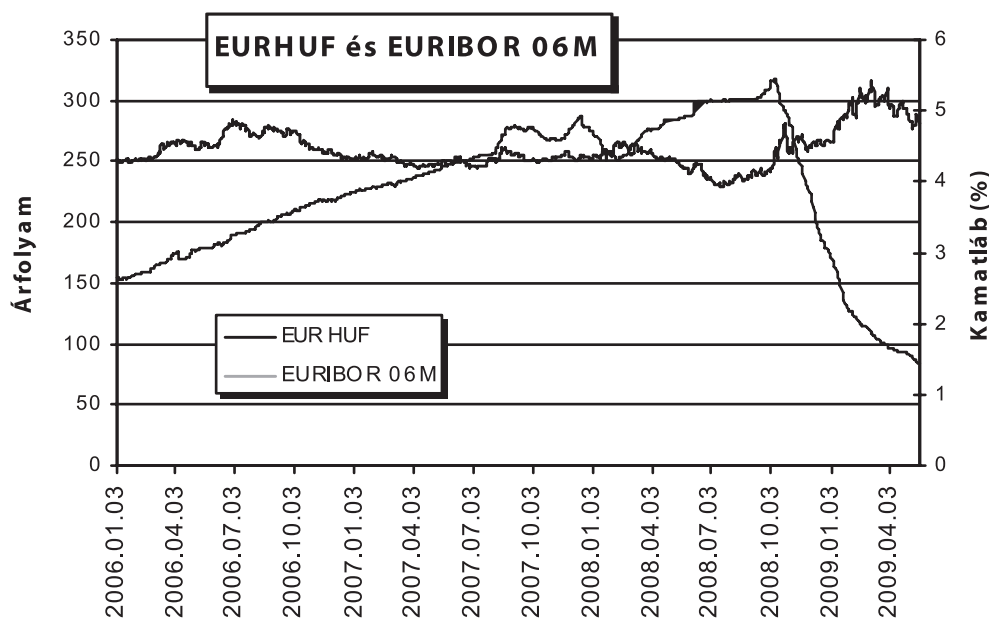
Adott két kellően hosszú idősorunk:

- az EURHUF devizapár idősora, és
- a 6 hónapos EURIBOR idősora.

A példában a 2008. 04. 30-át megelőző két és fél év adatát használtam fel.

7. ábra

Az EURHUF és a 6 hónapos EURIBOR alakulása



<sup>27</sup> A vizsgált modell a valódi konstrukciótól az alábbi tényezőkben tér el: a valódi hitelügyletnek az üzleti kamatlába nemcsak a forrásköltséget, hanem számos további komponenst magában foglal, például: likviditási prémium, a hitelfolyósítással kapcsolatos költségek, az ügyfél nemfizetési valószínűségétől függő kockázati felár stb. Az euro átváltása sem piaci középárfolyamon történik a tényleges ügyletnél. Az egyszerűsítés ellenére azonban mégis jól megragadhatók a VaR-elemzések általam javasolt módosításainak az előrejelző képességet javító hatásai.

Az alábbi képlettel kalkuláltam a törlesztőrészleteket<sup>28</sup>:

$$TR_i = EURHUF_i \cdot \frac{100}{\frac{1}{\frac{r_i}{12}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{\left( 1 + \frac{r_i}{12} \right)^{120}} \right)}, \text{ ahol}$$

$r_i$ : az adott napon érvényes 6 hónapos EURIBOR értéke,

$EURHUF_i$ : az EURHUF árfolyam adott napon érvényes értéke (bankközi jegyzések átlaga),

$TR_i$ : adott napon induló 10 éves futamidejű 100 EUR névértékű annuitásos hitel kezdő havi törlesztőrészlete forintban.

A kalkulált törlesztőrészletek idősorát mutatja be a 8. ábra.

8. ábra

#### A modellben feltételezett eurohitel havi induló törlesztőrészletének alakulása



<sup>28</sup> A képlettel tulajdonképpen mindennap az újonnan kibocsátott hitelek kezdő havi törlesztőrészletét állapítottam meg.



Az idősorokból kalkulált 99%-os havi VaR értékek 2008.04.30-án<sup>29</sup>:

- historikus VaR az idősorban található trend megtartásával: 7.44%,
- historikus VaR az idősorban található trend kiszűrésével: 7.29%,
- hagyományos szóráson alapuló parametrikus VaR: 5.72%,
- exponenciális súlyozással számított szóráson alapuló parametrikus VaR: 5.98%,
- historikus szimulációval (10 000 iteráció) kalkulált VaR: 7.70%,
- **maximum VaR: 7.70%.**

Nézzük meg, hogy az idő előrehaladtával hogyan teljesítettek az egyes modellek!

A backteszt során 250 nap teljesítményét vizsgáltam, ahol 99%-os biztonsági szinten 2-3 túllépés az elfogadható.

### Túllépések száma

<i>Nem detrendált historikus VaR</i>	12
<i>Detrendált historikus VaR</i>	13
<i>Parametrikus VaR hagyományos szórással</i>	21
<i>Parametrikus VaR EWMA szórással</i>	20
<i>Historikus szimulációs VaR</i>	12
<b>Konzervatív VaR</b>	<b>12</b>

Látható, amennyiben a legkonzervatívabb VaR-megközelítést választjuk, akkor 40%-kal javítható a modell megbízhatósága, ám még így is messze vagyunk a kívánt állapottól.

Kövessük azt a stratégiát, hogy a konzervatív modellel számított VaR backtesztjét naponta elvégezzük, és amikor a 3 darab túllépést elérjük, akkor megismételjük az összes előbbi módszer szerinti VaR-bebecslést, és ismét kiválasztjuk a legkonzervatívabbat.

Ez a kritikus túllépésszám 2008. 10. 15-én következett be.

A 2008. 10. 15-én elvégzett VaR-elemzések eredménye a következő:

- historikus VaR az idősorban található trend megtartásával: 6.78%,
- historikus VaR az idősorban található trend kiszűrésével: 6.84%,
- hagyományos szóráson alapuló parametrikus VaR: 6.62%,
- exponenciális súlyozással számított szóráson alapuló parametrikus VaR: 15.09%,
- historikus szimulációval (10 000 iteráció) kalkulált VaR: 6.59%,
- **maximum VaR: 15.09%.**

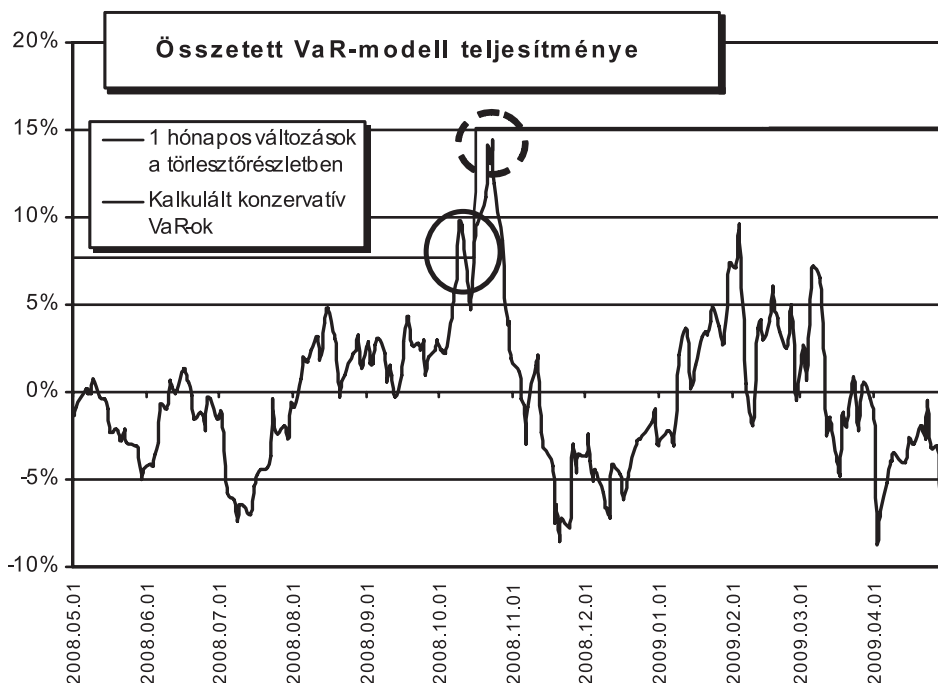
Amennyiben innen folytatjuk a modell teljesítménymérését, akkor a vizsgált időszakban már nem fogunk több túllépést tapasztalni.

<sup>29</sup> Ezt úgy kell értelmezni, hogy 99%-os biztonsági szinten maximum mekkora mértékben változhat (emelkedhet) a konstrukcióban ismertetett hitel havi törlesztőrészlete egy hónap alatt.

A stratégia hatékonyságát a 9. ábra szemlélteti.

9. ábra

### A példában bemutatott, összetett VaR-modell teljesítményének alakulása



Az ábrán a szaggatott kör azt jelzi, hogy az újrászámolt VaR-mutató az idősor globális maximuma által jelzett kiugró változást már korábban hatékonyan előrejelezte.

A grafikonból az is látszik, hogy bizonyos idő elteltével a megugró VaR-értékeket ismét felül kell vizsgálni, mert túlságosan konzervatívak maradnánk, ami akár az üzleti terület megfelelő jövedelmezőségét is veszélyeztetheti.

A fenti kisebb fejlesztéseken kívül egyéb tényezők figyelembevételével tovább lehet javítani a VaR-modellek teljesítményét. Ezek a teljesség igénye nélkül a következők:

- **A VaR-modellek alapfeltételezéseit rendszeresen felül kell vizsgálni.**

Amikor a piaci adatok tulajdonságai megváltoznak, akkor a modelleknek az ezekre vonatkozó alapfeltételei csorbát szenvednek.

A feltételek újragondolásával és a modellek paramétereinek újradefiniálásával a VaR-elemzések előrejelző képességének megbízhatóságát ismét helyre lehet állítani.

- ***A parametrikus VaR-kalkulációkban nem a normális eloszlás feltételezéséből indulunk ki, hanem egyéb extrém eloszlásból.***

Ennek az a nagy hátránya, hogy sokszor nagyon bonyolult és hosszadalmas a kalkulációs igénye.

Bizonyos extrém eloszlások momentumai igen nehezen becsülhetők az idősorokból.

- ***Amennyiben jelentős trend uralkodik egy időszoron, nem szabad hosszú távú becslésre használni a VaR-mutatókat.***

Ha mégis szeretnénk hosszú távon becslést adni, akkor egyéb kockázatkezelési eszközöt kell választanunk, például a stresszteszteket.

- ***Nem szabad a szimulációkba/VaR-elemzésekbe beépíteni szubjektív elemzői várakozásokat.***

A VaR alapvetően statisztikai eszköz, amelynek függetlennek kell lennie a szubjektív elemzői várakozásoktól. A szubjektív várakozásokat viszont a scenárióelemzésekben minden további nélkül fel lehet használni.

- ***A VaR-vizsgálatokat célszerű mindig kiegészíteni olyan események stresszelemzéseivel, amelyek kis valószínűséggel jelentkeznek ugyan, de nagy hatást váltanak ki.***

Ezeknél a scenárióknál mindig ki kell dolgozni a konkrét akcióterveket is, amelyek a bekövetkező események hatását képesek csökkenteni.

- ***Ne legyünk túl hosszú ideig konzervatívak!***

A fent említett VaR-elemzés frissítésekor a hirtelen megnövekedett VaR-ok esetében az extrém mozgások enyhülése után újból felül kell vizsgálni a számokat. Főleg igaz ez akkor, amikor VaR-limitekről van szó, ami bizonyos esetben lényegesen hátráltathatja a sikeres kereskedési tevékenységet.

- ***A modell visszamérésénél a VaR-számokat a portfólió piaci értékváltozásához kell viszonyítani.***

Amikor a backtesztet végezzük, akkor a piaci érték változásán kívül a napi kereskedési P&L-be nem szabad beleszámolni egyéb járulékos eredménykomponenseket (pl. tartási költség, jutalékok stb.).

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

Elemzésemben részletesen bemutattam a válság hatására jelentős torzuláson átesett piacokat jellemző idősorokat. A vizsgálat során nagyjából egy évtizedet vettem szemügyre, ez idő alatt több likviditási válság is kialakult.

Az analízisből kiderült, hogy a 2008 második felében kiteljesedő recesszió korábban nem látott mértékben torzította a piaci idősorokat; hasonló átalakulásokat az elmúlt évtizedben nem lehetett megfigyelni. Több hirtelen bekövetkező, negatív irányú változás egy

időben jelentkezett ebben az időszakban, és valóban felkészületlenül érte a kereskedőket, kisbefektetőket, hitelintézeteket és a felügyeleket.

Ezek a változások dióhéjban:

- A volatilitások hirtelen megugrása.
- Adott eszköszegmensben a korrelációs viszonyok megbomlása és a diverzifikációs hatékonyság hirtelen megszűnése.
- Az eszköszegmensek közötti korrelációs viszonyok megbomlása.
- Az országok gazdasági mozgásai közötti korrelációk emelkedése.
- A kockázati faktorok közötti korrelációk emelkedése. Mind a hitel-, mind a piaci, mind az operációs kockázatok területén drasztikusan nőtt a kockázati kitettség.
- A valószínűségi változók eloszlása messze került a Gauss-féle normális eloszlástól.
- Az idősorokban az autokorreláció megemelkedett.
- A hozamgörbék lejáratái között gyengült a kapcsolat erőssége.

A recesszió ideje alatt a normál piaci körülményekre kalibrált kockázatkezelési- és kockázatkontroll-eszközök megbízhatósága jelentős mértékben romlott, sok piaci szereplő megkérdőjelezte ezek további használhatóságát.

Véleményem szerint nagy hiba volna elvetni ezeket az eszközöket. A válság rávilágított a modellek alapfeltételezéseiből eredő hátrányaira – amelyek normál piaci mozgások mellett nem voltak szembeutnók –, és megfelelő technikákkal jelentősen javítani lehetett és lehet a jövőben is ezeknek az eszközöknek a megbízhatóságán. Nem arról van szó, hogy az eszközök vesztek volna a hatékonyságukból, hanem arról, hogy a nem megfelelő alkalmazásuk miatt hoztak a piaci szereplők helytelen döntéseket. A normál piaci mozgásokra kalibrált alapfeltételek nem sérültek a nyugalmas időszakokban. A recesszió kialakulásával viszont ezek az alapfeltételek csorbultak, ám újrafogalmazásukkal ismét maximalizálni lehet a modellek megbízhatóságát.

A cikk második felében sorra vettem azokat a változtatásokat, melyek elvégzésével fel tudjuk készíteni a módszereinket, modelljeinket és eszközeinket arra, hogy extrém piacmozgásokkal jellemzett körülmények között is nagy biztonsággal helytálljanak, és hatékonyan töltsék be a kockázatkontroll és kockázatmérés szerepét.

- A fedezeti pozíciók vizsgálatánál gyakran kell vizsgálni a korrelációs összefüggéseket. Egy nem megfelelően korreláló konstrukció exponenciálisan ronthatja a fedezés tökéletességét.
- A BPV-limiteket lejáratí szegmensekre kell bontani, és mindig ki kell egészíteni stresszelemzéssel, amely információt adhat a BPV-limitek abszolút nagyságának hatékony kialakításáról.
- A limitek definiálásánál segítségül kell hívni az optimális portfólióösszetételt leíró összefüggést.
- A credit risk spread miatti kockázatnak a hazai hozamkörnyezet jelentős mértékben ki van téve, így a kockázat miatti felárat a kereskedési könyvi VaR-elemzésekben önálló komponensként kell értékelni és kezelni.

- Több VaR-moddal is el kell végezni ugyanazon probléma vizsgálatát; ezek közül a legkonzervatívabbat célszerű kiválasztani.
- A VaR-modell teljesítményének visszamérését naponta el kell végezni, egy kritikus túllépésszám elérésekor meg kell ismételni az elemzéseket, és ismét a legkonzervatívabbat célszerű kiválasztani.
- Be kell vezetni a gyakorlatba is a stresszteszteket és scenárióelemzéseket. Ezek csak akkor működnek hatékonyan, amennyiben a napi banki működési folyamatba is beépülnek. Az egyes scenáriókhoz konkrét kockázatsökkentést célzó akcióterveket kell definiálni. A stresszelemzések eredményét a bank vezetőségének be kell mutatni.
- A fenti változások elvégzésére a szabályozói oldalon is törekedni kell. A szabályozóknak a piaci szereplőket segíteniük kell abban, hogy ezeket minél hatékonyabban és gyorsabban megvalósíthassák.

Hiszem, hogy sokat tanultunk ebből a válságból, a korábban nem tapasztalt, negatív irányú változásokból. Kellő odafigyeléssel és a modellek/módszerek folyamatos tökéletesítésével, az adott környezethez való dinamikus alakításával egy hasonló mértékű és kitettségű recesszió a jövőben elkerülhető.

## IRODALOMJEGYZÉK

CAMPBELL, ALEXANDER–CHEN, XIAO-LONG: VaR Counts (*Risk Magazin*, 2009. január)

COLEMAN, T. F.–LI, Y.: A Reflective Newton Method for Minimizing a Quadratic Function Subject to Bounds on Some of the Variables, <http://hdl.handle.net/1813/6189>

HULL, JOHN C.: Options, Futures and Other Derivatives (Opciók, határidős ügyletek és egyéb származtatott termékek, Panem, Budapest 1999.)

JORION, PHILIPPE: A kockázatos érték, Panem, Budapest 1999.