

Przemysław Garszka, Przemysław Matuszewski**, Karol Wieloch****

ANALIZA PŁYNNOŚCI PAPIERÓW WARTOŚCIOWYCH NOTOWANYCH W SYSTEMIE WARSET

Streszczenie. W większości prac dotyczących rynku kapitałowego autorzy koncentrują się wyłącznie na cenie papieru wartościowego, pomijając jednocześnie problem ryzyka płynności.

W artykule zaproponowano miarę płynności, opartą na prawdopodobieństwie zawarcia transakcji, w sposób bezpośredni odwołującą się do intuicyjnej definicji tego pojęcia. Badania dotyczyły wpływu zmian limitów cen oraz ilości papierów wartościowych w zleceniach kupna oraz sprzedaży na płynność akcji wybranej grupy przedsiębiorstw.

Uzyskane wyniki sugerują, że poziom ryzyka płynności jest uzależniony od kapitalizacji rynkowej przedsiębiorstwa. Stwierdzono również występowanie asymetrii pomiędzy ryzykiem płynności transakcji kupna i sprzedaży. Analiza struktury czasowej badanego zjawiska wskazała ponadto na wyraźne różnice w poziomie ryzyka płynności w czasie trwania sesji giełdowej.

Słowa kluczowe: płynność papierów wartościowych, analiza płynności, prawdopodobieństwo zawarcia transakcji.

1. WSTĘP

Nieodłącznym atrybutem papieru wartościowego jest cena. Większość uznanych teorii oraz stosowanych modeli uważanych za klasyczne koncentruje się głównie na tym aspekcie inwestycji, pozostałe aspekty pomijając bądź przyjmując szereg założeń, z których zasadniczym jest pewnik doskonałej płynności rynku kapitałowego. Model wyceny aktywów i pasywów (CAPM), teoria arbitrażu cenowego (APT), model wyceny opcji Blacka-Scholesa, a także hipoteza o rynku efektywnym to niektóre koncepcje, wymagające spełniania założenia o braku ryzyka płynności¹. Pomijane w teorii, szeroko

* Mgr, asystent, Katedra Ekonometrii, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu.

** Mgr, asystent, Katedra Ekonometrii, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu.

*** Student 5 roku Akademii Ekonomicznej w Poznaniu.

¹ Syntetyczny opis modeli zawierają m. in. prace: Sharpe (1970), Elton, Gruber (1999), Haugen (1999b), Hull (1999).

rozumiane ryzyko płynności w praktyce odgrywa jednak istotną rolę, ograniczając możliwości w zakresie inwestowania w papiery wartościowe. W tym kontekście analiza płynności pełni dwie zasadnicze funkcje: pozwala na weryfikację założeń modelowych oraz daje wskazówki pomagające efektywniej zarządzać kapitałem. Skuteczne zastosowanie metod modelowania rynków kapitałowych jest uzależnione m. in. od spełnienia warunku płynności aktywów.

2. PŁYNNOŚĆ PAPIERÓW WARTOŚCIOWYCH

Zawarcie transakcji, której przedmiotem jest dowolne aktywo, wymaga skojarzenia ze sobą ofert kupna oraz sprzedaży, zgodnych zarówno co do ilości, jak i ceny. Podstawową konsekwencją tego oczywistego stwierdzenia jest fakt, że o cenie może być mowa wyłącznie w kontekście jednoczesnego występowania popytu oraz podaży. Obie te wielkości są pochodną subiektywnych oczekiwań oraz preferencji uczestników transakcji, na które wpływ ma szereg czynników o różnym charakterze. Symetria transakcji wymaga, aby oczekiwania były wzajemnie przeciwstawne. Rozpatrując problem w ujęciu dynamicznym, prócz odpowiednich relacji pomiędzy popytem oraz podażą, jest wymagane, aby występowała zgodność ofert w czasie. Konieczność jednoczesnego spełnienia wszystkich warunków dojścia transakcji do skutku: zgodności ceny, zgodności ilości oraz zbieżności momentów czasu, powoduje, że zdarzenie to jest obarczone niepewnością. Niepewność zawarcia transakcji jest określana mianem „płynności” lub równoważnie „ryzyka płynności”.

W literaturze brak jest jednoznacznej definicji pojęcia płynności. W zależności od przedmiotu oraz zakresu analizy, autorzy koncentrują uwagę na wybranych aspektach niepewności zawarcia transakcji.

W stosunku do ogólnie rozumianych aktywów ryzyko płynności określa się jako ryzyko niezdolności do uzyskania funduszy po oczekiwanej „normalnej” cenie (Rozkrut 2000). Jest to ryzyko zajścia sytuacji, w której przedsiębiorstwo będzie dokonywać konwersji aktywów ze stratą przekraczającą „normalny” koszt. W definicji tej pomija się związek ceny z ilością oraz z czasem oczekiwania na zajście transakcji.

Omawiając zagadnienie zarządzania portfelem papierów wartościowych przynoszących stały dochód, ryzyko płynności wymienia się obok innych czynników ryzyka: ryzyka stopy procentowej, reinwestycji, wykupu przed terminem, ryzyka kredytowego, kursowego oraz inflacji. Ryzyko płynności określa się jako możliwość sprzedaży dłużnych papierów wartościowych po cenie odbiegającej od wartości (Fabozzi, Fong 2000). Miernikiem tak

rozumianego ryzyka płynności są funkcje różnicy pomiędzy cenami zakupu i sprzedaży waloru. Konstrukcja miernika powinna uwzględniać fakt, że im wyższe przyjmuje wartości, tym wyższym ryzykiem płynności charakteryzuje się papier wartościowy.

Rozpatrując problem w odniesieniu do szerszej grupy papierów wartościowych, ryzyko płynności inwestycji definiuje się jako niemożność zamiany instrumentu finansowego na gotówkę w krótkim okresie po spodziewanej cenie (Jajuga, Kuziak, Markowski 1997). Wzrost bądź spadek płynności oznacza zwiększenie bądź zmniejszenie rozpiętości pomiędzy oczekiwaną ceną waloru a ceną realizacji transakcji lub wydłużeniem, skróceniem czasu oczekiwania na konwersję aktywu na gotówkę. Płynność jest zatem cechą charakterystyczną każdej inwestycji, jednak w kategoriach ryzyka należy ją traktować wyłącznie w przypadku dokonywania zmian w zajmowanych na rynku pozycjach.

W kontekście przedstawionych rozważań, płynność lub określenie równoważne – ryzyko płynności można zdefiniować jako niepewność związaną z zawarciem transakcji kupna lub sprzedaży określonej ilości papierów wartościowych po oczekiwanej cenie, w przewidzianym terminie. Należy zauważyć, że płynność można zdefiniować równoważnie w kategoriach pewności realizacji transakcji w przewidzianym terminie, z określonym w zleceniu limitem ceny oraz limitem ilości. Tak rozumiane pojęcie płynności, stanowiące „dopełnienie” podanej definicji ryzyka płynności, będzie przedmiotem dalszych rozważań.

3. MIARY PŁYNNOŚCI PAPIERÓW WARTOŚCIOWYCH

3.1. Klasyczne miary płynności

Przyjęta definicja płynności wymaga, aby miara płynności, wyrażająca pewność zawarcia transakcji, miała następujące własności:

- 1) była malejącą funkcją ilości (wraz ze zwiększaniem liczby papierów wartościowych wartość miary płynności powinna maleć);
- 2) była rosnącą funkcją czasu (wraz z wydłużaniem okresu oczekiwania na zawarcie transakcji wartość miary płynności powinna rosnąć);
- 3) w przypadku transakcji kupna była rosnącą, a w przypadku ofert sprzedaży malejącą funkcją ceny (niska cena w ofercie sprzedaży oraz wysoka cena w ofercie kupna powinna zmniejszyć wartość miary płynności papieru wartościowego).

Własności miary płynności, określającej stopień niepewności zawarcia transakcji, byłyby odwrotne. Prócz wymienionych cech, miara płynności

powinna być w pewien sposób „unormowana”, tak by możliwa była analiza zmian płynności w czasie oraz porównanie ryzyka płynności w przekroju papierów wartościowych.

Wymienione własności odpowiadają wyobrażeniom o wpływie ilości, ceny oraz okresu oczekiwania na wynik transakcji. Doświadczenie pokazuje, że łatwiej sprzedać mniejszy niż większy pakiet akcji, łatwiej sprzedać po niższej niż wyższej cenie i wreszcie im krótszy będzie zakładany okres oczekiwania, tym wyższa niepewność, że transakcja w tym czasie dojdzie do skutku. O ile dwa pierwsze parametry zależą od inwestora, o tyle czas, w jakim zajdzie transakcja (przy ustalonej z góry cenie oraz ilości), ma charakter całkowicie egzogeniczny.

Większość powszechnie stosowanych miar ryzyka płynności nie posiada wszystkich wymienionych cech, koncentrując się na wybranych aspektach problemu. Ogólnie miary te można podzielić na dwie grupy². Pierwszą stanowią wskaźniki skonstruowane na podstawie ceny, stopy zwrotu (Haugen 1999a) oraz funkcje różnicy pomiędzy cenami kupna oraz sprzedaży papierów wartościowych (Copeland 1979; Hasbrouck, Seppi 2000). Druga grupa miar ryzyka płynności obejmuje charakterystyki związane z ilością papierów wartościowych w przeliczeniu na transakcję, liczbą transakcji, wolumenem obrotu, wzajemnymi relacjami pomiędzy ofertami kupna i sprzedaży oraz kapitalizacją rynkową spółek (Copeland 1979, Haugen 1999a). Żaden z wymienionych mierników nie wyraża bezpośrednio niepewności zawarcia transakcji.

3.2. Probabilistyczna miara płynności

Z punktu widzenia inwestora lokującego w papiery wartościowe na giełdzie problem płynności można sprowadzić do odpowiedzi na pytanie o prawdopodobieństwo realizacji określonej transakcji. Zdarzeniem elementarnym byłoby zatem zdarzenie polegające na realizacji (bądź braku realizacji) transakcji kupna bądź sprzedaży pewnej ilości papierów wartościowych I , z limitem ceny S , w czasie τ . Można przyjąć – że przy dokładnie określonych wartościach I , S oraz τ – wynik transakcji jest zdarzeniem losowym. Zdarzeniu sprzyjającemu, czyli zawarciu transakcji odpowiada prawdopodobieństwo p , zdarzeniu przeciwnemu – prawdopodobieństwo $q = 1 - p$. Przyporządkowując zdarzeniu sprzyjającemu oraz przeciwnemu odpowiednio liczby 1 oraz 0, wynik transakcji przy z góry określonych parametrach (I , S , τ) można rozpatrywać w kategoriach zmiennej losowej X o rozkładzie zero-jedynkowym.

² Przegląd stosowanych miar płynności zawiera praca: Michayluk, Kofman (2001).

Należy zauważyć, że przyjęta definicja zdarzenia elementarnego wyklucza możliwość zawarcia transakcji zrealizowanej częściowo. Ponadto limit ceny niekoniecznie musi być równy cenie realizacji transakcji. W przypadku notowań jednolitych cena zawarcia transakcji jest równa wypadkowej kursu równowagi, przy założeniu o maksymalizacji wolumenu obrotu oraz minimalizacji różnicy pomiędzy kursem równowagi z sesji bieżącej oraz z sesji poprzedniej. Na notowaniach ciągłych cenę ustala się na poziomie średniej ważonej zleceń z limitami cen „lepszymi” (niższymi przy zleceniu kupna, wyższymi przy zleceniu sprzedaży) od limitu ceny w zleceniu. Wagami są udziały ilości papierów wartościowych oferowanych po odpowiednich cenach w ilości będącej przedmiotem transakcji.

Aby prawdopodobieństwo zawarcia transakcji można było uznać za miarę ryzyka płynności, muszą zostać spełnione następujące warunki określone w § 3.1:

$$\forall_{I_i \geq I_j} P\{X(I_i, S, \tau) = 1\} \leq P\{X(I_j, S, \tau) = 1\} \quad (1)$$

$$\forall_{S_i \geq S_j} P\{X(I, S_i, \tau) = 1\} \leq P\{X(I, S_j, \tau) = 1\} \text{ w przypadku transakcji kupna oraz} \quad (2)$$

$$P\{X(I, S_i, \tau) = 1\} \leq P\{X(I, S_j, \tau) = 1\} \text{ w przypadku transakcji sprzedaży,}$$

$$\forall_{\tau_i \geq \tau_j} P\{X(I, S, \tau_i) = 1\} \leq P\{X(I, S, \tau_j) = 1\} \quad (3)$$

Własności te można uzasadnić specyfiką handlu papierami wartościowymi, z której wynika, że zdarzenia polegające na zawarciu transakcji nie są niezależne. Dla dowolnego $I_i \geq I_j$ zachodzi $P\{X(I_j, S, \tau) = 1 | X(I_i, S, \tau) = 1\} = 1$. Oznacza to, że jeżeli możliwa jest sprzedaż bądź kupno pewnej liczby papierów wartościowych, to zlecenie mniejsze – przy tym samym limicie ceny i w tym samym czasie – zostanie zrealizowane na pewno. Jeżeli $S_i \geq S_j$, to w przypadku zlecenia kupna $P\{X(I, S_i, \tau) = 1 | X(I, S_j, \tau) = 1\} = 1$ oraz $P\{X(I, S_j, \tau) = 1 | X(I, S_i, \tau) = 1\} = 1$ w przypadku zlecenia sprzedaży. Oznacza to, że jeżeli zrealizowano zlecenie z danym limitem ceny, zostanie zrealizowane również zlecenie z limitem „lepszym” (przy pozostałych parametrach nie zmienionych). Analogicznie, jeżeli rozliczenie transakcji zajdzie w czasie krótszym, to zajdzie również w czasie dłuższym, co oznacza, że dla dowolnego $\tau_i \geq \tau_j$, $P\{X(I, S, \tau_i) = 1 | X(I, S, \tau_j) = 1\} = 1$. Relacje odwrotne nie są na ogół prawdziwe.

Ponieważ parametry I , S , τ mogą się zmieniać, wynik transakcji można opisać za pomocą pewnego procesu losowego $\{X(I, S, \tau), I = \{1, \dots, I^0\}, S = \{0, \dots, \infty\}, \tau \in (0, \infty)\}$, określonego na przestrzeni probabilistycznej (I, F, P) . Proces zależy od dyskretnych parametrów I , S oraz ciągłego τ . Symbol I oznacza liczbę akcji. Przez I^0 oznaczono liczbę papierów wartościowych dopuszczonych do obrotu na giełdzie. Cena, mimo że powszechnie wyraża się ją za pomocą zmiennej ciągłej, również jest parametrem dyskretnym, przyjmującym wartości zgodnie z zasadami ustalania kursów. Minimalna zmiana ceny tzw. „tik” zależy z reguły od jej poziomu.

Łatwo sprawdzić, że jeżeli inwestor dokonuje alokacji środków między papiery wartościowe w sposób ciągły, to $k = \{1, 2, \dots, n\}$ prób sprzedaży bądź kupna papierów wartościowych można opisać procesem $\{X(I, S, \tau), I = \{1, \dots, I^0\}, S = \{0, \dots, \infty\}, \tau \in (0, \infty)\}$ o rozkładzie dwumianowym.

Zaletą opisaney miary płynności jest możliwość odpowiedzi na szereg pytań istotnych z punktu widzenia inwestora:

- z jakim limitem ceny S powinno zostać złożone zlecenie, tak by prawdopodobieństwo realizacji transakcji $p_{S,I,\tau}$ polegającej na zakupie bądź sprzedaży pewnej liczby papierów wartościowych I , w określonym czasie τ , było nie mniejsze od p ,

- na jaką ilość I powinno zostać złożone zlecenie, tak by prawdopodobieństwo realizacji transakcji z limitem ceny S , w określonym czasie τ było nie mniejsze od p ,

- jak długo należałoby czekać (ile wynosiłoby τ), tak by z prawdopodobieństwem nie mniejszym od p została zrealizowana transakcja z limitem ceny S oraz limitem ilości I .

Porównanie ryzyka płynności papierów wartościowych notowanych w danym momencie po różnych cenach oraz charakteryzujących się różną liczbą walorów dopuszczonych do obrotu wymaga określenia pewnego punktu odniesienia dla parametrów I , S .

4. PŁYNNOŚĆ AKCJI NOTOWANYCH W SYSTEMIE WARSET

4.1. Charakterystyka notowań ciągłych

Począwszy od kwietnia 1995 r., na GPW w Warszawie rozpoczęto notowania akcji w systemie ciągłym. W listopadzie 2000 r. wdrożono system elektronicznego handlu papierami wartościowymi – WARSET³. Obrót

³ Informacje o systemie WARSET dostępne są pod adresem <http://www.gpw.com.pl>.

walorami spółek, spełniających kryteria określone w regulaminie giełdy, odbywa się w sposób ciągły od poniedziałku do piątku w godzinach od 10.00 do 16.00. Akcje są wyceniane na podstawie arkusza zleceń. Arkusz zleceń, w danym momencie tworzą zlecenia kupna oraz sprzedaży z limitem ceny „nie gorszym” niż kurs ostatniej transakcji. Transakcje są zawierane z uwzględnieniem zasad pierwszeństwa ceny oraz czasu, przy założeniu maksymalizacji obrotów. Składane oferty kupna bądź sprzedaży w sposób ciągły modyfikują zawartość arkusza zleceń.

4.2. Procedura szacowania ryzyka płynności

Oszacowanie rozkładu prawdopodobieństwa procesu wyników transakcji, uzależnionego od parametrów I , S , τ jest zadaniem trudnym. Problem można uprościć pomijając jeden z parametrów, przy czym należy zaznaczyć, że odbywa się to kosztem utraty części informacji określającej poziom ryzyka płynności. Przedmiotem dalszej części pracy będzie miara płynności opisana przez proces losowy zależny od unormowanych parametrów I oraz S , określających liczbę papierów wartościowych oraz limit ceny w zleceniu. Z uwagi na trudności związane z uwzględnieniem czasu oczekiwania na realizację transakcji τ , parametr ten pominięto w procesie szacowania funkcji prawdopodobieństwa.

W celu oszacowania ryzyka płynności wykorzystano dane dotyczące notowań ciągłych z systemu WARSET, dystrybuowane w ramach serwisu TSG⁴. Dane są przekazywane drogą radiową w postaci rekordów opisujących stan rynku w określonym momencie czasu. Pola rekordu poza ceną ostatniej transakcji zawierają informacje o pięciu „najlepszych” ofertach po stronie kupna oraz sprzedaży tworzących arkusz zleceń. Na pojedynczą ofertę składa się para liczb: limit ceny oraz ilość papierów wartościowych zaoferowanych z danym limitem. Aktualizacja rekordu następuje w przypadku zawarcia transakcji lub pojawienia się nowych ofert modyfikujących strukturę arkusza zleceń.

Parametry określające ilość I oraz limit ceny S przyjęto tak, by umożliwić analizę porównawczą ryzyka płynności zarówno w czasie, jak i pomiędzy papierami wartościowymi. Dla każdego waloru parametr I ograniczono do zbioru dziesięciu wartości $I = \{0, 1 \bar{I}, 0, 2 \bar{I}, \dots, \bar{I}\}$, gdzie $\bar{I}$ jest oszacowaniem średniej arytmetycznej skumulowanych ilości z ofert kupna lub sprzedaży, liczonej na podstawie wszystkich różniących się rekordów opisujących stan rynku. Zbiór parametrów $S^+ = \{0, 1\Delta, \dots, 10\Delta\}$ oraz $S^- = \{-10\Delta, \dots, -1\Delta, 0\}$ określa wielokrotność minimalnego możliwego odchylenia limitu ceny w zle-

⁴ Informacje o serwisie TSG dostępne są pod adresem <http://www.cait.com.pl>.

cenii kupna i sprzedaży od ceny ostatniej transakcji⁵. Z uwagi na to, że zlecenia kupna oraz sprzedaży mogą być składane z limitem ceny równym kursowi ostatniej transakcji, zbiór S zawiera zero (zerowe odchylenie od ceny ostatniej transakcji). Określenie zbiorów I oraz S jest wynikiem analizy statystycznej, która wykazała, że rekordy zawierające oferty z limitem ceny przekraczającym poziom $S_0 \pm 10\Delta$ lub z ilością powyżej średniej $\bar{I}$ występują bardzo rzadko i stanowią niecałe 1% liczby wszystkich ofert kupna bądź sprzedaży danego papieru wartościowego. Przyporządkowując elementom iloczynu kartezjańskiego zbiorów I oraz S prawdopodobieństwo otrzymamy miarę płynności zależną od I oraz Δ , będącą jednocześnie funkcją gęstości procesu $\{X(I, S), I \in I, S \in S\}$. Tak skonstruowana miara pozwala na określenie prawdopodobieństwa zawarcia transakcji z limitem ceny odbiegającym od ceny ostatniej transakcji o pewną liczbę k „tików” przy ilości papierów wartościowych stanowiącej część średniej $\bar{I}$.

Tabela 1. Algorytm szacowania ryzyka płynności – proces kupna

$(\bar{I}, S)$	0	$1\Delta S$	$2\Delta S$	...	$(n-1)\Delta S$	$n\Delta S$
$1/n\bar{I}$	$0 \rightarrow$	$0 \rightarrow$	$\downarrow 1$	1	1	1
$2/n\bar{I}$	0	0	$\downarrow 1$	1	1	1
:	0	0	$0 \rightarrow$	$0 \rightarrow$	$\downarrow 1$	1
$m/n\bar{I}$	0	0	0	0	$\downarrow 1$	1
:	0	0	0	0	$0 \rightarrow$	$0 \rightarrow$
$\bar{I}$	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

W celu oszacowania funkcji rozkładu prawdopodobieństwa procesu $\{X(I, S), I \in I, S \in S\}$ można wykorzystać częstościową definicję prawdopodobieństwa. Na podstawie rekordów opisujących stan rynku, wyznaczając częstość wystąpienia sytuacji sprzyjającej zawarciu transakcji opisanej parą (I, S) , można określić prawdopodobieństwo $p_{I,S}$.

Z własności procesu X wynika, że jeżeli dla określonego rekordu będzie możliwa realizacja transakcji kupna (sprzedaży) pewnej liczby $m/n \cdot \bar{I}$ walorów po cenie $S_0 + k\Delta$ ($S_0 - k\Delta$), to dla tej samej ilości zostanie zrealizowana transakcja kupna (sprzedaży) z limitem ceny $S_0 + l\Delta$ ($S_0 - l\Delta$), gdzie $l > k$. Natomiast nie zajdą transakcje z „gorszymi” limitami ceny. Ponadto, jeżeli

⁵ Kurs akcji, w zależności od poziomu ceny z ostatniej transakcji S_0 , jest określany z dokładnością do $\Delta = 0,01$ zł, gdy $S_0 \leq 5$ zł, $\Delta = 0,05$ zł, gdy $S_0 \leq 20$ zł, $\Delta = 0,1$ zł, gdy $S_0 \leq 100$ zł, oraz $\Delta = 0,5$ zł, gdy $S_0 \geq 100$ zł, (Szczegółowe zasady obrotu giełdowego, załącznik do uchwały 24/2002 Zarządu Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie z 25.01.2002 r.).

nie będzie możliwa sprzedaż (zakup) $m/n \cdot \bar{I}$ akcji po przyjętej cenie, to nie będzie to również możliwe dla $s/n \cdot \bar{I}$ walorów, gdzie $s > m$. Ogólny schemat procedury weryfikacji możliwości zawarcia transakcji dla zleceń kupna został przedstawiony w tabeli 1. W celu oszacowania prawdopodobieństw zawarcia transakcji dla różnych ilości papierów wartościowych oraz cen, należy przeanalizować wszystkie rekordy z danymi i na ich podstawie wyznaczyć częstość występowania zdarzeń sprzyjających. Stosując analogiczną procedurę, można oszacować funkcję rozkładu prawdopodobieństwa procesu zleceń sprzedaży.

4.3. Wyniki analizy płynności

Procedurę szacowania funkcji prawdopodobieństwa, opisaną w § 4.2, zastosowano do analizy płynności papierów wartościowych wybranych przedsiębiorstw notowanych na GPW w Warszawie. W skład próby wchodziły akcje firm o wysokiej kapitalizacji rynkowej: Telekomunikacji Polskiej SA i Banku PeKaO SA, o średniej kapitalizacji rynkowej: Polifarbu Cieszyń-Wrocław SA, Towarzystwa Ubezpieczeń i Reasekuracji WARTA SA oraz o niskiej kapitalizacji: Art Marketing Syndicate SA i Banku Ochrony Środowiska SA. Badaniem objęto okres notowania akcji w systemie WARSET. W celu określenia struktury czasowej płynności, poza obliczeniami syntetycznymi, funkcję prawdopodobieństwa oszacowano również z uwzględnieniem podziału sesji na dwa przedziały czasowe: od godziny 10.00 do 13.00 oraz od godziny 13.00 do 16.00. Obliczenia dla Telekomunikacji Polskiej oraz AMS zamieszczono w tabelach 2–13.

Tabela 2. Ryzyko płynności kupna – TPSA ($\bar{I} = 52\ 747,67$; wartości podano w %)

$(\bar{I}, \Delta)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0. 0.	15	63	87	96	98	99	99	99	99	99	99
0. 0.	6.	40	71	89	94	96	97	97	97	97	97
0. 0.	3.	25	55	79	87	92	92	92	93	93	93
0. 0.	1.	15	41	68	78	86	87	87	87	87	87
0. 0.	0.	9.	30	57	69	78	79	79	79	79	79
0. 0.	0.	6.	22	46	59	70	71	71	71	71	71
0. 0.	0.	4.	16	37	50	62	62	62	62	62	62
0. 0.	0.	2.	12	30	41	53	54	54	54	54	54
0. 0.	0.	1.	9.	24	34	46	46	46	46	46	46
1. 0.	0.	1.	6.	19	28	39	39	39	39	39	39

Tabela 3. Ryzyko płynności kupna – TPSA godz.: 10.00–13.00
($\bar{I} = 52\ 747,67$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.	15	61	85	95	98	99	99	99	99	99	99
0.	6.	38	69	87	92	95	96	96	96	96	96
0.	2.	23	53	76	84	90	91	91	91	91	91
0.	1.	14	39	65	75	83	84	84	84	84	84
0.	0.	9.	28	54	65	75	75	75	75	75	75
0.	0.	5.	21	43	55	66	67	67	67	67	67
0.	0.	3.	15	34	46	57	58	58	58	58	58
0.	0.	2.	11	27	38	49	49	49	49	49	49
0.	0.	1.	8.	22	31	41	42	42	42	42	42
1.	0.	1.	6.	17	25	35	35	35	35	35	35

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Ryzyko płynności kupna – TPSA godz.: 13.00–16.00
($\bar{I} = 52\ 747,67$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.	16	67	90	97	99	99	99	99	99	99	99
0.	7.	42	74	92	96	98	98	98	98	98	98
0.	3.	27	59	83	90	95	95	95	95	95	95
0.	1.	16	45	72	83	90	90	90	90	90	90
0.	0.	10	33	61	74	83	84	84	84	84	84
0.	0.	6.	24	50	64	76	76	76	76	76	76
0.	0.	4.	17	41	55	68	68	68	68	68	68
0.	0.	2.	13	34	46	59	60	60	60	60	60
0.	0.	1.	9.	27	39	52	52	52	52	52	52
1.	0.	1.	7.	21	32	44	44	44	45	45	45

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Ryzyko płynności sprzedaży – TPSA ($\bar{I} = 76\ 703,46$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0
0.	99	99	99	99	99	99	99	98	95	85	39
0.	98	98	98	98	98	98	97	94	86	66	21
0.	95	95	95	95	94	94	92	87	73	48	11
0.	89	89	89	89	89	88	85	78	59	35	6.
0.	81	81	81	81	81	81	75	67	47	25	3.
0.	72	72	72	72	72	72	66	57	37	18	2.
0.	63	63	63	63	63	63	57	47	30	13	1.
0.	54	54	54	54	54	54	48	39	24	9.	0.
0.	46	46	46	46	46	46	40	32	18	7.	0.
1.	39	39	39	39	39	38	33	26	15	5.	0.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 6. Ryzyko płynności sprzedaży – TPSA godz.: 10.00–13.00
($\bar{I} = 76\,703,46$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0
0.	99	99	99	99	99	99	99	98	95	84	39
0.	98	98	98	98	98	98	96	94	85	65	21
0.	94	94	94	94	94	94	91	86	72	47	11
0.	87	87	87	87	87	87	83	76	59	35	6.
0.	80	80	80	80	79	79	74	66	47	25	3.
0.	71	71	71	71	71	71	65	57	38	18	2.
0.	63	63	63	63	63	62	56	48	31	13	1.
0.	54	54	54	54	54	54	48	40	25	10	0.
0.	46	46	46	46	46	46	40	34	20	7.	0.
1.	39	39	39	39	39	39	34	28	16	6.	0.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7. Ryzyko płynności sprzedaży – TPSA godz.: 13.00–16.00
($\bar{I} = 76\,703,46$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0
0.	99	99	99	99	99	99	99	99	96	86	40
0.	98	98	98	98	98	98	97	95	87	67	21
0.	95	95	95	95	95	95	93	89	75	49	11
0.	90	90	90	90	90	90	86	79	61	35	6.
0.	82	82	82	82	82	82	77	68	48	24	3.
0.	73	73	73	73	73	73	67	57	37	17	2.
0.	64	64	64	64	64	64	57	47	28	12	1.
0.	54	54	54	54	54	54	48	38	22	9.	0.
0.	45	45	45	45	45	45	39	30	16	6.	0.
1.	37	37	37	37	37	37	32	24	13	5.	0.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8. Ryzyko płynności kupna – AMS ($\bar{I} = 1150,40$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.	21	27	31	34	39	45	47	49	52	55	61
0.	13	18	22	24	28	33	35	37	39	42	47
0.	8.	12	16	18	21	26	28	30	31	33	38
0.	6.	9.	12	14	17	21	23	25	26	28	32
0.	4.	6.	9.	11	13	17	19	21	22	24	27
0.	3.	6.	7.	9.	11	14	16	18	19	20	23
0.	3.	5.	7.	8.	10	13	14	15	16	18	20
0.	3.	4.	5.	6.	9.	11	12	13	14	16	18
0.	2.	4.	5.	6.	8.	10	10	11	13	14	16
1.	2.	3.	4.	5.	7.	8.	9.	10	11	12	14

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 9: Ryzyko płynności kupna – AMS godz.: 10.00–13.00
($\bar{I} = 1150,40$; wartości podano w %)

($\bar{I}$, Δ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.	19	24	29	32	36	41	43	45	47	50	55
0.	12	16	19	22	25	30	31	33	35	37	41
0.	7.	11	14	15	19	23	24	26	27	29	33
0.	5.	8.	10	12	15	18	19	21	22	24	27
0.	3.	5.	7.	9.	12	15	16	18	19	20	23
0.	3.	5.	6.	8.	10	13	15	16	17	18	20
0.	3.	4.	6.	7.	9.	12	13	14	15	16	18
0.	2.	3.	5.	6.	8.	10	11	12	13	14	16
0.	2.	3.	4.	5.	7.	9.	9.	10	12	13	14
1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	8.	9.	10	11	13

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 10. Ryzyko płynności kupna – AMS godz.: 13.00–16.00
($\bar{I} = 1150,40$; wartości podano w %)

($\bar{I}$, Δ)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.	23	30	35	38	43	50	53	55	58	62	69
0.	15	21	26	29	33	39	41	43	46	49	55
0.	10	14	18	20	25	31	33	35	37	40	46
0.	7.	10	14	16	20	25	27	30	32	34	39
0.	5.	8.	11	12	16	20	22	25	27	29	34
0.	4.	7.	9.	9.	12	15	17	20	22	24	28
0.	4.	6.	8.	9.	11	13	15	17	19	20	24
0.	3.	5.	7.	8.	10	12	13	15	16	18	21
0.	3.	5.	6.	7.	9.	11	12	13	15	16	19
1.	2.	4.	5.	6.	8.	9.	10	11	12	13	16

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 11. Ryzyko płynności sprzedaży – AMS ($\bar{I} = 582,51$; wartości podano w %)

($\bar{I}$, Δ)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0
0.	69	69	65	63	60	58	53	49	47	43	35
0.	59	59	56	54	52	50	45	41	39	35	27
0.	50	50	48	46	44	42	37	34	32	27	21
0.	42	42	40	39	37	35	31	28	26	22	16
0.	35	35	33	32	30	28	25	22	21	17	12
0.	29	29	28	27	25	24	21	18	17	14	10
0.	25	25	24	23	22	20	18	15	14	11	7.
0.	22	22	21	20	19	18	16	13	12	10	6.
0.	20	20	19	18	17	16	14	12	11	8.	5.
1.	17	17	16	16	15	14	12	10	9.	7.	4.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 12. Ryzyko płynności sprzedaży – AMS godz.: 10.00–13.00
($\bar{I} = 582,51$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0
0.	69	69	66	64	62	60	54	51	49	45	38
0.	59	59	57	55	53	51	46	43	41	37	30
0.	51	51	49	47	45	43	39	36	34	29	24
0.	42	42	40	38	37	35	32	29	28	24	19
0.	34	34	33	31	30	28	25	22	21	17	14
0.	28	28	27	26	24	23	21	18	17	14	11
0.	24	24	23	22	21	19	17	15	14	12	9.
0.	21	21	20	19	18	17	15	13	12	10	7.
0.	19	19	18	17	16	15	14	12	11	8.	6.
1.	16	16	16	15	14	13	12	10	10	7.	5.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 13. Ryzyko płynności sprzedaży – AMS godz.: 13.00–16.00
($\bar{I} = 582,51$; wartości podano w %)

($\bar{I}, \Delta$)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0
0.	68	68	64	61	59	57	51	47	44	40	32
0.	59	59	55	52	50	48	43	39	36	31	23
0.	49	49	46	44	43	40	35	32	30	25	18
0.	43	43	41	39	37	35	29	26	24	19	13
0.	36	36	34	33	31	29	25	22	21	16	10
0.	30	30	29	28	26	24	21	19	17	12	8.
0.	27	27	26	25	23	22	19	16	14	11	6.
0.	24	24	23	22	21	19	16	13	12	9.	5.
0.	21	21	20	19	18	17	14	12	11	8.	3.
1.	18	18	18	17	16	15	12	10	9.	6.	2.

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wyników wykazała zależność ryzyka płynności od kapitalizacji rynkowej przedsiębiorstwa. Dla spółek o wysokiej kapitalizacji prawdopodobieństwo zawarcia transakcji jest znacznie wyższe niż w przypadku spółek o niskiej wartości rynkowej. Jedynie w przypadku transakcji kupna oraz sprzedaży ilości bliskiej średniej skumulowanej, z limitem ceny niewiele odbiegającym od ceny ostatniej transakcji, ryzyko płynności akcji spółek „dużych” jest wyższe niż dla firm „małych”. Wynika to prawdopodobnie z wyższej średniej skumulowanej ilości akcji dla firm o wysokiej kapitalizacji niż tych o niskiej kapitalizacji. W przypadku dużych firm prawdopodobieństwo zawarcia transakcji rośnie znacznie szybciej wraz ze zmianą limitu ceny o jeden „tik” niż w przypadku przedsiębiorstw o średniej lub niskiej kapitalizacji rynkowej. Dla dużych firm największy przyrost (przeciętnie

z ok. 15% do ok. 70% dla zleceń małych oraz z ok. 2% do ok. 25% dla zleceń dużych) występuje pomiędzy pierwszym a trzecim „tikiem”. Przyrost ten jest z reguły wyższy w przypadku transakcji sprzedaży niż kupna. Dalsze zwiększanie odchylenia limitu ceny od kursu ostatniej transakcji powoduje znacznie wolniejszy przyrost prawdopodobieństwa. Dla zleceń kupna (sprzedaży) małej liczby walorów z limitem odbiegającym o $\pm 10\Delta$ transakcje zostaną zrealizowane „prawie na pewno” ($p \approx 99\%$). Dla przedsiębiorstw o średniej oraz niskiej kapitalizacji przyrost prawdopodobieństwa, wywołany zmianą limitu ceny, jest z reguły niższy i bardziej równomierny. Niepewność związana z realizacją zlecenia na małą liczbę walorów z wysokim limitem ceny, jest z reguły znacznie wyższa niż w przypadku walorów firm o dużej kapitalizacji (prawdopodobieństwo q niedojścia transakcji do skutku znajduje się w przedziale pomiędzy 40–60%). Ponadto wraz ze wzrostem kapitalizacji spółki rośnie symetria między ryzykiem płynności dla zleceń kupna oraz sprzedaży. W przypadku małych spółek prawdopodobieństwo zawarcia transakcji z limitem ceny dobiegającym o tę samą liczbę „tików” od kursu ostatniej transakcji jest wyraźnie niższe dla zleceń kupna niż dla zleceń sprzedaży.

Otrzymane wyniki wskazują, że ryzyko płynności zmienia się w trakcie trwania sesji giełdowej. Różnice te są przeciętnie znacznie wyższe dla spółek o niskiej i średniej kapitalizacji niż dla spółek o wysokiej kapitalizacji. Ponadto kierunek zmian jest uzależniony od tego, czy dotyczy płynności kupna czy sprzedaży. Prawdopodobieństwo zawarcia transakcji sprzedaży jest wyższe pomiędzy godziną 10.00 a 13.00 niż pomiędzy godziną 13.00 a 16.00. W przypadku ryzyka płynności dla zleceń kupna jest odwrotnie – ryzyko to jest niższe w godzinach 13.00–16.00, wyższe zaś w godzinach 10.00–13.00. Uzyskany wynik oznacza, że w pierwszych trzech godzinach po otwarciu giełdy dominują oferty kupna, w kolejnych trzech – oferty sprzedaży. Bardziej wyczerpującego obrazu struktury czasowej ryzyka płynności mogą dostarczyć badania z uwzględnieniem podziału sesji giełdowej na krótsze odcinki czasu.

5. WNIOSKI

Zaproponowana miara ryzyka płynności, oparta na prawdopodobieństwie zawarcia transakcji w sposób bezpośredni odnosi się do przyjętej w artykule intuicyjnej definicji płynności. Z uwagi na trudności związane z oszacowaniem proponowanej miary pominięto aspekt czasowy, koncentrując uwagę na wpływie zmian ceny oraz ilości papierów wartościowych na prawdopodobieństwo zawarcia transakcji.

Przeprowadzone badania wykazały, że niepewność związana z kupnem oraz sprzedażą określonej ilości papierów wartościowych, przy pewnym limicie ceny, rośnie wraz z ze spadkiem kapitalizacji rynkowej przedsiębiorstwa. Wyniki potwierdziły opinię, że „relatywnie” taniej można kupić lub sprzedać akcje przedsiębiorstw dużych niż małych. Stwierdzono występowanie asymetrii pomiędzy płynnością zleceń kupna oraz zleceń sprzedaży, a także asymetrii z kapitalizacją giełdową spółki. Analiza struktury czasowej płynności wskazała ponadto na wyraźne różnice w poziomie ryzyka płynności w czasie trwania sesji giełdowej.

LITERATURA

- Copeland T. E. (1979), *Liquidity changes following stock split*, „Journal of Finance” 34.
- Elton E. J., Gruber M. J. (1999), *Nowoczesna teoria portfelową i analiza papierów wartościowych*, WIG-Press, Warszawa.
- Fabozzi F. J., Fong, G. (2000), *Zarządzanie portfelem inwestycji finansowych przynoszących stały dochód*, PWN, Warszawa.
- Hasbrouck J., Seppi D. J. (2000), *Common factors in proces, order flows and liquidity*, „Journal of Finance Economics”.
- Haugen R. A. (1999a), *The inefficient stock market*, Prentice-Hall.
- Haugen R. A. (1999b), *Teoria nowoczesnego inwestowania*, WIG-Press, Warszawa.
- Hull J. (1999), *Kontrakty terminowe i opcje, wprowadzenie*, WIG-Press, Warszawa.
- Jajuga K., Kuźniak K., Markowski P. (1997), *Inwestycje finansowe*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław.
- Michayluk D., Kofman, P. (2001), *Liquidity, market structure and stock splits*, url: <http://www.business.uts.edu.au/finance/qfr>.
- Rozkrut D. (2000), *Narzędzia kontroli ryzyka w bankach*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Sharpe W. F. (1970), *Portfolio theory and capital markets*, McGraw-Hill.

Przemysław Garsztka, Przemysław Matuszewski, Karol Wieloch

ANALYSIS OF VALUE PAPERS' LIQUIDITY LISTED WITH WARSET SYSTEM

Summary

In the most of papers dealing with capital markets, their authors concentrate mainly on the price of value papers rather than on their liquidity.

In the paper the new measure of the liquidity is proposed. This measure is based on the transaction probability and directly refers to intuitive definition of liquidity's term. The authors made a research on the influence of changes in limit of the price and volume offers on the liquidity.

The results imply that the level of liquidity risk depends on companies' market capitalisation. The asymmetry of liquidity risk was notified. Its level was different when shares was to be sold or bought. The time structures analysis of the phenomena implies the clear differentiation of the liquidity risk.