Piotr Binkowski
Akademia Finansów w Warszawie

Derywaty pogodowe – geneza, rodzaje oraz zastosowanie[1]

Streszczenie

W dzisiejszych czasach coraz więcej przedsiębiorstw różnych branż jest narażonych na ryzyko utraty przychodów w wyniku niekorzystnych zmian czynników pogodowych. Do branż najbardziej narażonych na ryzyko pogodowe należy zaliczyć: energetykę, rolnictwo, budownictwo oraz transport. Zainicjowało to dynamiczny rozwój rynków derywatów pogodowych wraz ze wzrostem świadomości ryzyka pogodowego wśród uczestników tego rynku.

Rynki derywatów pogodowych rozwijają się obecnie we wszystkich rozwiniętych gospodarkach: USA, Azja oraz Europa. Konstruowanie derywatów pogodowych polega na skwantyfikowaniu czynników pogodowych w postaci indeksów pogodowych, co jest stosunkowo proste, trudniejszym zadaniem może okazać się zdobycie dokładnych danych historycznych wybranych czynników pogodowych.

Z kolei biorąc pod uwagę dotychczasowy rozwój instrumentów pochodnych – przede wszystkim tych rozliczanych finansowo, opartych na indeksach – rynek finansowy dysponuje szerokim wachlarzem różnych rodzajów sprawdzonych instrumentów pochodnych (kontrakty futures, forward, opcje, swapy), które z powodzeniem mogą być wykorzystane (i są) na rynkach derywatów pogodowych zarówno do ograniczania ryzyka pogodowego, jak i zawierania transakcji spekulacyjnych.

[1] Druga część tekstu dotycząca możliwości zastosowania derywatów pogodowych na rynku krajowym ukaże się w kolejnym numerze „Współczesnej Ekonomii".

Wprowadzenie

Ekstremalnie gorące lato (lub ekstremalnie chłodne), ciepła zima lub ponadprzeciętna wysokość opadów mogą mieć negatywny wpływ na określone branże gospodarki w danym regionie, państwie lub nawet kontynencie[2]. Przedsiębiorstwa, których wyniki są bezpośrednio uzależnione od warunków atmosferycznych należą do następujących branż:

- Energetyka – wielkość zużycia gazu lub energii elektrycznej jest silnie uzależniona od temperatury. Zwłaszcza w przypadku zbyt łagodnej zimy, (gdy temperatura jest wyższa niż przeciętnie) zarówno producenci energii, jak i jej dystrybutorzy są narażeni na spadek wolumenu sprzedaży[3].
- Budownictwo – w wyniku niekorzystnych warunków atmosferycznych firmy budowlane są narażone na koszty związane z niedotrzymaniem terminów realizacji projektów inwestycyjnych. Do kosztów tych należy zaliczyć: koszt utrzymania siły roboczej, maszyn, narzędzi, urządzeń, jak również kary umowne za niedotrzymanie warunków umowy.
- Rozrywka – sieć multipleksów w wyniku bardzo dobrych warunków atmosferycznych narażona jest na spadek wolumenu sprzedaży.
- Turystyka – na przykład zbyt małe opady śniegu w okresie zimowym w sezonie narciarskim powodują spadek sprzedaży, np.: pokoi hotelowych, biletów, karnetów zjazdowych itd.
- Rolnictwo – rolnictwo jest branżą najbardziej wrażliwą na warunki atmosferyczne. Zarówno wielkość opadów deszczu, jak i temperatura w okresie wegetacji mają istotne znaczenie dla wielkość plonów, a co za tym idzie wielkości przychodów.
- Browary – sprzedaż napojów orzeźwiających (szczególnie piwa) jest ściśle uzależniona od panujących warunków atmosferycznych. Zimne, deszczowe lato ma istotny wpływ na spadek wolumenu sprzedaży.
- Transport – warunki atmosferyczne mają duży wpływ na funkcjonowanie firm transportowych. Niekorzystne warunki pogodowe, np.: mgła, opady śniegu lub ponadprzeciętnie wysokie temperatury, powodują znaczne ograniczenia w ciągłości transportu, co przyczynia się bezpośrednio do spadku przychodów oraz wzrostu kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa.
- Handel detaliczny – handel detaliczny można podzielić na dwie grupy:
  – sezonowy – wielkość sprzedaży zależy od warunków pogodowych w określonym sezonie, np.: sprzedaż strojów kąpielowych w lecie lub sprzedaż płaszczy w zimie,
  – sytuacyjny – wielkość sprzedaży zależy od określonych warunków pogodowych w danej chwili, np.: opady deszczu powodują wzrost sprzedaży parasolek.

[2] Szacuje się, że około 20% gospodarki USA jest bezpośrednio uzależnione od warunków atmosferycznych.

[3] W tym miejscu należy podkreślić, że to właśnie branża energetyczna przyczyniła się do powstania derywatów pogodowych.

Przedsiębiorstwa wyżej wymienionych branż są narażone na ryzyko poniesienia strat finansowych w wyniku niekorzystnych zmian warunków pogodowych. Ten specyficzny rodzaj ryzyka nazywany jest właśnie ryzykiem pogodowym. Wynika z tego ważny wniosek, że warunki atmosferyczne nie są już tylko cechą danego środowiska, lecz ważnym czynnikiem ekonomicznym.

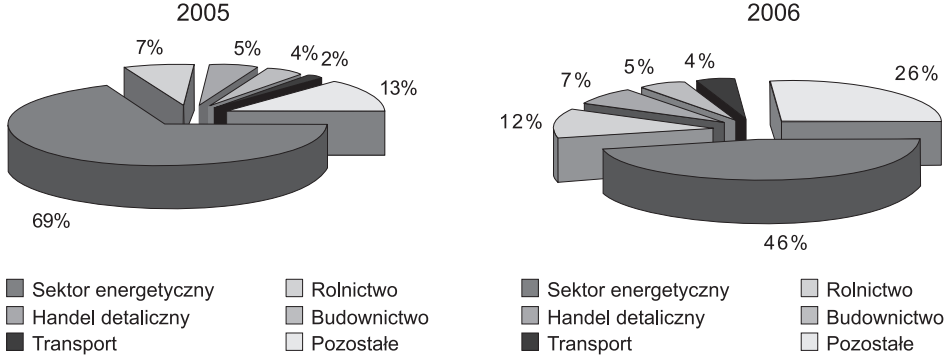
1. Historia oraz motywy powstania derywatów pogodowych

Pomimo, że przedsiębiorstwa różnych branż są narażone na ryzyko pogodowe, to jednak sektor energetyczny jest najbardziej zainteresowany stosowaniem instrumentów finansowych pozwalających ograniczyć to ryzyko. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez firmę PriceWaterhouseCoopers.

Wynika to z faktu, że przychody dużych przedsiębiorstw energetycznych, które zajmują się produkcją lub dystrybucją energii elektrycznej, są wyjątkowo wrażliwe na zmiany warunków atmosferycznych. Cechą specyficzną energii elektrycznej jako towaru jest to, że jej magazynowanie jest praktycznie niemożliwe – w każdej chwili popyt na energię musi być zrównoważony z podażą.

Wyniki kolejnych badań przeprowadzonych przez firmę PriceWaterhouseCoopers za 2005 r. oraz 2006 r. potwierdzają, że największe zapotrzebowanie na derywaty pogodowe występuje ze strony sektora energetycznego oraz rolnictwa, przy jednoczesnej tendencji do wzrostu zapotrzebowania na te instrumenty wśród pozostałych uczestników (por. rys. 1).

Do niedawna rynek finansowy oferował niewiele instrumentów zabezpieczających przed ryzykiem pogodowym – były to przede wszystkim ubezpieczenia od katastrof pogodowych. Brakowało natomiast instrumentów pozwalających ograniczyć ryzyko poniesienia strat finansowych, którego może doświadczyć przedsiębiorstwo w wyniku ponadprzeciętnych zmian warunków atmosferycznych.



Źródło: 2006 Survey Results, PriceWaterhouseCoopers, wrzesień 2006 r.

Rys. 1. Struktura zapotrzebowania na derywaty pogodowe poszczególnych grup użytkowników w 2005 r. oraz w 2006 r.

W połowie lat 90. XX w. zaczęto podejmować próby skwantyfikowania średnich miesięcznych (lub okresowych) temperatur w postaci indeksów. Indeksy pogodowe umożliwiłyby obrót warunkami atmosferycznymi w taki sam sposób, jak to ma miejsce w przypadku walut, indeksów giełdowych, stóp procentowych, czy też towarów.

Pierwsza transakcja tego typu, tj., oparta na indeksie pogodowym została zawarta w 1996 r. Była to transakcja swapowa zawarta pomiędzy firmami KOCH ENERGY i ENRON[4]. Wydarzenie to dało początek powstaniu rynku derywatów pogodowych. Istotnym determinantem powstania rynku derywatów pogodowych było pojawienie się zjawiska klimatycznego „El Niño" oraz jego zimnej odmiany „La Niña". Zjawiska te spowodowały szereg anomalii pogodowych: ulewne deszcze w normalnie suchych rejonach, susze w miejscach, gdzie one nigdy nie występowały, ponadprzeciętnie wysokie temperatury w zimie oraz wyjątkowo niskie temperatury w okresie letnim. Zaczęto wówczas dostrzegać szeroki wpływ ryzyka zmian warunków pogodowych na wyniki finansowe przedsiębiorstw.

Derywaty pogodowe zasadniczo różnią się od produktów ubezpieczeniowych. Ubezpieczają przed zdarzeniami o niskim ryzyku, ale dużym prawdopodobieństwie wystąpienia. Natomiast ubezpieczenia zabezpieczają przed zdarzeniami o wysokim ryzyku, ale małym prawdopodobieństwie wystąpienia.

2. Indeksy pogodowe

Derywaty pogodowe są to instrumenty finansowe, których wartość jest ściśle uzależniona od wartości zdefiniowanych czynników pogodowych (Klimaszewski, 2000). W związku z tym, elementem niezbędnym do skonstruowania derywatów pogodowych jest skwantyfikowanie czynników pogodowych w sposób umożliwiający przypisanie im określonych wartości pieniężnych. Do najważniejszych czynników pogodowych mających istotny wpływ na przychody przedsiębiorstwa należy zaliczyć: temperaturę, opady deszczu, opady śniegu, siłę wiatru, zachmurzenie.

Najbardziej rozpowszechnioną grupą indeksów pogodowych stanowią te oparte na zmianach temperatury. Należy wyróżnić trzy podstawowe rodzaje tego typu indeksów[5]:

- Indeks temperatury:
  – HDD (ang. *heating degree days*) – indeks sezonu grzewczego,
  – CDD (ang. *cooling degree days*) – indeks sezonu letniego.
- Minimalny, maksymalny, bądź średni poziom temperatury w danym okresie.
- Ilość dni krytycznych, w których dany poziom temperatury został przekroczony.

[4] ENRON znacznie przyczynił się do rozwoju derywatów pogodowych. Po jego upadku nastąpiło spowolnienie rozwoju tego rynku.

[5] ABM Amro Bank, [w:] *Development of the European Weather Market*, WRMA European Meeting.

Indeks HDD oznacza sumę bezwzględnych odchyleń średnich dziennych temperatur od tzw. temperatury referencyjnej, w przypadku gdy w danym dniu średnia temperatura jest niższa od poziomu temperatury referencyjnej. Jeżeli średnia temperatura jest wyższa od temperatury referencyjnej, wtedy przyjmuje się dla tego dnia wartość zero. Temperatura referencyjna jest ustalana często na poziomie 18şC. Poziom ten jest istotny dla przemysłu energetycznego – oznacza granicę sezonu grzewczego. Poniżej są przedstawione przykłady obliczania indeksów HDD (tabela 1) oraz CDD (tabela 2).

Przykład obliczania indeksu HDD dla określonego dnia:	
Średnia dzienna temperatura	10°C
Temperatura referencyjna	18°C
Index HDD (18–10)	**8 HDD**

Tabela 1. Metodologia obliczania indeksu HDD dla okresu obejmującego 7 kolejnych dni

Dzień	Temperatura °C	Dzienna wartość HDD	HDD indeks
1	14°	4	**4**
2	18°	0	**4**
3	17°	1	**5**
4	16°	2	**7**
5	15°	3	**10**
6	17°	1	**11**
7	22°	0	**11**
Temperatura referencyjna 18°C			

Źródło: opracowanie własne.

Przykład obliczania indeksu CDD dla określonego dnia:	
Średnia dzienna temperatura	30°C
Temperatura referencyjna	25°C
Index CDD (30–25)	**5 HDD**

Tabela 2. Metodologia obliczania indeksu CDD dla okresu obejmującego 7 kolejnych dni

Dzień	Temperatura °C	Dzienna wartość HDD	HDD indeks
1	22°	0	**0**
2	24°	0	**0**
3	25°	0	**0**
4	29°	4	**4**
5	28°	3	**7**
6	27°	2	**9**
7	28°	3	**12**
Temperatura referencyjna 25°C			

Źródło: opracowanie własne.

W podobny sposób tworzony jest indeks CDD. Jest on sumą bezwzględnych odchyleń średnich dziennych temperatur od temperatury referencyjnej, w przypadku jeżeli wartość średniej dziennej temperatury jest wyższa od temperatury referencyjnej. W przypadku indeksu CDD temperatura referencyjna ustalana jest często na poziomie 25°C – przy wzroście powyżej tego poziomu intensywnie korzysta się z klimatyzatorów.

Indeksy HDD oraz CDD należą do jednych z pierwszych typów indeksów wykorzystywanych do budowy derywatów pogodowych opartych na temperaturze. Do dnia dzisiejszego są to najpopularniejsze indeksy, przede wszystkim w USA.

Z kolei na rynku europejskim dominują indeksy temperaturowe drugiego typu, czyli oparte o średni poziom temperatury w danym okresie. Przykładem może być CAT indeks (ang. *cumulative average temperature*), czyli indeks skumulowanych średnich temperatur. Do obliczania indeksu skumulowanego brane są pod uwagę dwie wielkości:

- indeks dzienny – średnia dzienna temperatura pomiędzy godz.00:00 a 23:00[6],
- indeks okresowy – średnia dziennych temperatur (dziennych indeksów) za okres od początku danego okresu, za który obliczany jest indeks, na przykład 15 stycznia będzie to średnia dziennych temperatur od 1 stycznia do 15 stycznia.

Sposób obliczania indeksu typu CAT przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Metodologia obliczania indeksu skumulowanych średnich temperatur CAT dla okresu obejmującego 10 kolejnych dni

Dzień	Maksymalna temperatura dnia [a]	Minimalna temperatura dnia [b]	Średnia temperatura dnia [c]=(([a] + [b])/2)	Wartość indeksu skumulowanego w danym dniu*
1	15	11	13,00	**13,00**
2	16	11	13,50	**13,25**
3	18	12	15,00	**13,83**
4	22	13	17,50	**14,75**
5	22	15	18,50	**15,50**
6	21	14	17,50	**15,83**
7	20	13	16,50	**15,93**
8	21	14	17,50	**16,13**
9	22	15	18,50	**16,39**
10	20	13	16,50	**16,40**

* Wartość indeksu miesięcznego w danym dniu jest obliczana jako średnia wartość średnich temperatur dnia (wielkość [c] w tabeli 3).

Źródło: opracowanie własne.

[6] Średnia dzienna temperatura jest obliczana na podstawie maksymalnej i minimalnej dobowej temperatury.

Tabela 4. Metodologia obliczania indeksu liczby dni krytycznych dla okresu obejmującego 10 kolejnych dni (na przykładzie średnich temperatur)

Dzień	Maksymalna temperatura dnia	Minimalna temperatura dnia	Średnia temperatura dnia	Wartość indeksu (liczby dni krytycznych)
1	16	10	13.00	**1**
2	15	12	13.50	**2**
3	17	14	15.50	**2**
4	21	15	18.00	**2**
5	22	17	19.50	**2**
6	21	16	18.50	**2**
7	19	11	15.00	**2**
8	21	17	19.00	**2**
9	23	15	19.00	**2**
10	24	13	18.50	**2**

Źródło: opracowanie własne.

Metodologia trzeciego typu jest rzadziej wykorzystywana do wyznaczenia indeksów temperaturowych. Polega ona na wyznaczeniu liczby dni (tzw. liczby dni krytycznych), w których temperatura przekracza określony poziom.

Sposób obliczania przykładowego indeksu liczby dni krytycznych dla temperatury referencyjnej niższej niż 15˚C przedstawia tabela 4. Zgodnie z tym przykładem, jeżeli średnia temperatura dnia (obliczana tak samo jak w przykładzie poprzednim) jest mniejsza niż 15˚C, to wartość indeksu (w tym dniu) wynosi 1, natomiast jeżeli jest większa lub równa 15˚C, wówczas wartość indeksu (w tym dniu) wynosi 0. Dla obliczenia wartości za dany okres należy zsumować wartości indeksów dziennych w tym okresie.

Derywaty pogodowe oparte na indeksach temperaturowych stanowią najliczniejszą grupę tego typu instrumentów (około 85% derywatów pogodowych). Należy jednak podkreślić, że derywaty oparte na indeksach nietemperaturowych mają również duże znaczenie w zakresie ograniczania ryzyka pogodowego.

Najliczniejszą grupę indeksów nietemperaturowych stanowią indeksy opadów deszczu bądź śniegu. Do ustalenia wartości tego typu indeksów najczęściej wykorzystywana jest metodologia trzeciego typu, rzadziej drugiego.

Najrzadziej wykorzystywane są indeksy oparte na sile wiatru lub zachmurzeniu. Indeksy te jednak mogą być konstruowane w podobny sposób jak indeksy temperaturowe lub indeksy oparte na opadach.

Obecny stan wiedzy z zakresu statystyki, ekonometrii oraz inżynierii finansowej pozwala na konstruowanie niemal nieograniczonej ilości indeksów pogodowych w zależności od potrzeb użytkowników. Jedynym, ale niezwykle istotnym ograniczeniem może być dostęp do odpowiedniej bazy danych obserwacyjno-pomiarowych, związanych z parametrami pogody dla wybranego obszaru. Do zbudowania wiarygodnych modeli finansowych (na potrzeby zarządzania ryzykiem

pogodowym) potrzebne są dane historyczne za okres co najmniej 50 lat. W większości krajów rozwiniętych (w tym w Polsce) instytuty meteorologiczne dysponują najczęściej odpowiednią bazą danych dla większości regionów. Instytuty meteorologiczne najczęściej gromadzą następujące dane: temperatura powietrza, kierunek i prędkość wiatru, zachmurzenie, ciśnienie, wilgotność powietrza, opady, widzialność, stany wód powierzchniowych, stany wód gruntowych, temperatury wód.

Bardzo często jednak źródłowe dane nie są udostępniane użytkownikom zewnętrznym, a jedynie ich zestawienia statystyczne. Ponadto, udostępnianie danych dla celów komercyjnych jest odpłatne.

3. Charakterystyka rynków derywatów pogodowych

Biorąc pod uwagę rodzaj instrumentu, na rynku derywatów pogodowych wykorzystywane są te same instrumenty finansowe, które są doskonale znane na rynku towarowym oraz finansowym. Należą do nich:

- kontrakty *forward/futures*,
- opcje (często typu *cap*, *floor* lub *collar*),
- swapy.

Podstawową cechą derywatów pogodowych jest to, że instrument bazowy, na który opiewa dany kontrakt fizycznie nie istnieje. Cecha ta znacznie upodabnia te instrumenty do derywatów indeksowych. Jednakże, w przypadku przynajmniej części derywatów indeksowych istnieje (nie tylko teoretycznie) możliwość zakupu na rynku SPOT portfela, którego wartość będzie odzwierciedlała wartość indeksu będącego instrumentem bazowym danego kontraktu.

Najprostsze instrumenty tego typu to kontrakty *forward* oraz *futures*. W przypadku derywatów pogodowych instrumentem bazowym będzie odpowiednio zdefiniowany indeks pogodowy. Natomiast wykonanie kontraktu nie polega na fizycznym dostarczeniu instrumentu bazowego, a jedynie na rozliczeniu pieniężnym[7]. Różnice między kontraktami *futures* oraz *forward* są takie same jak w przypadku wszystkich derywatów znanych na rynkach finansowych. Wartość transakcji w przypadku derywatów pogodowych jest obliczana analogicznie jak w przypadku derywatów na inne indeksy (np. indeksy cen akcji).

Wartość kontraktów *futures* lub *forward* wyliczamy mnożąc cenę terminową (wyrażoną tak jak indeks bazowy) przez określony mnożnik pieniężny. Oznacza to, że jeżeli cena terminowa dla danego kontraktu wynosi na przykład 400 (indeks HDD = 400) oraz zgodnie ze standardem dla tego kontraktu mnożnik wynosi 20 USD, to wartość takiego kontraktu wynosi 8 000 USD (20 * 400 = 8 000). Z przedstawionego przykładu wynika, że mechanizm ten nie różni się zasadni-

[7] Specyfika derywatów pogodowych powoduje, że są to wyłącznie instrumenty nierzeczywiste, czyli takie, które są rozliczane finansowo bez fizycznej dostawy instrumentu bazowego (co podobnie jak w przypadku wszystkich derywatów indeksowych jest niemożliwe).

czo od mechanizmu wykorzystywanego w przypadku standardowych derywatów indeksowych.

Zaletą kontraktów *forward* jest możliwość elastycznego dopasowania transakcji zabezpieczającej do posiadanej ekspozycji na ryzyko czynników pogodowych. Z kolei wadami kontraktów *forward* są: mała możliwość odsprzedaży kontraktów i ryzyko kredytowe drugiej strony transakcji.

Zaletami kontraktów *futures* są:

- powszechny i równy dostęp do tych transakcji,
- płynny rynek, a zatem łatwość zamknięcia pozycji,
- brak ryzyka kredytowego drugiej strony transakcji.

Natomiast wadą kontraktów *futures* są trudności z dopasowaniem transakcji zabezpieczających do posiadanej ekspozycji na ryzyko czynników pogodowych.

Opcje są instrumentami, które występują zarówno na rynkach giełdowych, jak i pozagiełdowych. Bardzo często w przypadku derywatów pogodowych dla tych instrumentów wykorzystywane są odmiany opcji typu *cap*, czyli z górnym poziomem ograniczającym oraz *floor*, czyli z dolnym poziomem ograniczającym[8].

Należy jednak podkreślić, że mechanizm ten jest stosowany tylko na rynkach pozagiełdowych. Zastosowanie mechanizmów *cap* lub *floor* może być korzystne dla obu stron kontraktów. Wynika to z faktu, że zabezpieczający się przed określonym czynnikiem pogodowym, np. wzrostem temperatury, często jest w stanie precyzyjnie zdefiniować maksymalną możliwą do poniesienia stratę, która po przekroczeniu określonej granicy (*cap* lub *floor*) temperatury i tak nie może być już większa. Przykładem może być przedsiębiorstwo hotelowe, które jest narażone na spadek popytu na pokoje hotelowe w przypadku spadku średniej temperatury poniżej poziomu 22˚C. Zależność tą ilustruje tabela 5.

Tabela 5. Wpływ spadku temperatury na wysokość popytu na pokoje hotelowe

Spadek średniej temperatury	Spadek popytu
do 20°C	20%
do 18°C	50%
do 16°C	70%
do 14°C	100%
do 10°C	100%
do 5°C	100%

Źródło: opracowanie własne.

Z przedstawionego przykładu wynika, że spadek temperatury poniżej poziomu 14˚C nie spowoduje już większego spadku popytu (i tak już jest na poziomie 0). Maksymalną stratą w tym przypadku mogą być ponoszone koszty stałe (związane z utrzymanie pełnej infrastruktury hotelowej, np. 100 000 USD miesięcz-

[8] Bardzo często w przypadku derywatów pogodowych stosowane są obydwie strategie jednocześnie – tego typu kombinacja nazywana jest strategią *collar*.

nie). Z kolei wystawcy takiego kontraktu rozwiązanie takie pozwala ograniczyć możliwe do poniesienia straty. W związku z czym, koszty zabezpieczenia mogą być obniżone.

Dla opisanego wyżej przykładu konstrukcja kontraktu opcyjnego może wyglądać następująco:

- Typ kontraktu: kupno opcji sprzedaży.
- Instrument bazowy: indeks temperaturowy CAT.
- Cena wykonania: 25˚C.
- Dolne ograniczenie (floor): 14˚C.
- Wielkość kontraktu: 1000 USD * 1˚C.
- Miesiąc wykonania: wrzesień.

Przedsiębiorstwo hotelowe w celu zabezpieczenia się przed spadkiem temperatury i związanymi z tym skutkami finansowymi, może zakupić 11 opcji z ceną wykonania 25˚C. Zakładając, że jeżeli wartość indeksu spadła poniżej 14˚C, to przedsiębiorstwo skorzysta z wykonania opcji otrzymując w ten sposób 99 000 USD [(25 – 14) * 1000 * 11].

Zalety opcji są następujące:

- możliwość wykorzystania kilku transakcji naraz w celu uzyskania określonej strategii opcyjnej,
- możliwość odsprzedania posiadanego instrumentu (w przypadku opcji giełdowych),
- możliwość niezależnej wyceny wartości opcji w trakcie trwania zawartego kontraktu.

Wady opcji to natomiast:

- koszt w postaci premii (dla nabywcy opcji),
- trudności z dopasowaniem transakcji zabezpieczającej do posiadanej ekspozycji na ryzyko pogodowe (dotyczy to opcji giełdowych),
- ryzyko kredytowe drugiej strony transakcji (dotyczy to opcji pozagiełdowych).

Ostatnim typem instrumentów wykorzystywanych na rynkach derywatów pogodowych są kontrakty *swap*, które są umową polegającą na wymianie między stronami przepływów pieniężnych w określonym czasie w przyszłości i według określonych zasad. Przepływy te są wymieniane w oparciu o tak zwaną wartość nominalną kontraktu, która ma charakter referencyjny, co oznacza, że nie dochodzi do jej fizycznego przekazania. Kontrakty *swap* występują wyłącznie na rynkach pozagiełdowych. *Swap* pogodowy funkcjonuje podobnie jak *swapy* towarowe[9]. Strona kupująca zobowiązuje się do dokonywania okresowych płatności stałych w zamian za otrzymywanie płatności zmiennych.

[9] Swap towarowy polega na okresowej wymianie przez pewien określony czas okresowych płatności, których podstawą jest ilość danego towaru lub koszyka towarów. Jedna ze stron decyduje się płacić cenę stałą, a druga zmienną, zależną od zmiany rynkowej ceny danego towaru.

Tabela 6. Przepływy pieniężne wynikające z zawarcie transakcji swapowej dla firmy A (strony kupującej)

Okres	Wartość nominalna kontraktu (USD) (a)	Wartość indeksu pogodowego (°C) (b)	Dokonywanie płatności (16°C * 1000 USD) (c)	Otrzymane płatności (a * b)	Kwota płatności [(a * b) – (c)]
I	1 000	14	16 000	14 000	–2 000
II	1 000	18	16 000	18 000	2 000
III	1 000	20	16 000	20 000	4 000
IV	1 000	19	16 000	19 000	3 000

Źródło: opracowanie własne.

Przykładem może być transakcja swapowa zawarta pomiędzy firmą A (stroną kupującą) i firmą B (strona sprzedającą). Strony kontraktu ustaliły jego wartość nominalną na 1000 USD, kurs wymiany na 16°C oraz ustalono, że wymiana płatności nastąpi czterokrotnie (raz na kwartał). W wyniku zawarcia tej transakcji strona kupująca zobowiązuje się do dokonywania okresowych stałych płatności w wysokości 16 000 USD (1000 USD * 16°C) w zamian za otrzymywanie okresowych zmiennych płatności, których wysokość jest uzależniona od wartości indeksu. Tabela 6 przedstawia przepływy pieniężne dla firmy A (strony kupującej).

Instrumenty te, tak samo jak opcje, wykorzystują również strategie *cap* i *floor* lub połączenie obu tych strategii, pod nazwą *collar*.

Zaletą kontraktów *swap* jest możliwość elastycznego dopasowania transakcji zabezpieczającej do posiadanej ekspozycji na ryzyko czynników pogodowych. Natomiast do wad kontraktów *swap* zalicza się:

- płytki rynek, wysokie koszty transakcyjne,
- ryzyko kredytowe drugiej strony transakcji,
- dostęp do rynku tylko dla dużych podmiotów (ze względu na duża z reguły wartość nominalną zawieranych transakcji) oraz wspomniane wyżej ryzyko kredytowe.

Reasumując, dotychczasowy rozwój inżynierii finansowej oraz rynków instrumentów pochodnych oferuje szeroki wachlarz zarówno instrumentów finansowych, jak i strategii ich wykorzystania, które z powodzeniem mogą być wykorzystane przez młody, rozwijający się rynek derywatów pogodowych. Podstawową cechą odróżniającą derywaty pogodowe od pozostałych instrumentów pochodnych stanowi całkowity brak możliwości obracania instrumentem bazowym na rynku SPOT.

4. Rynki derywatów pogodowych

Obecnie główne ośrodki obrotu derywatami pogodowymi są geograficznie zlokalizowane w następujących miejscach (por. rys. 2):

- Stany Zjednoczone,

• Europa,
• Azja (Japonia).

Rynek europejski oraz amerykański (por. tabela 7) zostały wykreowane przede wszystkim przez sektor energetyczny. Duże krajowe przedsiębiorstwa energetyczne zabezpieczają się za pomocą tych instrumentów przed spadkiem lub wzrostem popytu na energię elektryczną. Taka struktura uczestników przyczynia się do tego, że na rynkach tych dominują derywaty oparte właśnie na indeksach temperaturowych.

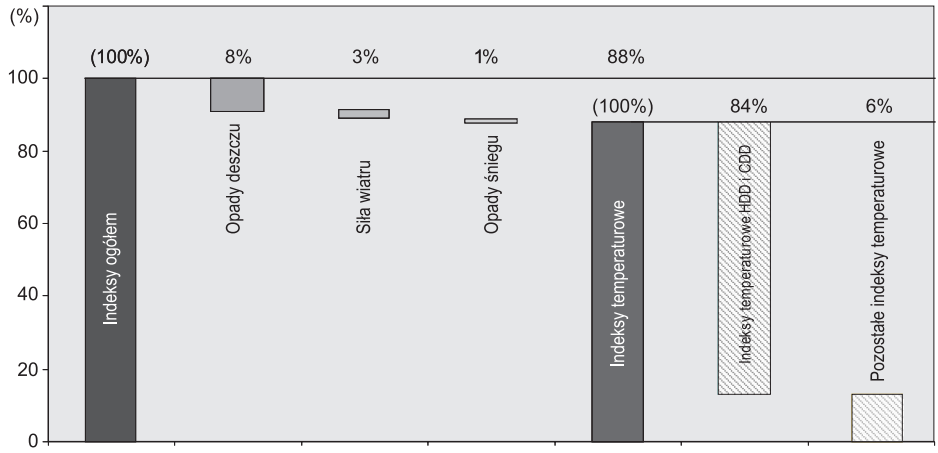
Źródło: www.wrma.org z dnia 15 listopada 2006 r.

Rys. 2. Lokalizacja rozwiniętych dotychczas rynków derywatów pogodowych

Tabela 7. Podstawowe różnice między rynkiem amerykańskim i europejskim

	Stany Zjednoczone	Europa
Ryzyko	duża zmienność letnich/zimowych temperatur	ograniczona zmienność letnich / zimowych temperatur
Popyt	nieregulowany oraz zharmonizowany rynek energetyczny generuje popyt na transakcje zabezpieczające zimą oraz latem	zliberalizowany ale ciągle rozdrobniony rynek energetyczny: popyt skoncentrowany jest w okresie zimowym.
Podaż	pośrednicy na rynku energetycznym oraz firmy reasekuracyjne	mniejsze zaangażowanie pośredników na rynku energii
Kanały	pośrednicy lub bezpośrednio	banki oraz brokerzy
Trendy	wpływ rynku derywatów pogodowych na rynek energetyczny: ekspansja w kierunku zastosowania w agrobiznesie jak dotąd w ograniczonym zakresie	ekspansja w kierunku różnych sektorów: energia odnawialna, ubezpieczenia, agrobiznes, chemia rolnicza

Źródło: ABM Amro Bank [w:] Development of the European Weather Market, WRMA European Meeting.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *A Localised Flood*, www.asiavisk.com.hk, z dnia 15 marca 2006 r.

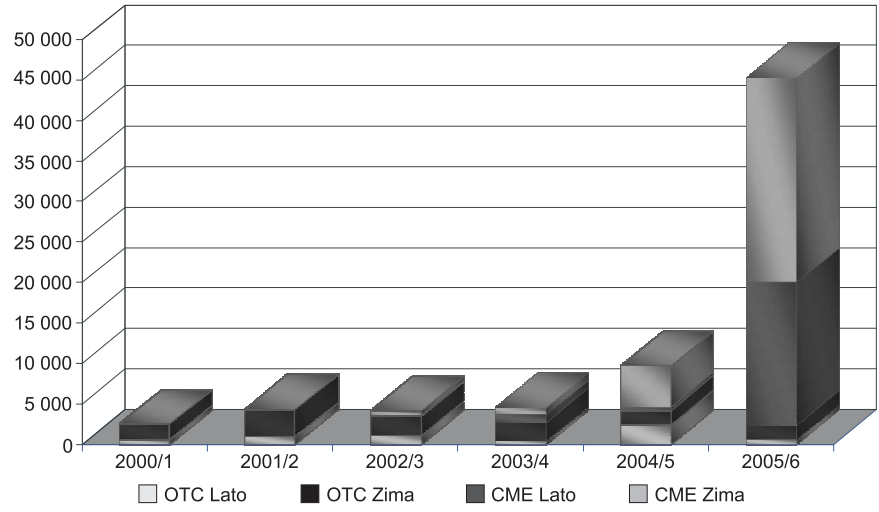
Rys. 3. Struktura zawartych transakcji ze względu na typ indeksów na globalnym rynku derywatów pogodowych (stan na koniec 2005 r.)

Rynek derywatów pogodowych w Azji jest wyraźnie zdominowany przez Japonię. W przeciwieństwie do rynku w USA jest on skoncentrowany wokół szerokiej gamy użytkowników końcowych (branża energetyczna, turystyka, parki rozrywki, budownictwo, etc.). Firmy te zabezpieczają przychody przed negatywnym wpływem warunków atmosferycznych wykorzystując przy tym różnego rodzaju indeksy pogodowe.

Derywaty pogodowe początkowo (pierwsza transakcja w 1996 roku) rozwijały się na rynkach pozagiełdowych – wynikało to przede wszystkim ze specyfiki „instrumentu bazowego" (czynniki pogodowe), który nie był dobrem notowanym na żadnej giełdzie. Od samego debiutu rynek ten cieszył się coraz większym zainteresowaniem, głównie wśród przedsiębiorstw z USA. W 1999 r. powstało Stowarzyszenie Zarządzania Ryzykiem Pogodowym WRMA (ang. *Weather Risk Management Association*) założone w Waszyngtonie przez głównych uczestników nowo powstałego wówczas rynku derywatów pogodowych.

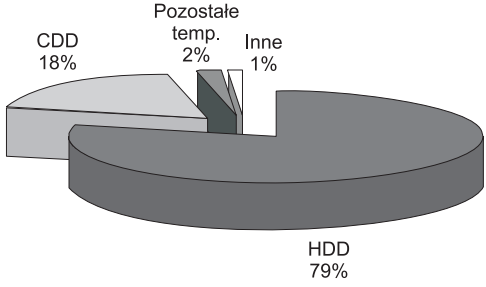
Wraz ze wzrostem zainteresowania tego typu instrumentami zaczęto również podejmować próby ich wystandaryzowania tak, aby mogły być przedmiotem obrotu giełdowego. Pierwszą giełdą, która zorganizowała obrót tego typu instrumentami we wrześniu 1999 r. była Chicago Mercantile Exchange (CME). Tego samego roku w grudniu powstała elektroniczna platforma obrotu derywatami pogodowymi utworzona przez londyńskie konsorcjum (m.in. giełdę londyńską LIFFE). W czerwcu 2001 r. kolejne londyńskie przedsięwzięcie typu *joint venture* utworzyło kolejną platformę obrotu – weatherexchange.com. Jednocześnie giełda LIFFE[10] wdrożyła indeksy temperaturowe dla trzech miast europejskich – Londynu, Paryża oraz Berlina.

[10] Obecnie EURONEXT.



Źródło: *2006 Survey Results*, PriceWaterhouseCoopers, wrzesień 2006 r.

Rys. 4. Wartość zawartych kontraktów na świecie w latach 2000–2006 (wartość otwartych pozycji w mln USD)



Źródło: *2006 Survey Results*, PricewaterhouseCoopers, wrzesień 2006 r.

Rys. 5 Struktura zawartych transakcji na giełdzie CME ze względu na typ kontraktów w latach 2005–2006

Obecnie największe znaczenie na świecie ma rynek w USA, zarówno pod względem poziomu rozwoju rynku, jak i ilości zawieranych transakcji (ok. 50% transakcji zawieranych jest na rynku USA). Początkowo transakcje tego typu były głównie zawierane na rynku pozagiełdowym (OTC), natomiast w latach 2004–2006 nastąpił dynamiczny wzrost transakcji zawieranych na rynku giełdowym (ze względu na dynamiczny rozwój derywatów pogodowych na giełdzie CME – Chicago Mercantile Exchange, rys. 4) do poziomu około 43 000 mln USD rocznie[11]. Z kolei w analogicznym okresie wartość transakcji na rynku pozagieł-

[11] Jeżeli chodzi o rynek giełdowy derywatów pogodowych jest to jedyny liczący się obecnie na świecie rynek giełdowy tych instrumentów, na giełdzie EURONEXT obroty derywatami pogodowymi są znikome.

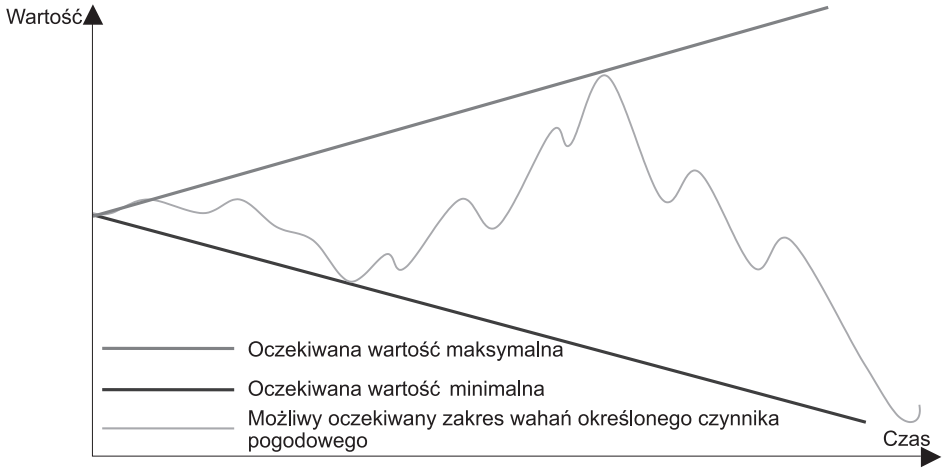
dowym spadła do poziomu ok. 2347 mln USD w latach 2005–2006 w porównaniu do 4169 mln USD w 2004–2005, jednak rynek ten charakteryzuje się znacznie większym zróżnicowaniem pod względem typu zawieranych transakcji.

Na giełdzie CME zdecydowana większość zawieranych kontraktów stanowią kontrakty oparte o indeks temperaturowy HDD. W latach 2005–2006 kontrakty te stanowiły 79% ogółu zawartych kontraktów (por. rys. 5).

5. Funkcjonowanie rynków derywatów pogodowych

Biorąc pod uwagę ogólną charakterystykę rynku giełdowego derywatów pogodowych oraz jego dynamiczny rozwój w ostatnich latach[12], można szacować, że zdecydowaną większość stanowią transakcje spekulacyjne. Transakcje te zapewniają dużą płynność rynku, co z kolei czyni go szczególnie atrakcyjnym dla uczestników zainteresowanych transakcjami zabezpieczającymi.

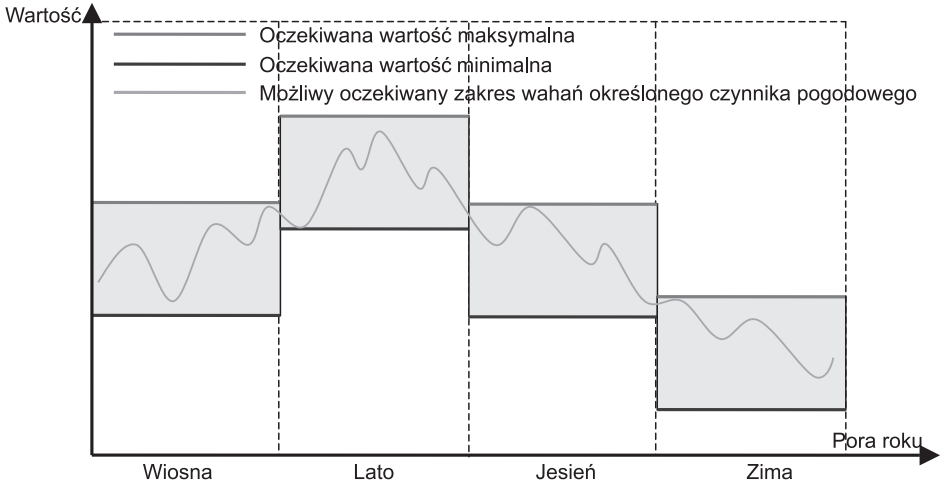
Podstawowym powodem, dla którego spekulanci decydują się na inwestycje na rynku derywatów pogodowych jest wbrew pozorom większa przewidywalność tego rynku w stosunku do derywatów opartych o standardowe instrumenty (akcje, towary, kursy walut itp.). Kursy instrumentów standardowych pomimo mniejszej zmienności niż czynników pogodowych mogą praktycznie poruszać się w górę lub w dół bez bliżej określonych ograniczeń (rys. 6). Ponadto, kurs tych instrumentów jest uzależniony od bardzo wielu czynników, takich jak sytuacja makroekonomicz-



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 6. Możliwy zakres zmian wartości standardowego instrumentu bazowego

[12] Dotyczy to przede wszystkim rozwoju rynku derywatów pogodowych na giełdzie CME (Chicago Mercantile Exchange).



Źródło: opracowanie własne.

Rys. 7. Możliwy zakres zmian wartości standardowego wybranego czynnika pogodowego

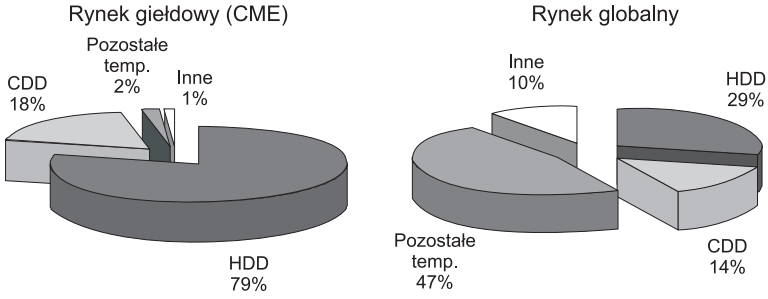
na kraju, sytuacja polityczna, zagrożenie wybuchu konfliktu zbrojnego, kondycja finansowa danego przedsiębiorstwa, itd. Jeżeli chodzi o zakres zmian wartości czynników pogodowych, to sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Wartości czynników pogodowych cechuje stosunkowo duża zmienność, jednakże zakres tych zmian jest w zasadzie ograniczony zarówno w dół jak i w górę[13] (rys. 7).

Istotnym motywem zawierania transakcji spekulacyjnych na rynkach derywatów pogodowych może być również chęć zdywersyfikowania portfela inwestycyjnego o instrumenty praktycznie całkowicie niezależne od ryzyka rynkowego.

Zmiana czynników pogodowych zarówno w określonym (oczekiwanym) zakresie jak i poza nim (sytuacje ekstremalne) powodują określone implikacje dla funkcjonowania przedsiębiorstwa, które chciałoby się przed nimi zabezpieczyć w celu ustabilizowania przepływów finansowych. Dla spekulantów zajmowanie pozycji poza oczekiwanymi widełkami zmian wartości czynnika pogodowego jest bardzo korzystne w związku z niskim ryzykiem wystąpienia takich parametrów[14]. Z kolei zabezpieczający się chętnie transferują ryzyko wystąpienia ponadprzeciętnych wartości czynników pogodowych na spekulantów. Polega to na sprzedaży ryzyka poprzez sprzedaż lub kupno (w zależności czy chodzi o zabezpieczenie przed wzrostem, czy spadkiem określonego indeksu pogodowego) okre-

[13] Zmienność oraz zakres zmian jest oczywiście uzależniona od regionu, pory roku, jak również okresu, za jaki jest badana dana zmienna.

[14] Zajmowanie pozycji bliżej środkowych wartości z przedziału oczekiwanych wahań również ma miejsce na giełdowych rynkach derywatów pogodowych, przy czym transakcje tego typu wiążą z nieco większym ryzykiem dla spekulanta (przynajmniej z psychologicznego punktu widzenia.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: www.wrma.org, *2006 Survey Results*, PriceWaterhouseCoopers, wrzesień 2006 r.

Rys. 8. Porównanie struktury zawieranych transakcji na rynku giełdowym (CME) oraz rynku globalnym (światowy rynek giełdowy oraz pozagiełdowy z wyłączeniem CME) z podziałem na typy zawartych kontraktów

ślonych derywatów pogodowych. Zawieranie tego typu transakcji jest możliwe tylko przy wykorzystaniu opcji oraz swapów. Instrumenty te pozwalają dowolnie określać poziom indeksu, dla którego ma nastąpić wypłata. W przypadku kontraktów *forward* oraz *futures* nie ma takiej możliwości.

Rynek pozagiełdowy funkcjonuje zupełnie inaczej. Zarówno wartość, jak i liczba zawieranych tu transakcji jest znacznie niższa, ale jak już zostało to wcześniej wspomniane, rynek ten charakteryzuje się znacznie większym zróżnicowaniem pod względem typów zawieranych transakcji (por. rys. 8).

Instrumenty rynku pozagiełdowego są dużo bardziej elastyczne. Negocjacji mogą podlegać takie elementy, jak wielkość kontraktu, data rozliczenia, sposób rozliczenia, konstrukcja indeksu itd. Pozwala to skonstruować kontrakt idealnie dopasowany do potrzeb inwestora. W przeciwieństwie do rynku giełdowego płynność rynku jest zapewniana głównie przez animatorów rynku, natomiast zdecydowana większość transakcji jest zawierana na zasadzie „kojarzenia" zainteresowanych zabezpieczeniem stron transakcji (o przeciwnych oczekiwaniach, co do wartości konkretnych czynników pogodowych). Z przeprowadzonej analizy publikacji oraz badań na temat pozagiełdowego rynku derywatów pogodowych można szacować, że udział transakcji spekulacyjnych jest stosunkowo niski[15].

Jeżeli chodzi o ostatni motyw zawierania transakcji na rynkach terminowych, czyli arbitraż, należy podkreślić, że transakcje tego typu stosunkowo rzadko mają miejsce na rynku derywatów pogodowych. Wynika to ze specyfiki instrumentu bazowego, jakim są czynniki pogodowe, które fizycznie nie występują na żadnym rynku natychmiastowym. Z kolei lokalny charakter tego rynku uniemożliwia zawieranie jednorodnych transakcji przeciwstawnych na dwóch różnych rynkach, ponieważ albo będą one dotyczyły transakcji opartych na dwóch różnych indeksach (np.: dotyczące innego obszaru geograficznego, opartych na innych algorytmach obliczania indeksu itd.) albo, jeżeli będą one dotyczyły tego

[15] www.cme.com; www.wrma.org; www.asiavisk.com.hk z dnia 15 października 2006 r.

samego (i tak samo obliczanego) indeksu, wówczas nie będą występowały różnice w wartości kontraktów.

6. Zastosowanie derywatów pogodowych

Podamy kilka przykładów wykorzystania derywatów pogodowych do zabezpieczenia się przed ryzykiem pogodowym.

Przykład 1[16]: Opcje – zabezpieczenie przed zbyt małymi opadami śniegu

Alpejski region narciarski planuje przeprowadzić specjalną akcję promocyjną. Proponuje turystom, którzy wykupują wcześniej karnety narciarskie, zwrot pieniędzy za dni, w których będzie za mało śniegu.

Na podstawie danych historycznych ustalono, że dzienne opady śniegu na poziomie poniżej 5 mm mogą spowodować konieczność zwrotu pieniędzy za karnety w wysokości 100 000 EUR. Dzienna wielkość sprzedaży wynosi 2000 karnetów.

Celem zabezpieczenia, przedsiębiorstwo decyduje się na zakup serii opcji binarnych[17], które dają możliwość wypłaty 100 000 EUR za dzień, w którym opady śniegu wynoszą poniżej 5mm. Koszty premii 20 000 EUR za dzień zostają przerzucone na narciarzy w wysokości 10 EUR na każdym jednodniowym karnecie (10 * 2000 = 20 000).

Przykład 2[18]: Kontrakt *forward* – zabezpieczenie przed zbyt niskimi opadami deszczu

Duży producent rolny obawia się suszy w okresie wegetacji uprawianej pszenicy. Za suszę uważa się taki dzień, w którym poziom opadów nie przekroczy 10 mm. Maksymalna wielkość ewentualnych strat została oszacowana na 600 000 USD (przy założeniu suszy w całym okresie wegetacji równym 120 dni), czyli 5 000 USD za każdy dzień suszy. Producent jest w stanie zaakceptować suszę na poziomie 31 dni, gdyż taka susza nie ma większego wpływu na wielkość i jakość plonów.

Producent postanawia dokonać zakupu kontraktu *forward* opiewającego na krytyczną liczbę dni, w których wielkość opadów nie przekroczy 10 mm. Cena terminowa kontraktu zostaje ustalona na 31 dni, natomiast mnożnik na 5000 USD.

W dniu rozliczenia kontraktu okazało się, że susza nie nadeszła. Cena rozliczeniowa kontraktu wyniosła 20 (20 dni z opadami poniżej 10 mm). Producent

[16] www.weatherderivatives.com z dnia 15 stycznia 2007 r.

[17] Opcje binarne są to opcje mające tylko dwa możliwe rezultaty: zerową wypłatę, jeżeli wygasną *out-of-the-money* lub wypłatę z góry ustalonej wysokości, jeżeli wygasną *in-the-money*.

[18] www.weatherderivatives.com z dnia 15 stycznia 2007 r.

musiał zapłacić bankowi 55 000 USD [(31 – 20) × 5000 = 55 000], co jednak zrekompensowały wysokie plony.

W sytuacji, gdyby cena rozliczeniowa w dniu wygaśnięcia wyniosła powyżej 31 dni, oznaczałoby to, że susza dotknęła plony, jednakże wynikające z tego straty zostałyby pokryte przez zysk z transakcji terminowej.

Przykład 3[19]: Kontrakt swap – zabezpieczenie przed zbyt niską temperaturą w okresie letnim

Producent lodów chce się zabezpieczyć przed ryzykiem zbyt chłodnego lata. Spadek temperatury w okresie letnim poniżej poziomu 25˚C powoduje spadek popytu na lody. Na podstawie danych historycznych ustalono, że każdy 1 stopień poniżej 25˚C powoduje spadek przychodów o 1000 USD. Ponadto ustalono, że spadek temperatury poniżej 20˚C nie powoduje już dalszego znaczącego spadku popytu.

Producent decyduje się na zawarcie transakcji zabezpieczającej wykorzystując kontrakt SWAP na następujących warunkach:

- strategia: sprzedaż trzymiesięcznych kontraktów swap opartych o indeks temperaturowy CAT (wyrażany w ˚C)[20],
- wartość nominalna: 1000 USD,
- cena wymiany: 25˚C,
- wymiana płatności: jednorazowo na koniec okresu trwania kontraktu,
- inne: w celu zminimalizowania kosztów transakcji strony ustalają poziom FLOOR na 20˚C.

Po trzech miesiącach wartość indeksu wyniosła 17˚C. W wyniku rozliczenia kontraktów producent otrzymał 5000 USD [(25˚C – 20˚C) x 1000 USD]. Kwota ta zrekompensowała straty, które poniósł w wyniku spadku popytu na lody.

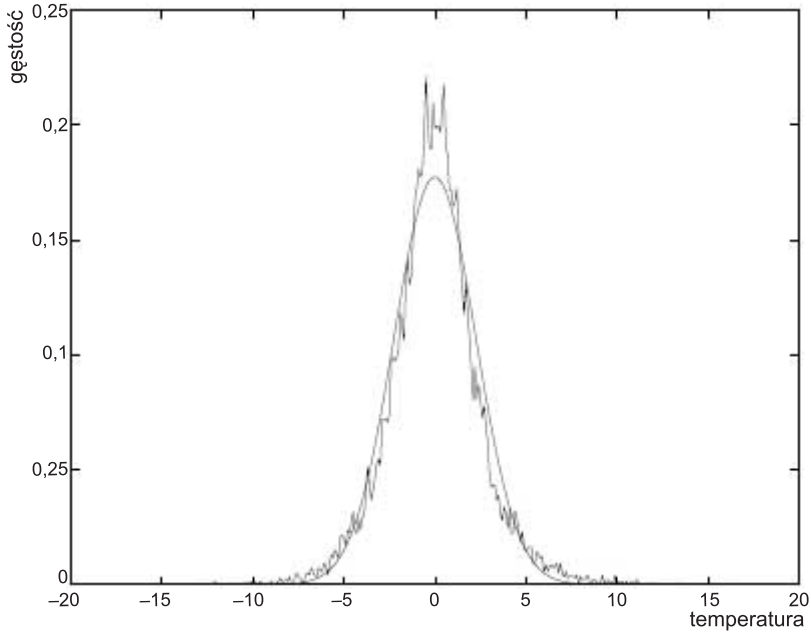
Przykład 4: Wykorzystania derywatów pogodowych w celach spekulacyjnych (inwestycyjnych)

Założenie

Na podstawie analizy danych historycznych średnich dziennych temperatur dla danego regionu określono, że maksymalna możliwa temperatura to 10˚C natomiast minimalna to – 10˚C (rys. 9). Dla inwestora oznacza to, że ryzyko inwestowania w ten konkretny instrument w danym czasie jest ograniczone w takim właśnie zakresie.

[19] www.euronext.com z dnia 15 stycznia 2007 r.

[20] Swapy są na ogół kontraktami zawieranymi na dłuższe okresy, z co najmniej z kilkukrotną wymianą płatności. Jednakże funkcjonują również swapy krótkoterminowe (np.: OIS-y). Na rynku derywatów pogodowych instrumenty te są również wykorzystywane do transakcji krótkoterminowych.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M. Garman, C. Blanco, R. Ericsson, *Seeking a Standard Pricing Model*, „Environmental Finance", 2000.

Rys. 9. Przykładowy rozkład gęstości dziennych temperatur

Przykład A: Spekulacja z wykorzystaniem kontraktu *future*

Inwestor wykorzystując powyższą analizę decyduje się na zawarcie transakcji spekulacyjnej na następujących warunkach:

- Instrument: kontrakt *future* oparty na indeksie temperaturowym CAT (wyrażany w ˚C).
- Wielkość kontraktu: 100 USD za 1 punkt indeksowy.
- Strategia: zakup 10 kontraktów po cenie (–1˚C) za 3 miesiące.

Po miesiącu cena kontraktu kształtuje się na poziomie 2˚C w związku z tym inwestor decyduje się na zamknięcie pozycji po tej właśnie cenie, czyli sprzedaży 10 kontraktów po cenie 2˚C. Zysk z przeprowadzonej transakcji przedstawia się następująco (bez uwzględnienia kosztów transakcji):

$$10 \times 100 \text{ USD} \times [2 - (-1)] = 3000 \text{ USD}.$$

Przykład B: Dywersyfikacja portfela inwestycyjnego (o charakterze spekulacyjnym)

Derywaty pogodowe dają możliwość dywersyfikacji portfela o instrumenty, które są nie reagują na impulsy rynkowe, makroekonomiczne, polityczne, itp., na które są wrażliwe standardowe instrumenty finansowe. Wartość derywatów po-

godowych jest ściśle uzależniona od zmian określonych czynników pogodowych, które nawet w najmniejszym stopniu nie reagują na wspomniane wyżej impulsy. Przykładem może być inwestor, który posiada następujący portfel instrumentów finansowych:

- akcje – 20%,
- obligacje – 40%,
- waluty obce – 25%,
- towarowe instrumenty pochodne – 15%.

Tak skonstruowany portfel jest dosyć mocno zdywersyfikowany, tym samym ograniczając ryzyko spadku jego wartości. Jednakże w przypadku ogólnej dekoniunktury gospodarczej czy też poważnych zawirowań politycznych wszystkie instrumenty z tego portfela są narażone na spadek wartości. Natomiast wprowadzenie do tego portfela instrumentów opartych na indeksach pogodowych zapewni w takim właśnie zakresie (to jest udziału posiadanych derywatów pogodowych w strukturze portfela) uniezależnienie od ryzyka utraty wartości w wyniku reakcji na wspomniane powyżej czynniki.

Bibliografia

A Localised Flood, www.asiavisk.com.hk
Development of the European Weather Market, ABM Amro Bank, WRMA European Meeting, 2004.
Garman M., Blanco C., Ericsson R., *Seeking a Standard Pricing Model*, "Environmental Finance", 2000.
Kaliszewski I., *Umowy terminowe dla parametrów pogody*, „Rynek Terminowy", 2000 nr 8.
PricewaterhouseCoopers, 2006 Survey Results.
www.cme.com
www.wrma.org;
www.asiavisk.com.hk
www.weatherderivatives.com
www.euronext.com

Weather Derivatives – Origin, Types and Application

Summary

The number of companies that are exposed to the revenues loss risk caused by weather variability is still increasing. The businesses that are mostly exposed to weather risk are following: energy, agriculture, constructions and transport. That situation has initiated dynamic growth of weather derivatives markets as well as the awareness of the weather risk among the market participants.

Presently, the weather derivatives markets evaluate rapidly in all the mature economies: USA, Asia and Europe. Constructing weather derivatives relies on qu-

antifying climate factors in the form of indexes, what is quite simple task, more difficultly can be gathering precise historical data of required climate factors.

Taking into consideration so far development of derivatives – especially the financial derivatives based on different types of indexes – financial market has at disposal wide range of different types of proved derivatives (futures, forward, options, swaps), which can be successfully utilised on the weather-driven markets both for hedging weather risk and speculating.