



INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

TEMAT: **Monitoring rozkładu pionowego ozonu, całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową oraz promieniowania UV-B w Polsce w latach 2013 – 2016.**



Praca zrealizowana na podstawie umowy z GIOŚ nr 2/2014/F z dnia 31.03.2014 r., finansowana wyłącznie ze środków rezerwy celowej budżetu państwa utworzonej na podstawie umowy o dofinansowanie w formie przekazania środków na cele nieinwestycyjne zawartej między NFOŚiGW a GIOŚ.



Sprawozdanie z Etapu I, 2014 rok

1. Pomiary rozkładu pionowego ozonu sondą ozonową ECC 6A za 11-12.2013 oraz 01-05.2014
2. Pomiary promieniowania UV-B 11-12.2013 oraz 01-05.2014
3. Wyznaczanie całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową w okresie 11-12.2013 oraz 01-05.2014
5. Kalibracja mierników i współpraca międzynarodowa
6. **Analiza danych oraz opracowywanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych; raport za rok 2013**

JEDNOSTKA PROWADZĄCA: **IMGW-PIB – Centrum Monitoringu Klimatu Polski**

KIEROWNIK TEMATU: **mgr inż. Grzegorz Zabłocki**

WYKONAWCY:

Centrum Monitoringu Klimatu Polski:

mgr Julita Biszczuk–Jakubowska
mgr Aleksander Curyło
mgr Bogumił Kois
techn. Krystyna Twardo
mgr inż. Grzegorz Zabłocki

Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo Obserwacyjnej:

dr Bożena Łapeta
techn. Barbara Kopeć
techn. Mateusz Struzik
techn. Magdalena Raniecka-Wells
mgr Leokadia Zagajewska

Dział Numerycznych Prognoz Meteorologicznych ALADIN w Krakowie:

mgr Marek Jerczyński

Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna Łeba: techn. Teresa Kosińska

Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna Zakopane: mgr inż. Michał Furmanek

Kierownik

Dyrektor Instytutu

Centrum Monitoringu Klimatu Polski

dr Danuta Limanówka

prof. nzw. dr hab. inż. Mieczysław S. Ostojki

1. Pomiary rozkładu pionowego ozonu sondą ozonową ECC 6A za 11-12.2013 oraz 01-05.2014

W okresie od listopada 2013 do maja 2014 roku na stacji aerologicznej w Legionowie wykonywano systematycznie co najmniej raz w tygodniu sondáže ozonowe, elektrochemiczną sondą ozonową ECC6A produkcji Science Pump Corporation, USA, w systemie sondażowym DigiCora/RS92SGP i w systemie nawigacyjnym GPS. Wyniki pomiarów są gromadzone na bieżąco na serwerach IMGW-PIB.

Wykaz sondáže ozonowych wykonanych w okresie od 1.11.2013 do 31.05.2014 r. zawarty jest w **Załączniku 1**.

Tabela 1. Średnia wysokość osiągniętych pułapów sondáže ozonowych.

Liczba sondáže			Pułap (km)	Średnia wysokość (km)
Razem	Standard	MATCH		
29	29		≥30	33,1
2	1	1	26 ÷ <30	27,2
1		1*	<26	15,9
Razem 32	30	1+1*		32,2

* sondaż MATCH, ze względu na osiągnięty niski pułap nie został uwzględniony przy wyliczaniu średnich wysokości

Całkowita zawartość ozonu w atmosferze obliczona z sondażu (O_3S) jest porównywana ze zmierzoną spektrofotometrem Dobsona w Belsku (O_3D) i obliczany jest współczynnik korekcji.

Tabela 2. Współczynniki korekcji.

Liczba sondáže	O_3D/O_3S Współczynnik korekcji	Średni współczynnik	
13	0,90÷1,00	0,98	$O_3D \leq O_3S$
15	1,01÷1,15	1,05	$O_3D > O_3S$
Razem 28	0,90÷1,15	1,01	
3			Brak pomiaru O_3 w Belsku
1	0,88*		

* w dniu 08.01.14 występował duży gradient całkowitej zawartości ozonu na obszarze Polski

Średni wskaźnik 1,01 wskazuje na bardzo dobrą zgodność obu systemów pomiarowych.

Po każdym sondażu ozonu opracowane wyniki przekazywano pocztą elektroniczną do Departamentu Monitoringu i Informacji o Środowisku GIOŚ oraz przez internet do bazy danych ozonowych w Norweskim Instytucie Ochrony Powietrza w Oslo (NILU). Dane sondáže ozonowych, po ich zweryfikowaniu pomiarem całkowitego ozonu spektrofotometrem Dobsona w Belsku, były przekazywane w partiach miesięcznych przez internet do Światowego Centrum Ozonowego w Toronto w Kanadzie.

Opracowane graficznie profile ozonu są zawarte w **Załączniku 2** – Profile ciśnienia cząstkowego ozonu prezentowane są na tle średnich miesięcznych wartości z odchyleniem standardowym $\pm 1\sigma$, na podstawie sondaży ozonowych sondą ECC z okresu VI.1993-XII.2003.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

2. Pomiary promieniowania UV-B za 11-12.2013 oraz 01-05.2014

a) Pomiary przyrządami UV Biometer model 501

Na stacjach IMGW-PIB pomiary promieniowania nadfioletowego są wykonywane przyrządem typu Robertson-Berger, model UV Biometer SL501, który mierzy rumieniowo czynne promieniowanie UV-B w zakresie 280-320 nm. Po zakończeniu każdego miesiąca wszystkie dane z każdej stacji były przekazywane do Centrum Monitoringu Klimatu Polski, gdzie są opracowywane, archiwizowane na dysku twardym serwera i wykorzystywane do monitoringu i opracowań o charakterze klimatycznym.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

*W **Załączniku 3** przedstawione są przebiegi dobowe (średnie, maksymalne i minimalne) promieniowania UV-B na stacjach w Łebie, Legionowie i w Zakopanem w miesiącach od listopada 2013 do maja 2014 r.*

b) Sieć monitoringu operacyjnego UV*

W ramach zorganizowanej w 2005 r. i wdrożonej do eksploatacji pod koniec lipca 2006 r. sieci monitoringu operacyjnego UV* w okresie listopad 2013 – maj 2014 roku pracowały cztery czujniki UVEM-6C polskiej firmy OPTIX, zainstalowane na stacjach w Łebie, Legionowie, Katowicach i Zakopanem. Wyniki pomiarów były na bieżąco prezentowane na prowadzonej przez IMGW-PIB stronie internetowej www.pogodynka.pl/indeksuv łącznie z prognozą indeksu oraz objaśnieniami i materiałami dydaktycznymi dotyczącymi słonecznego promieniowania UV.

Dane pomiarowe z sieci są gromadzone na komputerach obsługujących system w poszczególnych lokalizacjach, natomiast dane ze wszystkich stacji są gromadzone na centralnym serwerze monitoringu oraz archiwizowane na serwerach IMGW-PIB.

Wykaz brakujących/odrzuconych danych pomiarowych z czujników OPTIX zostanie przedstawiony w raporcie rocznym po przeprowadzeniu weryfikacji jakości danych.

** monitoring operacyjny UV czujnikami OPTIX jest prowadzony w ramach środków własnych IMGW-PIB*

3. Wyznaczanie całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową w okresie 11-12.2013 oraz 01-05.2014

W okresie od listopada 2013 do maja 2014, całkowita zawartość ozonu wyznaczana była z danych ATOVS z satelitów nowej generacji NOAA-16, 18 i 19 za pomocą pakietu IAPP. Monitoring ozonu przebiegał bez przeszkód. Całkowita zawartość ozonu z danych satelitarnych była obliczona dla wszystkich dni raportowanego okresu (Tabela 3).

Dane są przechowywane w formie archiwum surowych danych satelitarnych (RAW) na nośnikach DVD w Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo Obserwacyjnej oraz na serwerach IMGW-PIB w postaci map bitowych.

Tabela 3. Wykaz opracowanych map ozonu całkowitego na podstawie danych satelitarnych ATOVS/NOAA w okresie od 01.11.2013 r. do 31.05.2014 r.

Dzień m-ce	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
XI	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	■	
									o																								■
XII	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
					o																												
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		o							o							o								o									o
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
					o								o								o							o					o
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
					o								o								o							o					o
IV	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		o							o							o								o									o
V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
									o						o																		o

Literą "x" zaznaczone są dni z mapami ozonu całkowitego

Literą "o" zaznaczone są dni, w których był wykonywany sondaż ozonowy

Satelitarne mapy ozonu z dni sondażowych są zawarte w **Załączniku 2**.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

5. Kalibracja czujników i współpraca międzynarodowa

- Na przełomie kwietnia i maja 2014 r. na stacji w Zakopanem i Łebie wymieniono czujniki SL501 o numerach odpowiednio 1869 i 0936 na czujniki 1120 i 1119, kalibrowane w Obserwatorium Fizyczno – Meteorologicznym / Światowym Centrum Promieniowania (PMOD/WRC) w Davos (Szwajcaria).
- Wyniki pomiarów sondażu ozonowego przekazywano regularnie przez internet do Bazy Danych Ozonowych w Instytucie Ochrony Powietrza (NILU) w Oslo, Norwegia oraz do Światowego Centrum Ozonowego w Toronto, Kanada.

6. Analiza danych oraz opracowywanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych. Raport za rok 2013.

6.1 Sprawozdanie z realizacji zadań 1-3 za rok 2013.

- 6.1.1 Profile ozonu
- 6.1.2 Pomiary promieniowania UV-B
- 6.1.3 Ozon całkowity z danych satelitarnych

6.2 Raport za rok 2013.

- 6.2.1 Wstęp

6.2.2 Stan warstwy ozonowej w skali globu.

6.2.2.1 Stan warstwy ozonowej nad Antarktydą.

- 6.2.2.2 Stan warstwy ozonowej w skali globu i nad Arktyką.
- 6.2.3 Ocena stanu warstwy ozonowej w 2013 roku na podstawie wyników monitoringu.
 - 6.2.3.1 Analiza rozkładu pionowego ozonu nad Legionowem w 2013 roku.
 - 6.2.3.2 Ozon całkowity z danych satelitarnych w 2013 roku.
 - 6.2.3.3 Promieniowanie UV-B zmierzone na sieci monitoringu w 2013 roku.
- 6.2.4 Podsumowanie i wnioski

6.3 Opracowanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych

6.4 Podsumowanie

6.5 Literatura

6.1 Sprawozdanie z realizacji zadań 1-3 za rok 2013.

6.1.1 Profile ozonu

W okresie od stycznia do grudnia 2013 roku na stacji aerologicznej w Legionowie wykonywano systematycznie co najmniej raz w tygodniu sondáže ozonowe, elektrochemiczną sondą ozonową ECC6A produkcji Science Pump Corporation, USA, w systemie sondażowym DigiCora/RS92SGP i w systemie nawigacyjnym GPS. Wyniki pomiarów są gromadzone na bieżąco na serwerach IMGW-PIB.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

Tabela 4. Charakterystyka sondáže ozonowych w Legionowie.

Liczba sondáže	Pułap (km)	Średnia wysokość (km)
51	≥30	32,6
2	26 ÷ <30	29,8
Razem 53		32,5

Tabela 5. Wyniki porównania całkowitej zawartości ozonu obliczonej z sondáže (O_3S) ze zmierzoną spektrofotometrem Dobsona w Belsku (O_3D)

Liczba sondáže	O_3D/O_3S Współczynnik korekcji	Średni współczynnik	
33	0,90÷1,00	0,97	$O_3D \leq O_3S$
15	1,01÷1,15	1,03	$O_3D > O_3S$
Razem 48	0,90÷1,15	0,99	
5			Brak pomiaru O_3 w Belsku

Wyniki porównania wskazują na bardzo dobrą porównywalność obu systemów pomiarowych. W 48 przypadkach współczynnik korekcji mieści się w granicach 0,90 ÷ 1,15, średnio 0,99, co znaczy, że całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona jest średnio o 1% mniejsza od obliczonej z sondáže ozonowego.

Po każdym sondáže ozonu opracowane wyniki przekazywano pocztą elektroniczną do Departamentu Monitoringu i Informacji o Środowisku GIOŚ oraz przez internet do bazy danych ozonowych w Norweskim Instytucie Ochrony Powietrza w Oslo (NILU). Dane sondáže ozonowych, po ich zweryfikowaniu pomiarem całkowitego ozonu spektrofotometrem Dobsona w Belsku, były przekazywane w partiach miesięcznych przez internet do Światowego Centrum Ozonowego w Toronto w Kanadzie. Wykaz sondáže ozonowych przedstawia Tabela 6.

Tabela 6. Wykaz sondaży ozonowych wykonanych w Ośrodku Aerologii w okresie od 01.01.2013 r. do 31.12.2013 r.

L.p.	Data	Godz. [UT]	H [km]	1 O ₃ [D]	2 O ₃ [D]	1+2 O ₃ [D]	Dobs O ₃ [D]	Współ. Korek.	Zachmurzenie [x/8]	Uwagi
1	02.01	12	34,2	315	17	332	300	0,90	8 Cu, Sc	
2	09.01	12	33,0	283	26	309	300	0,97	8 Sc	
3	16.01	12	32,5	365	29	394	427	1,08	8 Sc	
4	23.01	12	33,6	366	25	391	-	-	8 Sc, As	Brak O ₃ z Belska
5	30.01	12	33,1	286	21	307	-	-	8 St, As	Brak O ₃ z Belska
6	06.02	12	32,6	353	28	381	362	0,95	8 Sc	
7	13.02	12	32,8	323	25	348	358	1,03	8 Sc	
8	20.02	12	33,0	376	25	401	409	1,02	8 Sc, As	
9	27.02	12	32,3	271	25	296	319	1,08	6 Sc, Ac	
10	06.03	12	32,7	324	30	354	357	1,01	0	
11	13.03	12	32,8	392	37	429	429	1,00	8 Sc	
12	20.03	12	30,5	379	51	430	425	0,99	8 Sc, As	
13	27.03	12	33,4	374	34	408	405	0,99	5 Ci	
14	03.04	12	32,4	367	37	404	-	-	8 St, As	Brak O ₃ z Belska
15	10.04	12	32,8	390	45	435	436	1,00	8 Sc	
16	17.04	12	33,1	340	41	381	368	0,97	4 Ac	
17	24.04	12	31,6	272	48	320	328	1,03	6 Cu, Ci	
18	30.04	12	32,5	309	53	362	331	0,91	7 Cu, Sc, Ac	
19	08.05	12	31,8	280	54	334	337	1,01	3 Ac	
20	15.05	12	32,4	307	47	354	347	0,98	4 Cu, Ci	
21	22.05	12	32,9	331	47	378	370	0,98	6 Cu, Ac	
22	29.05	12	31,6	329	56	385	370	0,96	6 Cu	
23	05.06	12	32,8	314	54	368	368	1,00	8 Sc	
24	12.06	12	31,5	323	56	379	376	0,99	1 Cu	
25	19.06	12	33,2	289	42	331	332	1,00	3 Cu, Ci	
26	26.06	12	31,7	303	58	361	358	0,99	8Cu, Sc	
27	03.07	12	32,8	303	52	355	329	0,93	4 Cu	
28	10.07	12	31,0	287	59	346	347	1,00	5 Cu	
29	17.07	12	32,0	294	49	343	346	1,01	5 Cu	
30	24.07	12	32,7	319	53	372	371	1,00	8 Cu, Sc	
31	31.07	12	32,1	267	49	316	318	1,01	4 Cu, Ci	
32	07.08	12	31,8	243	53	296	301	1,02	0	
33	14.08	12	32,7	300	42	342	342	1,00	5 Cu	
34	21.08	12	32,7	276	41	317	-	-	8 Sc, As	Brak O ₃ z Belska
35	28.08	12	32,9	277	42	319	320	1,00	5 Cu	
36	04.09	12	32,3	272	49	321	299	0,93	2 Cu	
37	11.09	12	33,5	243	31	274	282	1,03	5 Sc, As	
38	18.09	12	33,3	306	41	347	327	0,94	7 Cu, Sc	
39	25.09	12	33,0	263	33	296	290	0,98	6 Cu, Ci	
40	02.10	12	29,9	279	60	339	316	0,93	6 Sc	
41	09.10	12	32,3	259	39	298	277	0,93	0	
42	16.10	12	32,5	279	32	311	311	1,00	8 St	
43	23.10	12	30,8	222	35	257	273	1,06	0	
44	30.10	12	29,7	216	40	256	255	1,00	8 Sc	
45	06.11	12	32,4	260	22	282	280	0,99	6 Cu, Ac	
46	13.11	12	33,4	248	26	274	264	0,96	8 Sc, As	
47	20.11	12	32,9	293	21	314	308	0,98	8 Cu, Ac	
48	27.11	12	33,2	263	26	289	309	1,07	8 St	
49	04.12	12	33,2	231	16	247	249	1,01	8 Sc, Ci	
50	11.12	12	33,5	232	24	256	-	-	8 St	Brak O ₃ z Belska
51	18.12	12	33,4	304	21	325	305	0,94	8 Sc	
52	24.12	12	32,7	300	25	325	326	1,00	6 Ci	
53	31.12	12	33,0	247	15	262	271	1,03	2 Ac	

- 1 O₃S - Zawartość ozonu w jednostkach Dobsona [D], scałkowana do maksymalnej wysokości 35 km.
2 O₃S - Zawartość ozonu obliczona z krzywej stałego stosunku zmieszania powyżej pułapu obliczeń O₃.
1+2 - O₃S - Całkowita zawartość ozonu w sondażu.
3 - O₃D - Całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona w Belsku.

Opracowane graficznie profile ozonu są zawarte w Załączniku 4.

6.1.2 Pomiary promieniowania UV-B

a) Pomiary przyrządami UV Biometer model 501

Na stacjach IMGW-PIB w Łebie, Legionowie i Zakopanem, pomiary promieniowania nadfioletowego są wykonywane przyrządem typu Robertson-Berger, model UV Biometer SL501, który mierzy rumieniowo czynne promieniowanie UV-B w zakresie 280-320 nm. Po zakończeniu każdego miesiąca wszystkie dane z każdej stacji były przekazywane do Centrum Monitoringu Klimatu Polski, gdzie są opracowywane, archiwizowane na dysku twardym serwera i wykorzystywane do monitoringu i opracowań o charakterze klimatycznym. Pomiary na stacjach były wykonywane sprawnie, przerwa w pomiarach z przyczyn niezależnych wystąpiła jedynie w Zakopanem 24.03 i od 01-08.10.2013 r.

Program pomiarowy został zrealizowany w 99,2%.

Wyniki promieniowania UV-B uzyskane z czujników SL501 z Łeby, Legionowa i Zakopanego znajdują się w Załączniku 5.

b) Sieć monitoringu operacyjnego UV*

Zorganizowana w 2005 r. i wdrożona do eksploatacji pod koniec lipca 2006 r. sieć monitoringu operacyjnego UV, złożona z czujników UVEM-6C polskiej firmy OPTIX, zainstalowanych obecnie na pięciu stacjach w Łebie, Mikołajkach, Legionowie, Katowicach, Zakopanem, przez cały rok 2013 na bieżąco przekazywała na stronę internetową IMGW-PIB dane o zmierzonym promieniowaniu UV. Wyjątkiem jest stacja w Mikołajkach, która zakończyła pomiary w dniu 19.09.2013 r. Dane pomiarowe są gromadzone na komputerach obsługujących system w poszczególnych lokalizacjach, natomiast dane ze wszystkich stacji są gromadzone na centralnym serwerze monitoringu oraz archiwizowane na serwerach IMGW-PIB. Tabela 7 zawiera wykaz dni z brakującymi danymi z poszczególnych stacji. Braki te w większości spowodowane są odrzuceniem danych w wyniku przeprowadzonej kontroli jakości. Problemy z jakością i spójnością danych wynikają z szybkiego starzenia się przyrządów OPTIX. W sumie z powyższych przyczyn danych pomiarowych na różnych stacjach brakuje 5,1% całego okresu.

Tabela 7. Wykaz dni z brakującymi danymi z poszczególnych stacji sieci monitoringu operacyjnego UV.

	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec
Łeba					16;20	
Mikołajki						
Legionowo						
Katowice	14	14;25;27-28	4-6;10;26	2;8-10;12-14	10;12;14;21-23;25-28	7;10;16;20-21;27-28
Zakopane			24			18-20

	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
Łeba			25	13		
Mikołajki			**			
Legionowo		20				
Katowice	4;19;26-31	1-31	2;6	28		
Zakopane			2			25

** Na stacji w Mikołajkach pomiary zakończono 19.09.2013

Wyniki promieniowania UV-B z dwóch stacji (Mikołajki, Katowice), na których pracują wyłącznie czujniki UVEM-6C firmy OPTIX, znajdują się w **Załączniku 5**.

* monitoring operacyjny UV czujnikami OPTIX jest prowadzony w ramach środków własnych IMGW-PIB

6.1.3 Ozon całkowity z danych satelitarnych

Podobnie jak w latach ubiegłych, całkowita zawartość ozonu w 2013 roku była operacyjnie obliczana z danych NOAA/ATOVS, z kanału 9,8 μ m. Czujnik ATOVS jest urządzeniem skanującym, mierzącym promieniowanie podczerwone i mikrofalowe emitowane przez Ziemię i atmosferę, i jest unowocześnioną i rozszerzoną wersją czujnika TOVS. W jego skład wchodzi następujące radiometry:

- HIRS/3 (High Infra Red Sounder) mierzący promieniowanie w 19 kanałach spektralnych w części podczerwonej widma oraz w pasmach absorpcyjnych pary wodnej i ozonu. Zdolność rozdzielcza tego instrumentu wynosi 17,4 km w punkcie pod-satelitarnym oraz 58,5 km na brzegu skanu;
- AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit), który zastąpił czujnik mikrofalowy (MSU) oraz radiometr do badania stratosfery (SSU). AMSU-A mierzy promieniowanie w 15 kanałach mikrofalowych zlokalizowanych wokół częstotliwości 23, 30, 50 i 90 GHz i odpowiadających kanałom absorpcyjnym tlenu. Zdolność rozdzielcza zmienia się od 79,4 km w punkcie pod-satelitarnym do 149,1 km na brzegu skanu.
- AMSU-B (jedynie na satelicie NOAA-16) mierzy promieniowanie w 5 kanałach zlokalizowanych wokół częstotliwości 90, 150 i 190 GHz będących pasmami absorpcyjnymi pary wodnej. Zdolność rozdzielcza zmienia się od 26,9 km w punkcie pod-satelitarnym do 51,6 km na brzegu skanu.
- MHS (Microwave Humidity Sounder) – czujnik mierzący promieniowanie mikrofalowe w 5 kanałach w paśmie absorpcyjnym pary wodnej od 89 GHz do 190 GHz. Czujnik MHS zastąpił AMSU-B na satelitach NOAA-18 i NOAA-19.

Całkowita zawartość ozonu wyznaczana jest za pomocą oprogramowania IAPP z przelotów satelitów NOAA-16, NOAA-18 i NOAA-19. Jest ona obliczana w punktach odpowiadających 3x3 pikselom HIRS. Za względu na fakt, że współrzędne geograficzne tych punktów są różne dla poszczególnych transmisji, tak otrzymane pola całkowitej zawartości ozonu są przekształcane do regularnej siatki współrzędnych. Wybrano siatkę współrzędnych geograficznych w zakresie 40°-64° szerokości północnej i 10°-28° długości wschodniej z krokiem 0,25°. Interpolację przestrzenną wykonano metodą krigingu zwykłego.

Mapy całkowitej zawartości ozonu wyznaczane były dla każdej odebranej transmisji NOAA-16, NOAA-18 i NOAA-19. W przypadku wystąpienia problemów z odbiorem danych satelitarnych NOAA dane te były pobierane przez system EUMETCast. Występujące w 2013 roku braki spowodowane były głównie awariami sieci i sprzętu komputerowego. Tabela 8 zawiera wykaz opracowanych map ozonu całkowitego w roku 2013.

Tabela 8. Wykaz opracowanych map ozonu całkowitego na podstawie danych satelitarnych (A)TOVS/NOAA w okresie od 01.01.2013 r. do 31.12.2013 r.

Dzień	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
01	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
02	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
03	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
04	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o
05	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
06	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
07	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
08	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
09	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
10	x	x	x	x o	x	x	o	x	x	x	x	x
11	x	x	x	x	x	x		x	x o	x	x	x o
12	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
13	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
14	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
15	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
16	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
17	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
18	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o
19	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
20	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
21	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
22	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
23	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
24	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x o
25	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x
26	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
27	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
28	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
29	x	■	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
30	x o	■	x	x o	x	x	x	x	x	x o	x	x
31	x	■	x	■	x	■	x o	x	■	x	■	x o

Literą "x" zaznaczone są dni z mapami ozonu całkowitego

Literą "o" zaznaczone są dni, w których był wykonywany sondaż ozonowy

Program pomiarowy zrealizowano w 99,5%

Satelitarne mapy ozonowe z dni sondażowych są zawarte w **Załączniku 4**.

6.2 RAPORT ZA ROK 2013.

6.2.1 Wstęp

Ozon (O_3) w atmosferze powstaje w zderzeniach tlenu atomowego z tlenem cząsteczkowym (O_2), którym oddychamy. Źródłem tlenu atomowego jest intensywne słoneczne promienie UV, które powoduje rozpad tlenu cząsteczkowego na pojedyncze atomy na wysokości powyżej 25km. Ozon w pełni absorbuje najbardziej energetyczną część promieniowania UV czym chroni życie na powierzchni Ziemi. Ten proces powoduje również nagrzewanie powietrza tworząc stratosferę na wysokości od 15km do 50km. W stratosferycznej warstwie ozonowej znajduje się średnio około 90 procent całkowitej zawartości ozonu w atmosferze. Obecność tlenu atomowego w atmosferze jest powodem powstawania wolnych rodników. Wolne rodniki to cząsteczki lub ich fragmenty z jednym lub większą ilością niesparowanych elektronów. Obecność niesparowanych elektronów powoduje, że wolne rodniki są najczęściej bardzo reaktywne. W drugiej połowie ostatniego stulecia poznano katalityczne cykle reakcji niszczenia ozonu z udziałem rodników (HO , HO_2 , NO , NO_2 , Cl i ClO). Łańcuchy reakcji z NO_x i ClO_x związane są z emisją na powierzchni Ziemi stabilnych molekuł (N_2O , CCl_2F_2 , CCl_3F , ...), niektóre z nich pozostają w atmosferze ponad sto lat nim rozpadną się pod wpływem intensywnego promieniowania UV (tego, które tworzy ozon). Produkty tego rozpadu tworzą NO i Cl w środku stratosferycznej warstwy ozonowej. Rosnące emisje freonów doprowadziły do zmniejszenia zawartości ozonu w stratosferze i wzrostu słonecznego promieniowania UV-B na powierzchni Ziemi. Ten ubytek występuje w umiarkowanych szerokościach geograficznych we wszystkich sezonach, ale szczególnie drastycznie od wczesnych lat 1980. Na półkuli południowej w rejonie polarnym na wiosnę jest odpowiedzialny za powstanie „antarktycznej dziury ozonowej”. Reakcje chemiczne powodujące rozrzedzenie warstwy stratosferycznego ozonu są oparte na atomowym Cl i ClO , przy czym ten ostatni jest produktem reakcji z ozonem. Wytwarzanie freonów zostało zakazane w 1992 r. po rewizji Protokołu Montrealskiego (PM). Pomiar atmosferyczne potwierdziły skuteczność PM w redukcji emisji tych molekuł. Powrót warstwy ozonowej do stanu niezaburzonego będzie zachodził wolno przez pozostałą część tego stulecia z powodu długiego okresu półtrwania prekursorów niszczenia ozonu.

Oczekuje się, że w przyszłości coraz większą rolę odgrywać będą interakcje ozonu z klimatem. Przy wciąż dużym nasyceniu stratosfery niszczącymi ozon związkami chloru i bromu wnioskowanie o stanie warstwy ozonowej w ciągu następnych 10-20 lat jest obarczone dużą niepewnością. Antarktyczna dziura ozonowa spowodowała już zmiany klimatu na półkuli południowej i to nie tylko w rejonie polarnym, ale i w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Wzrost ilości gazów cieplarnianych zwiększa wychłodzenie stratosfery. To z kolei zwiększa stabilność wiru polarnego i prawdopodobieństwo większego rozrzedzenia stratosferycznej warstwy ozonu na wiosnę. Konwencja Narodów Zjednoczonych o ochronie warstwy ozonowej z 1985 r. (Dz. U. z 1992 r. Nr 98, poz. 488) i Protokół Montrealski dotyczący ograniczenia emisji substancji niszczących warstwę ozonową z 1987 r. wraz z uzupełnieniami (Dz. U. z 1992 r. Nr 98, poz. 490), których Polska jest

sygnatariuszem, nakładają obowiązek monitorowania stanu warstwy ozonowej i natężenia promieniowania nadfioletowego przy powierzchni ziemi. Wypełnianie tego obowiązku jest realizowane m.in. poprzez wykonywanie regularnych, radiosondażowych pomiarów pionowego profilu ozonu, analizę całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową z danych satelitarnych oraz monitoring biologicznie czynnego promieniowania UV-B za pomocą sieci przyrządów pomiarowych. W raporcie przedstawiono analizę stanu warstwy ozonowej i poziomu promieniowania UV-B na podstawie pomiarów wykonanych w 2013 roku.

6.2.2 Stan warstwy ozonowej w skali globu.

6.2.2.1 Stan warstwy ozonowej nad Antarktydą.

„Dziura ozonowa” nad Antarktydą jest odzwierciedleniem wpływu człowieka na warstwę ozonową. Ubytek ozonu w tym rejonie znacznie przewyższa naturalną zmienność. Dziura ozonowa dostarcza również najbardziej widocznego przykładu, jak redukcja ozonu stratosferycznego wpływa na warunki przy powierzchni ziemi.

- **Wiosenny spadek całkowitej zawartości ozonu nad Antarktydą - dziura ozonowa - zauważona po raz pierwszy we wczesnych latach 1980. pojawia się rokrocznie. Choć ubytki ozonu pokazują zmienność z roku na rok, wywołaną głównie zmianami warunków meteorologicznych, średnia całkowita zawartość ozonu wewnątrz wiru polarnego dla października z 15 lat pomiarów jest o 40% niższa niż przed rokiem 1980. Średnie erytemalne (rumieniowe) promieniowanie UV mierzone na biegunie południowym w latach 1991 - 2006 było 55 – 85% większe niż oszacowane wartości dla lat 1963-1980.**
- **Wcześniejsze wątpliwości dotyczące rozumienia przyczyny dziury ozonowej nad Antarktydą zostały rozwiane.** Nowe pomiary laboratoryjne dotyczące kluczowych substancji chemicznych biorących udział w procesie katalitycznego rozpadu ozonu w rejonie polarnym potwierdziły, że wcześniejsza emisja CFC rzeczywiście jest przyczyną dziury ozonowej. Obliczenia ilości substancji odpowiedzialnych za powstanie dziury ozonowej są potwierdzone przez obserwacje.
- **Zwiększa się ilość dowodów, że antarktyczna dziura ozonowa wpływa na klimat na powierzchni Ziemi na półkuli południowej.** Modele klimatyczne pokazują, że dziura ozonowa jest głównym czynnikiem obserwowanych zmian wiatru przy powierzchni ziemi na półkuli południowej dla umiarkowanych i wysokich szerokości geograficznych podczas australijskiego lata. Te zmiany przyczyniły się do obserwowanego ocieplenia Półwyspu Antarktycznego i ochłodzenia nad płaskowyżem kontynentu. Zmiany wiatru były również powiązane z regionalnymi zmianami opadów, wzrostem lodu morskiego wokół Antarktydy, ociepleniem Oceanu Południowego oraz lokalnym spadkiem pochłaniania CO₂ w oceanie.
- **Nie należy oczekiwać, że trendy letnich wiatrów nad półkulą południową będą utrzymywać się w najbliższych kilku dekadach. To dlatego, że oczekiwane jest przesunięcie wpływu na wiatry powierzchniowe rosnącej ilości gazów cieplarnianych i regeneracji warstwy ozonowej.**
- **Obserwowana wiosenna kolumna ozonu nad Antarktydą nie pokazuje jeszcze statystycznie istotnego rosnącego trendu.** Zmienność z roku na rok wywołana czynnikami meteorologicznymi jest znacznie większa niż niewielki na razie spadek koncentracji substancji niszczących warstwę ozonową. To jest zbieżne z symulacjami z użyciem modeli chemiczno-klimatycznych.
- **Ewolucja wiosennej kolumny ozonu nad Antarktydą do końca tego stulecia będzie zdominowana spadkiem koncentracji substancji niszczących warstwę ozonową.** Symulacje w modelach chemiczno-klimatycznych pokazują, że zmiany zawartości gazów cieplarnianych miały i będą miały mały wpływ na dziurę ozonową w porównaniu z wpływem substancji niszczących

warstwę ozonową. **Małe epizodyczne antarktyczne dziury ozonowe będą się pojawiać nawet do końca tego stulecia. Podczas wiosny i wczesnym latem nad Antarktydą będzie nadwyżka promieniowania UV.**

6.2.2.2 Stan warstwy ozonowej w skali globu i nad Arktyką.

Jako wynik kontroli wprowadzonej przez Protokół Montrealski oczekuje się, że spadek ilości substancji zubożających warstwę ozonową doprowadzi do wzrostu zawartości ozonu w stratosferze. W najbliższych latach trudno będzie przypisać wzrost ozonu spadkowi koncentracji substancji niszczących warstwę ozonową. To z powodu naturalnej zmienności, niepewności wynikającej z ograniczonej dokładności pomiarów i czynników zakłócających, takich jak zmiany stratosferycznej temperatury i pary wodnej. Symulacje z użyciem modeli chemiczno-klimatycznych dla okresu 1960 - 2100 pozwoliły zbadać długoterminowe zmiany w stratosferze i określić względny wkład substancji niszczących ozon i gazów cieplarnianych.

- **Średnia całkowita zawartość ozonu w latach 2006 - 2009 pozostawała na tym samym poziomie jak w poprzednich czterech latach, to jest około 3,5% i 2,5% poniżej średnich z lat 1964 - 1980, odpowiednio dla 90°S – 90°N i 60°S – 60°N.** Średnioroczne kolumny zawartości ozonu w umiarkowanych szerokościach geograficznych (35 - 60°) na półkuli południowej [północnej] za okres 2006 - 2009 pozostawały na tym samym poziomie jaki obserwowano w latach 1996 - 2005, ~6% [~3,5%] poniżej średniej z lat 1964 - 1980.
- **Ubytki ozonu w Arktyce w sezonach zimy/wiosny pomiędzy 2007 i 2010 były zmienne, ale pozostawały w zakresie porównywalnym do wczesnych lat 1990.** Znaczące straty ozonu pojawiają się podczas mroźnych arktycznych zim w stratosferze.
- **Nie udało się ustalić związków pomiędzy ubożeniem ozonu w Arktyce i zmianami klimatu na powierzchni ziemi i w troposferze, ponieważ oczekiwane straty ozonu są mniejsze w porównaniu do tych nad Antarktydą.** Chemiczno-klimatyczne modele odtwarzają strukturę trendów zarówno od szerokości i wysokości n.p.m. dla północnych i południowych umiarkowanych szerokości geograficznych podczas minionego okresu wzrostu ilości substancji niszczących warstwę ozonową. **Zasadniczo potwierdzają one nasze rozumienie zmiany ozonu.** Symulacje zgadzają się z obserwacjami – ostatnia dekada pokazuje bardzo niewielkie zmiany serii czasowej całkowitej zawartości ozonu w atmosferze.
- **Analizy oparte na naziemnych i satelitarnych pomiarach pokazują, że erytemalne promieniowanie UV wzrosło w umiarkowanych szerokościach geograficznych od końca lat 1970.** To jest jakościowo zgodne z obserwowanym spadkiem kolumny ozonu, chociaż inne czynniki (głównie chmury i aerozole) wpłynęły na długoterminowe zmiany promieniowania UV. Obserwacje czystego nieba na stacjach bez zanieczyszczeń pokazują, że od końca lat 1990. promieniowanie UV pozostaje w przybliżeniu stałe, co jest spójne z obserwacjami kolumny ozonu za ten okres.
- **Nowe analizy danych satelitarnych i radiosondażowych dają rosnącą pewność zmiany stratosferycznych temperatur w okresie 1980 - 2009.** W skali całego globu dolna stratosfera w okresie 1980-1995 ochłodziła się średnio o 1 - 2K, a górna stratosfera o 4 - 6K. Nie ma istotnych

długoterminowych zmian średniej globalnej temperatury dolnej stratosfery od roku 1995. Średnie globalne wychłodzenie dolnej stratosfery nie zachodziło liniowo, ale manifestowało się jako seria spadków temperatury na początku lat 1980. i 1990. Wychłodzenie dolnej stratosfery obejmuje także pas zwrotnikowy, a nie jest ograniczone do obszarów poza-zwrotnikowych jak poprzednio sądzono.

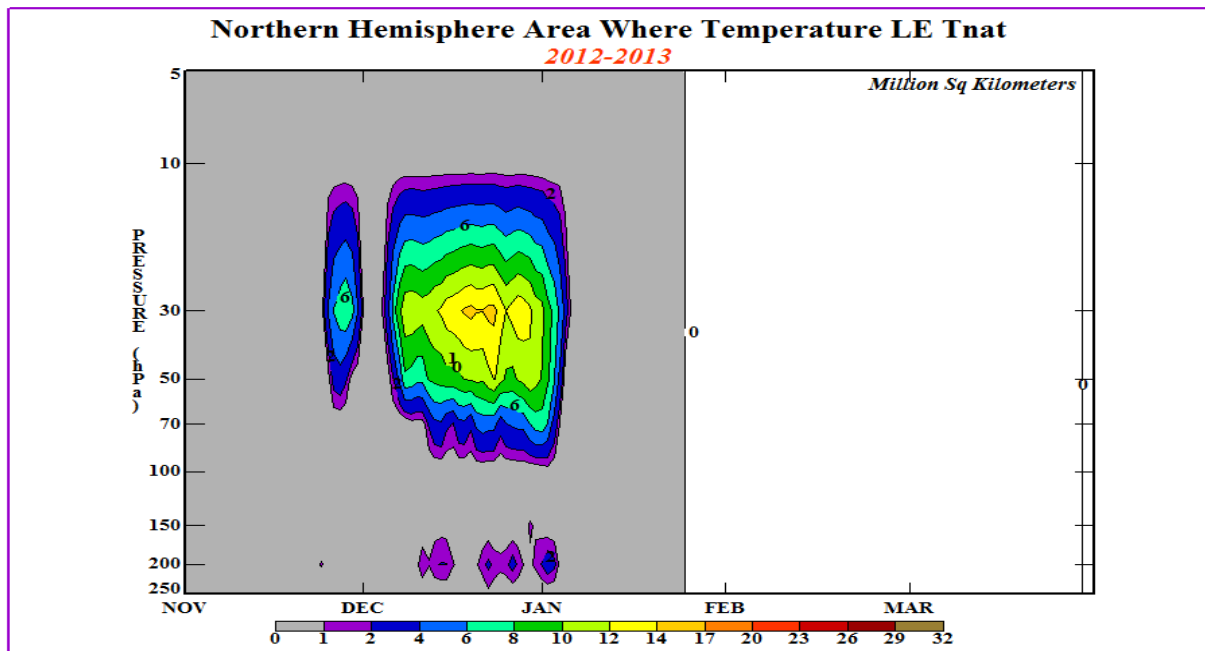
- **Ewolucja temperatury dolnej stratosfery zachodziła pod wpływem kombinacji różnych czynników naturalnych i ludzkich, które zmieniały się w czasie.** Spadki ozonu miały największy wpływ na wychłodzenie stratosfery od roku 1980. Duże erupcje wulkaniczne i aktywność słoneczna miały wyraźny ale krótkotrwały wpływ. Modele, które biorą pod uwagę wszystkie te czynniki są w stanie odtworzyć historię zmian temperatury.
- **Zmiany stratosferycznego ozonu, pary wodnej i aerozoli poprzez pochłanianie i emisję promieniowania wpływają na temperaturę na powierzchni ziemi.** Modele klimatyczne i obserwacje pokazują, że duże erupcje wulkanów np. Mt. Pinatubo w 1991 r. mogą powodować ochłodzenie powierzchni Ziemi przez kilka lat.
- **Globalnie, średnia i górna stratosfera powinny wychłodzić się w tym stuleciu, głównie z powodu zwiększenia CO₂.** Odbudowa stratosferycznego ozonu nieco przesunie wychłodzenie. Wprowadzane obecnie zamienniki dla substancji zubożających warstwę ozonową – HFC – mogą ocieplić tropikalną dolną stratosferę i rejon tropopauzy o około 0,3°C, gdy ich stężenia osiągną poziom 1 ppbv.
- **Pojawiają się dowody z symulacji w modelach, które sugerują, że rosnąca ilość gazów cieplarnianych doprowadzi do przyspieszenia krążenia w komórce Dobsona - Brewera.** Takie przyspieszenie mogłoby mieć poważne konsekwencje – zmniejszenie zawartości ozonu w pasie zwrotnikowym, a w pozostałym obszarze jej zwiększenie. Jednak mechanizmy odpowiedzialne za to pozostają niejasne i brak jest potwierdzenia dla tej cyrkulacji w obserwacjach.
- **Przewiduje się, że globalna zawartość ozonu będzie się zwiększać wraz ze spadkiem ilości substancji zubożających warstwę ozonową i ten wzrost będzie przyspieszany przez wychłodzenie górnej stratosfery.** Globalna zawartość ozonu w małym stopniu zależy od zmian cyrkulacji atmosfery, zatem to przewidywanie jest wysoce prawdopodobne.
- **Przewiduje się, że ewolucja ozonu w Arktyce będzie miała większy wpływ na zmiany klimatu niż nad Antarktydą.** Przewidywane wzmocnienie stratosferycznej cyrkulacji Dobsona – Brewera powinno znacznie zwiększyć ilość ozonu w dolnej stratosferze w Arktyce i znacznie skrócić powrót zawartości ozonu do poziomu sprzed lat 1980.
- **Przewiduje się, że zmiany temperatury i cyrkulacji indukowane wzrostem ilości gazów cieplarnianych przyspieszą powrót całkowitej zawartości ozonu w umiarkowanych szerokościach geograficznych do poziomu z lat 1980. o kilka dziesięcioleci, podnosząc znacznie poziom z lat 1980. do końca tego stulecia. Efekt ten będzie najbardziej wyraźny w umiarkowanych szerokościach geograficznych na półkuli północnej, gdzie do połowy tego stulecia powinien spowodować obniżenie promieniowania UV znacznie poniżej poziomu z lat 1980. Przewiduje się, że w umiarkowanych szerokościach południowych wpływ zmian cyrkulacji będzie słabszy i na poziom ozonu będzie oddziaływać proces jego niszczenia nad Antarktydą. Stąd, na półkuli południowej powrót ozonu do poziomu z lat 1980. pojawi się znacznie później.**

- W 2011 r. wystąpił bezprecedensowy sezonowy ubytek ozonu w Arktyce: na wysokościach 18 – 20km zniszczenie ozonu było większe niż 80% (<http://ozone.unep.org>). Przyczyną był wysoki poziom chloru i bromu pochodzący z rozpadu substancji niszczących ozon (CFC, halony) w połączeniu z niezwykle niskimi temperaturami w stratosferze na rozległym obszarze wewnątrz silnie rozwiniętego i wyjątkowo stabilnego arktycznego wiru polarnego. Warunki podczas zimy 2010 – 2011 i na wiosnę tego roku były idealne do wytworzenia dużego ubytku ozonu. Stopień destrukcji ozonu w Arktyce z roku na rok jest wysoce zmienny – duże ubytki w Arktyce obserwowano także w latach 2005, 2000, 1997 i 1996, ale nie w takim stopniu jak na wiosnę 2011. W porównaniu do antarktycznej dziury ozonowej, która pojawia się co roku na wiosnę obszar ubytku ozonu w Arktyce (około 2 miliony kilometrów kwadratowych) był znacznie mniejszy i bardziej mobilny. Obszar poważnego ubytku pojawił się w rejonie Arktyki w lutym i marcu, potem przesunął się nad północną Kanadą, północną Europą Środkową i Rosją, do północnej Azji. Ubytki ozonu utrzymywały się jeszcze w kwietniu. Ubytek ozonu w Arktyce nosi wiele cech charakterystycznych dla antarktycznej dziury ozonowej, ale tak duże ubytki w Arktyce nie pojawiają każdego roku na wiosnę ani nie pokrywają tak dużego obszaru. Trzeba dodać, że ubytki ozonu w Arktyce nigdy nie przewyższyły tych z dziury ozonowej nad Antarktydą. Przemieszczanie obszaru zredukowanej zawartości ozonu nad zamieszkałymi rejonami wiąże się z ostrzeżeniami o nadwyżce promieniowania nadfioletowego. Ozon jest czynnikiem decydującym o poziomie promieniowania UV na powierzchni Ziemi, dlatego w obszarach poważnych ubytków ozonu poziomy UV przy odkrytym słońcu mogą być znacznie wyższe niż normalnie. Warunki meteorologiczne w arktycznej stratosferze są wysoce zmienne. W ostatniej dekadzie mieliśmy 4 najcieplejsze i 2 najzimniejsze zimy w 32 letniej serii pomiarów. Gdyby nie Protokół Montrealski, który zatrzymał wzrost stężenia chloru w atmosferze, zniszczenie ozonu w Arktyce każdego roku byłoby znacznie większe, duże nawet w zimach które nie są bardzo chłodne. Powody chłodnych zim w Arktyce nie są obecnie jasne. Obecne obserwacje są zgodne z rozumieniem procesów niszczenia ozonu opisanych w ostatnim naukowym raporcie WMO/UNEP: "Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010".

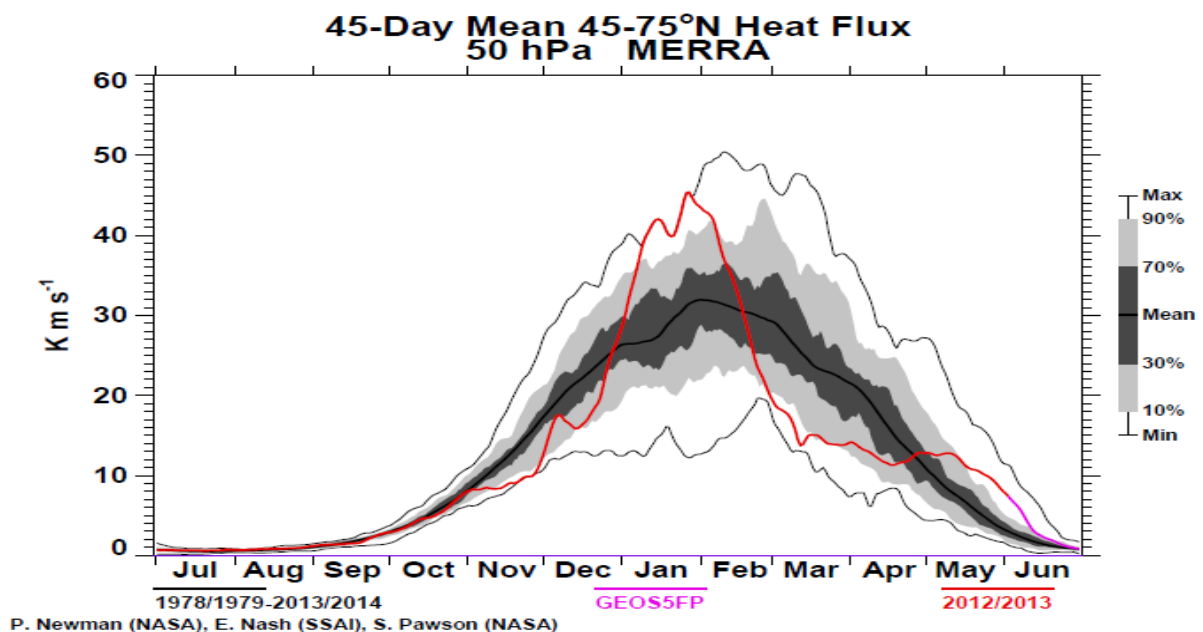
6.2.3 Warunki meteorologiczne w Arktyce podczas zimy 2012/2013

Przy wciąż wysokim nasyceniu stratosfery związkami chloru i bromu niszczenie ozonu w Arktyce zależy w dużym stopniu od zmieniających się z roku na rok warunków meteorologicznych. W chłodnej porze roku, gdy temperatury w stratosferze nad Arktyką spadają poniżej -78°C mogą się tworzyć polarne chmury stratosferyczne (PSC). Obszar ich występowania ograniczony jest do izolowanego wiru polarnego, który epizodycznie przemieszcza się do umiarkowanych szerokości geograficznych. Potencjał niszczenia ozonu zależy od wielkości powierzchni PSC i ilości dostępnego promieniowania słonecznego. Rysunek 1 przedstawia wielkość powierzchni PSC dla zimy 2012/13, w funkcji ciśnienia atmosferycznego. Pierwsze PSC pojawiły się w ostatnich dniach listopada. W grudniu występowały w wyjątkowo grubej warstwie atmosfery (100/20hPa). Na poziomie 30hPa ($\sim 24\text{km}$) ich powierzchnia w połowie grudnia mogła wynosić nawet 14 milionów km^2 (połowa powierzchni

największej dziury ozonowej nad Antarktydą z października 2006r.). Sezon występowania PSC zakończył się na początku stycznia 2013, co zapobiegło poważniejszej destrukcji ozonu na wiosnę.



Rysunek 1. Powierzchnie PSC (w mln km²) w funkcji ciśnienia dla zimy 2012/2013 na półkuli północnej. (Źródło: www.cpc.ncep.noaa.gov).



Rysunek 2. Średni strumień energii cieplnej w strefie 45-75N na powierzchni 50hPa (ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/figures/merra/heat_flux/vt45_75-45n_50_2012_merra.pdf)

Nagły zanik PSC został spowodowany oddziaływaniem wielkoskalowej cyrkulacji w troposferze. Bardzo duże systemy cyrkulacji mogą się propagować do stratosfery. Propagacja fal do stratosfery może ogrzewać rejon polarny. Energia ruchu fal jest mierzona turbulencyjnym strumieniem ciepła zdefiniowanym jako iloczyn odchyłań południkowej składowej wiatru i temperatury od ich odpowiednich strefowych średnich wartości. Istnieje silna anty-korelacja pomiędzy stratosferyczną temperaturą a średnim strumieniem ciepła obliczonego z poprzedzających 45-dni. Bardziej dodatnia wartość strumienia ciepła wskazuje transport fal do stratosfery i ogrzewanie rejonu polarnego. Zmiany turbulencyjnego strumienia ciepła (średnia z 45-dni w strefie 45°N-75°N) na wysokości powierzchni 50hPa dla lat 2012/2013 przedstawia Rysunek 2. Fala ciepła z początku zimy spowodowała w Arktyce zmianę kierunku wiatru w stratosferze z zachodniego na wschodni, co pozwoliło na większe mieszanie wewnątrz wiru polarnego. W drugiej części zimy propagacja fal była słaba. Osłabiony wir polarny zregenerował się nad biegunem w połowie marca. Przejście do letniej cyrkulacji w stratosferze nastąpiło na przełomie kwietnia i maja.

6.2.4 Ocena stanu warstwy ozonowej w 2013 roku na podstawie wyników monitoringu.

6.2.4.1 Analiza rozkładu pionowego ozonu nad Legionowem w 2013 roku.

Stan warstwy ozonowej nad Legionowem w miesiącach 2013 roku charakteryzują dane w Tabeli 9. Zgodnie z zaleceniami WMO, do analizy wybrano sondaże ze współczynnikami korekcji Dobsona w zakresie 0,9-1,15, jednak zmierzonych wartości ozonu nie modyfikowano. Obliczono średnie miesięczne zawartości ozonu w 12 warstwach atmosfery. Rozkład pionowy ozonu w 2013 r. badano na tle rozkładów z wielolecia 1994-2012. Obliczono standaryzowane odchylenia średnich miesięcznych w 2013 roku od średnich miesięcznych wieloletnich. Odchylenie standardowe (σ) obliczono ze średnich miesięcznych z lat 1994-2012. Na uwagę zasługują odchylenia od średniego przebiegu przekraczające 2σ (anomalie). Na Rysunkach 3-6 przedstawiono profile ciśnienia cząstkowego ozonu nad Legionowem w poszczególnych dniach 2013 r. Wypełnione obszary pokazują zmienność ozonu w granicach $\pm 1\sigma$ od średnich wieloletnich. Obok profili ozonu zamieszczono odpowiadające im profile temperatury.

W roku 2013, podobnie jak w poprzednich latach, największe niedobory ozonu wystąpiły w stratosferze w sezonie zimy/wiosny. Stacja w Legionowie znajdowała się często pod wpływem arktycznego wiru polarnego z fotochemicznymi ubytkami ozonu. Warstwy o obniżonej zawartości ozonu znajdowały się w sąsiedztwie głównego maksimum koncentracji w sondażach z 9 i 30 stycznia, 6,13,20 i 27 lutego, 6 i 13 marca oraz 24 kwietnia. Z upływem czasu niedobory ozonu miały tendencję do przemieszczania się do niższych wysokości w stratosferze. W średnim miesięcznym rozkładzie pionowym ozonu (Tabela 9) największe ujemne odchylenia były widoczne najpierw (luty) w górnej i średniej i górnej stratosferze (<20hPa), a potem (kwiecień) w dolnej stratosferze (70/150hPa). W maju wystąpiła ujemna anomalia ozonu w dolnej stratosferze (100/50hPa).

W dniach 23-26 kwietnia 2013 r. wystąpiła ujemna anomalia ozonu w atmosferze nad częścią Europy Zachodniej i Środkowej (Rysunek 7). Sondaż ozonowy w Legionowie z 24 kwietnia 2013 r., 12UTC wykazał niskie koncentracje ozonu w górnej troposferze i dolnej stratosferze do wysokości 21km (Rysunek 4). Analiza wstecznych trajektorii cząstek powietrza przemieszczającego się nad Polską do wysokości 18-20km (UTLS) wykazała źródło masy w subtropikach, a na większych wysokościach napływ z arktycznego wiru polarnego (Rysunek 8). Do oszacowania stopnia zniszczenia ozonu w arktycznym wirze polarnym wykonano obliczenia z użyciem modelu REPROBUS. Model ten uwzględnia transport i zmiany koncentracji 55 związków chemicznych, opisywane przez ponad 100 reakcji chemicznych, w tym reakcje heterogeniczne na powierzchniach i cząstkach aerozolu PSC. Symulacja w modelu REPROBUS dla półkuli północnej na wysokości powierzchni izentropowej 550K (~22,5km) w dniach 23-26 kwietnia 2013 wykazuje, że w sezonie zimy/wiosny w centrum wiru mogło zostać zniszczone około 40 procent początkowej ilości ozonu (Rysunek 9). W ogonie wiru przemieszczającego się nad Polską strata ozonu wynosiła około 30 procent. Zasadniczą przyczyną anomalii ozonu była wzmożona adwekcja powietrza subtropikalnego o naturalnie niskiej zawartości ozonu. Dodatkową przyczyną była adwekcja powietrza z wiru polarnego o zredukowanej zawartości ozonu w sezonie zimy/wiosny. Anomalia ozonu spowodowała wzrost promieniowania nadfioletowego nad Polską. W pogodnych dniach 25-26 kwietnia 2013 r. na stacjach w Łebie i w Zakopanem wystąpiły rekordowe dla tej pory roku wartości indeksu UV (Rysunek 19). Mieszanie zubożonego w ozon powietrza polarnego po rozpadzie wiru polarnego zmniejszyło całkowitą zawartość ozonu. W maju całkowita zawartość ozonu w południkowym przekroju kraju spadła około 5% poniżej normy wieloletniej (Rysunek 18). Z powodu słonecznej pogody i spadków ozonu na północy kraju na stacji w Łebie odnotowano istotny wzrost promieniowania UV-B w maju 2013 r. (Rysunek 18).

W 2013 r., podobnie jak w poprzednich latach, w ciepłej porze roku występowały epizody obniżonych zawartości ozonu w średniej stratosferze. Spadki ozonu w warstwie powyżej 25km zaobserwowano w sondażach z 15 i 22 maja, 29 czerwca, 21 i 28 sierpnia, 11 i 25 września (Rysunki 4 i 5). Największe niedobory wystąpiły we wrześniu. Analiza trajektorii wstecznych osiagających Legionowo w dniach 11 i 25 września na wysokościach 25-27km pokazuje źródło masy dla ubytków ozonu w arktycznej średniej stratosferze (Rysunek 10).

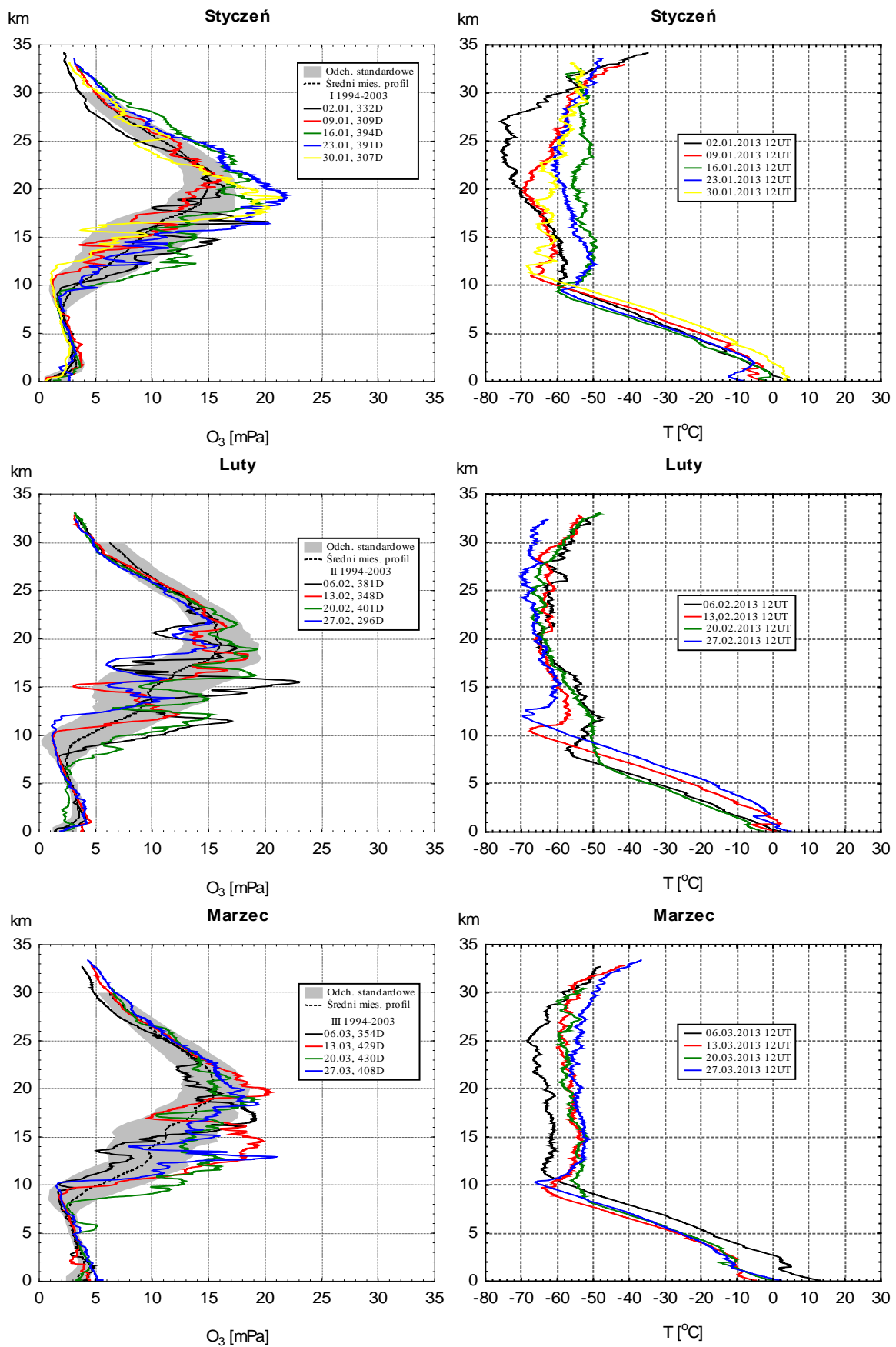
Tabela 9. Zawartość ozonu w warstwach atmosfery nad Legionowem w 2013 r.

Wyszczególnienie		Warstwy atmosfery między powierzchniami izobarycznymi (hPa)											
		<u>1000</u> 700	<u>700</u> 500	<u>500</u> 300	<u>300</u> 200	<u>200</u> 150	<u>150</u> 100	<u>100</u> 070	<u>70</u> 50	<u>50</u> 30	<u>30</u> 20	<u>20</u> 10	<u>10</u> 00
Styczeń	a	7,9	7,9	8,1	10,8	19,2	34,2	36,1	39,9	63,4	39,6	42,0	38,6
	b	7,7	7,5	8,9	11,4	15,8	29,4	34,5	40,1	62,0	39,2	42,2	40,7
	c	0,2	0,9	-0,9	-0,1	1,0	0,8	0,2	-0,0	0,3	0,1	-0,1	-0,3
Luty	a	9,7	7,8	9,6	17,1	23,2	35,1	35,7	41,4	57,9	39,9	41,4	37,8
	b	8,9	8,1	9,6	13,8	19,0	32,2	38,8	44,1	64,5	40,8	46,0	46,3
	c	0,6	-0,4	-0,0	0,8	0,9	0,3	-0,4	-0,5	-1,1	-0,3	-1,1	-1,8
Marzec	a	11,7	9,2	11,2	19,5	28,9	43,3	43,1	44,4	61,4	39,7	44,6	46,7
	b	11,3	9,0	11,2	16,1	21,2	33,9	37,3	41,6	62,9	39,4	46,3	49,0
	c	0,4	0,4	0,0	0,5	2,0	1,6	1,0	0,9	-0,3	0,1	-0,7	-0,6
Kwiecień	a	13,4	9,8	12,1	18,7	19,8	24,4	27,2	38,8	60,4	39,3	52,8	57,6
	b	12,9	10,4	13,2	18,3	22,2	31,8	34,6	38,7	59,5	38,7	49,1	54,5
	c	0,4	-1,1	-0,5	0,1	-0,6	-1,1	-1,3	0,0	0,2	0,2	0,9	0,6
Maj	a	14,6	11,0	13,5	19,7	23,1	26,5	20,7	31,2	54,3	36,1	48,1	54,4
	b	13,7	10,9	12,9	17,1	20,9	27,9	29,2	35,4	56,0	38,5	51,4	57,3
	c	0,6	0,1	0,4	0,4	0,6	-0,3	-2,1	-2,0	-0,6	-1,3	-1,1	-0,6
Czerwiec	a	12,3	9,6	12,3	9,6	20,9	22,6	25,1	31,3	52,8	42,3	54,1	57,8
	b	13,3	11,0	13,2	13,6	17,5	24,6	26,3	31,7	53,3	39,5	54,1	58,0
	c	-0,5	-1,1	-0,4	-0,7	0,8	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	0,7	0,0	-0,1
Lipiec	a	12,4	10,6	12,1	11,6	17,8	23,1	25,5	31,4	54,5	41,0	52,3	56,7
	b	13,4	10,8	13,3	14,3	14,8	20,7	22,9	29,4	51,1	38,8	53,7	56,2
	c	-0,6	-0,3	-0,8	-0,4	0,9	0,8	1,4	1,1	1,2	1,0	-0,4	0,1
Sierpień	a	10,7	9,6	14,5	13,6	13,4	25,3	27,0	29,6	50,1	36,3	50,9	52,3
	b	12,4	10,6	12,9	11,2	11,9	19,0	23,1	28,6	47,7	37,2	51,6	54,6
	c	-1,0	-1,0	0,8	0,7	0,7	2,0	1,4	0,5	0,7	-0,3	-0,3	-0,6
Wrzesień	a	10,2	9,4	10,0	9,3	10,6	21,2	28,1	32,8	51,9	33,8	42,9	49,2
	b	11,3	9,5	11,1	8,8	8,7	17,5	23,9	29,4	47,9	35,1	46,7	50,0
	c	-0,7	-0,1	-1,0	0,2	0,8	1,1	1,1	1,7	1,7	-0,4	-1,1	-0,2
Październik	a	11,9	8,8	9,7	9,6	9,7	15,8	23,0	29,3	50,9	35,9	42,2	41,8
	b	9,4	8,4	9,9	8,9	8,8	16,7	22,9	28,6	47,1	33,9	41,9	43,6
	c	2,6	0,6	-0,2	0,2	0,5	-0,2	0,0	0,2	1,4	0,6	0,1	-0,4
Listopad	a	7,6	7,5	9,4	11,0	9,2	17,4	27,0	30,2	52,3	38,0	44,2	41,1
	b	7,9	7,9	9,0	8,5	9,9	19,8	27,0	30,6	50,7	36,5	40,5	39,1
	c	-0,3	-0,7	0,3	0,7	-0,2	-0,4	0,0	-0,1	0,5	0,6	0,9	0,5
Grudzień	a	8,6	7,9	8,6	5,0	7,5	18,5	27,2	32,8	56,9	41,5	43,5	36,8
	b	7,3	7,7	8,7	9,2	11,4	23,2	28,8	33,1	53,8	37,7	40,7	37,2
	c	1,3	0,4	-0,1	-1,8	-1,4	-0,8	-0,3	-0,1	0,8	1,4	0,6	-0,1

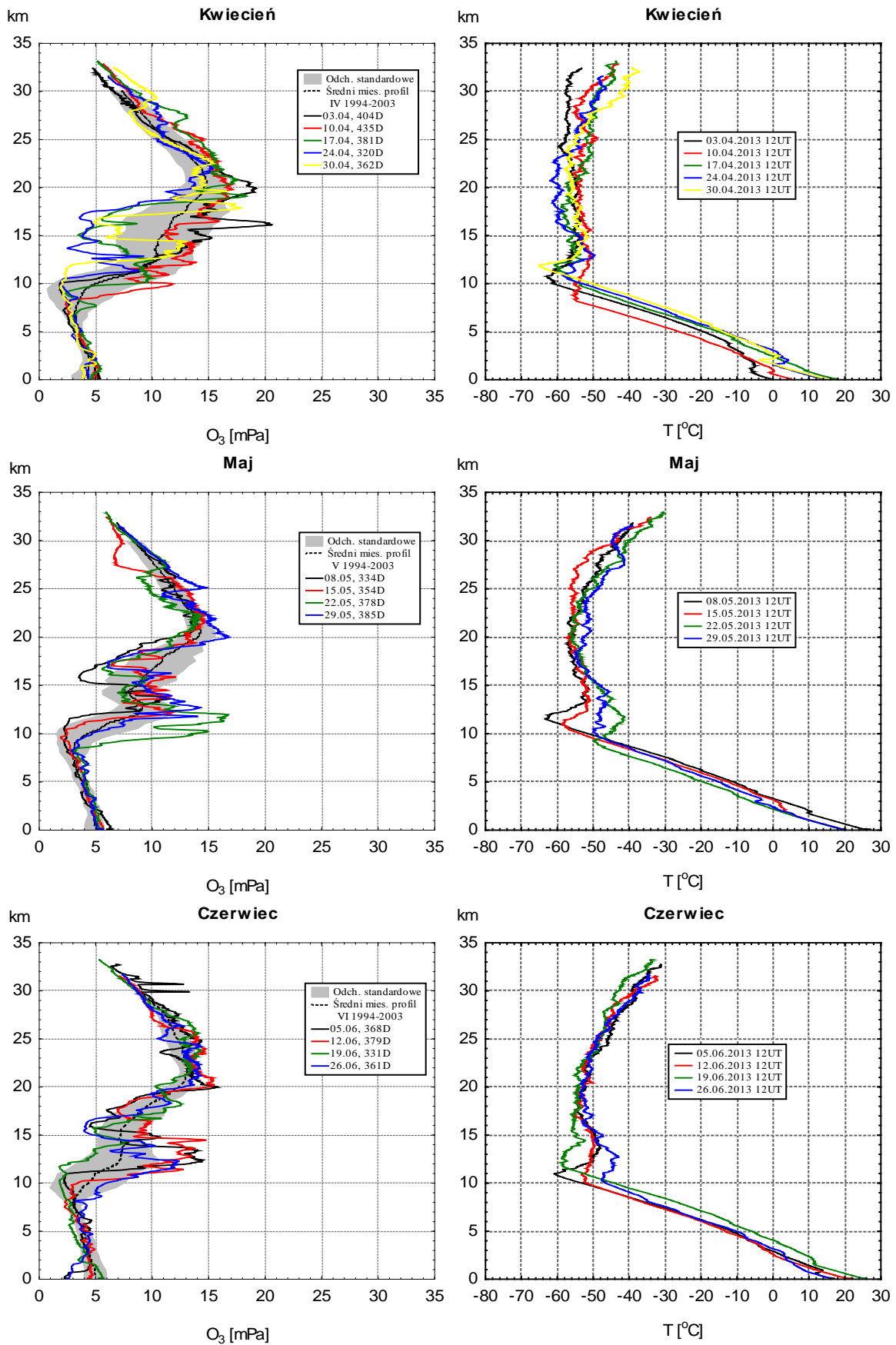
a – średnie miesięczne (D) w 2013 r.

b – średnie miesięczne wieloletnie (D) z lat 1994-2012

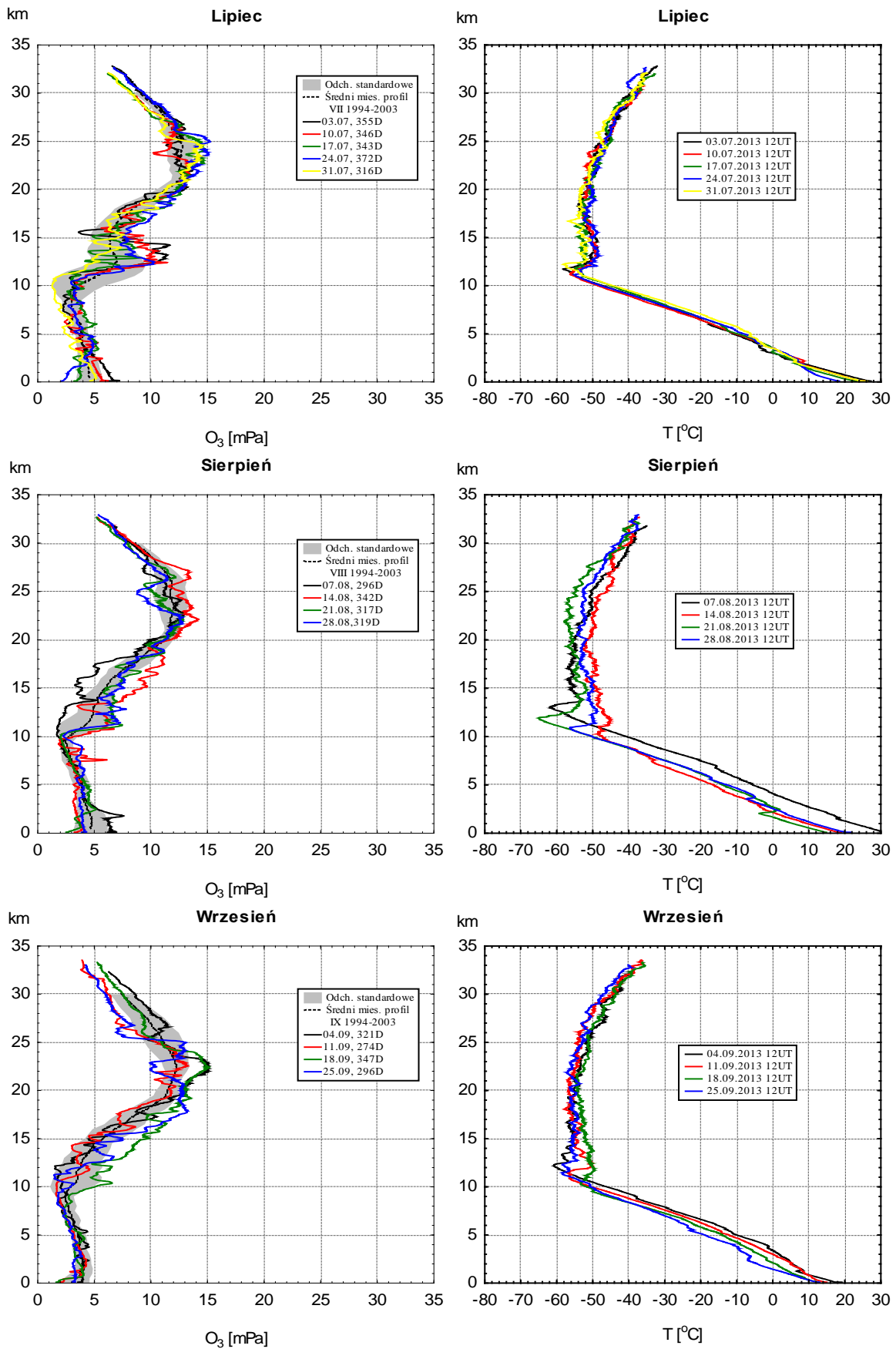
c – standaryzowane odchylenie: $(a - b)/\sigma$, gdzie σ jest odchyleniem standardowym średnich miesięcznych z lat 1994-2012



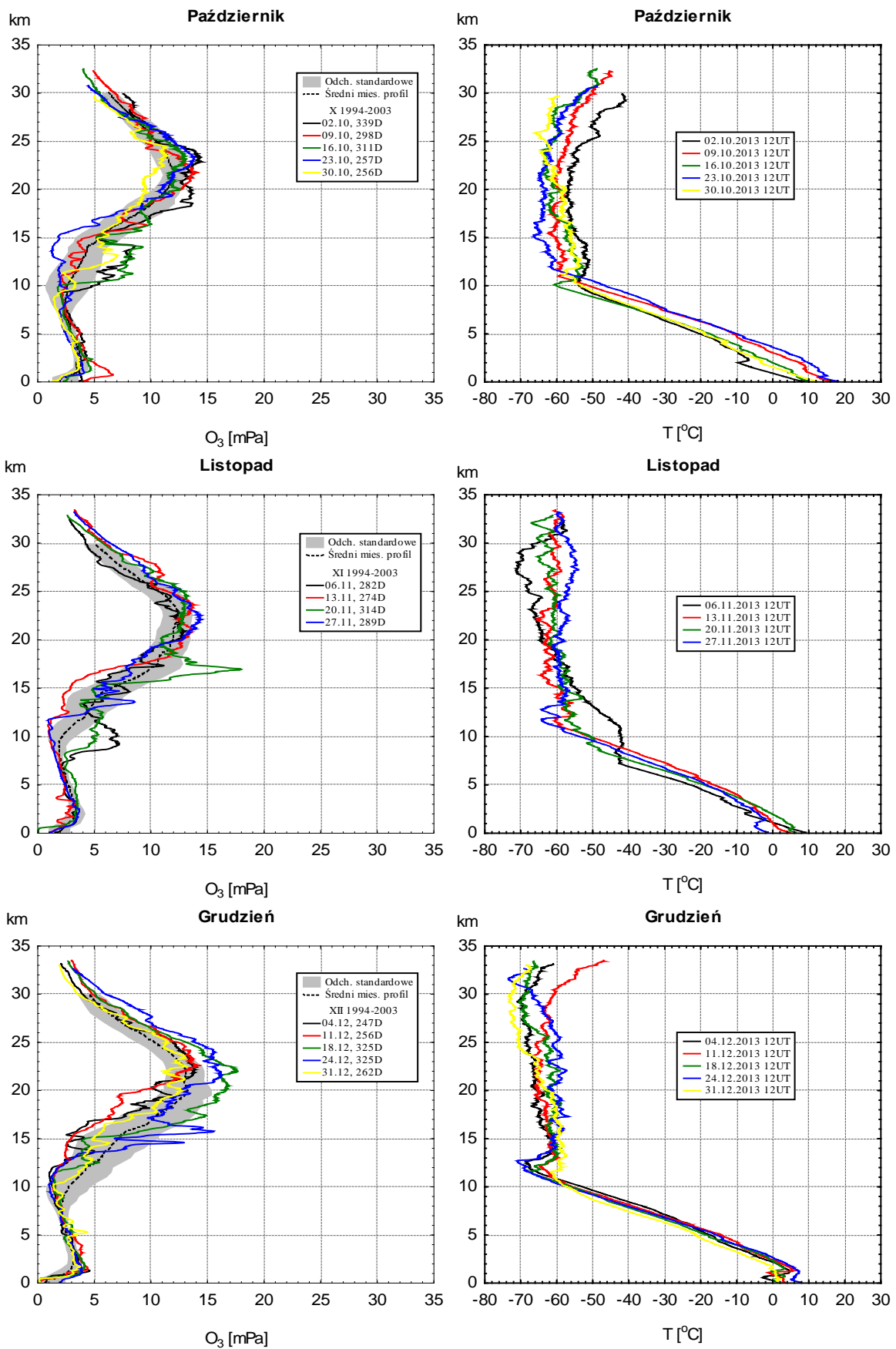
Rysunek 3. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w I kwartale 2013 r.



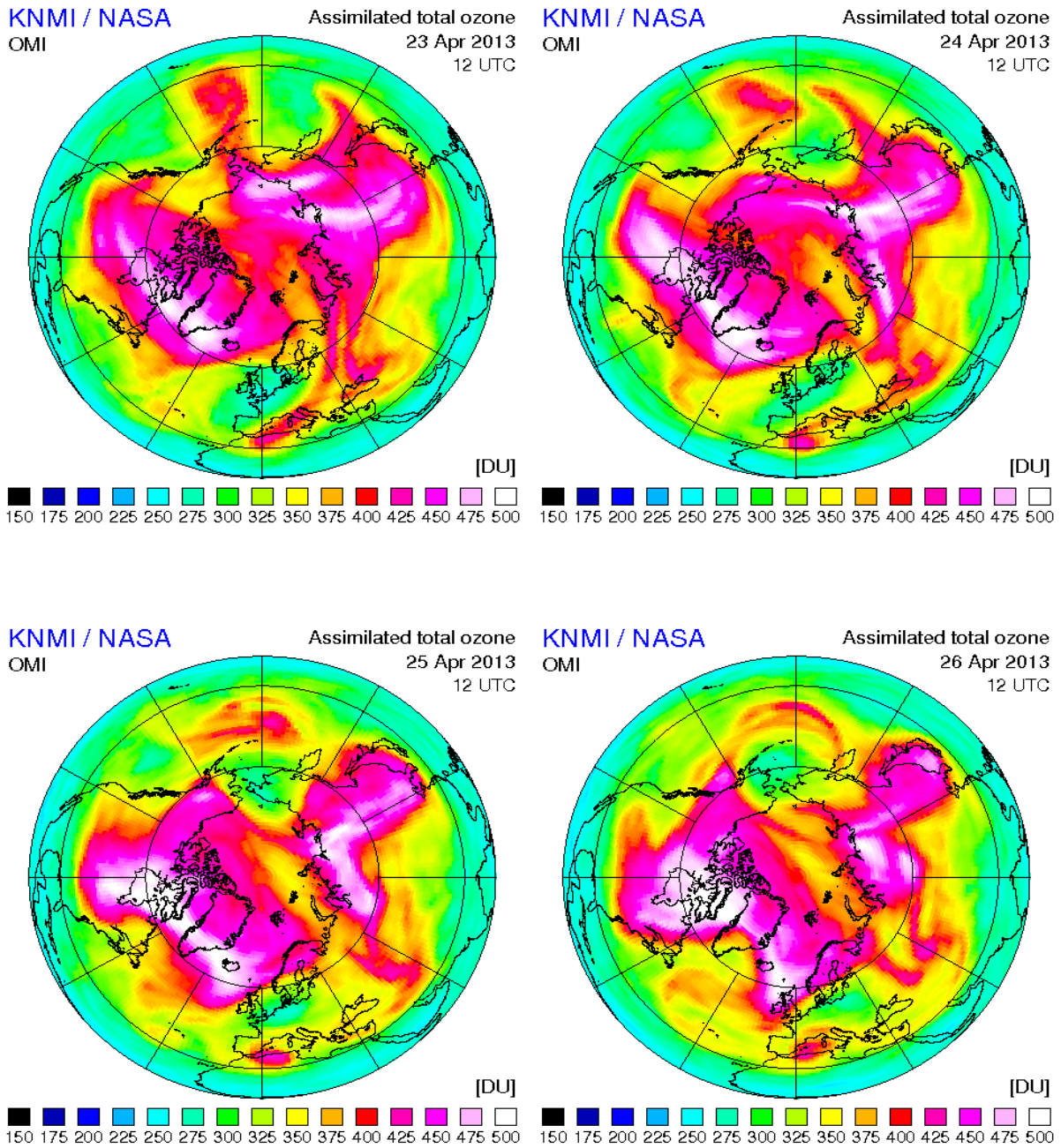
Rysunek 4. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w II kwartale 2013 r.



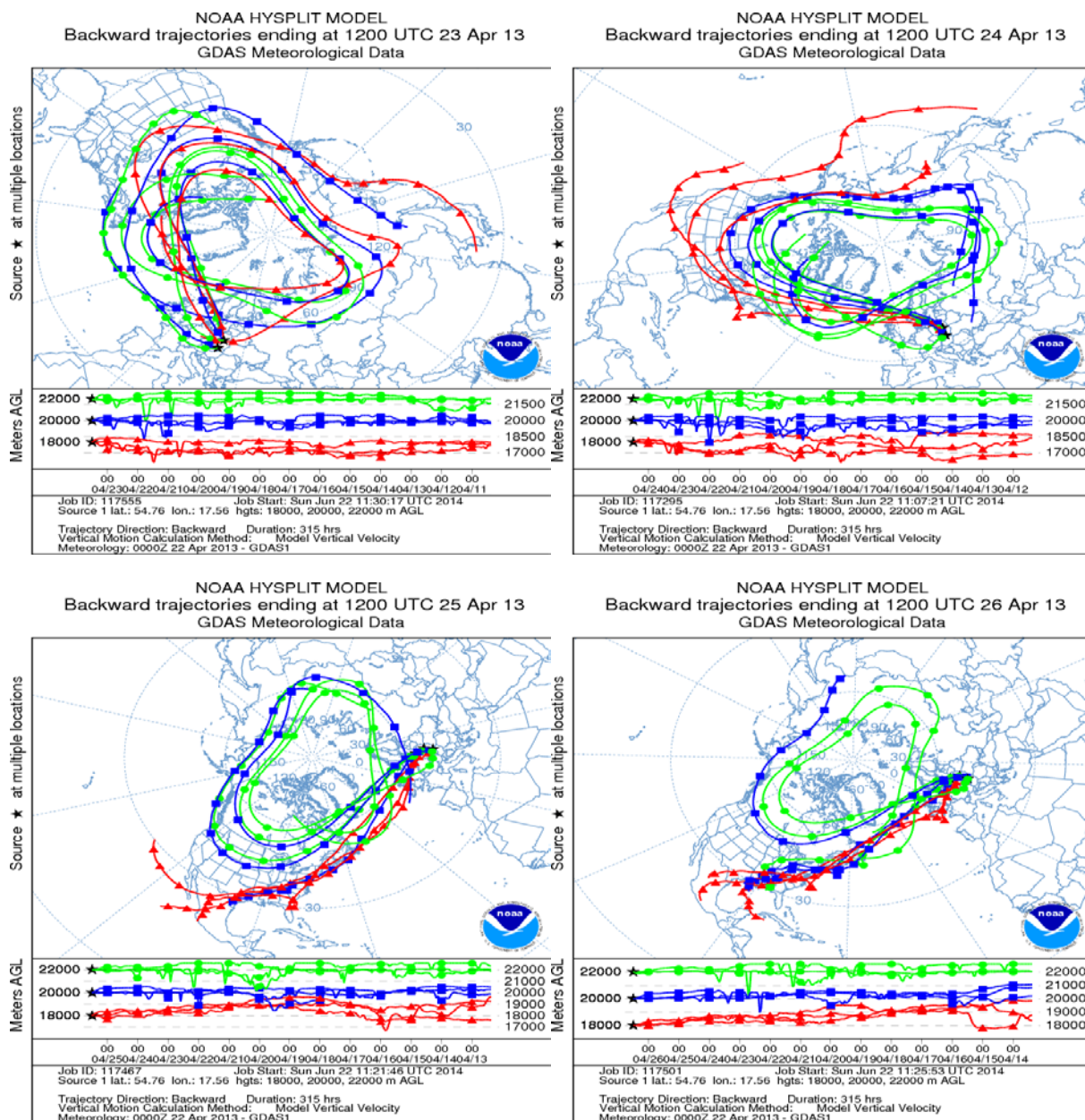
Rysunek 5. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w III kwartale 2013 r.



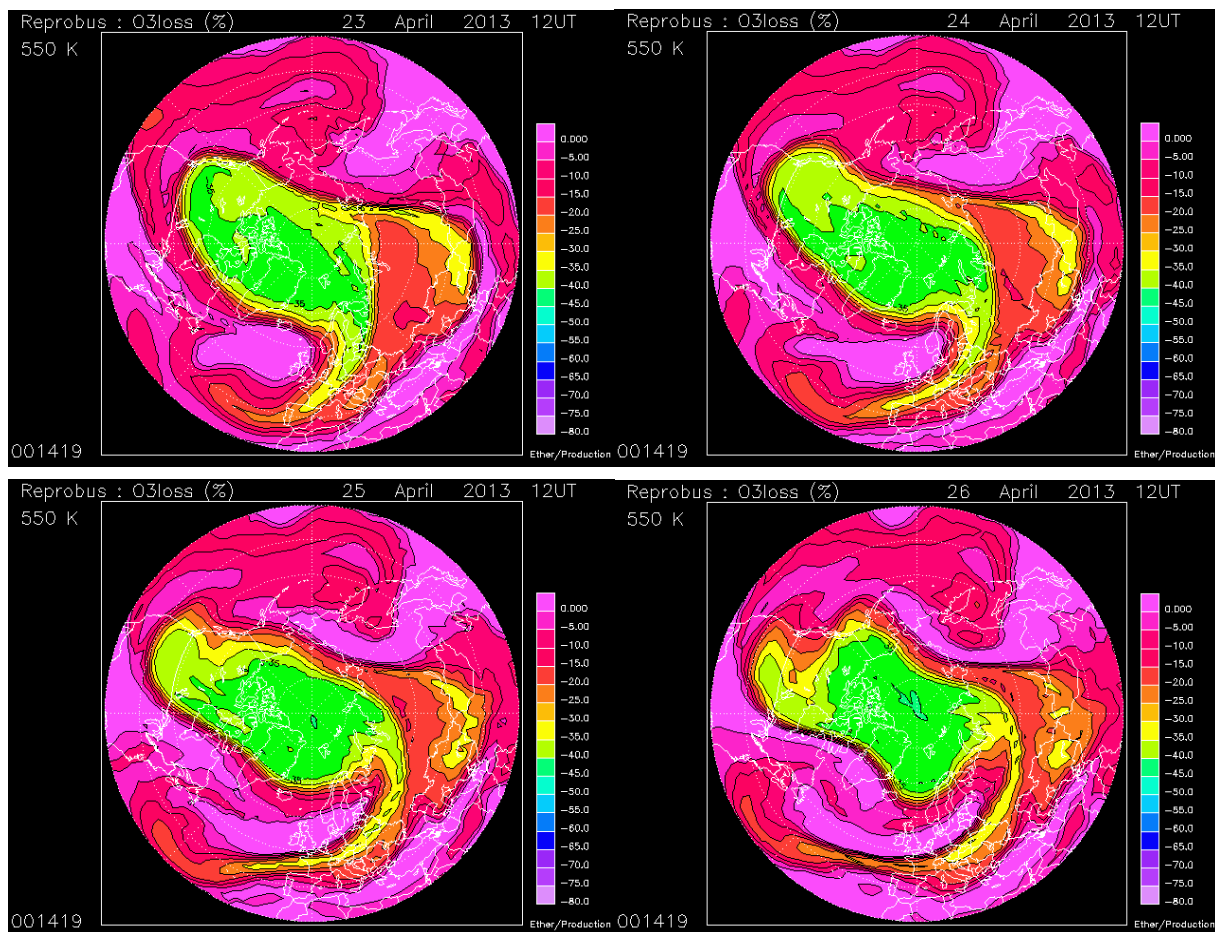
Rysunek 6. Profile ozonu i temperatury nad Legionowem w IV kwartale 2013 r.



Rysunek 7. Całkowita zawartość ozonu z satelitarnych pomiarów OMI dla 23-26 kwietnia 2013 r.



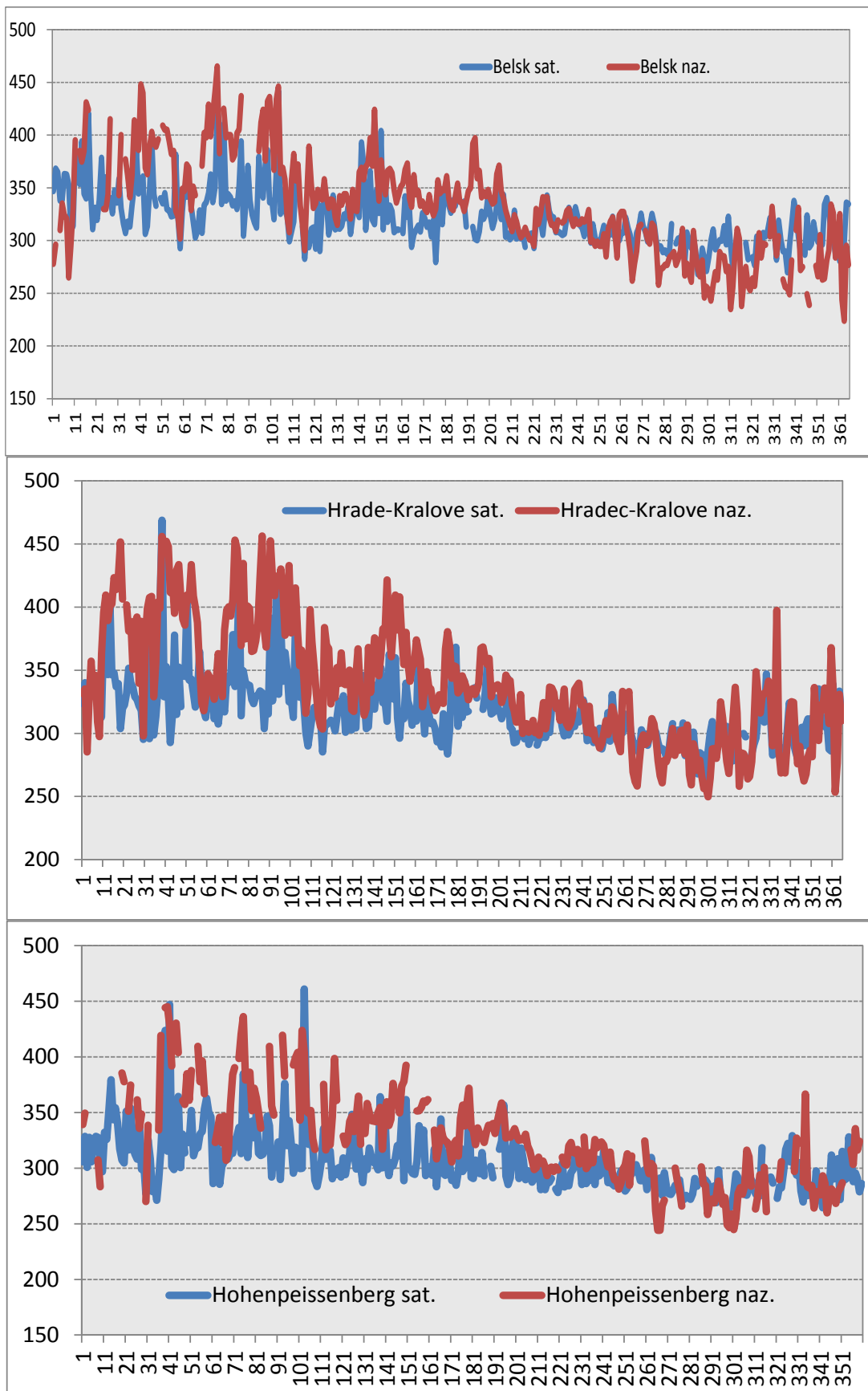
Rysunek 8. Trajektorie do 315 godzin wstecz, kończące się w dniach 23-26 kwietnia 2013, 12UTC, na wysokościach 15, 18 i 21km nad Łębą, Legionowem i Zakopanem.



Rysunek 9. Symulacja zniszczenia ozonu na półkuli północnej w sezonie zimy wiosny 2012/2013 według modelu REPROBUS (źródło: www.pole-ether.fr/etherTypo/index.php?id=1664&L=1)

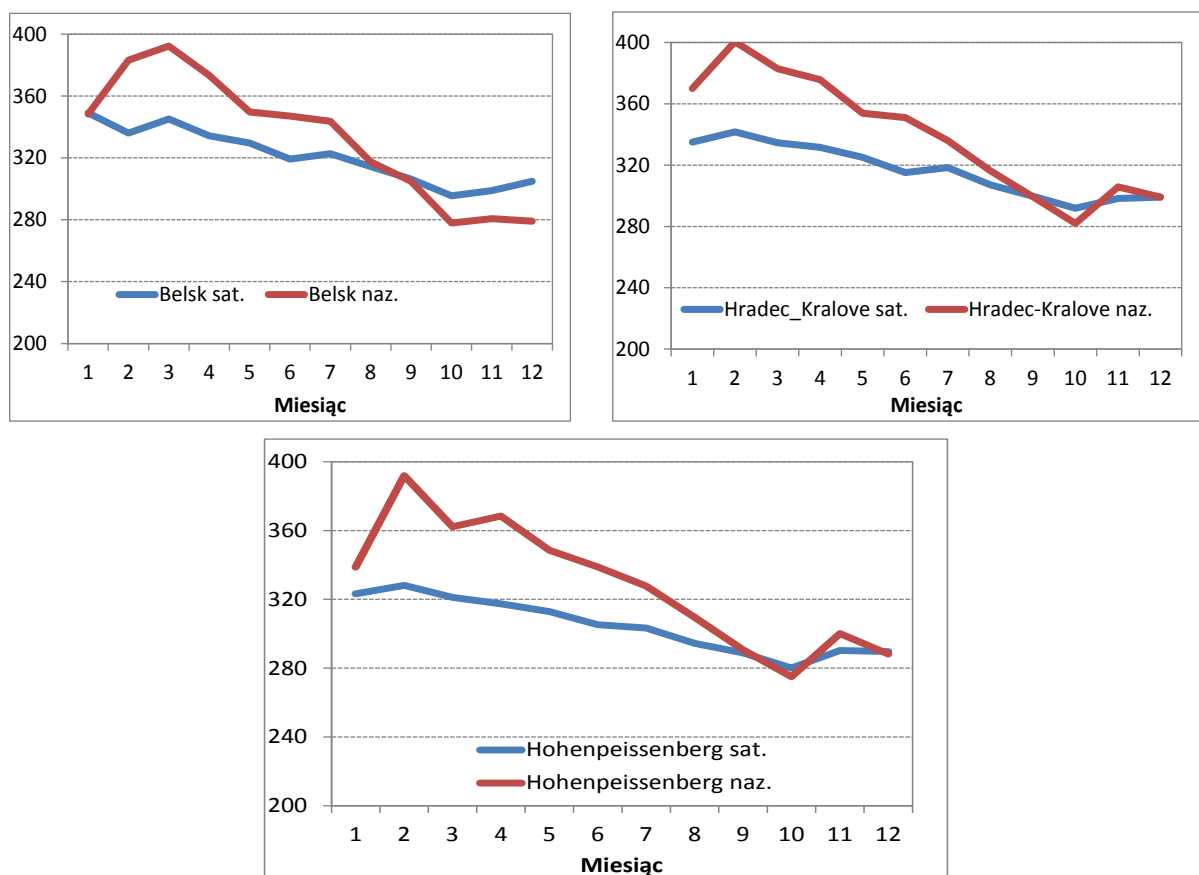
6.2.4.2 Ozon całkowity z danych satelitarnych w 2013 roku.

Weryfikacja dokładności całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z danych satelitarnych odbywa się poprzez porównanie z pomiarami naziemnymi. Porównanie takie przeprowadzone zostało dla trzech stacji z obszaru Europy Środkowej, które znajdują się w obrębie każdej transmisji NOAA odbieranej w Ośrodku Teledetekcji Satelitarnej IMGW-PIB. Stacje te to: Belsk (21°E, 52°N), Hradec-Kralove (15,8°E, 50,2°N) oraz Hohenpeissenberg (11,0°E, 47,8°N). Dane dla stacji w Belsku pochodzą z Instytutu Geofizyki PAN, a dane dla pozostałych dwóch stacji pobrane zostały ze Światowego Centrum Danych Ozonowych i UV znajdującego się w Toronto (Kanada) (www.woudc.org). Na Rysunku 11 przedstawiono przebiegi krzywych całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z satelitarnych danych i zmierzonej spektrofotometrem dla wymienionych wyżej stacji w roku 2013. Kolorem czerwonym oznaczono krzywą uzyskaną na podstawie pomiarów spektrofotometrem, a niebieskim – satelitarnych.



Rysunek 11. Całkowita zawartość ozonu wyznaczona dla Belska, Hradec-Kralove oraz Hohenpeissenberga z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska); zmierzona spektrofotometrem Dobsona (linia czerwona) w roku 2013.

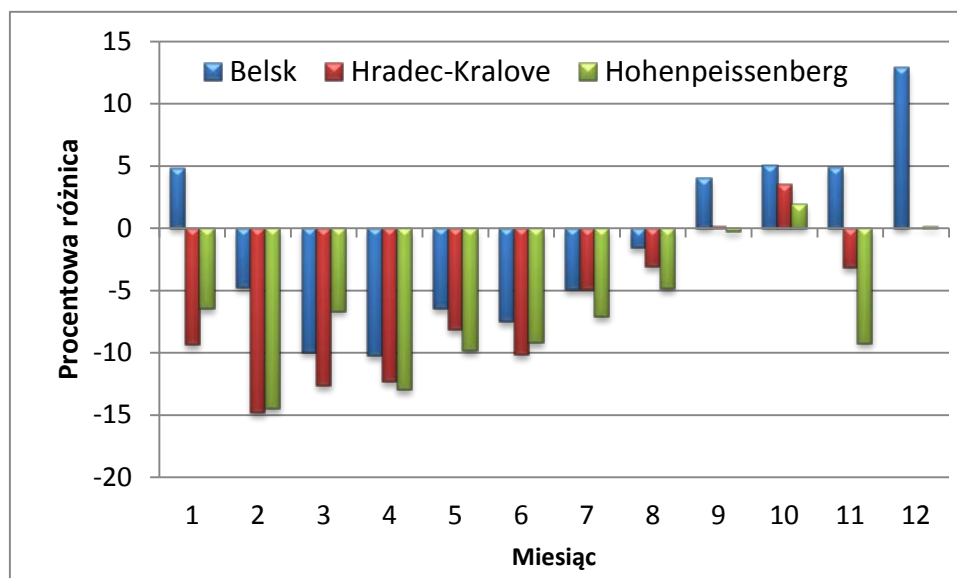
Łatwo zauważyć dużą zmienność dobową całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej zarówno z danych satelitarnych jak i zmierzonej spektrofotometrem. Krzywe charakteryzuje podobna zmienność roczna z widocznym spadkiem zawartości ozonu jesienią i jej wzrostem wiosną, przy czym wzrost ten jest mniej wyraźny w przypadku danych satelitarnych. Dla wszystkich trzech stacji w pierwszej połowie roku widoczne jest zaniżanie całkowitej zawartości ozonu przez dane satelitarne oraz zawyżanie w drugiej. Właściwość ta mocniej uwidacznia się na Rysunku 12, przedstawiającym zmienność roczną średnich miesięcznych całkowitej zawartości ozonu wyznaczonych z danych satelitarnych NOAA/ATOVS oraz zmierzonych za pomocą spektrofotometru.



Rysunek 12. Średnie miesięczne całkowitej zawartości ozonu wyznaczone dla Belska, Hradec-Kralove oraz Hohenpeissenberga z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska); zmierzone spektrofotometrem Dobsona (linia czerwona) w roku 2013.

Analiza procentowych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi wartościami całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z danych satelitarnych oraz zmierzonej na stacji (Rysunek 13) pokazuje, że różniące są zbliżone dla wszystkich stacji i wahają się od -15,0% (luty, Hradec-Kralove) do 12,9% (grudzień, Belsk). Jesienią 2013 różnice uzyskane dla Belska są wyraźnie większe od tych otrzymanych dla pozostałych dwóch stacji. Sytuacja ta ma miejsce również w grudniu 2013 kiedy to procentowa różnica uzyskana dla Belska jest o rząd wielkości większa od wartości otrzymanych dla

pozostałych dwóch stacji. Biorąc pod uwagę spójność wyników uzyskanych dla Hradec-Kralove i Hohenpeissenberga w tym miesiącu, przyczyn tych rozbieżności należy szukać również w danych naziemnych.



Rysunek 13. Rozkład procentowych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi całkowitej zawartości ozonu wyznaczonymi dla Belska, Hradec-Kralove i Hohenpeissenberga z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska); zmierzonymi spektrofotometrem Dobsona (linia czerwona) w roku 2013.

W celu określenia dokładności metody wyznaczania zawartości ozonu z danych satelitarnych ATOVS, obliczono średnią różnicę pomiędzy całkowitą zawartością ozonu wyznaczoną z danych satelitarnych i naziemnych, średnią różnicę bezwzględną, korelację oraz błąd procentowy metody. Obliczenia wykonano na podstawie wartości dobowych dla 2013 roku. Wyniki przedstawione zostały w Tabeli 10.

Tabela 10. Wyniki porównania pomiędzy ozonem wyznaczonym z danych ATOVS i zmierzonym spektrofotometrem w latach 2013, dla stacji w Belsku, Hradec-Kralove i Hohenpeissenberg.

	Korelacja	Średnia różnica [D]	Średnia różnica bezwzględna [D]	RMSE %
Belsk	0,68	-11,3	25,1	10,8
Hradec-Kralove	0,68	-22,8	28,6	12,9
Hohenpeissenberg	0,67	-20,7	25,3	14,7

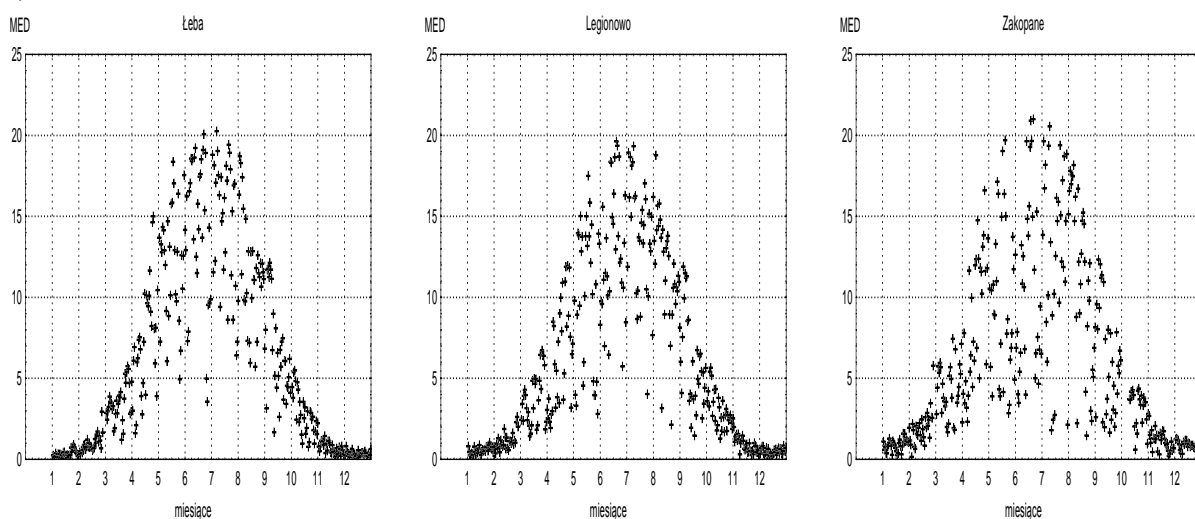
Dokładność satelitarnego monitoringu ozonu z wykorzystaniem danych z nowej generacji czujnika ATOVS obliczona na podstawie porównania z pomiarami naziemnymi waha się od 10,8% do 14,7% w zależności od stacji, przy czym dla Belska jest ona najniższa co widać również na przykładzie korelacji oraz średniej różnicy bezwzględnej (Tabela 10). Natomiast wartości średniej różnicy są dla Belska najmniejsze co do wartości bezwzględnej, co wynika z dużych dodatnich różnic pomiędzy całkowitą zawartością ozonu wyznaczoną z danych satelitarnych zmierzona spektrofotometrem w ostatnich trzech miesiącach roku (Rysunek 13).

Podsumowując można stwierdzić, że jakość satelitarnego monitoringu całkowitej zawartości ozonu w Europie Środkowej w 2013 jest w niewielkim stopniu zależna od położenia, a błąd procentowy uzyskany na podstawie danych ze wszystkich trzech stacji jest równy 12,8%

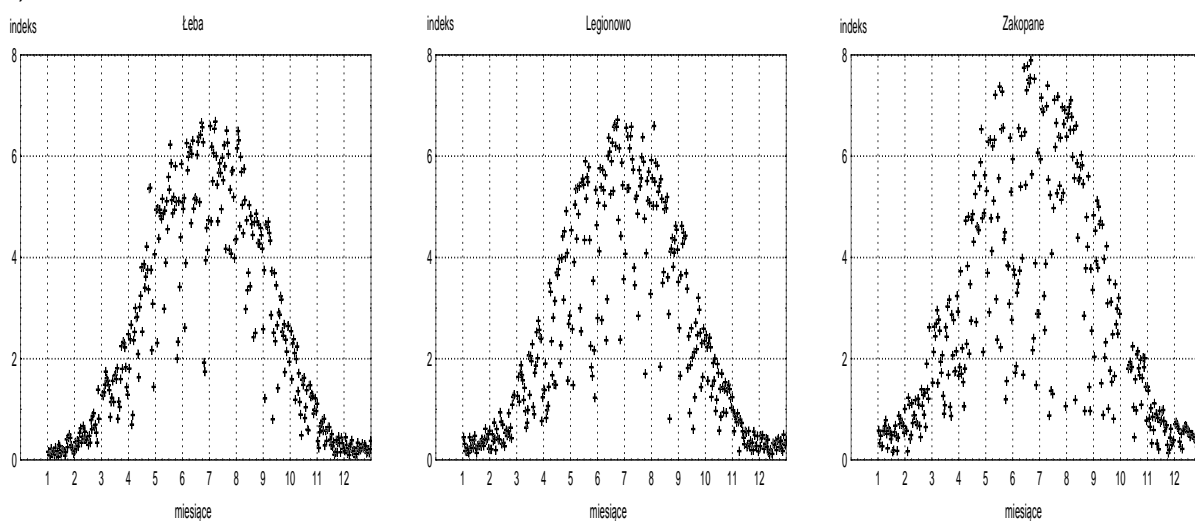
6.2.4.3 Promieniowanie UV-B zmierzone na sieci monitoringu w 2013 roku.

Pomiary rumieniowo czynnego promieniowania UV-B wykonywane są w sieci monitoringu dwoma typami przyrządów: UV Biometer Model 501 (SL501) firmy Solar Light, zainstalowanym na stacjach IMGW-PIB w Łebie, Legionowie, Zakopanem; oraz UVEM-6C firmy OPTIX, pracującym na stacjach IMGW-PIB w Łebie, Mikołajkach (do 19 września 2013 roku), Legionowie, Katowicach, Zakopanem. Wyniki pomiarów uzyskane z przyrządów SL501 o międzynarodowej renomie i długim czasie pracy (od 1994 r.) służą do badań o charakterze klimatycznym. Wyniki pomiarów przyrządami OPTIX, pracującymi w ramach sieci monitoringu operacyjnego od 2006 r., służą do monitoringu i są na bieżąco publikowane na stronie internetowej prowadzonej przez IMGW-PIB obok prognozy indeksu UV i ogólnych informacji o promieniowaniu UV. Analiza promieniowania UV-B oparta jest przede wszystkim na wynikach pomiarów czujników Solar Light SL501 ze względu na długą serię pomiarową. Poniżej przedstawiono wartości dawek dziennych UV-B [MED] i indeksu UV zmierzone na stacjach IMGW-PIB w 2013 roku (Rysunki 14-17).

a)

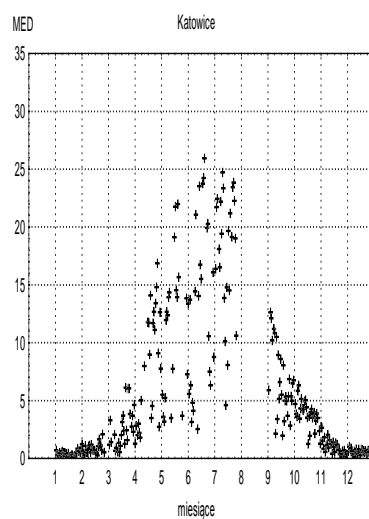
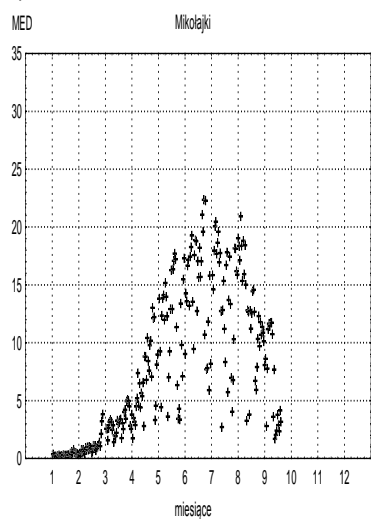


b)

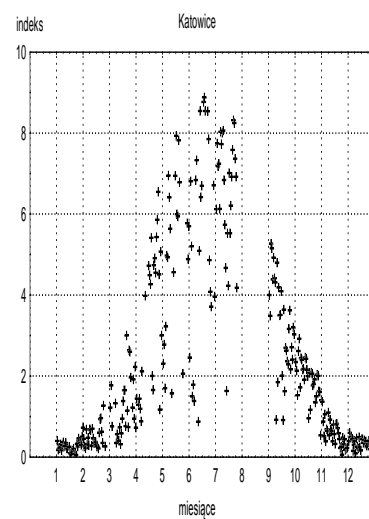
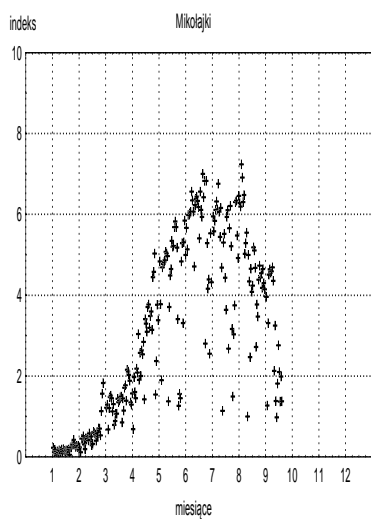


Rysunek 14. Wartości dawek dziennych UV-B [MED] (a) i indeksu UV (b) z czujników SL501 w 2013r.

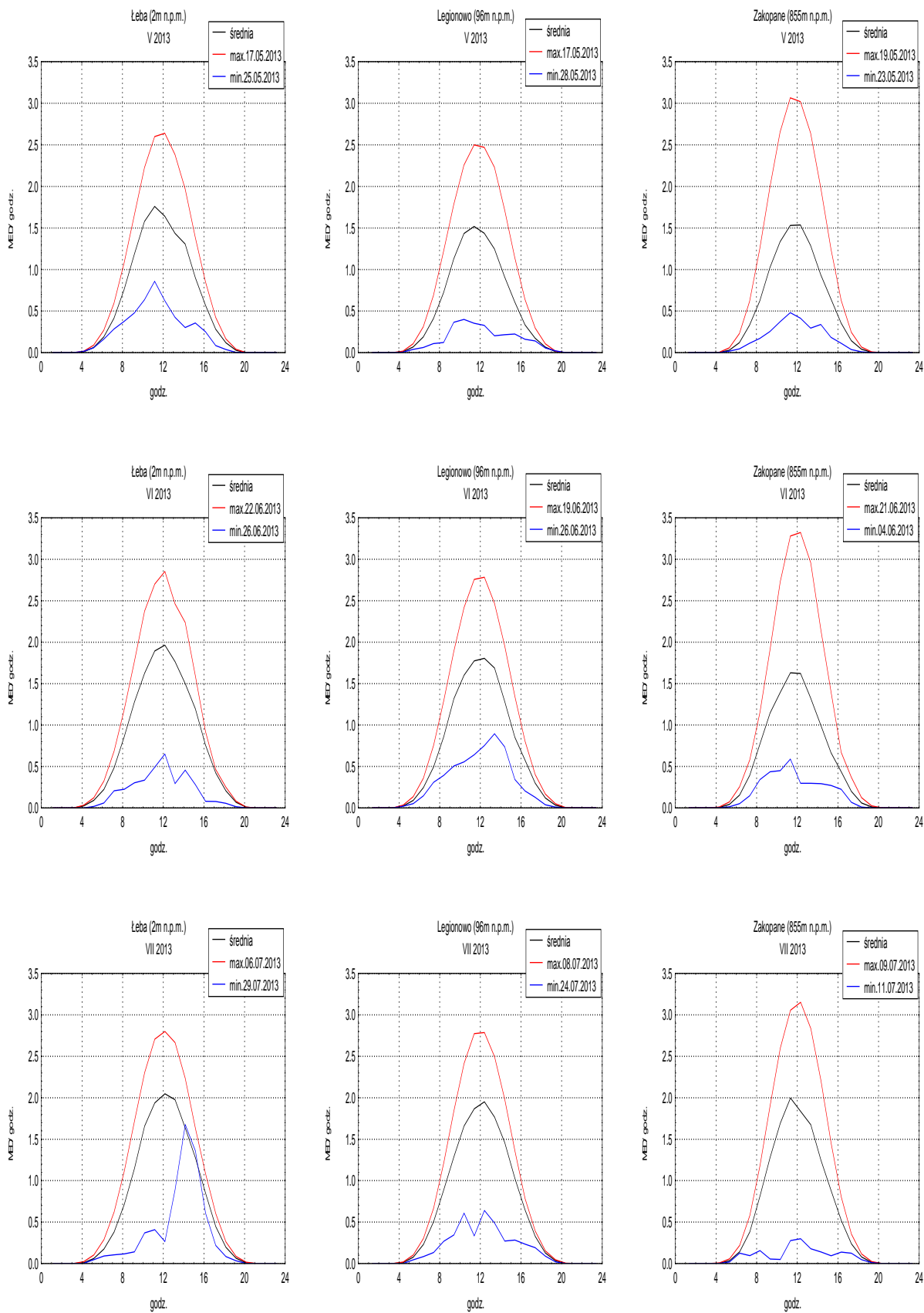
a)



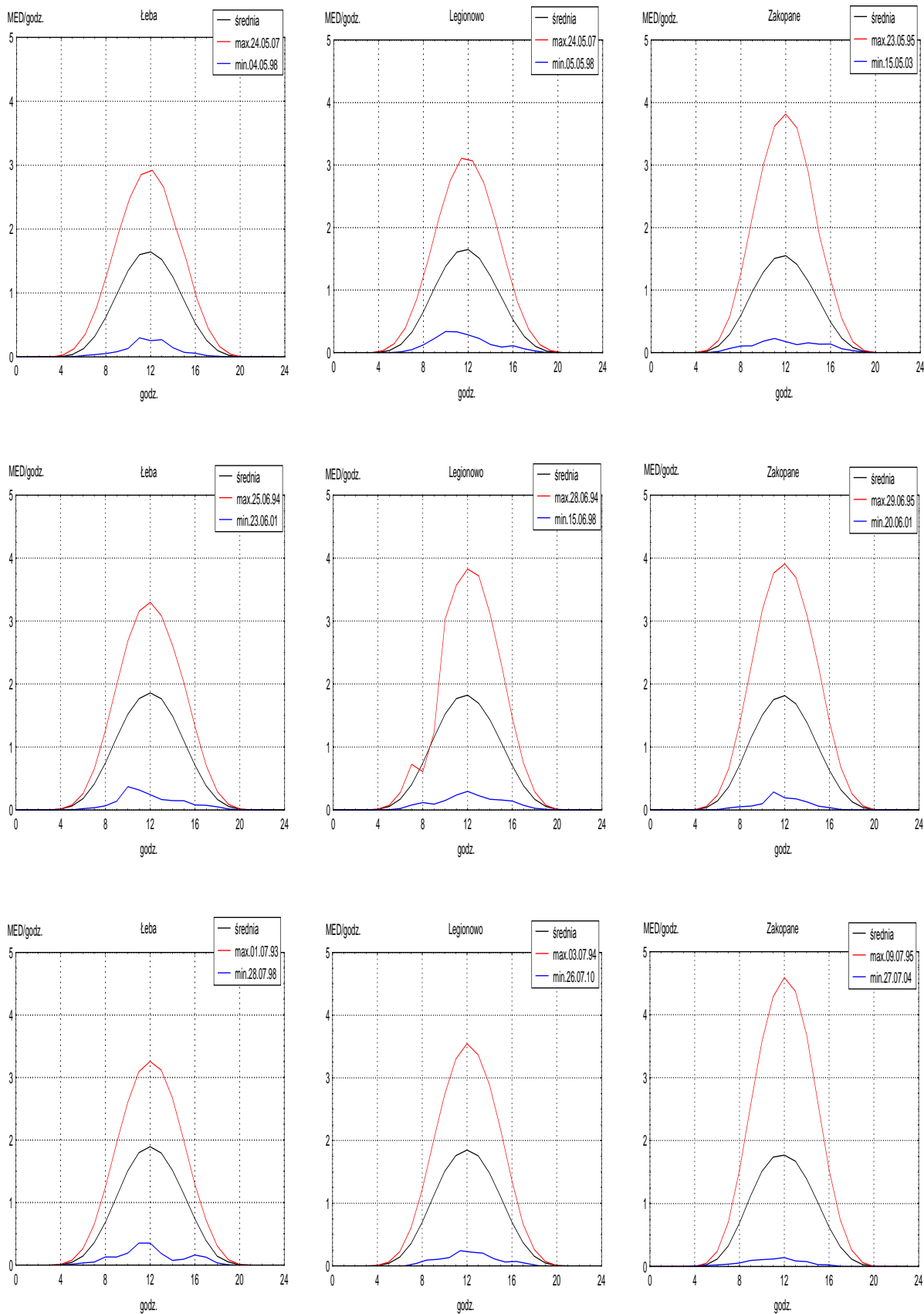
b)



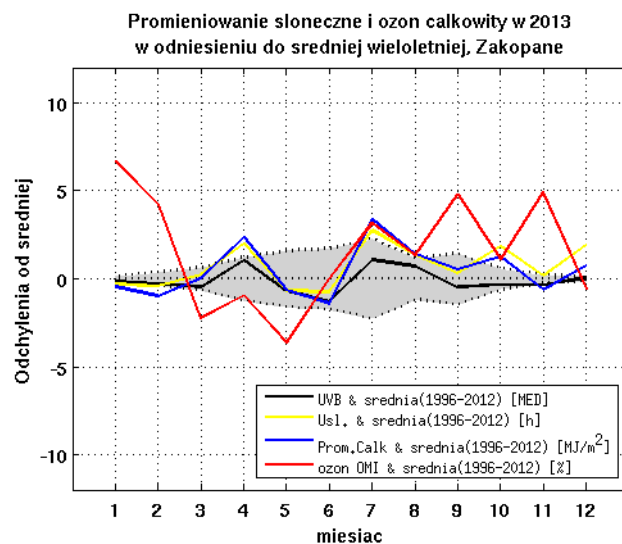
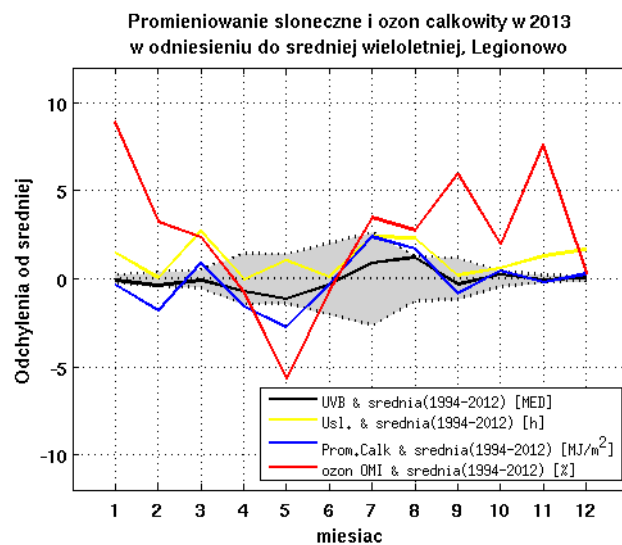
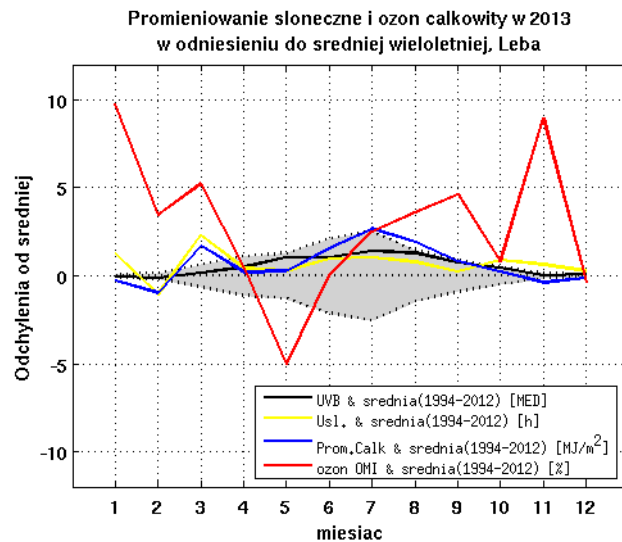
Rysunek 15. Wartości dawek dziennych UV-B [MED] (a) i indeksu UV (b) z czujników OPTIX UVEM-6C w Mikołajkach i Katowicach w 2013 roku.



Rysunek 16. Średnie, maksymalne i minimalne przebiegi dobowe promieniowania UV-B (w MED/h) zmierzonych przyrządami SL501 w maju, czerwcu i lipcu 2013 r.



Rysunek 17. Średnie, maksymalne i minimalne przebiegi dobowe promieniowania UV-B (w MED/h) zmierzony przyrządami SL501 w maju, czerwcu i lipcu dla całej serii pomiarowej od VII.1993 do VII.2013



Rysunek 18. Odchylenie od średniej wieloletniej promieniowania UV-B, promieniowania całkowitego, ozonu całkowitego i usłonecznienia w 2013 roku. Szary obszar reprezentuje zmienność promieniowania UV-B w granicach $\pm 1\sigma$. Średnie wieloletnie ozonu całkowitego obliczone na podstawie danych satelitarnych OMI.

Poziom promieniowania UV-B dochodzącego do powierzchni Ziemi zależy od wielu czynników. Najwyższe wartości UV-B są obserwowane przy bezchmurnym niebie, małej zawartości ozonu i aerozoli. Najniższe wartości UV-B występują przy dużym zachmurzeniu, zwłaszcza przez chmury niskie. Zmienność promieniowania UV-B charakteryzują średnie dawki miesięczne i wartości indeksu UV. Średnie dawki miesięczne na wszystkich stacjach w roku 2013 pozostawały w zakresie naturalnej zmienności całej serii pomiarów (Rysunek 18). Na stacji w Łebie od marca do października dawki miesięczne promieniowania UV-B układały się powyżej średniej wieloletniej, co należy wiązać z bardziej słoneczną pogodą w porównaniu z poprzednimi latami. Potwierdzają to pomiary promieniowania całkowitego i usłonecznienia. Słoneczna pogoda była również przyczyną znacznego wzrostu promieniowania na stacji w Zakopanem w kwietniu 2013 roku (Rysunek 18).

Tabela 11. Dienne – średnie, maksymalne i minimalne dawki UV-B oraz miesięczne dawki promieniowania UV-B (w MED) zmierzonego przyrządami SL501 w 2013 r.

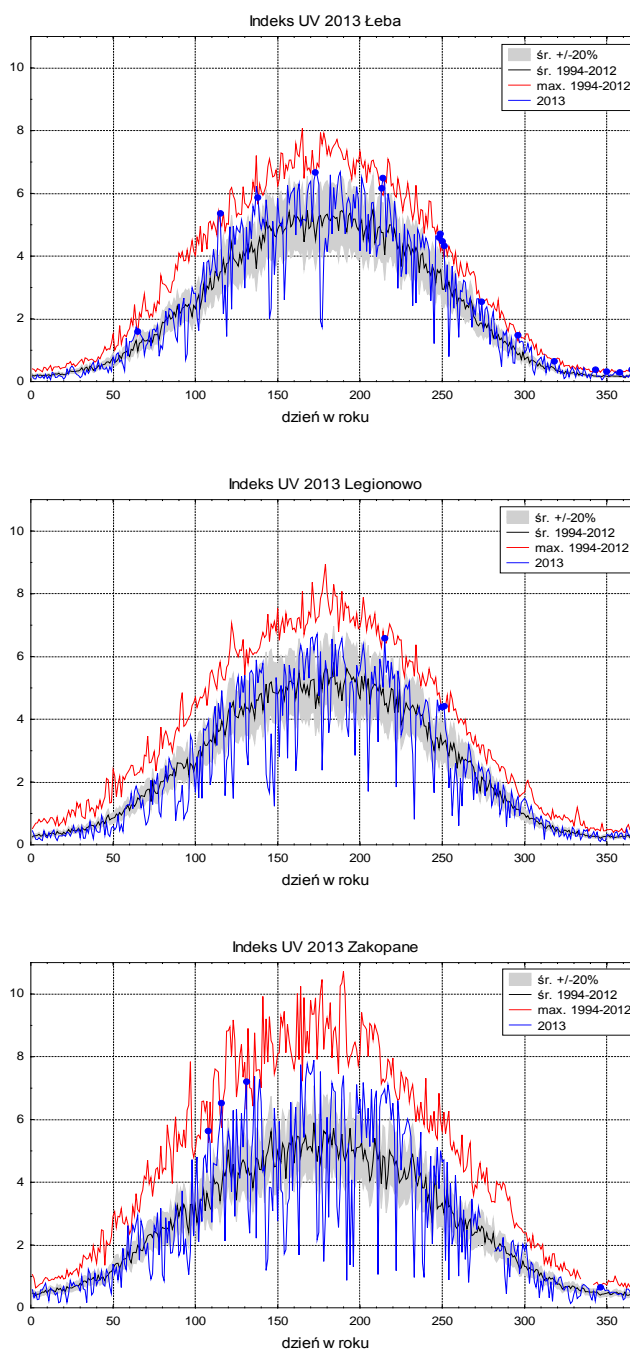
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Łeba												
Śr. Dobowe	0,3	1,0	3,5	7,4	12,2	14,4	14,6	11,5	6,7	2,8	0,7	0,4
Max. Dob.	0,9	2,9	5,7	15,0	18,4	20,1	20,3	18,7	12,1	5,5	1,4	0,8
Min. Dob.	0,1	0,3	1,2	1,6	5,0	3,6	6,4	5,7	1,7	0,8	0,2	0,1
Dawka mies.	10,4	27,3	108,1	221,0	379,2	431,5	451,9	357,9	201,2	85,8	20,7	11,2
Legionowo												
Śr. Dobowe	0,6	1,1	3,7	6,6	10,3	13,1	13,9	11,5	5,9	3,0	0,9	0,5
Max. Dob.	1,0	2,6	6,7	12,0	17,5	19,6	19,3	18,8	11,9	5,7	2,0	0,9
Min. Dob.	0,3	0,4	1,5	1,9	2,8	5,7	4,0	2,1	1,5	1,3	0,2	0,2
Dawka mies.	17,6	31,2	114,6	197,0	318,2	392,0	429,9	357,4	178,1	93,8	25,9	15,3
Zakopane												
Śr. Dobowe	0,9	1,9	4,3	8,8	9,9	10,9	12,8	11,0	6,2	**	1,1	0,9
Max. Dob.	1,9	5,8	7,4	16,6	19,7	21,0	20,5	18,2	12,3	**	2,7	1,3
Min. Dob.	0,3	0,2	1,7	2,3	2,8	3,5	1,8	1,5	1,7	**	0,2	0,3
Dawka mies.	28,2	53,8	131,9*	264,4	308,2	325,6	397,7	342,5	184,9	**	33,8	26,8

* przy braku danych w poszczególnych dniach, uzupełniono je przez średnią z pozostałych dni

** zbyt mała liczba dni pomiarowych w miesiącu (brak 5 lub więcej dni pomiarowych)

Rozkład średnich dobowych dawek z trzech stacji pokazuje zależność od szerokości geograficznej (Tabela 11). W miesiącach chłodnych (listopad – luty) średnie dawki dobowe są najniższe na północy (Łeba), a najwyższe na południu (Zakopane). W miesiącach letnich (kwiecień – październik) odwrotnie, najwyższe średnie dawki dobowe zostały zmierzone w Łebie, a najniższe w Zakopanem, co wynika ze zwiększonego zachmurzenia w okresie letnim typowym dla górskiej stacji. Maksima dobowe w miesiącach są obserwowane zwykle w dniach o małym zachmurzeniu. W roku 2013 we wszystkich miesiącach poza sierpniem maksymalne wartości dobowe rosły z północy na południe, zgodnie z oczekiwaniami. Maksymalna dawka dobową (21 MED) w roku 2013 wystąpiła w czerwcu na stacji w Zakopanem. Najwyższe dawki miesięczne promieniowania UV-B na wszystkich stacjach wystąpiły w lipcu. Najwyższa wartość dawki miesięcznej (451,9 MED) wystąpiła w Łebie.

W okresie zimowym ze względu na niski poziom promieniowania UV-B występuje problem niedoboru witaminy D₃, na który narażeni są szczególnie mieszkańcy północnej części kraju. Zalecaną dla utrzymania zdrowia dzienną dawkę witaminy D₃ może uzyskać człowiek wystawiając na słońce 25% powierzchni ciała (ręce, twarz, ramiona) do napromienienia dawką 0,25 MED. Na stacji w Łebie w styczniu 2013 zanotowano 13 dni z dzienną dawką poniżej 0,25 MED, w listopadzie 3 dni i grudniu 7 dni, przy czym minimalna dawka dobowa wyniosła 0,1 MED. Na pozostałych stacjach takich dni było znacznie mniej: 1 dzień w listopadzie i 3 dni w grudniu w Legionowie i po jednym dniu w lutym i listopadzie w Zakopanem.



Rysunek 19. Przebiegi roczne indeksu UV z 2013 roku dla stacji w Łebie, Legionowie i Zakopanem na tle średniego oraz maksymalnego indeksu UV z okresu 1994-2012 dla danej stacji.

Wpływ ozonu całkowitego na promieniowanie UV-B najłatwiej zaobserwować analizując indeks UV, czyli maksymalną półgodzinną wartość promieniowania UV-B w ciągu dnia. Na Rysunku 19 przedstawiono przebieg roczny indeksu UV z 2013 roku na tle średniego oraz maksymalnego indeksu UV z okresu 1994-2012 dla każdej ze stacji. W roku 2013 na wszystkich stacjach obserwowano epizodycznie wartości indeksu UV zbliżające się do ekstremów wieloletnich w seriach pomiarowych, a nawet je przekraczające. Nowe, rekordowe wartości indeksu UV w 2013 roku zaobserwowano w 17 dniach na stacji w Łebie, w 4 dniach na stacji w Zakopanem, w 3 dniach na stacji w Legionowie. Duża liczba dni z rekordowymi wartościami indeksu UV dla Łeby jest wynikiem utrzymującej się tam słonecznej pogody.

6.2.5 Podsumowanie i wnioski

Polska jest stroną Konwencji Wiedeńskiej o ochronie warstwy ozonowej i Protokołu Montrealskiego w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową od dnia 11 października 1990 r. W przypadku Konwencji zobowiązanie dotyczy zapewnienia środków niezbędnych do wykonywania pomiarów ozonu atmosferycznego i natężenia promieniowania nadfioletowego zgodnie z programem Państwowego Monitoringu Środowiska. Zasadniczym zaleceniem Protokołu Montrealskiego i jego poprawek jest redukcja substancji kontrolowanych aż do ich całkowitej eliminacji w odniesieniu do produkcji i zużycia (zgodnie z wprowadzonymi definicjami). Polska wywiązuje się z przyjętych zobowiązań. Niewypełnianie postanowień Protokołu Montrealskiego może opóźnić, a nawet uniemożliwić regenerację warstwy ozonowej.

Od ponad 30 lat obserwowane są wyraźne zmiany ilości i rozkładu przestrzennego ozonu w atmosferze. Warstwa ozonu w stratosferze stanowiąca naturalny filtr słonecznego promieniowania UV ma podstawowe znaczenie dla życia na Ziemi, a jej rozrzedzenie jest przedmiotem wielkiego zainteresowania opinii publicznej i środowiska naukowego. Ubytki ozonu w rejonach polarnych, w tym regularne pojawianie się wiosennej dziury ozonowej nad Antarktydą od 1985 r., powodują znaczny wzrost promieniowania UV dochodzącego do powierzchni Ziemi. Ponadto duże zmiany w profilu ozonu powodują zmiany cyrkulacji atmosferycznej zarówno w skali regionalnej jak i globalnej poprzez modyfikację struktury termicznej atmosfery. Może to mieć istotne znaczenie dla zmiany klimatu. Przeprowadzone w ostatnich latach badania kluczowych dla procesu niszczenia ozonu reakcji chemicznych nie pozostawiają wątpliwości, iż niszczące ozon antropogeniczne substancje (chemiczne związki chloru i bromu) są główną przyczyną niedoborów ozonu w minionych dziesięcioleciach. W ostatnich latach na stan warstwy ozonowej w obszarach polarnych i poza nimi coraz bardziej wpływają zmiany cyrkulacji atmosfery i wzrost koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze. Na półkuli północnej zmiany ozonu są opóźnione w stosunku do zmian na półkuli południowej. W sezonie zimy/wiosny 2010/11 pojawiła się pierwsza arktyczna dziura ozonowa. W roku 2013 wzmożona adwekcja subtropikalna i opóźniony rozpad wiru polarnego z niewielkim fotochemicznym ubytkiem ozonu przyczyniły się do epizodycznego wzrostu promieniowania UV na przełomie kwietnia i maja. W sezonie letnim w ostatnich latach pojawiło się niespodziewane zmniejszenie grubości ochronnej warstwy ozonowej nad dużymi obszarami w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych półkuli północnej, w tym i nad Polską. Ostatnio zwrócono uwagę, że istnieją gazy takie jak N_2O , których emisja nie jest monitorowana przez Protokół Montrealski. Koncentracja N_2O szybko rośnie w troposferze i ze względu na długi okres połowicznego rozpadu (>100 lat) może wpływać na osłabienie warstwy ozonowej w średniej stratosferze w okresie letnim. Zagrożenie dla warstwy ozonowej związane ze zmniejszającą się zawartością chlorowcopochodnych gazów będzie występować w okresie najbliższych kilkunastu lat, dlatego należy kontynuować wysokiej jakości pomiary satelitarne całkowitej zawartości ozonu i profili ozonu w skali globu i na wybranych stacjach naziemnych z długimi seriami pomiarowymi (Belsk od 1963 r., Legionowo od 1979 r.). Pomiary naziemne są wykorzystywane do walidacji pomiarów satelitarnych, prowadzenia bieżącego monitoringu ozonu i analizy trendów. Bez wysokiej jakości pomiarów nie będzie można śledzić oczekiwanej regeneracji warstwy ozonowej przypisywanej spadkowi zawartości halogenów, a także

zrozumieć znacznego wychłodzenia średniej stratosfery i ocieplenia troposfery, których można oczekiwać w następnych dekadach.

Podziękowania

Dziękujemy zespołowi Zakładu Fizyki Atmosfery IGF PAN za udostępnienie serii pomiarów całkowitej zawartości ozonu mierzonej spektrofotometrem Dobsona w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym w Belsku.

Dziękujemy również pani Barbarze Bogdańskiej z Centrum Monitoringu Klimatu Polski IMGW-PIB za udostępnienie do analizy danych promieniowania całkowitego i usłonecznienia ze stacji w Łebie i Zakopanem.

6.3 OPRACOWANIE INFORMACJI DLA ODBIORCÓW KRAJOWYCH I MIĘDZYNARODOWYCH

Badanie globalnego procesu ubożenia warstwy ozonowej z natury rzeczy wymaga współpracy międzynarodowej. Polska jest sygnatariuszem Wiedeńskiej Konwencji o Ochronie Warstwy Ozonowej, zobowiązującej nas do monitorowania w Polsce ozonu atmosferycznego i promieniowania UV-B.

Od 1979 roku, sondaże ozonowe w Legionowie wykonuje się w systemie Światowego Monitoringu Ozonu WMO z podstawową częstotliwością 1 raz w tygodniu. Dodatkowe sondaże związane są z udziałem w projekcie MATCH badania chemicznego niszczenia ozonu w stratosferze w wirze polarnym. Wyniki w postaci plików CSV zawierających metadane oraz pionowe profile PTUW i O3 z jednego sondażu są systematycznie przekazywane do Światowej Bazy Danych Ozonowych w Toronto, w Kanadzie, co potwierdza wykaz zawartości bazy (Rysunek 20).

The screenshot shows the WOUDC website interface. At the top, there are logos for Environment Canada, Environnement Canada, and the WMO. The main header reads "World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC)". Below this, the section "Platform Observation Programs" is active, displaying details for "Platform: STN 221".

Platform details include:

- Name: LEGIONOWO
- Country: POL
- WMO Region: VI
- Min. Latitude: 52.37
- Max. Latitude: 52.43
- Min. Longitude: 20.937
- Max. Longitude: 20.997
- Min. Height: 81
- Max. Height: 111

A map of the Legionowo area in Poland is shown, with a link to "Platform Revisions Summary".

Category	Instrument	S/N	Model	Min. Date	Max. Date	Agency
OzoneSonde	ECC		Z	24-Mar-95	06-Apr-01	PIMWM
OzoneSonde	ECC	na	na	16-Jun-93	31-Jan-07	PIMWM
OzoneSonde	ECC		6A	31-Jul-96	26-Mar-14	PIMWM
OzoneSonde	ECC		5A	09-Jun-93	09-Jun-06	PIMWM
OzoneSonde	Brewer-GDR	na	na	17-Jan-79	26-May-93	PIMWM

At the bottom, there is a "Print" link and metadata: "Created : 2002-12-31", "Modified : 2002-12-31", and "Url of this page : http://www.woudc.org/data/Metadata/query_results_platform_e.html".

Rysunek 20. Wykaz zawartość bazy WOUDC z pomiarami z Legionowa ze strony www.woudc.org

Od 1994 roku wyniki sondaży są przekazywane regularnie do Bazy Danych w Norweskim Instytucie Badania Powietrza (NILU) w Oslo, w Norwegii, w ramach współpracy w programach Unii Europejskiej, dotyczących badania ozonu w stratosferze. Wyniki sondaży ozonowych wysyłane są w trybie operacyjnym - po zakończeniu sondażu automatycznie generowana jest depesza w ustalonym formacie NILU zawierająca metadane oraz pionowe profile PTUW i O3. Depesza ta w postaci pliku tekstowego LN jest po wstępnej kontroli danych przesyłana na serwer ftp w NILU. Na Rysunku 21 przedstawiono fragment listingu zawartości serwera.

```

-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 171703 jan 2 2013 LN130102.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 164682 jan 9 2013 LN130109.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 157300 jan 16 2013 LN130116.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 168327 jan 23 2013 LN130123.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 165984 jan 30 2013 LN130130.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 157558 feb 6 2013 LN130206.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 168844 feb 13 2013 LN130213.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 170042 feb 20 2013 LN130220.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 153920 feb 27 2013 LN130227.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 152310 mar 6 2013 LN130306.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 167388 mar 13 2013 LN130313.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 143520 mar 20 2013 LN130320.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 156732 mar 27 2013 LN130327.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 169157 apr 3 2013 LN130403.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 147524 apr 10 2013 LN130410.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 155485 apr 17 2013 LN130417.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 147109 apr 24 2013 LN130424.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 156104 apr 30 2013 LN130430.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 146954 mai 8 2013 LN130508.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 153457 mai 15 2013 LN130515.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158601 mai 22 2013 LN130522.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 147161 mai 29 2013 LN130529.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 162395 jun 5 2013 LN130605.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 152157 jun 12 2013 LN130612.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158604 jun 19 2013 LN130619.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 143729 jun 26 2013 LN130626.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 151582 jul 3 2013 LN130703.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 143525 jul 10 2013 LN130710.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 147783 jul 17 2013 LN130717.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 157247 jul 24 2013 LN130724.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 150335 jul 31 2013 LN130731.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 153610 aug 7 2013 LN130807.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 172900 aug 14 2013 LN130814.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 169731 aug 21 2013 LN130821.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 147576 aug 28 2013 LN130828.P12
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 150438 sep 4 2013 LN130904.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 166607 sep 11 2013 LN130911.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 167907 sep 18 2013 LN130918.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 165932 sep 25 2013 LN130925.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 146172 okt 2 2013 LN131002.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 158239 okt 9 2013 LN131009.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 159330 okt 16 2013 LN131016.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 147634 okt 23 2013 LN131023.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 150023 okt 30 2013 LN131030.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 165360 nov 6 2013 LN131106.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 178467 nov 13 2013 LN131113.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 159644 nov 20 2013 LN131120.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 161254 nov 27 2013 LN131127.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 169780 des 4 2013 LN131204.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 168381 des 11 2013 LN131211.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 168690 des 18 2013 LN131218.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 165990 des 24 14:04 LN131224.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 162403 des 31 14:07 LN131231.P11
-rw-r--r-- 1 litynska vinterso 254 aug 10 2006 ws_ftp.log
226 Transfer complete.

```

Rysunek 21. Fragment listingu zawartości serwera ftp zardoz.nilu.no z pomiarami z Legionowa

Od 2005 roku stacja w Legionowie jest częścią sieci NDACC (ang. Network for the Detection of Atmospheric Composition Change – Globalna Sieć Detekcji Zmian Składu Atmosfery). Obliguje nas to do przesyłania na serwer NDACC plików w ustalonym formacie zawierających metadane oraz pionowe profile PTUW i O₃, oraz do corocznego raportowania pracy stacji. Ostatni raport zawierający m.in. harmonogram przekazywania danych został przesłany drogą elektroniczną 13 września 2013 roku.

Dane dotyczące ciśnienia cząstkowego ozonu w atmosferze nad Legionowem z poprzedniego roku i w ujęciu retrospekcyjnym oraz dane o promieniowaniu nadfioletowym UV-B z poprzedniego roku z sieci IMGW-PIB są zamieszczane w rocznikach Głównego Urzędu Statystycznego. Ostatnie dane przekazano 16 lipca 2013 roku.

6.4 PODSUMOWANIE

W 2013 roku realizowano program monitorowania rozkładu pionowego ozonu, całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą oraz promieniowania UV-B w Polsce.

W roku 2013 wykonano 53 sondáže ozonu w stosunku do 52 sondáže na rok wymaganych umową.

Stacje pomiarowe promieniowania UV-B w Łebie, Legionowie i w Zakopanem, wykorzystujące mierniki Solar Light UV biometer model 501, od utworzenia sieci monitoringu w 1993 r., pracują bez większych awarii. W 2013 r. krótkie awarie wystąpiły na stacji w Zakopanem, braki danych obejmują w sumie 0,8% całego okresu.

W sierpniu 2013 r. zostało wykonane w centrum kalibracyjnym PMOD/WRC w Davos (Szwajcaria) laboratoryjne wzorowanie czujników Solar Light o numerach 0935 i 1119.

Sieć monitoringu operacyjnego UV-B, wykorzystująca mierniki OPTIX UVEM-6C pracujące na stacjach w Łebie, Mikołajkach (do 19 września 2013 roku), Legionowie, Katowicach, Zakopanem; przekazywała na bieżąco dane o promieniowaniu UV-B na stronę internetową IMGW-PIB (www.pogodynka.pl/indeksuv). Na każdej stacji wystąpiły wynikające z awaryjności czujników i rejestratorów braki w danych pomiarowych, obejmujące w sumie 5,1% całego okresu.

Satelitarny monitoring ozonu działa w oparciu o dane z czujnika ATOVS satelitów NOAA-16, 18, 19. W roku 2013 monitoring ozonu przebiegał praktycznie bezawaryjnie, brakuje jedynie map dla dwóch dni, co stanowi 0,5% całego okresu. Analiza danych satelitarnych całkowitej zawartości ozonu potwierdziła charakterystyczne własności czujników nowej generacji ATOVS.

System operacyjny jednodniowej prognozy indeksu UV działał bezawaryjnie w okresie od końca kwietnia do końca września 2013 r. Prognoza była dostępna na stronie internetowej IMGW-PIB (www.pogodynka.pl/indeksuv/prognozyuv).

Wyniki sondáže ozonowych są regularnie przekazywane do Światowego Centrum Danych Ozonowych w Toronto, w Kanadzie i do Bazy Danych w NILU, w Norwegii gdzie są wykorzystywane do opracowania wyników kampanii MATCH, oraz do bazy danych NDACC w Maryland, USA.

Wyniki monitoringu pionowego rozkładu ozonu i UV-B są regularnie publikowane w wydawnictwach GIOŚ i GUS.

Dane pomiarowe powstałe w wyniku realizacji umowy monitoringu są gromadzone, przechowywane i archiwizowane w systemach IMGW-PIB z wyłączeniem surowych danych satelitarnych (RAW), które są przechowywane na płytach DVD w Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo Obserwacyjnej.

Dane pomiarowe wraz z opisem formatów, powstałe w wyniku realizacji umowy monitoringu w roku 2013, zostały dołączone do niniejszego sprawozdania na płycie CD.

6.5 LITERATURA

Baird, C. and M. Cann (2005). Environmental Chemistry, W. H. Freeman and Company, New York.

Holick M.: *The UV Advantage*, iBook inc., New York, 2004.

Kois B., Z. Litynska, Largest cold season ozone deficiencies in the stratosphere over Legionowo compared to other European stations, 2000. In: Air pollution research report 73, Proceedings of the fifth European Workshop on Stratospheric Ozone. St. Jean De Luz, France, 27th September to 1st October 1999, edited by N.R.P. Harris, M.Guirlet and G.T. Amanatidis. European Commission, pp. 91-94.

Kuttippurath, J., Godin-Beekmann, S., Lefèvre, F., and Goutail, F.: Spatial, temporal, and vertical variability of polar stratospheric ozone loss in the Arctic winters 2004/05–2009/10, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 10, 14675-14711, doi:10.5194/acpd-10-14675-2010, 2010.

Litynska Z., B. Kois, B. Jaworska, 1997. The variation of ozone concentration profile over Poland. Eastern Europe and global change, 3 to 10 October 1994, Cassandra, Halkidiki, Greece, European Commission, Science Research Development, pp. 213-224.

Lityńska Z., B. Kois, 1995, High ozone concentration episodes in the troposphere over Poland. Preliminary Results. Ozone - a Regional and Global Problem. Proceedings of Seminar, November 21, 1994, Katowice, Poland, p. 51-60

Molina M.J & F. S. Rowland. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone, *Nature* 249, 810 - 812 (28 June 1974); doi:10.1038/249810a0

Pyle, J.A., Harris, N.R.P., Farman, J.C. Arnold, D., Braathen, G., Cox., R.A., Faucon, P., Jones, R.L., Megie, G., O'Neill, A., Pommereau, J.P., Schmidt, U., and Stordal, F., 1994: An overview of the EASOE campaign, *Geophys. Res. Lett.* 21, pp. 1191-1194

Rex, M., Salawitch, R. J., Margitan, J. J., Sen, B., Toon, G. C., Osterman, G. B., Rex, M., Elkins, J. W., Ray, E. A., Moore, F. L., Hurst, D. F., Romashkin, P. A., Bevilacqua, R. M., Hoppel, K. W., Richard, E. C., Bui, T. P., 2002, Chemical loss of ozone during the Arctic winter of 1999/2000: An analysis based on balloon-borne observations *Journal of Geophysical Research*, 107/D20, 8269

SCOUT-O3 Bulletin, Press Release 25 April 2005.

World Meteorological Organization (WMO), 2011, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 52, 516 pp., Geneva

ZAŁĄCZNIKI

1. WYKAZ SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE OD 1.11.2013 DO 31.05.2014 R.
2. PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE 1.11.2013 DO 31.05.2014 R. I ODPOWIADAJĄCE

IM SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU W ATMOSFERZE.

3. DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY LISTOPAD 2013 – MAJ 2014 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).
4. PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE 1.01 DO 31.12.2013 R. I ODPOWIADAJĄCE IM SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU W ATMOSFERZE.
5. DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY STYCZEŃ - GRUDZIEŃ 2013 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE) ZMIERZONE ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU SOLAR LIGHT (ŁEBA, LEGIONOWO, ZAKOPANE) ORAZ ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU OPTIX (MIKOŁAJKI, KATOWICE).
6. INFORMACJE O BIEŻĄCYM I PROGNOZOWANYM INDEKSIE UV Z DNIA 18.05.2013 OPUBLIKOWNE NA STRONIE INTERNETOWEJ www.pogodynka.pl/indeksuv

ZAŁĄCZNIK 1

**WYKAZ SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE OD 1.11.2013 DO 31.05.2014 R.**

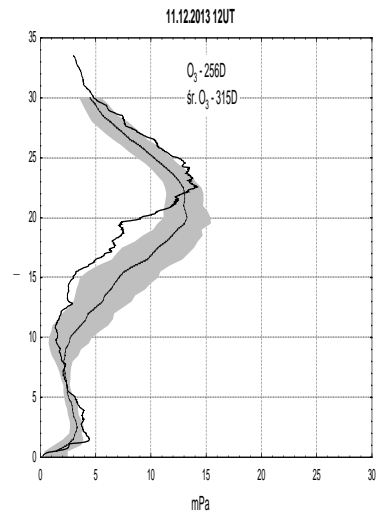
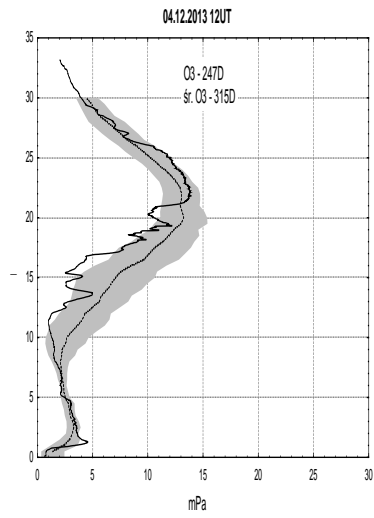
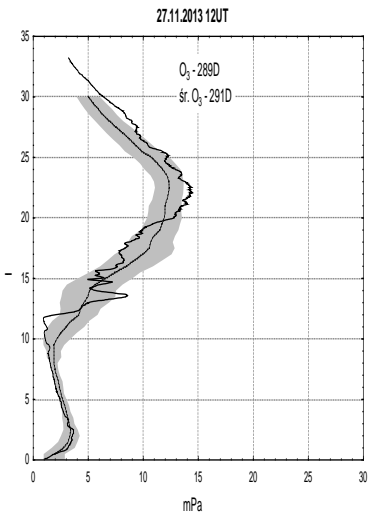
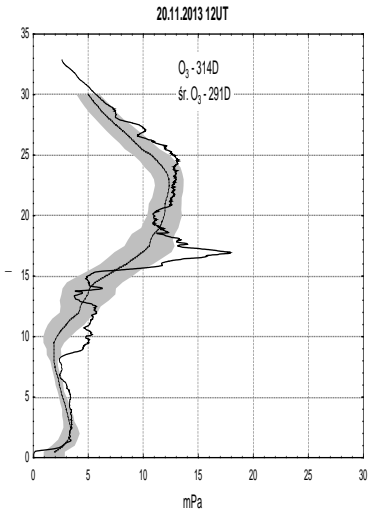
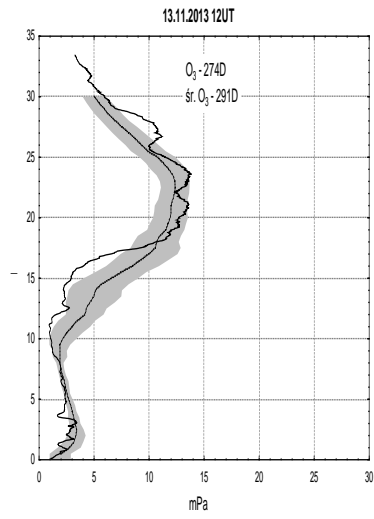
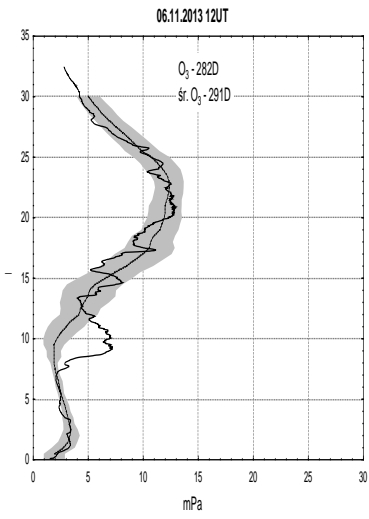
Wykaz sondaży ozonowych wykonanych w Ośrodku Aerologii w okresie od 01.11.2013 r. do 31.05.2014 r.

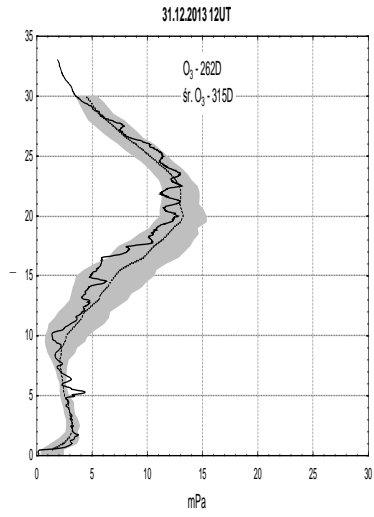
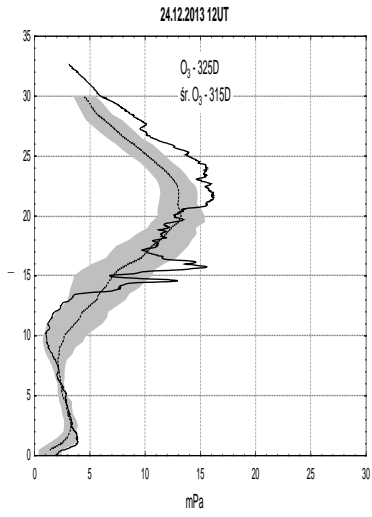
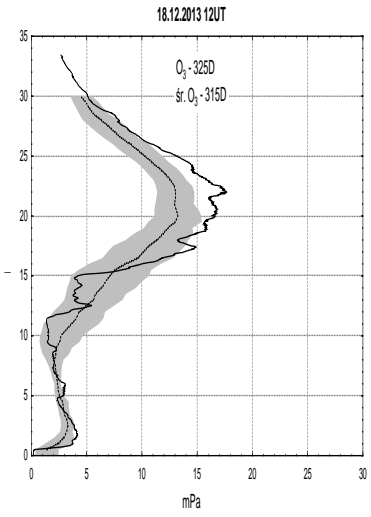
L.p.	Data	Godz. [UT]	H [km]	1 O ₃ [D]	2 O ₃ [D]	1+2 O ₃ [D]	Dobs O ₃ [D]	Współ. Korek.	Zachmurzenie [x/8]	Uwagi
1	06.11	12	32,4	260	22	282	280	0,99	6 Cu, Ac	
2	13.11	12	33,4	248	26	274	264	0,96	8 Sc, As	
3	20.11	12	32,9	293	21	314	308	0,98	8 Cu, Ac	
4	27.11	12	33,2	263	26	289	309	1,07	8 St	
5	04.12	12	33,2	231	16	247	249	1,01	8 Sc, Ci	
6	11.12	12	33,5	232	24	256	-	-	8 St	
7	18.12	12	33,4	304	21	325	305	0,94	8 Sc	
8	24.12	12	32,7	300	25	325	326	1,00	6 Ci	
9	31.12	12	33,0	247	15	262	271	1,03	2 Ac	
10	08.01	12	32,9	300	28	328	287	0,88	7 Sc	
11	15.01	12	28,0	291	62	353	371	1,05	8 Sc, As	
12	22.01	12	34,8	377	21	398	378	0,95	8 Sc	
13	29.01	00	15,9	-	-	-	-	-	6 Sc	MATCH zanik sygnału PTU (nieudany)
14	30.01	12	32,0	359	31	390	368	0,94	8 Sc	
15	05.02	12	31,2	294	46	340	345	1,02	0	
16	12.02	12	31,2	307	45	352	-	-	8 Sc	
17	19.02	12	34,4	370	30	400	405	1,01	8 Ac	
18	26.02	12	32,7	325	26	351	366	1,04	0	
19	05.03	12	32,6	303	27	330	372	1,13	8 Sc	
20	12.03	12	32,4	239	22	261	283	1,08	0	
21	15.03	12	26,4	350	72	422	419	0,99	5 Cu, Cb, Ac	MATCH
22	19.03	12	32,9	266	22	288	303	1,05	7 Cb	
23	26.03	12	34,1	361	26	387	382	0,99	6 Cu, Ci	
24	02.04	12	33,7	323	29	352	359	1,02	3 Ci	
25	09.04	12	34,0	354	31	385	388	1,01	8 Cb	
26	16.04	12	34,1	383	29	412	413	1,00	6 Cu	
27	23.04	12	33,4	337	38	375	369	0,98	5 Cu, Cb	
28	30.04	12	32,8	316	39	355	349	0,98	4 Cu	
29	07.05	12	33,1	318	39	357	371	1,04	6 Cu, Ac, Ci	
30	14.05	12	32,3	332	46	378	377	1,00	7 Cu, Cb	
31	21.05	12	32,8	287	38	325	355	1,09	2 Cu	
32	28.05	12	34,4	322	33	355	364	1,03	8 Sc	

- 1 O₃S - Zawartość ozonu w jednostkach Dobsona [D], scałkowana do maksymalnej wysokości 35km.
 2 O₃S - Zawartość ozonu obliczona z krzywej stałego stosunku mieszania powyżej pułapu obliczeń O₃.
 1+2 - O₃S - Całkowita zawartość ozonu w sondażu.
 3 - O₃D - Całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona w Belsku.

ZAŁĄCZNIK 2

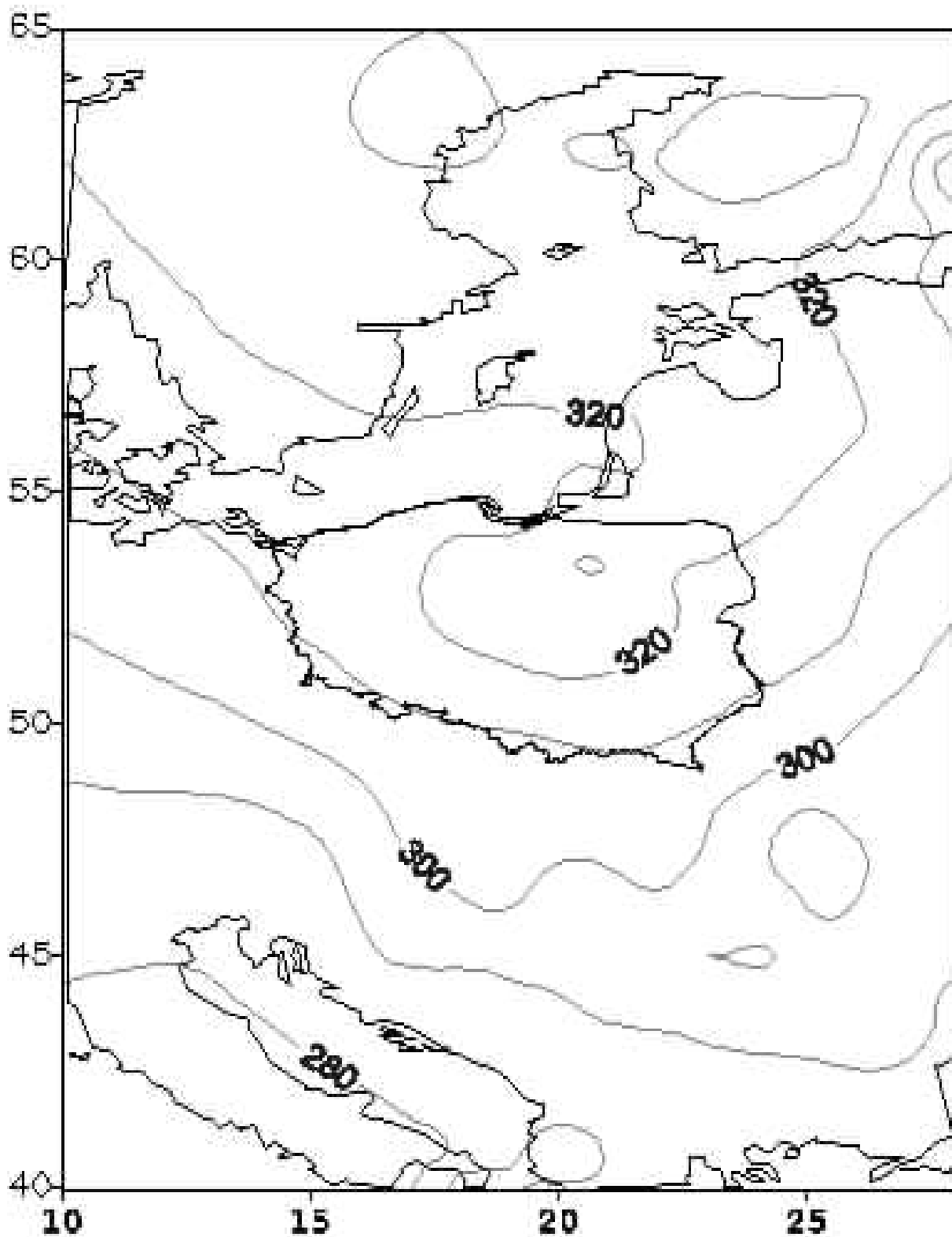
PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE 1.11.2013 DO 31.05.2014 R. I ODPOWIADAJĄCE IM
SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU
W ATMOSFERZE.





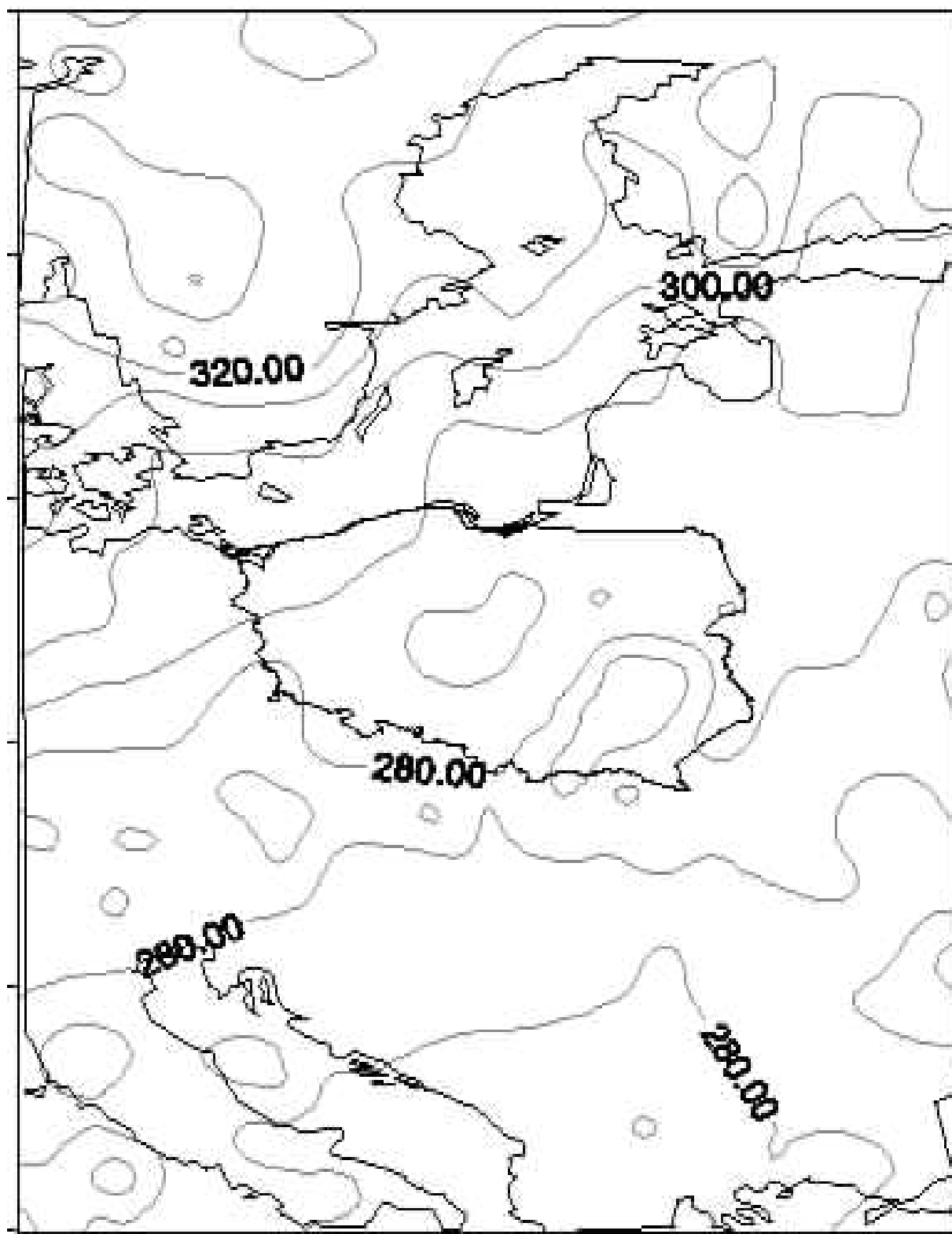
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.11.13 08:07 GMT



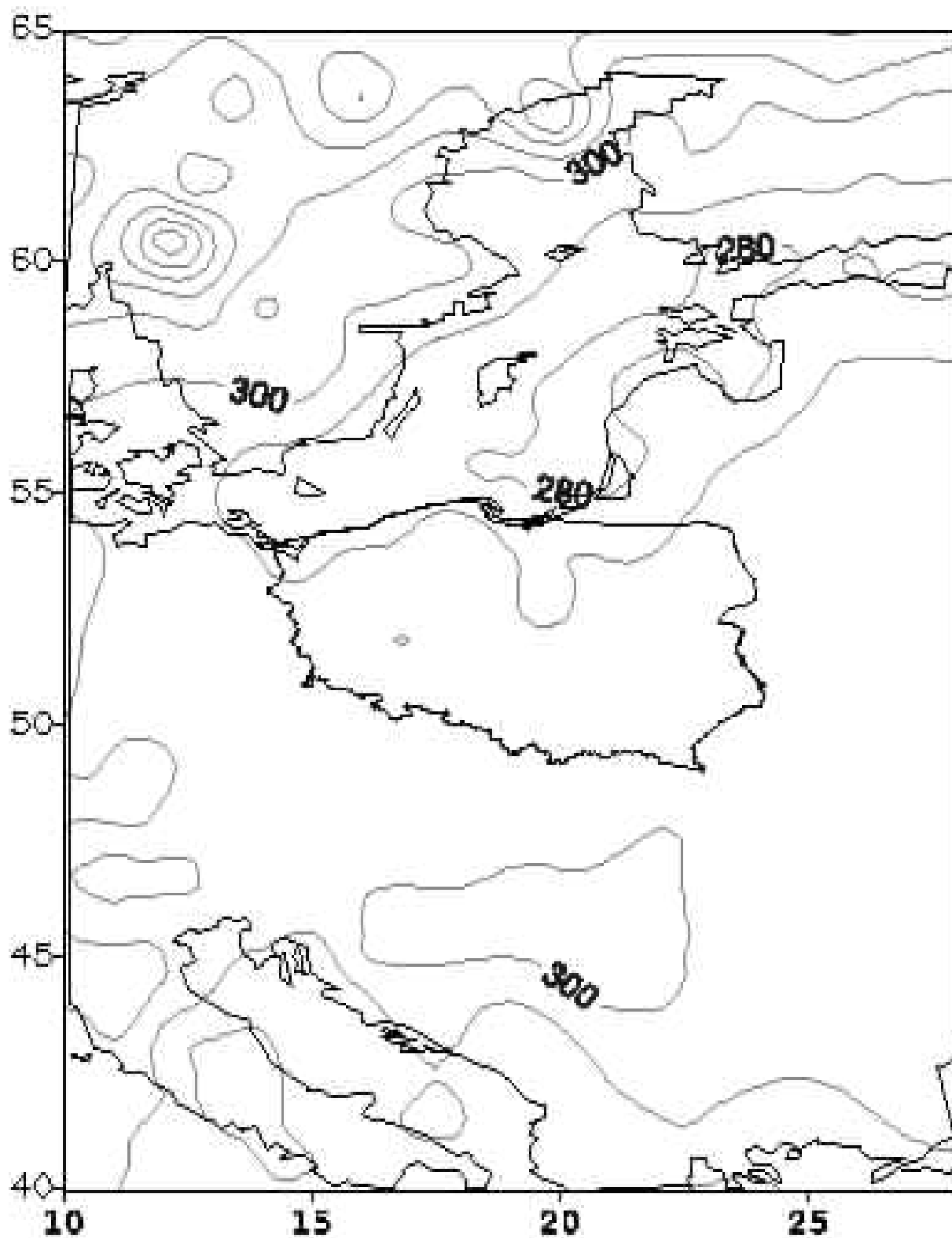
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.11.13 03:05 GMT



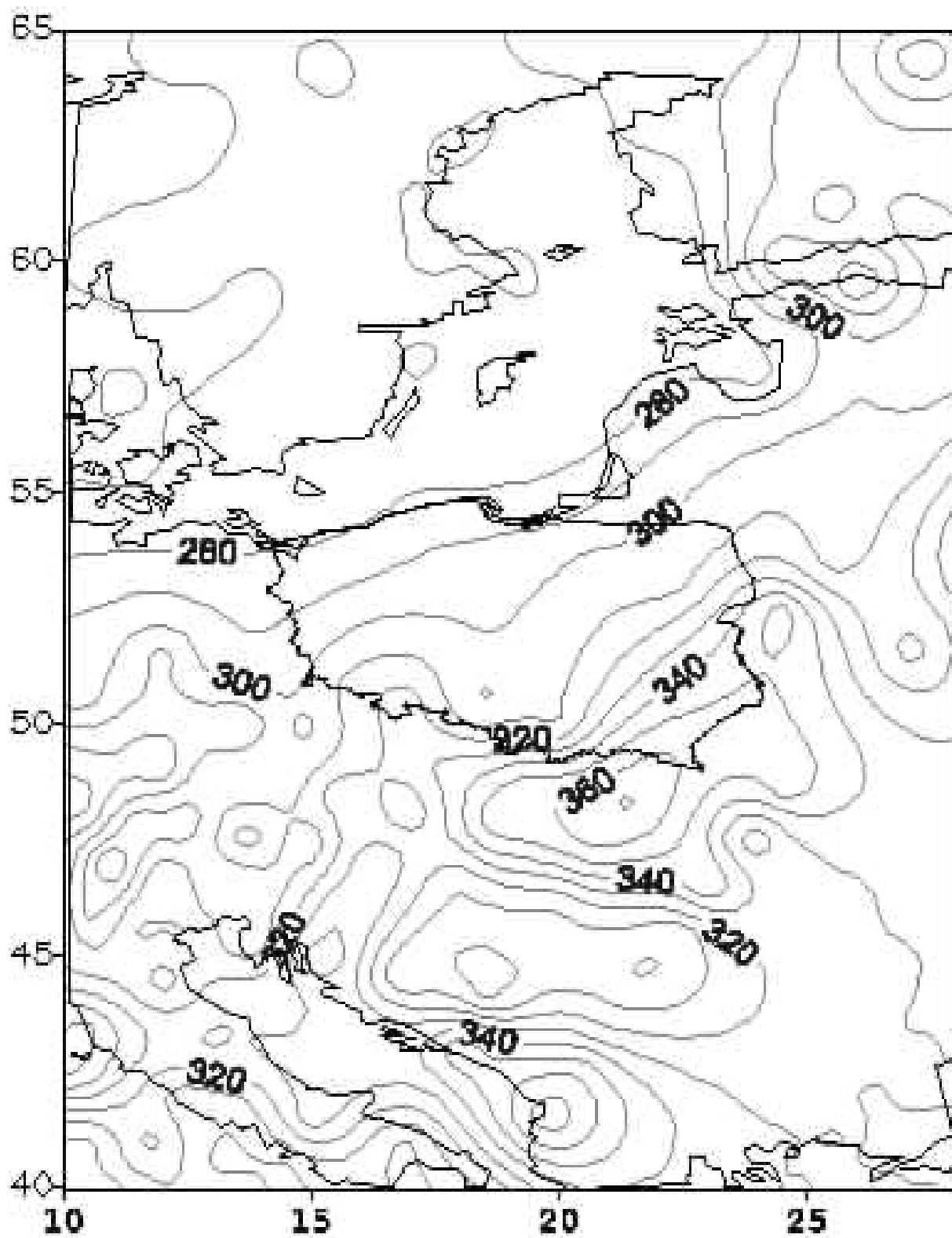
Calkowita zawartosc ozonu [D]

20.11.13 01:22 GMT



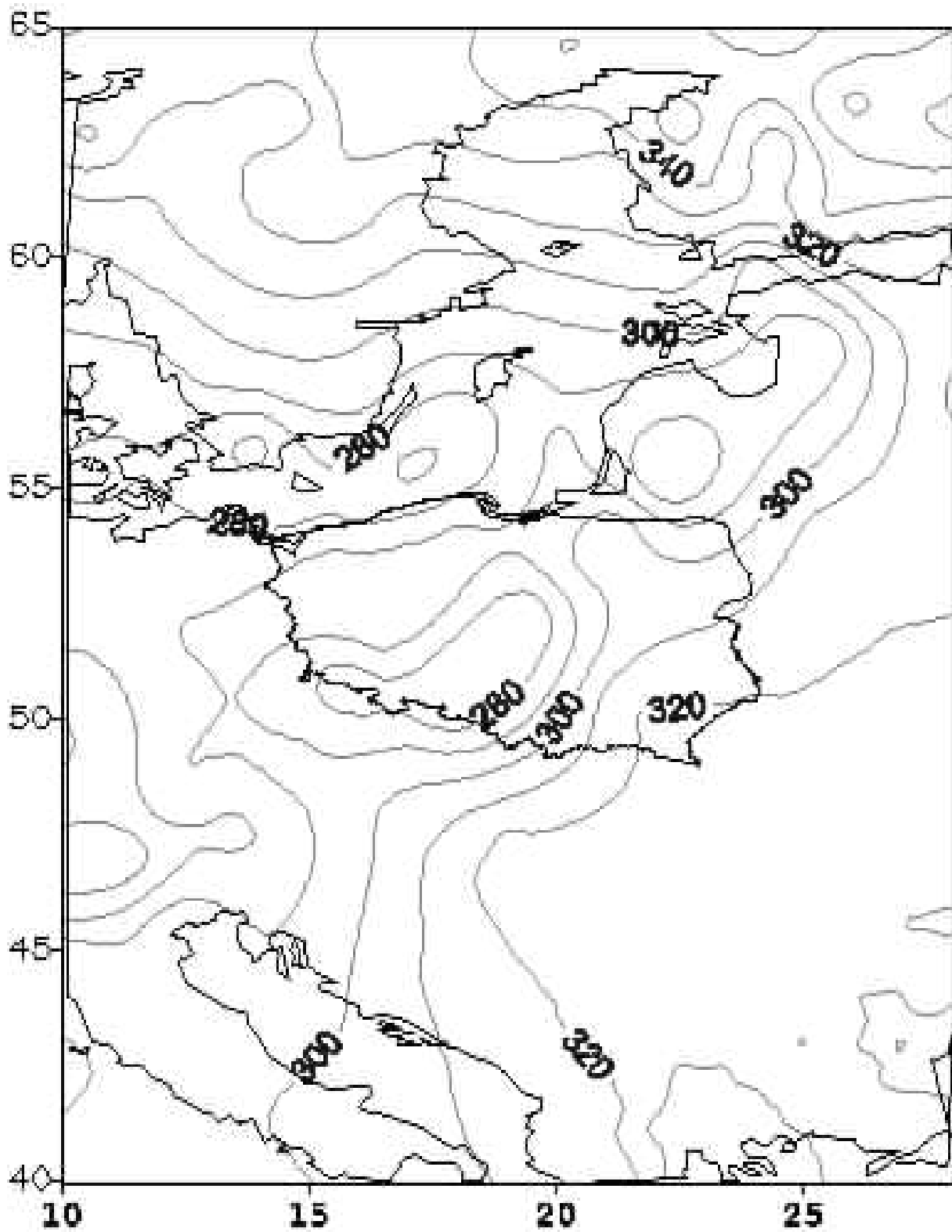
Całkowita zawartość ozonu [D]

27.11.13 03:51 GMT



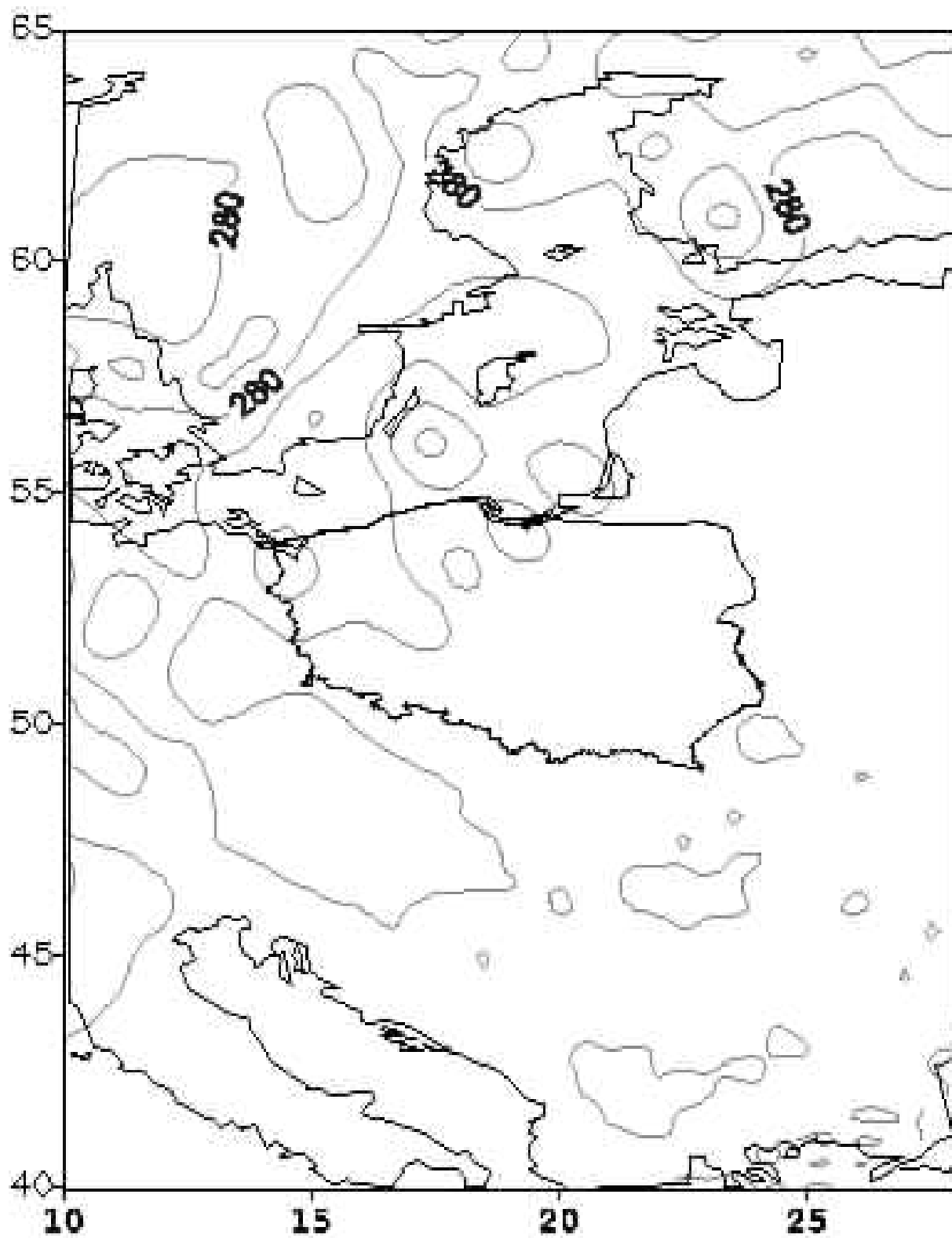
Calkowita zawartosc ozonu [D]

04.12.13 02:12 GMT



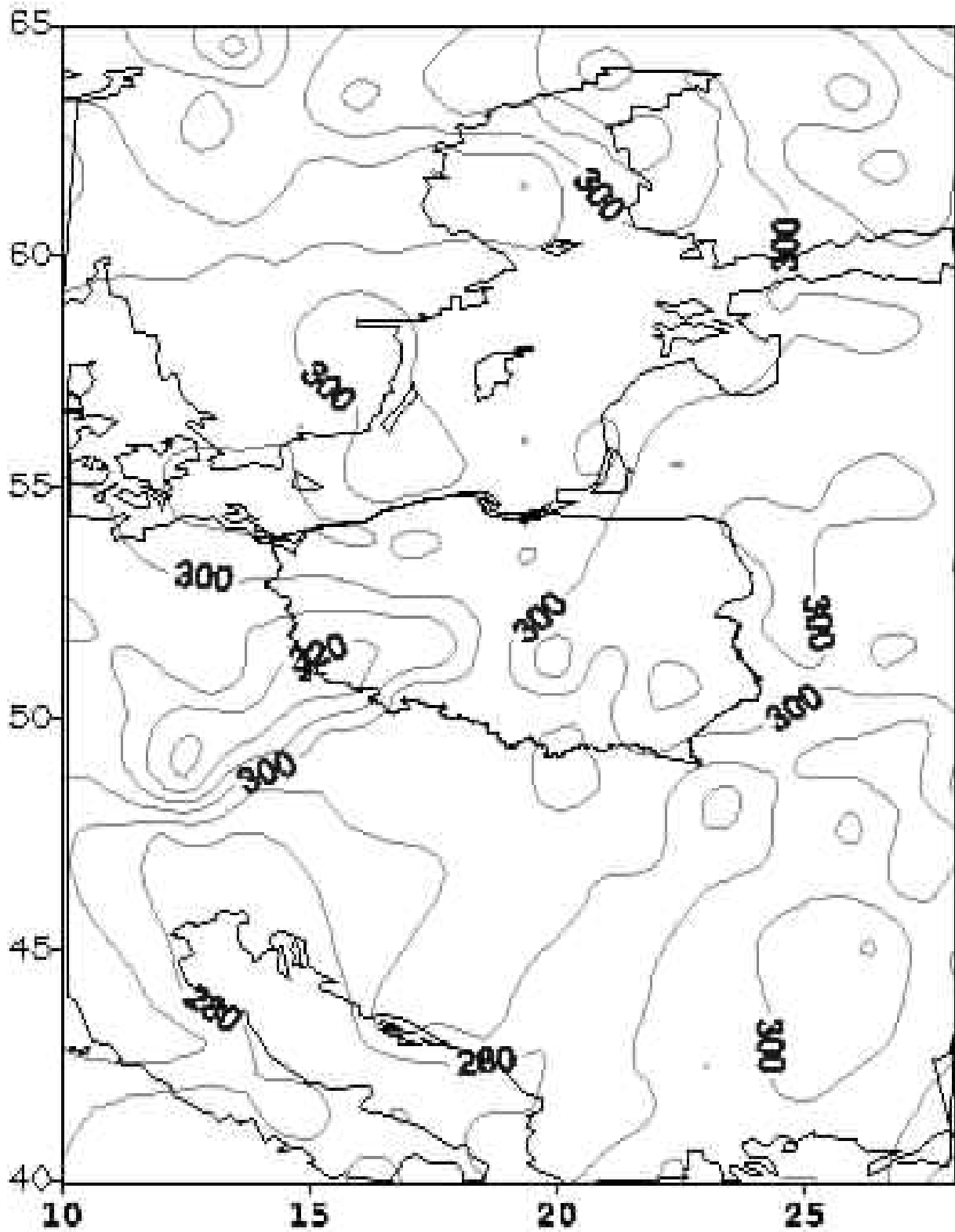
Calkowita zawartosc ozonu [D]

11.12.13 04:38 GMT



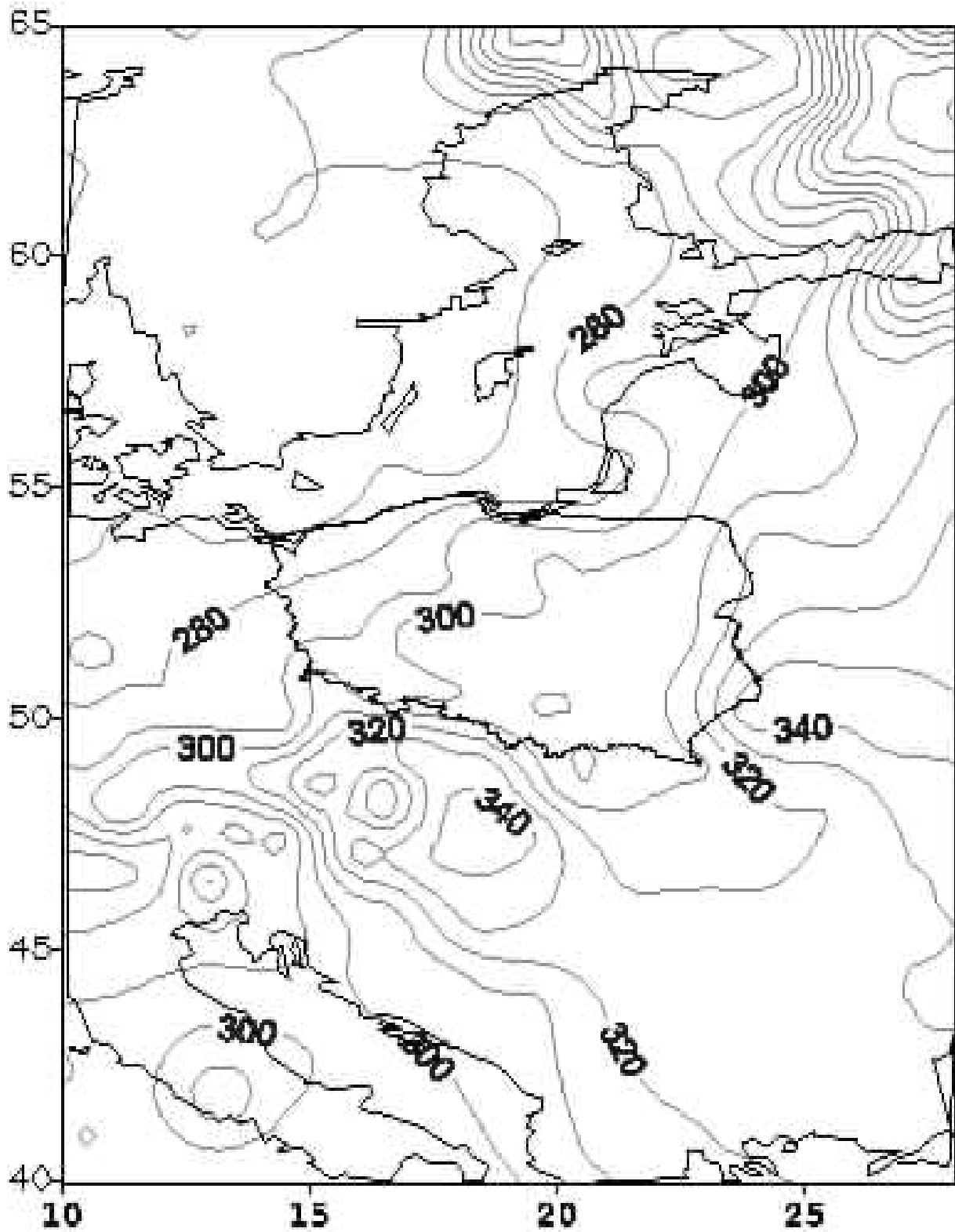
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.12.13 03:16 GMT



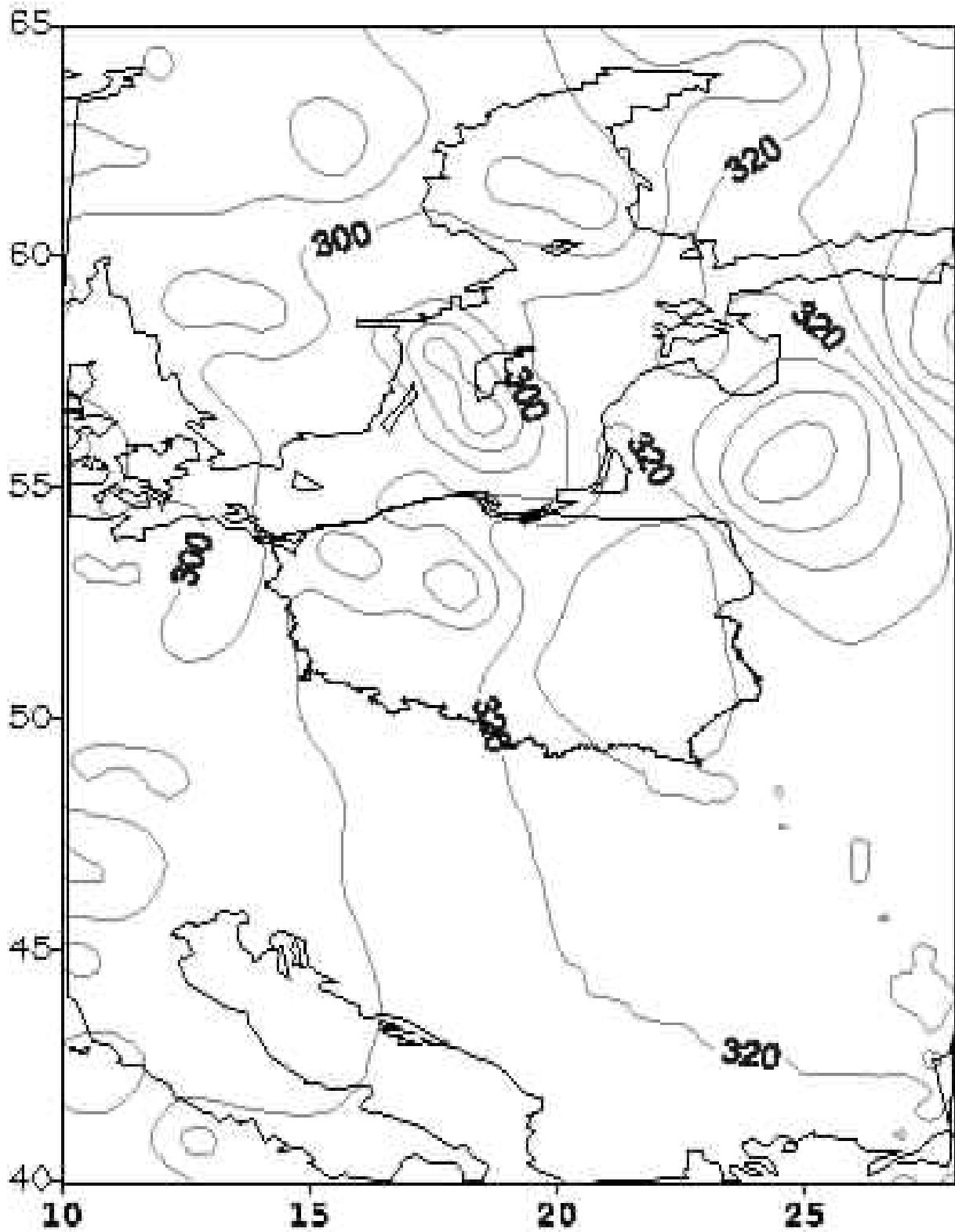
Calkowita zawartosc ozonu [D]

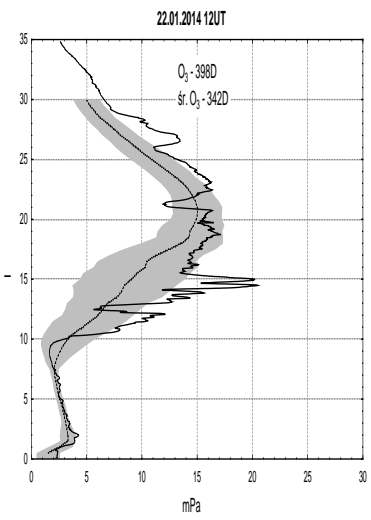
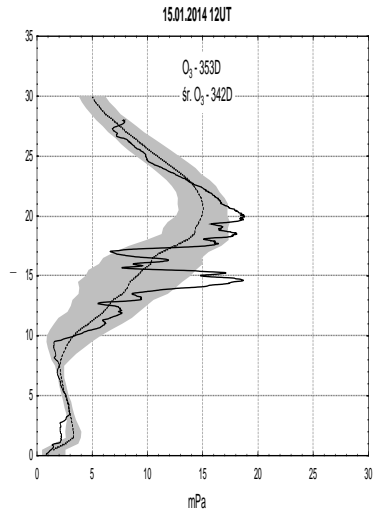
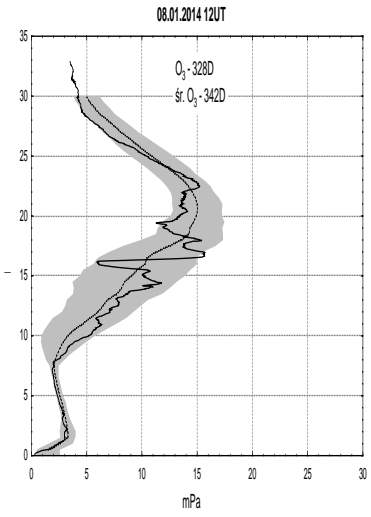
24.12.13 03:50 GMT

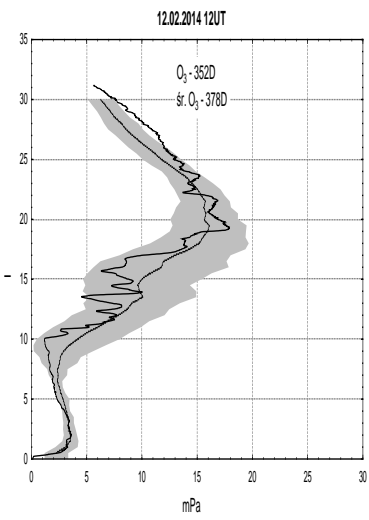
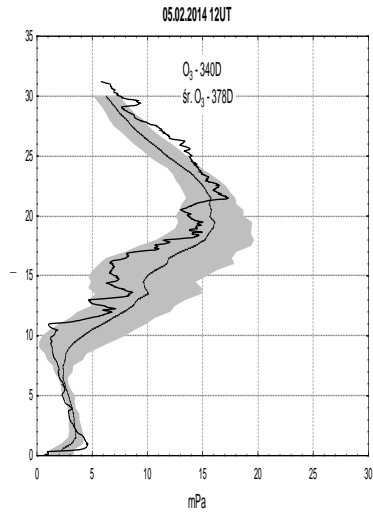
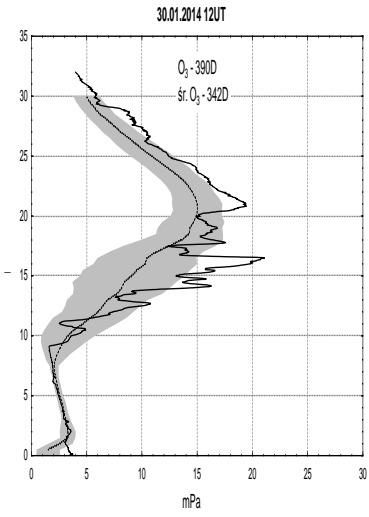


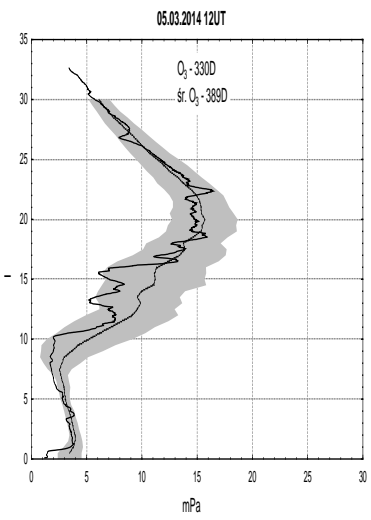
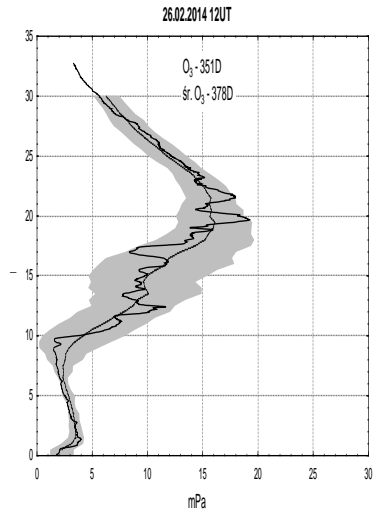
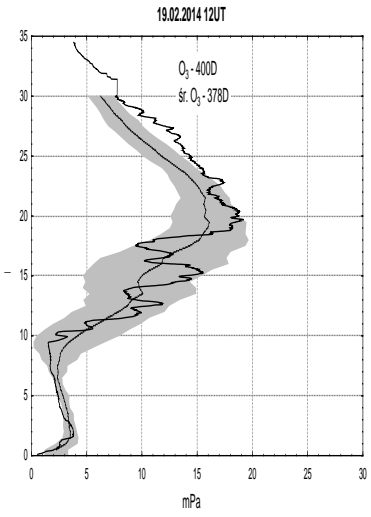
Całkowita zawartość ozonu [D]

31.12.13 02:19 GMT



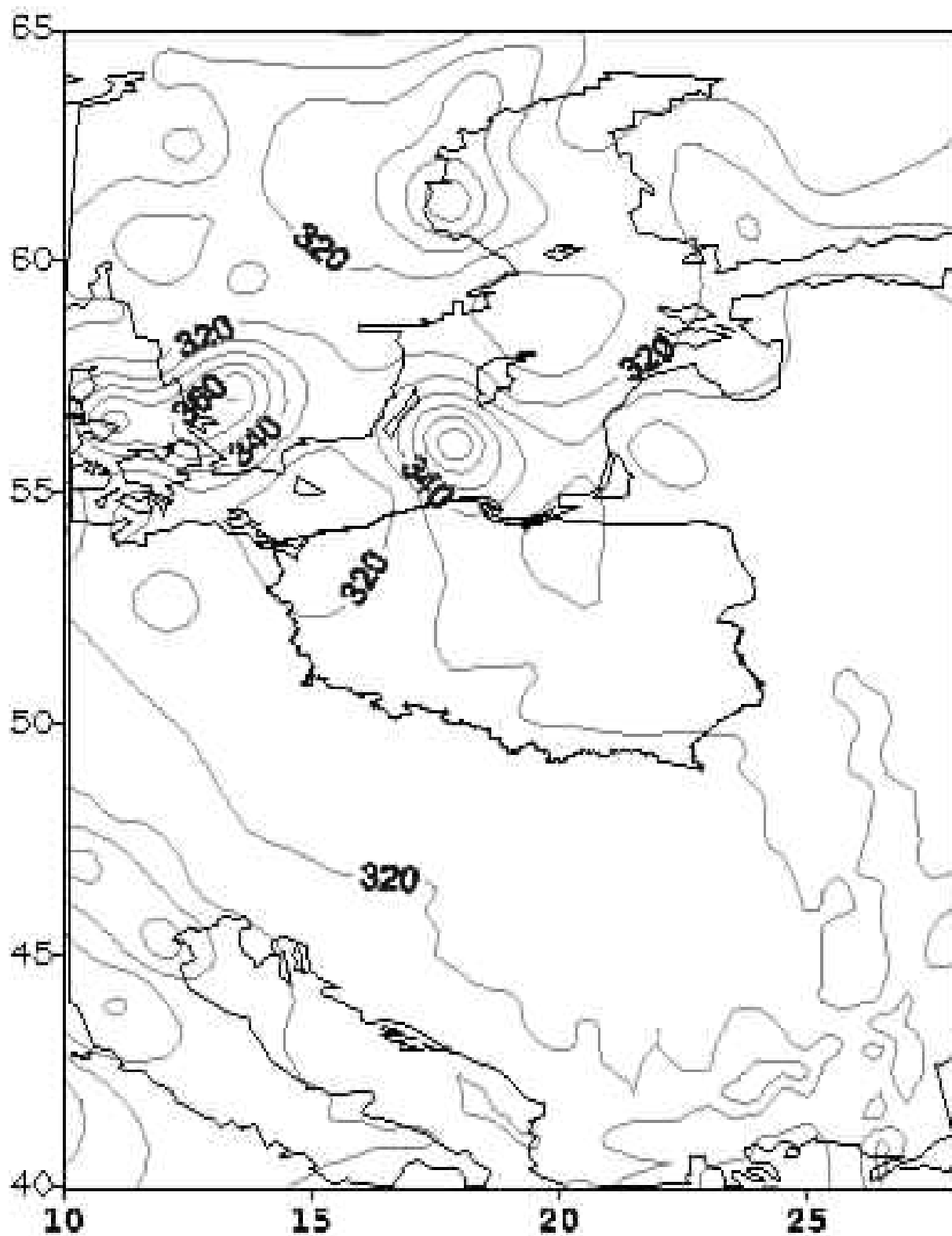






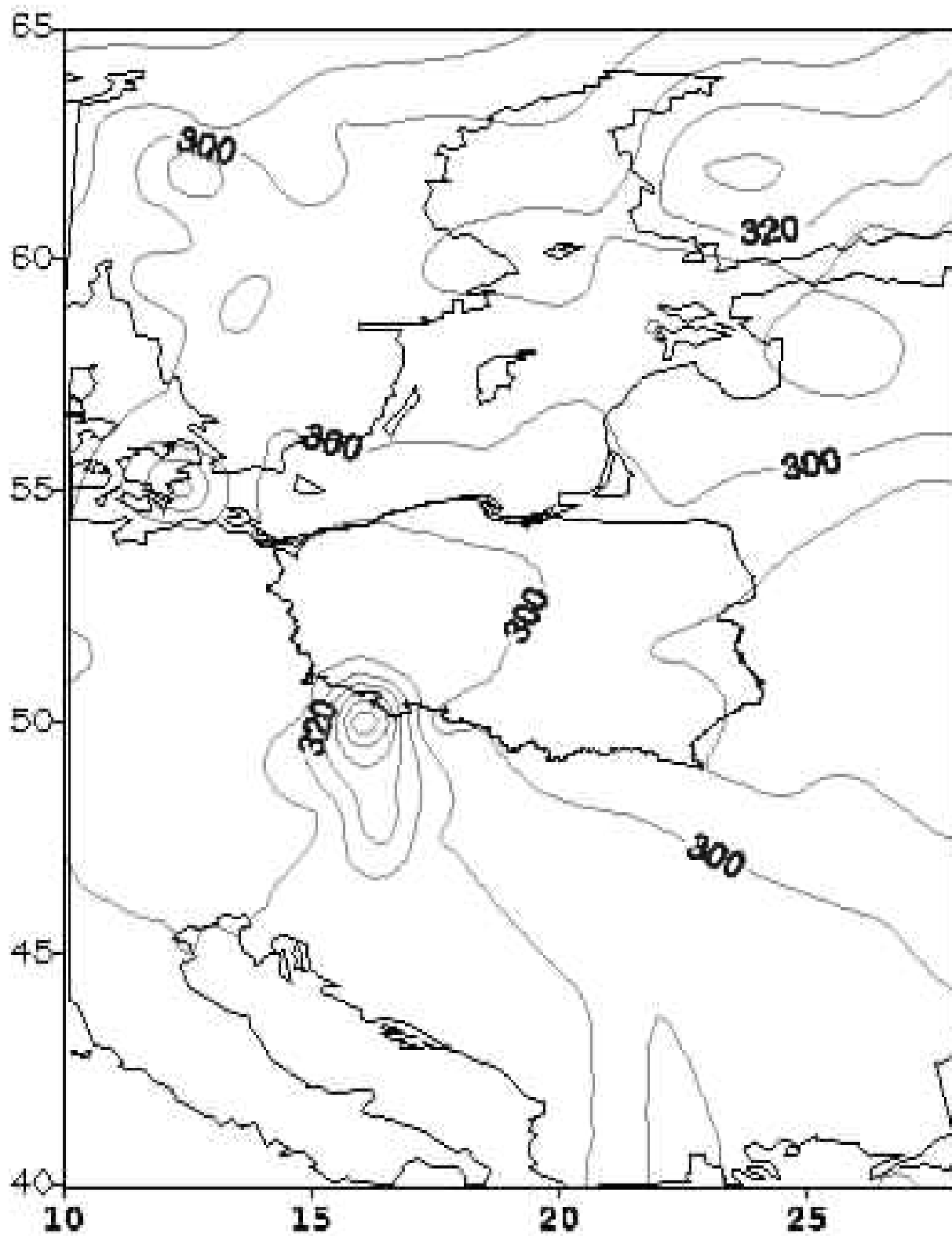
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.01.14 02:33 GMT



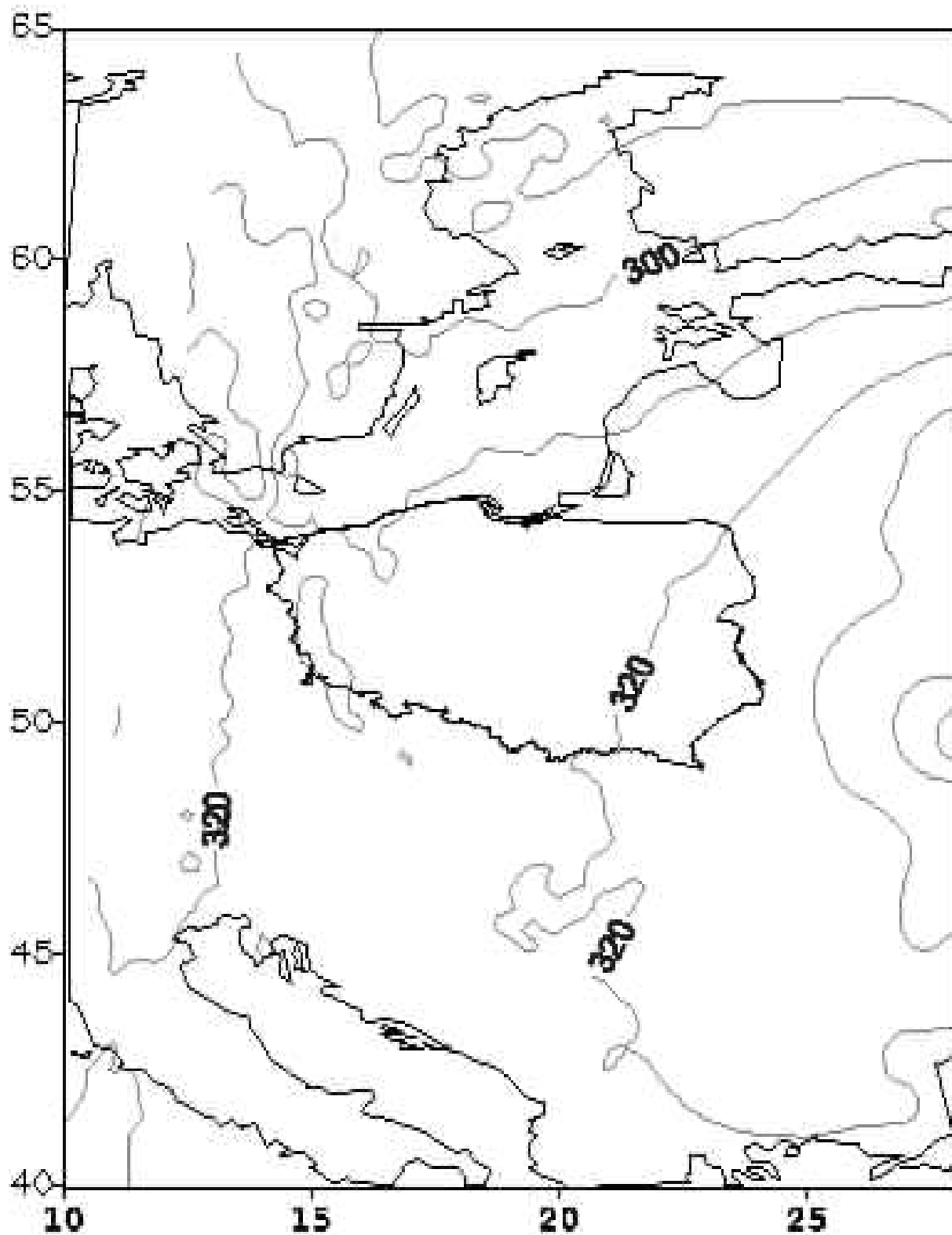
Calkowita zawartosc ozonu [D]

15.01.2014 08:52 GMT



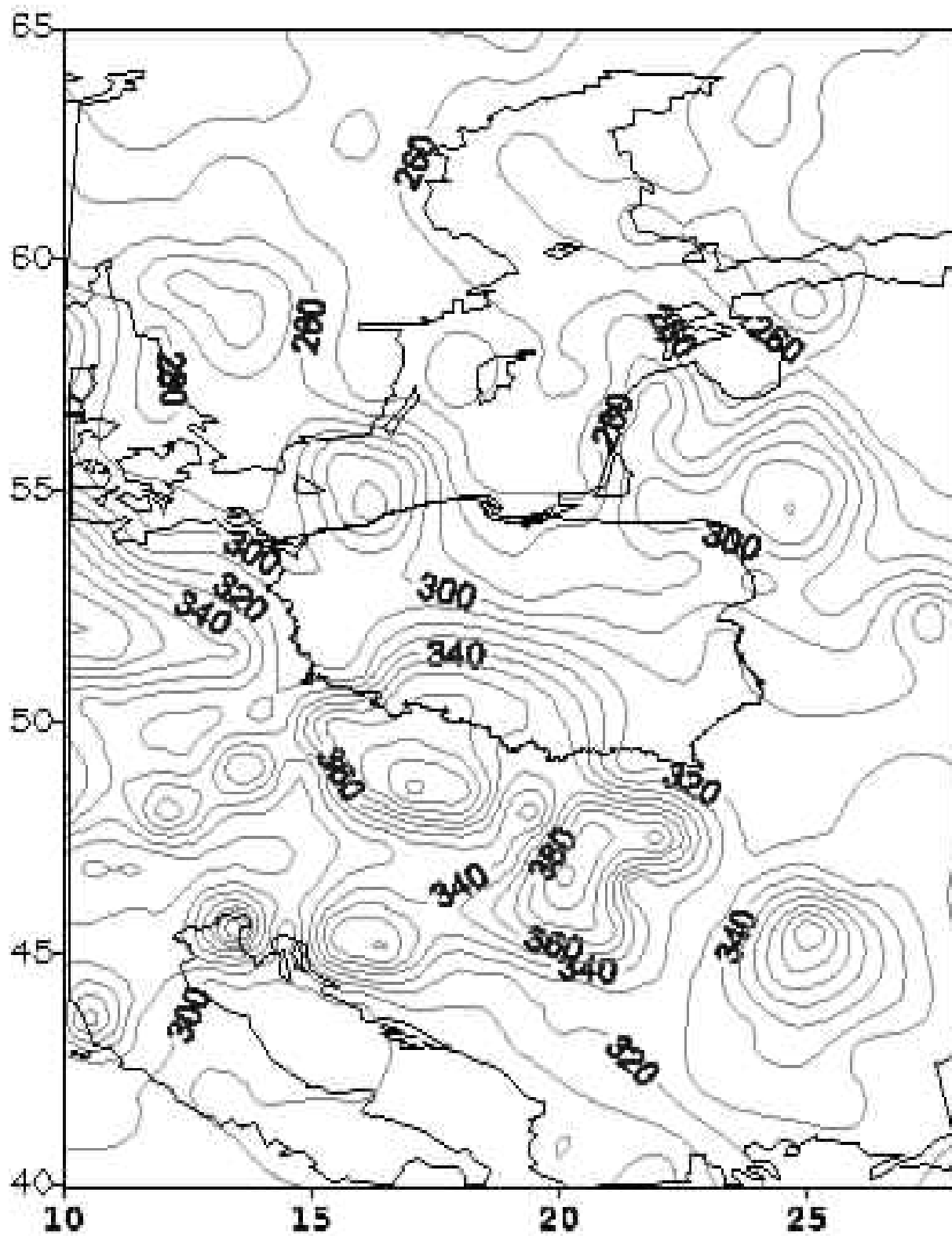
Calkowita zawartosc ozonu [D]

22.01.14 07:30 GMT



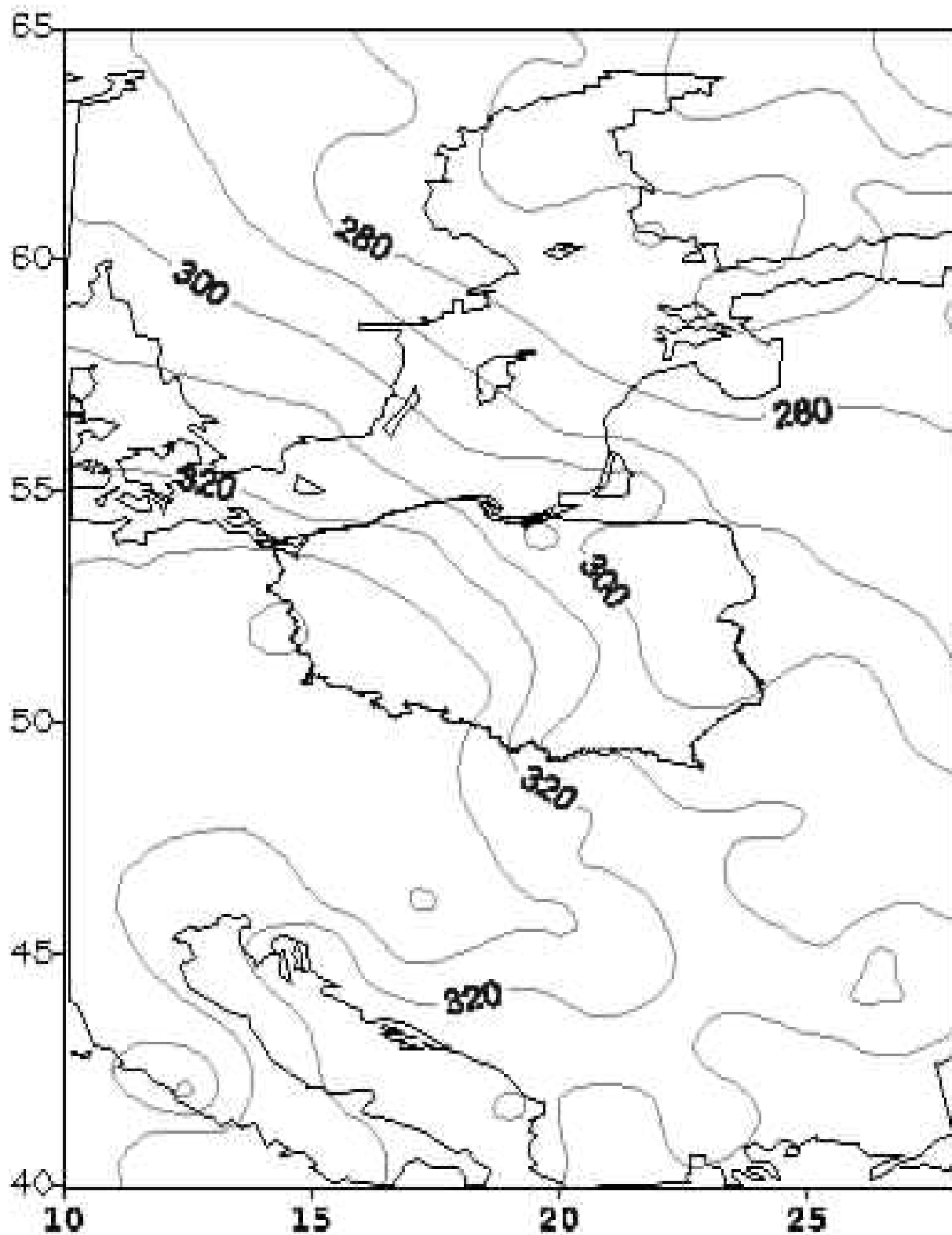
Calkowita zawartosc ozonu [D]

30.01.14 03:37 GMT



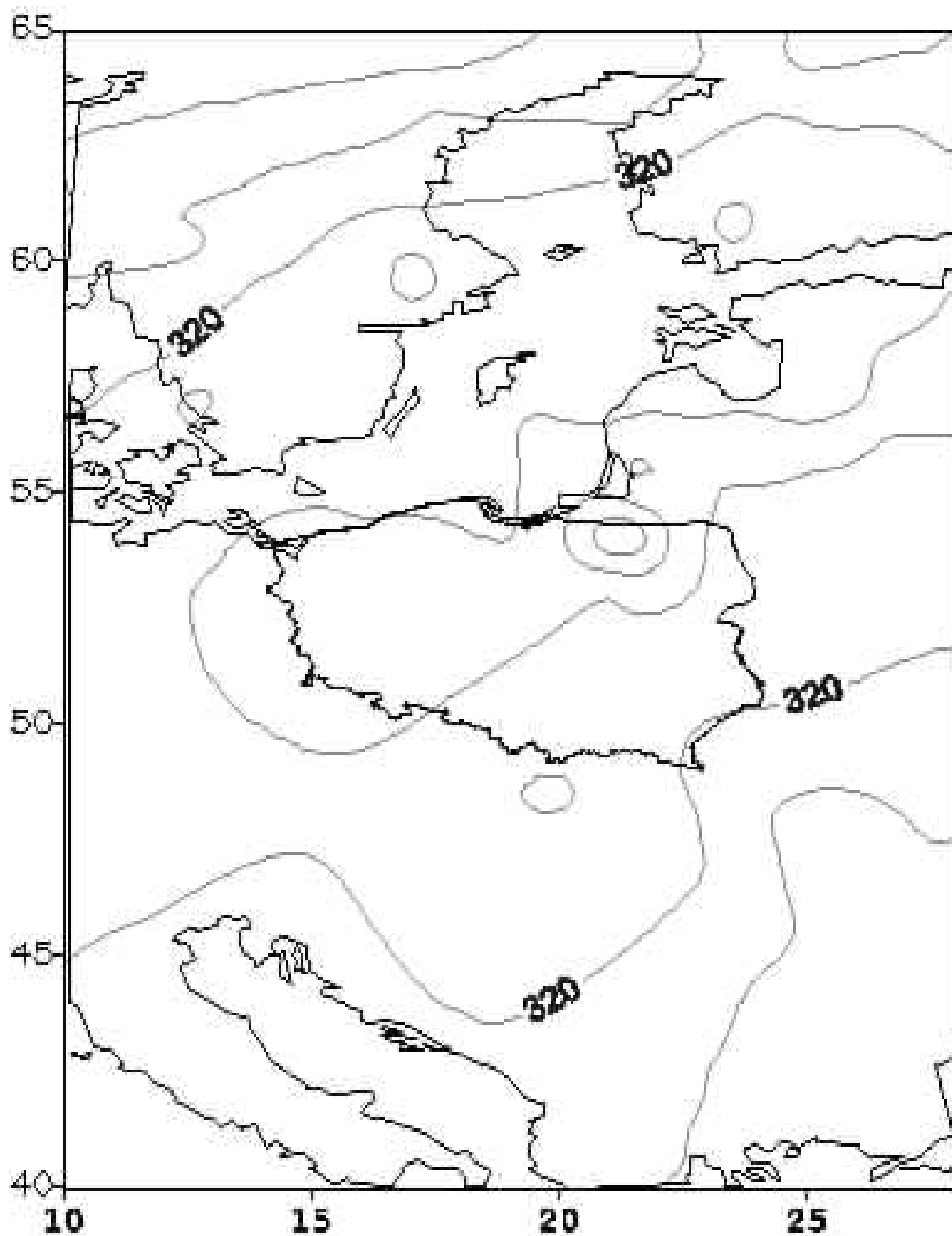
Calkowita zawartosc ozonu [D]

05.02.14 00:46 GMT



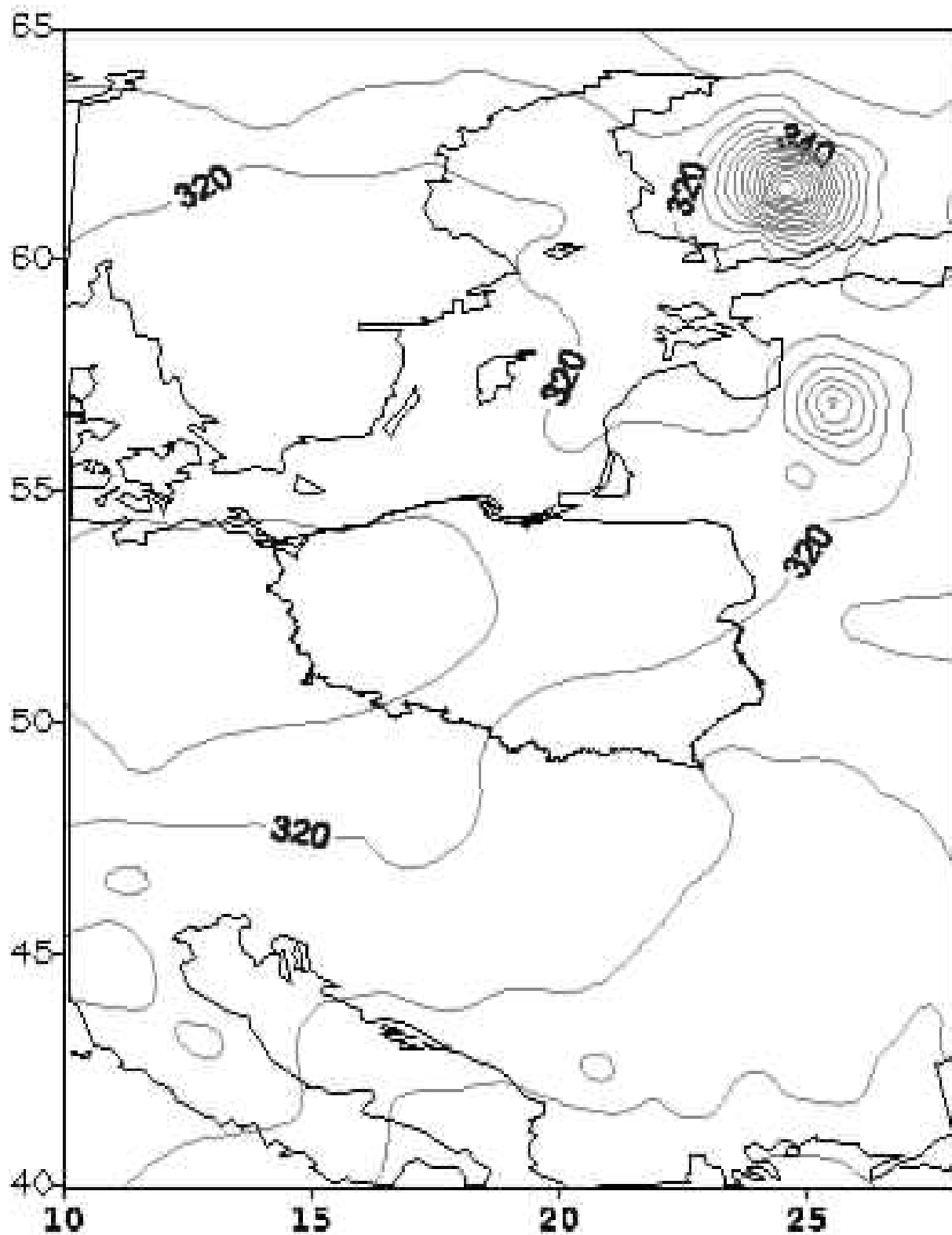
Calkowita zawartosc ozonu [D]

12.02.14 08:11 GMT



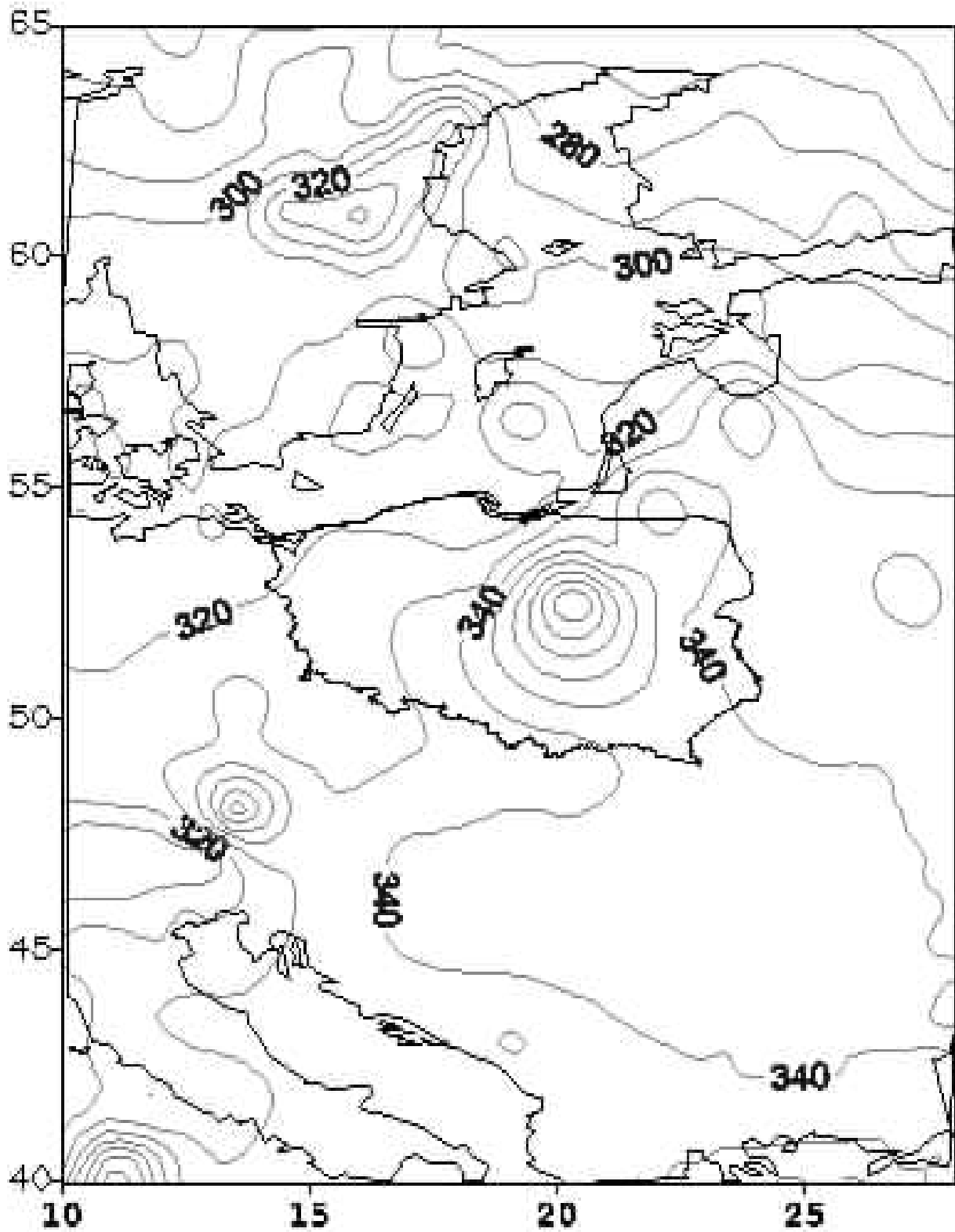
Calkowita zawartosc ozonu [D]

19.02.14 08:28 GMT



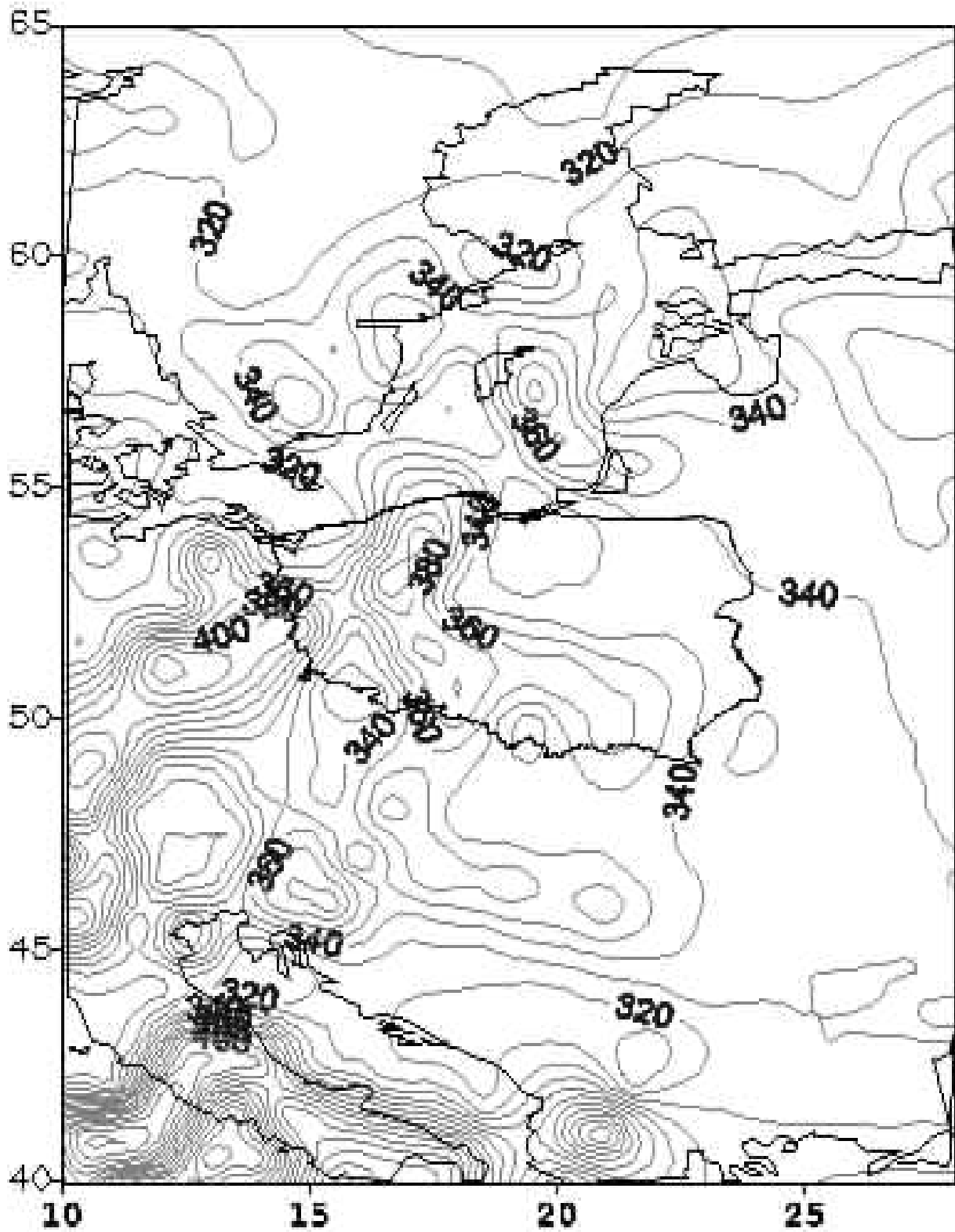
Calkowita zawartosc ozonu [D]

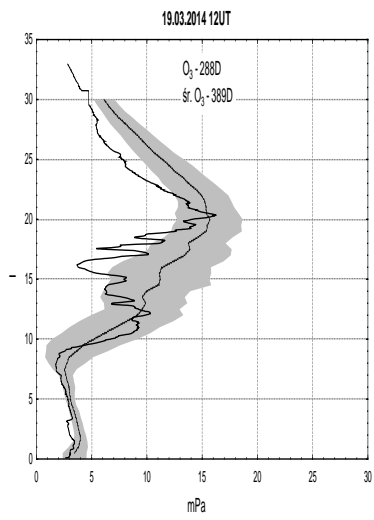
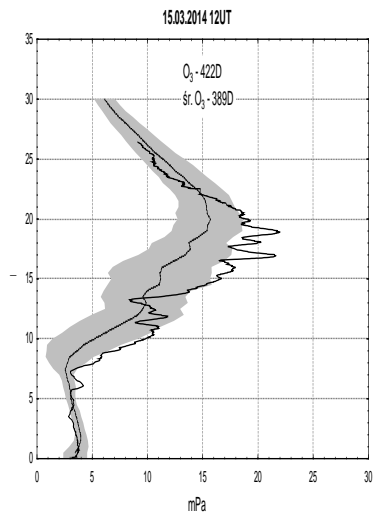
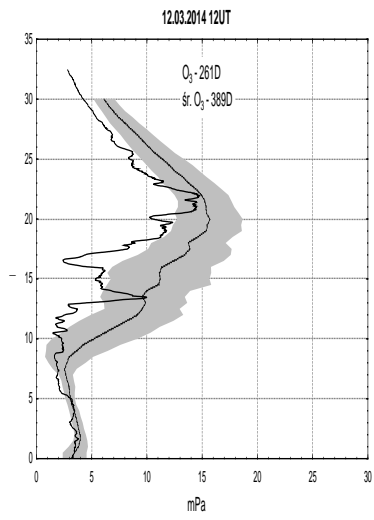
28.02.14 02:01 GMT

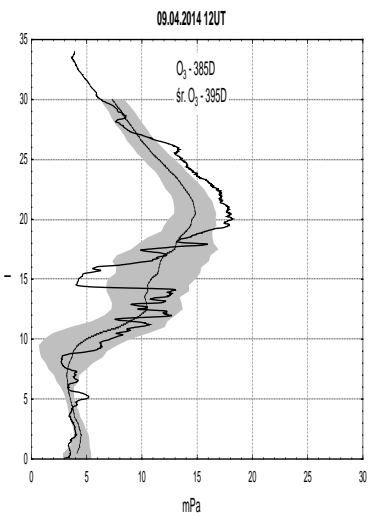
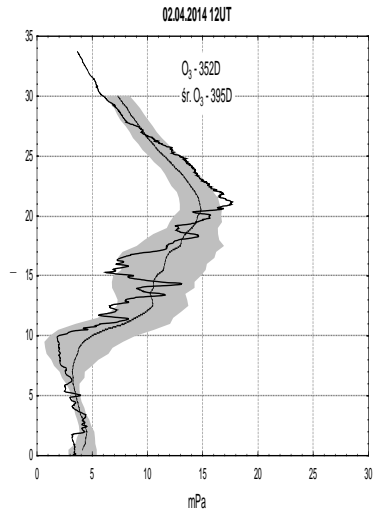
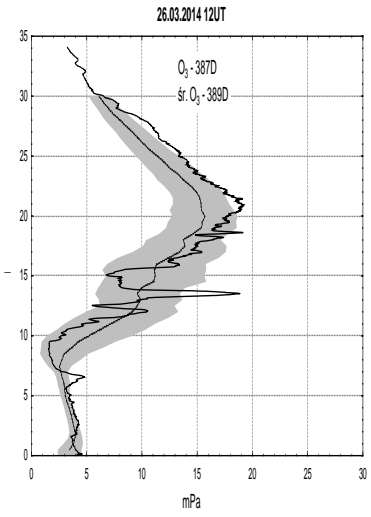


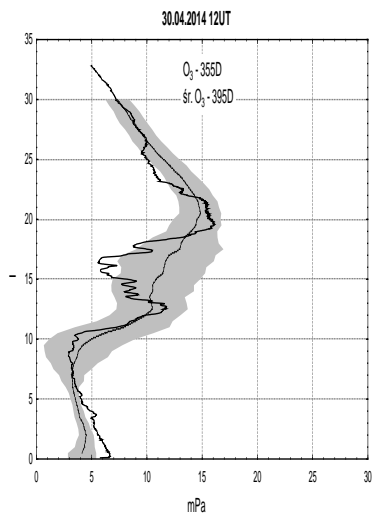
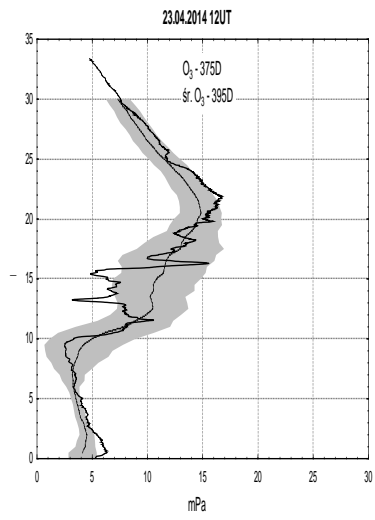
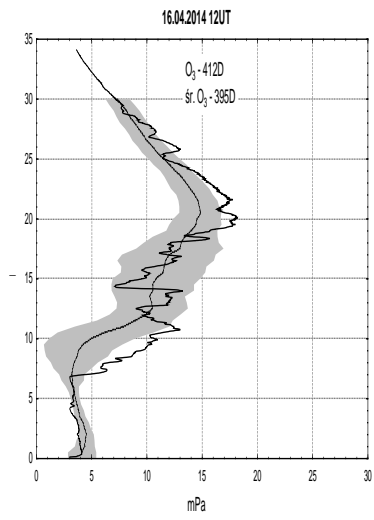
Calkowita zawartosc ozonu [D]

05.03.14 03:58 GMT



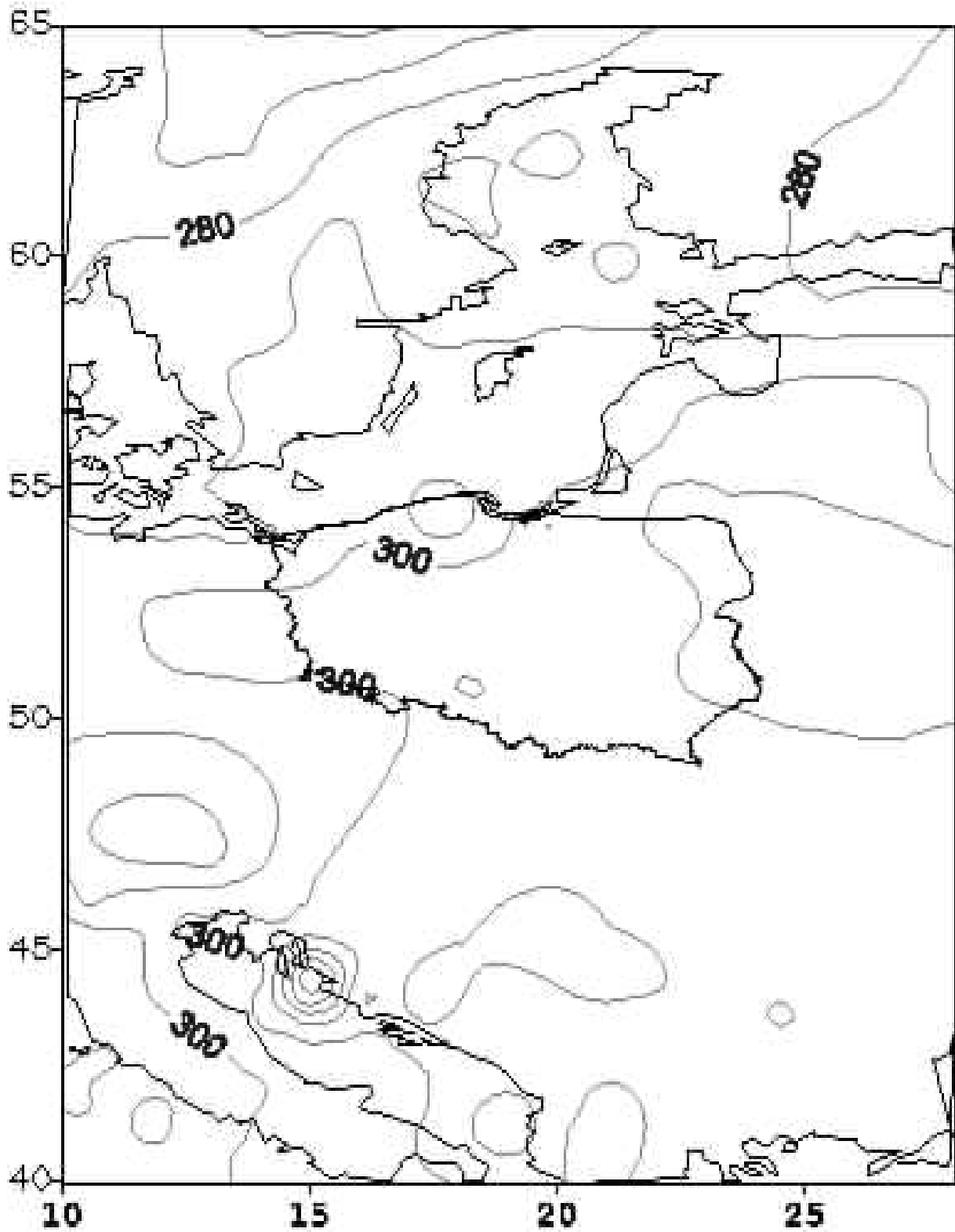






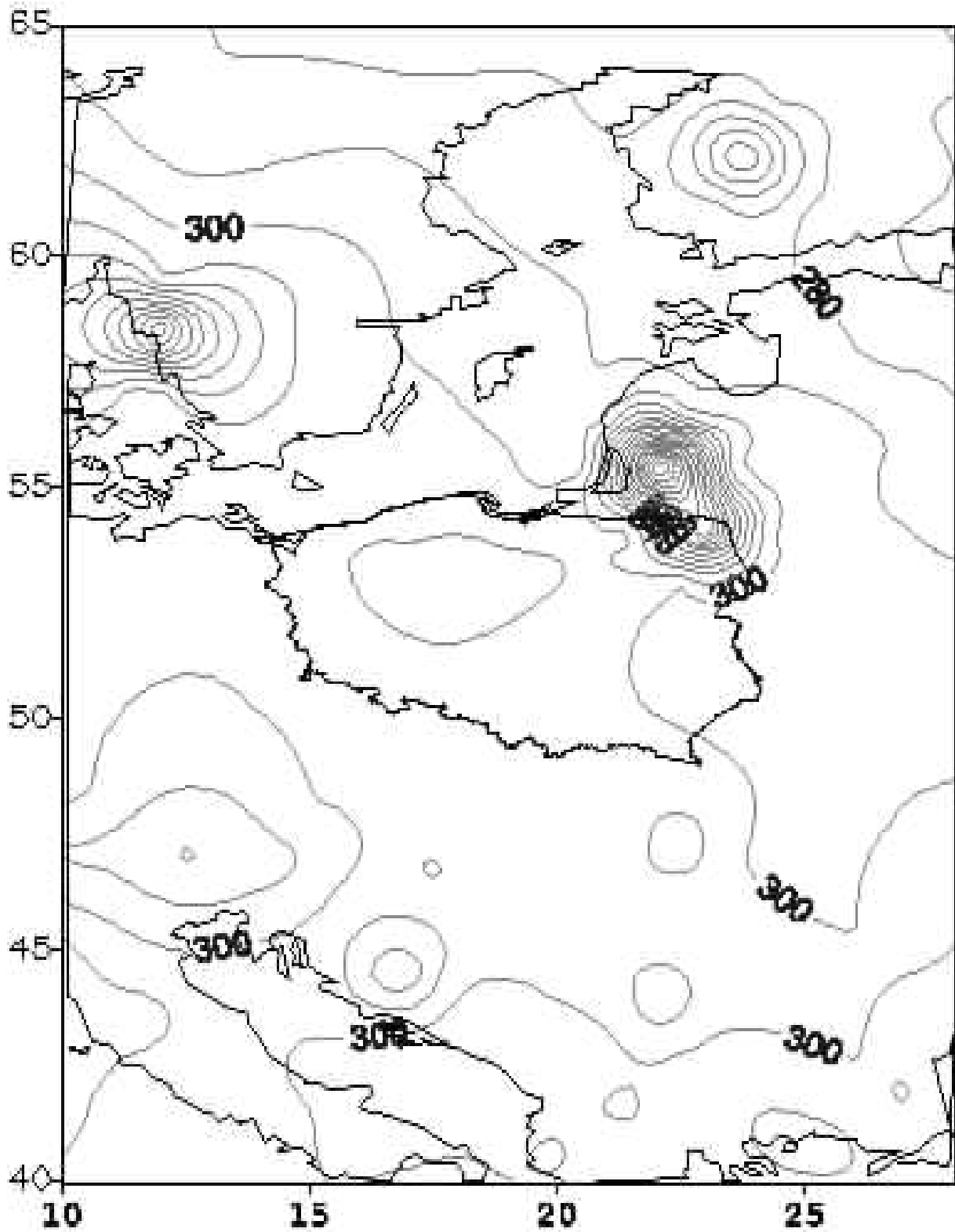
Calkowita zawartosc ozonu [D]

12.03.14 09:12 GMT



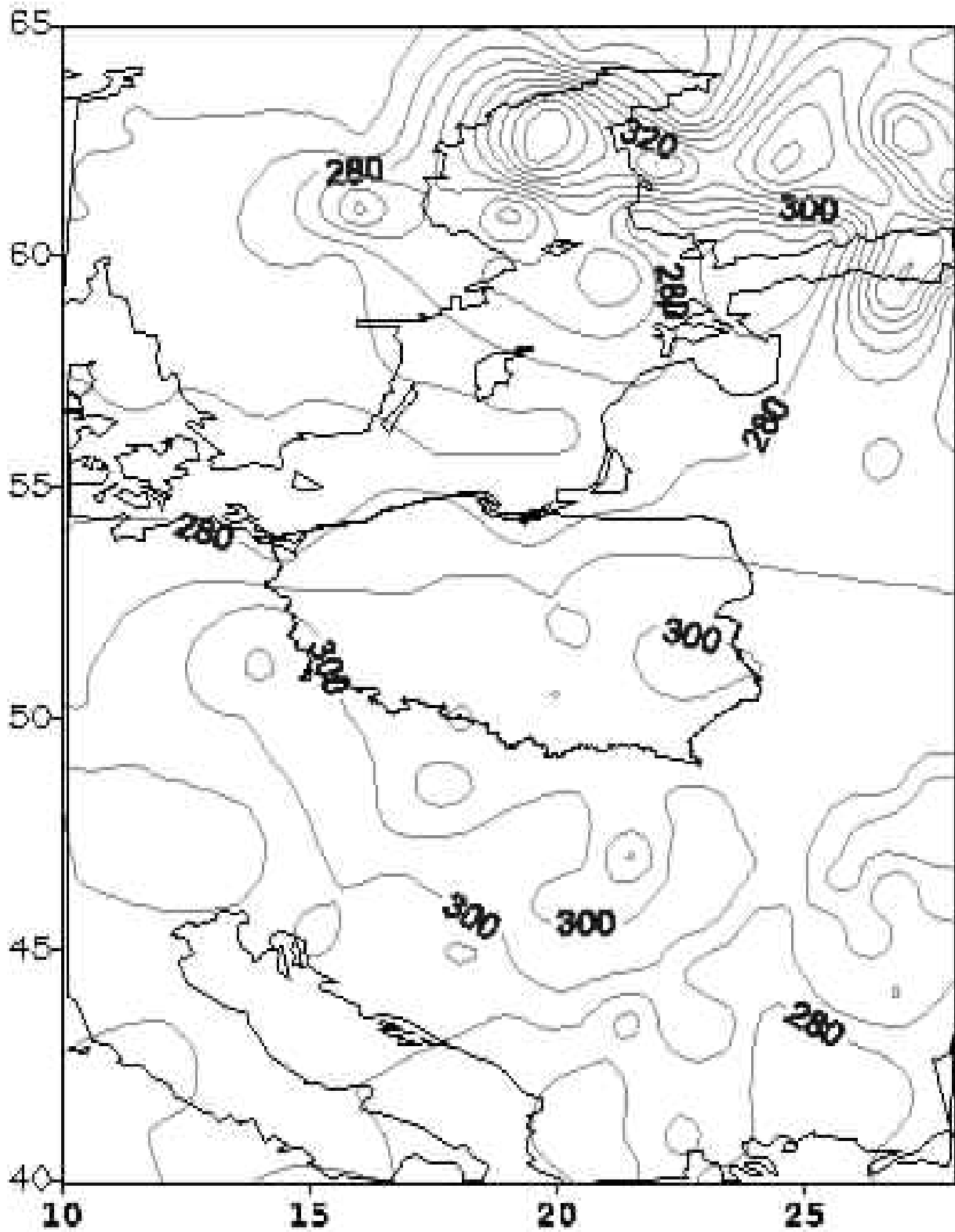
Calkowita zawartosc ozonu [D]

15.03.14 08:34 GMT



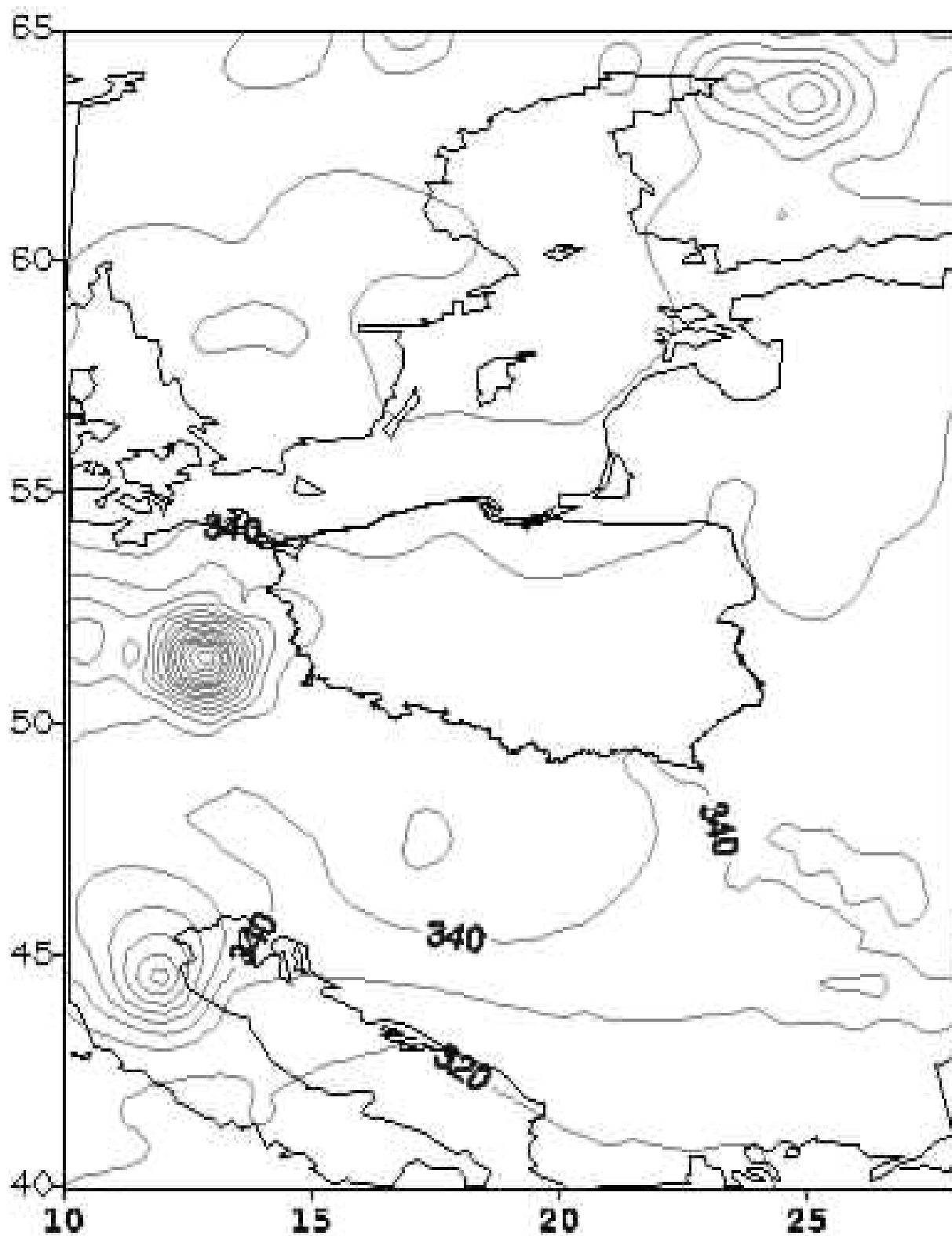
Calkowita zawartosc ozonu [D]

19.03.14 03:00 GMT



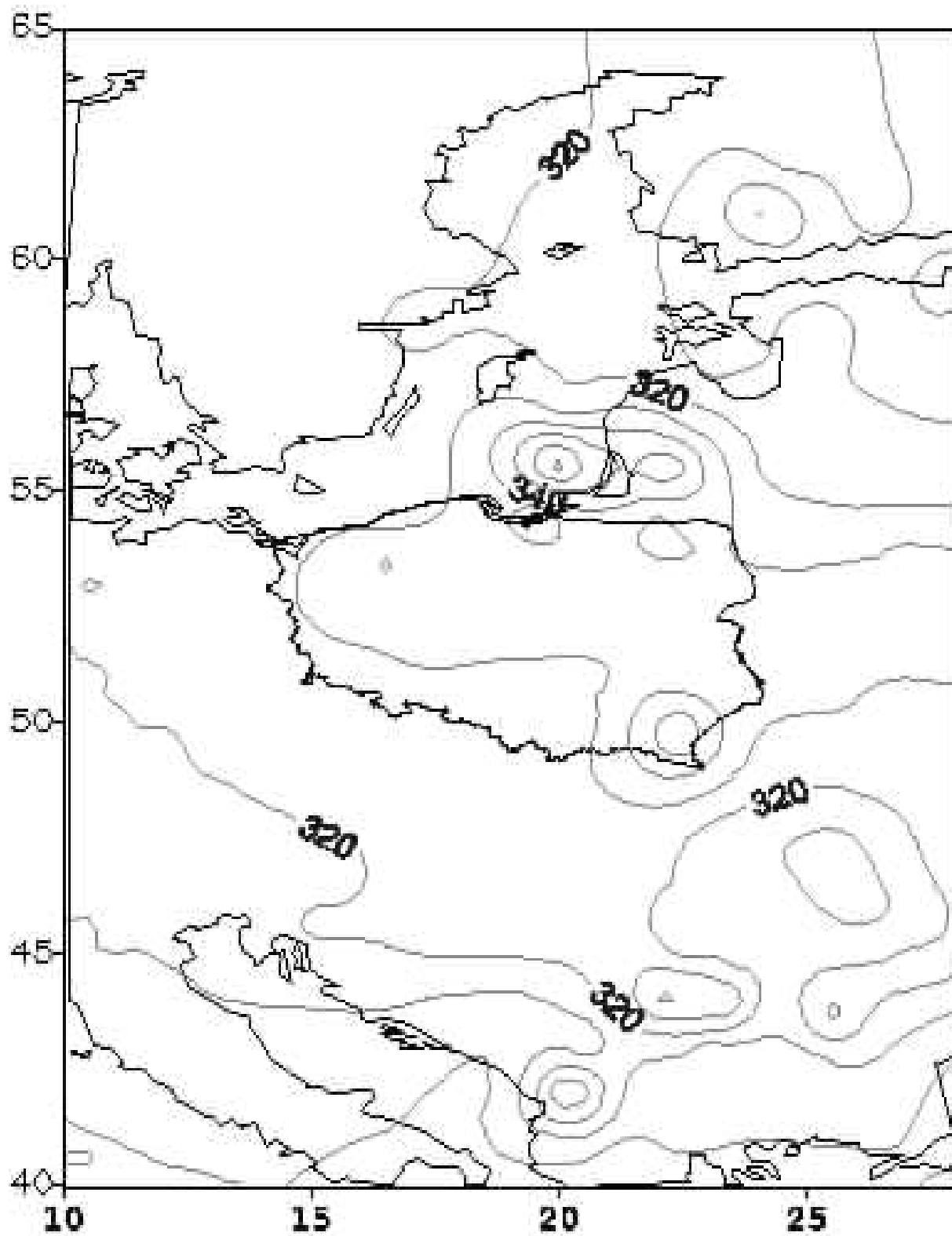
Całkowita zawartość ozonu [D]

28.03.14 09:41 GMT



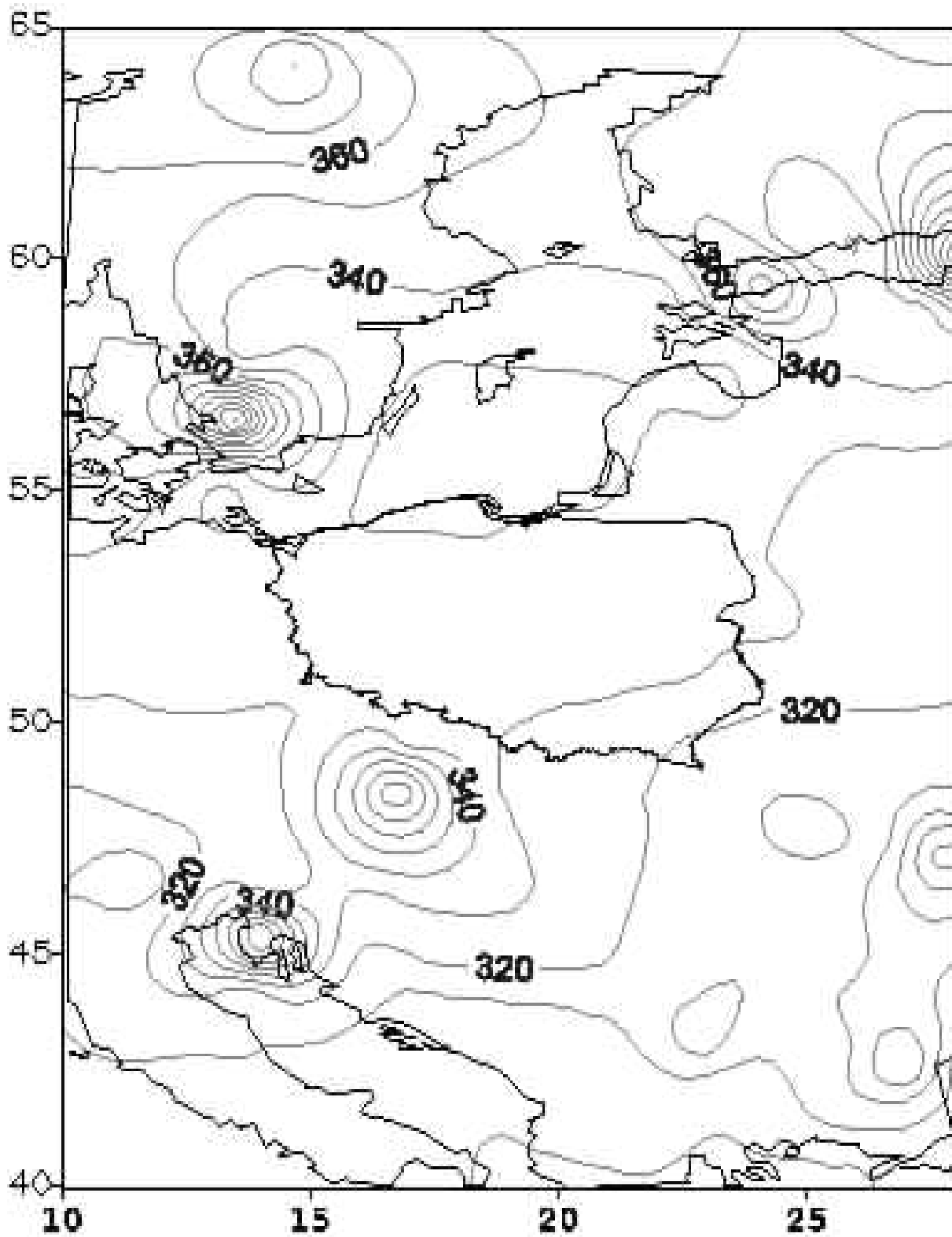
Calkowita zawartosc ozonu [D]

02.04.14 08:15 GMT



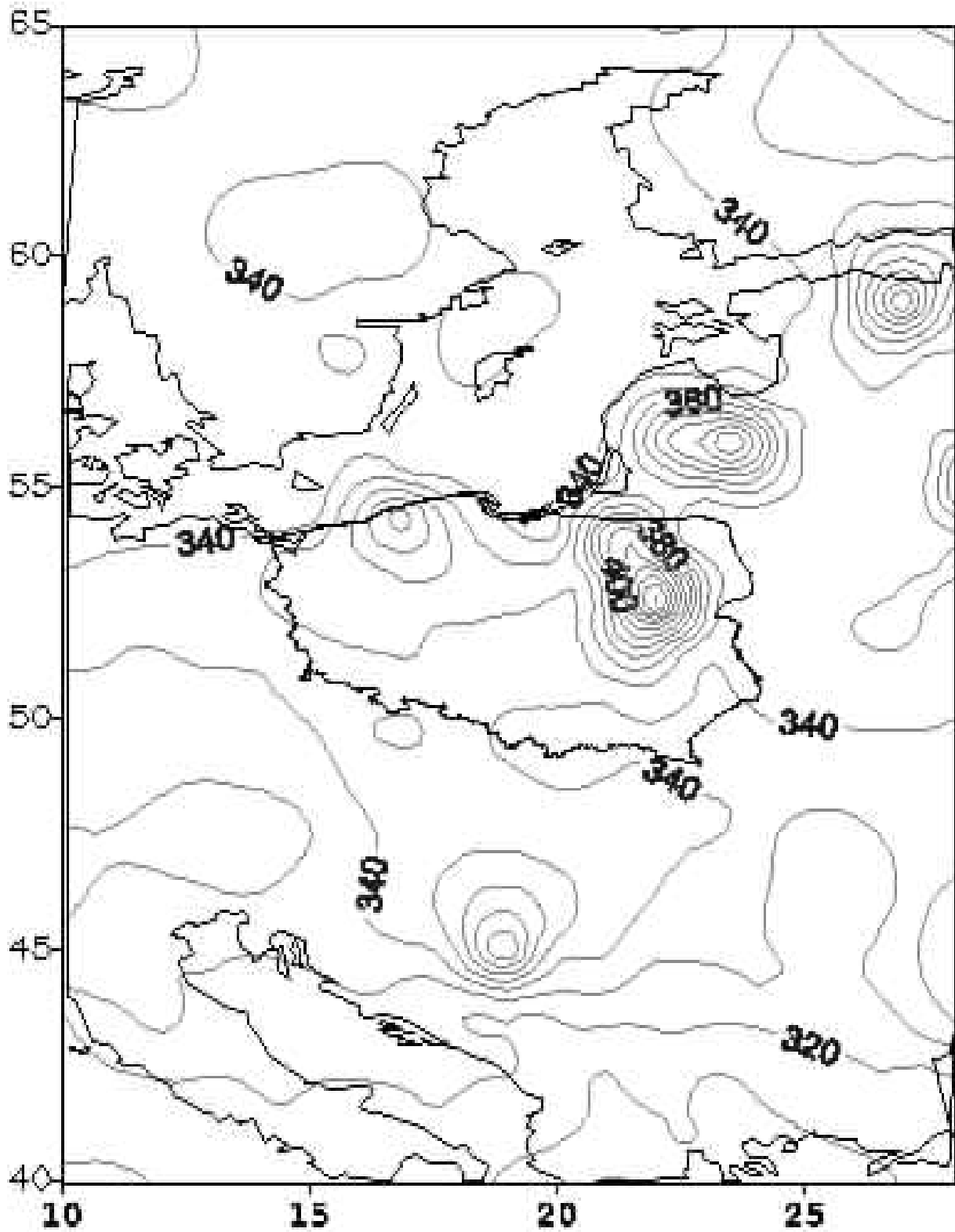
Calkowita zawartosc ozonu [D]

09.04.14 08:29 GMT



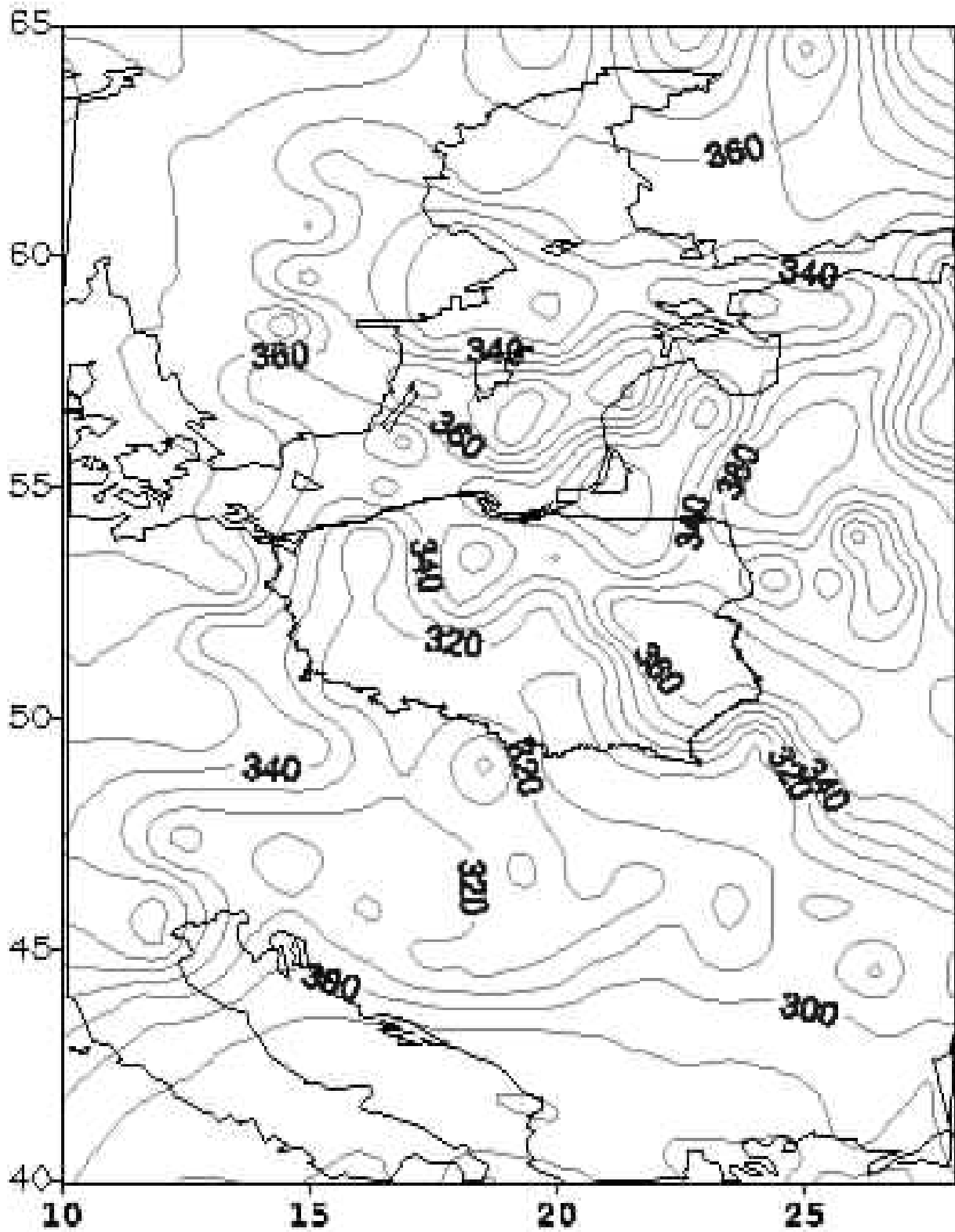
Calkowita zawartosc ozonu [D]

16.04.14 08:44 GMT



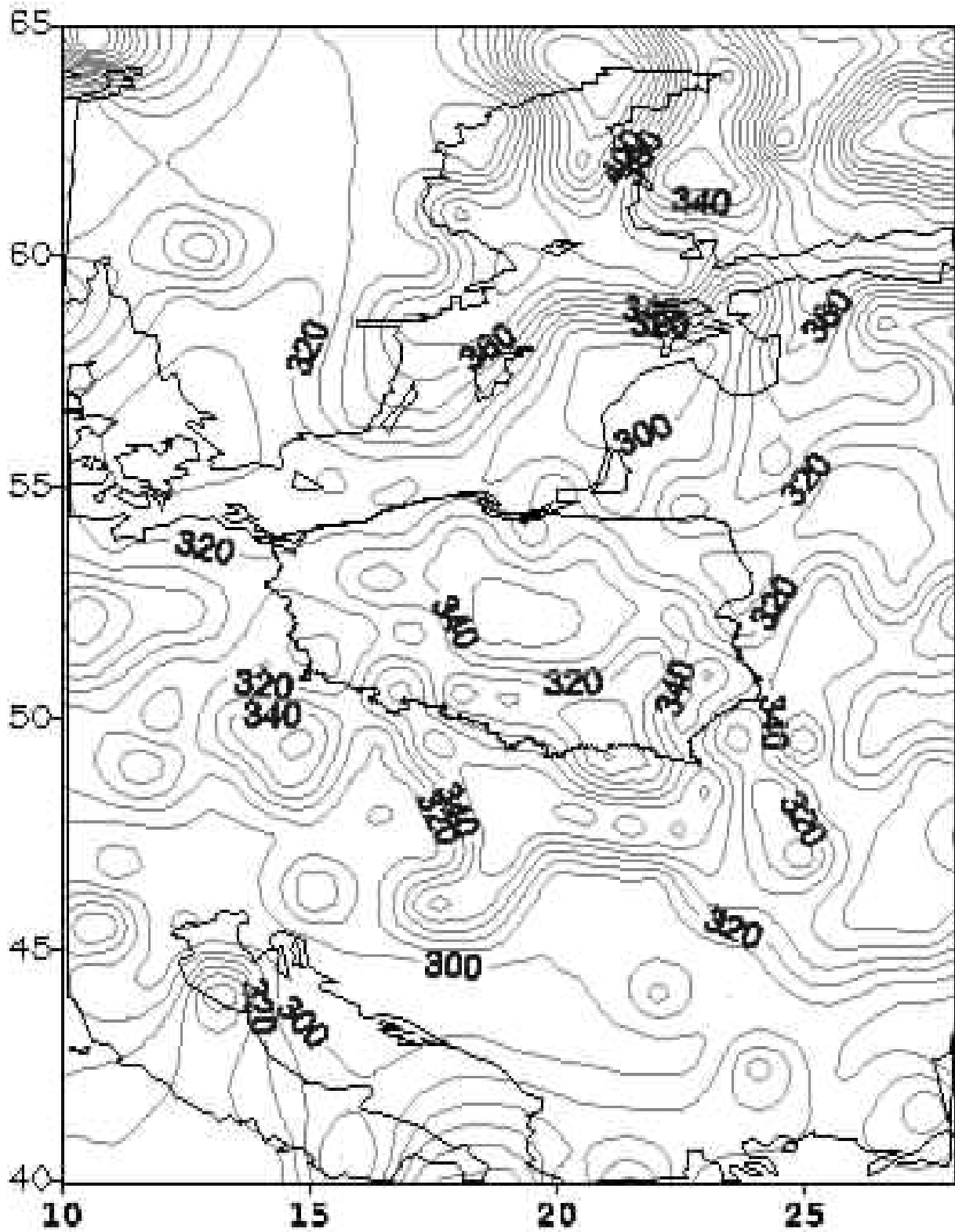
Calkowita zawartosc ozonu [D]

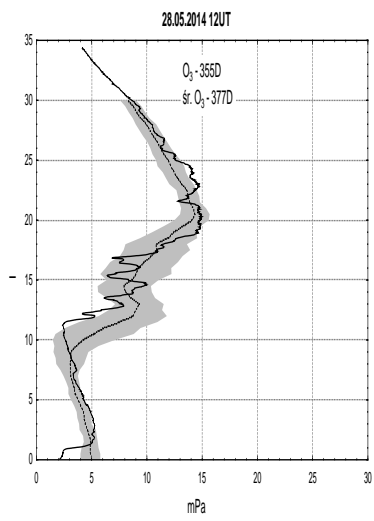
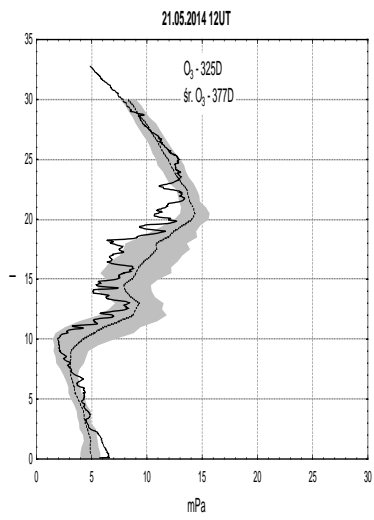
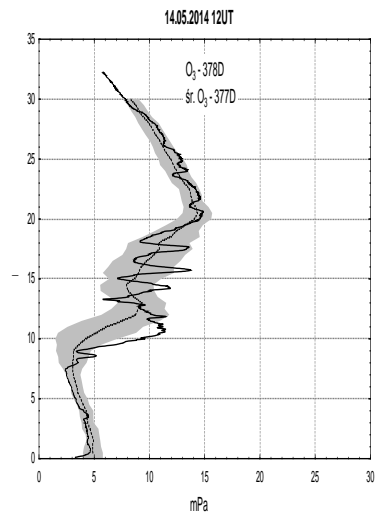
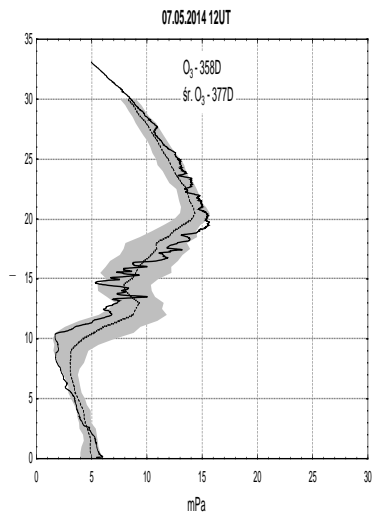
23.04.14 03:08 GMT



Całkowita zawartość ozonu [D]

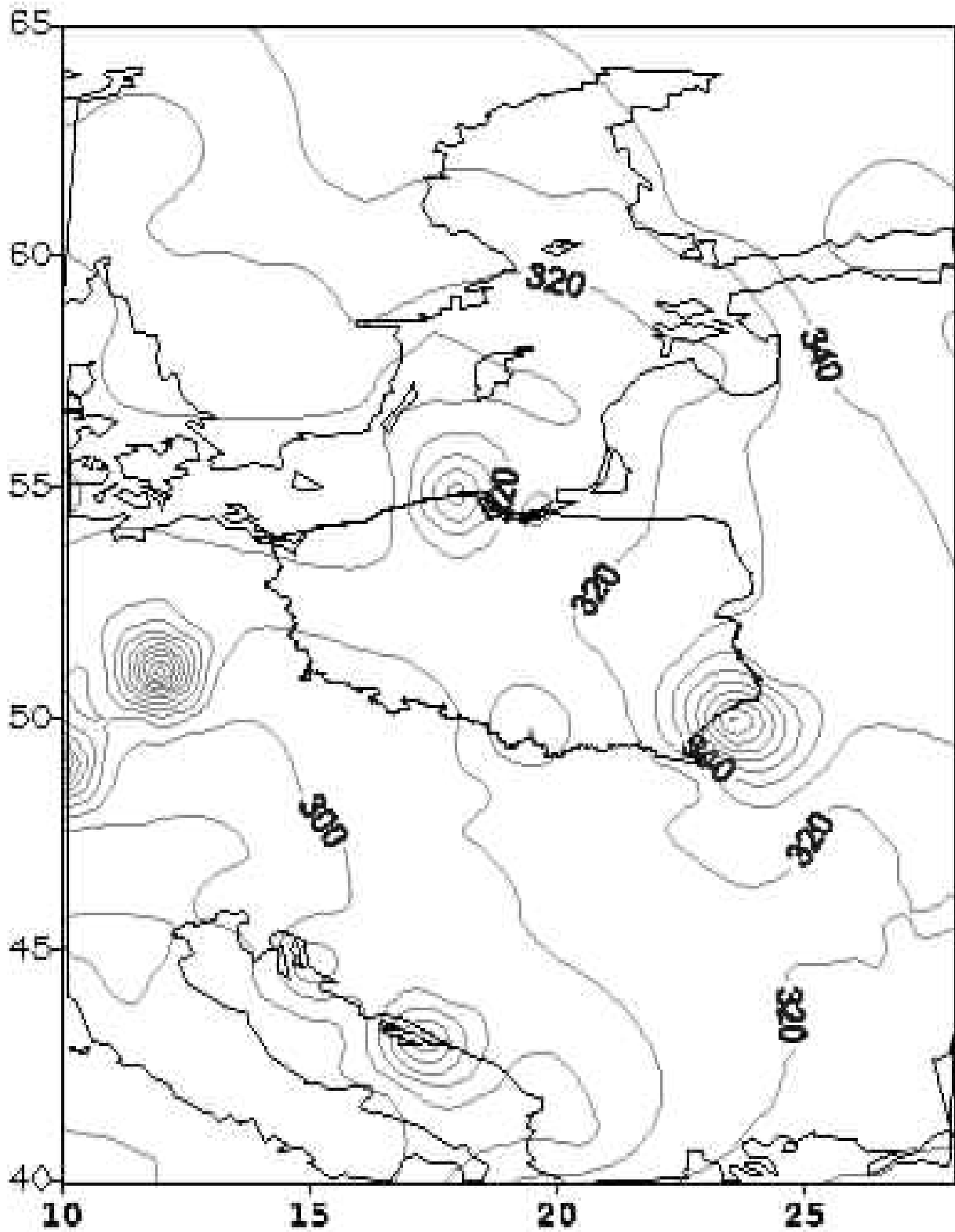
30.04.14 03:30 GMT





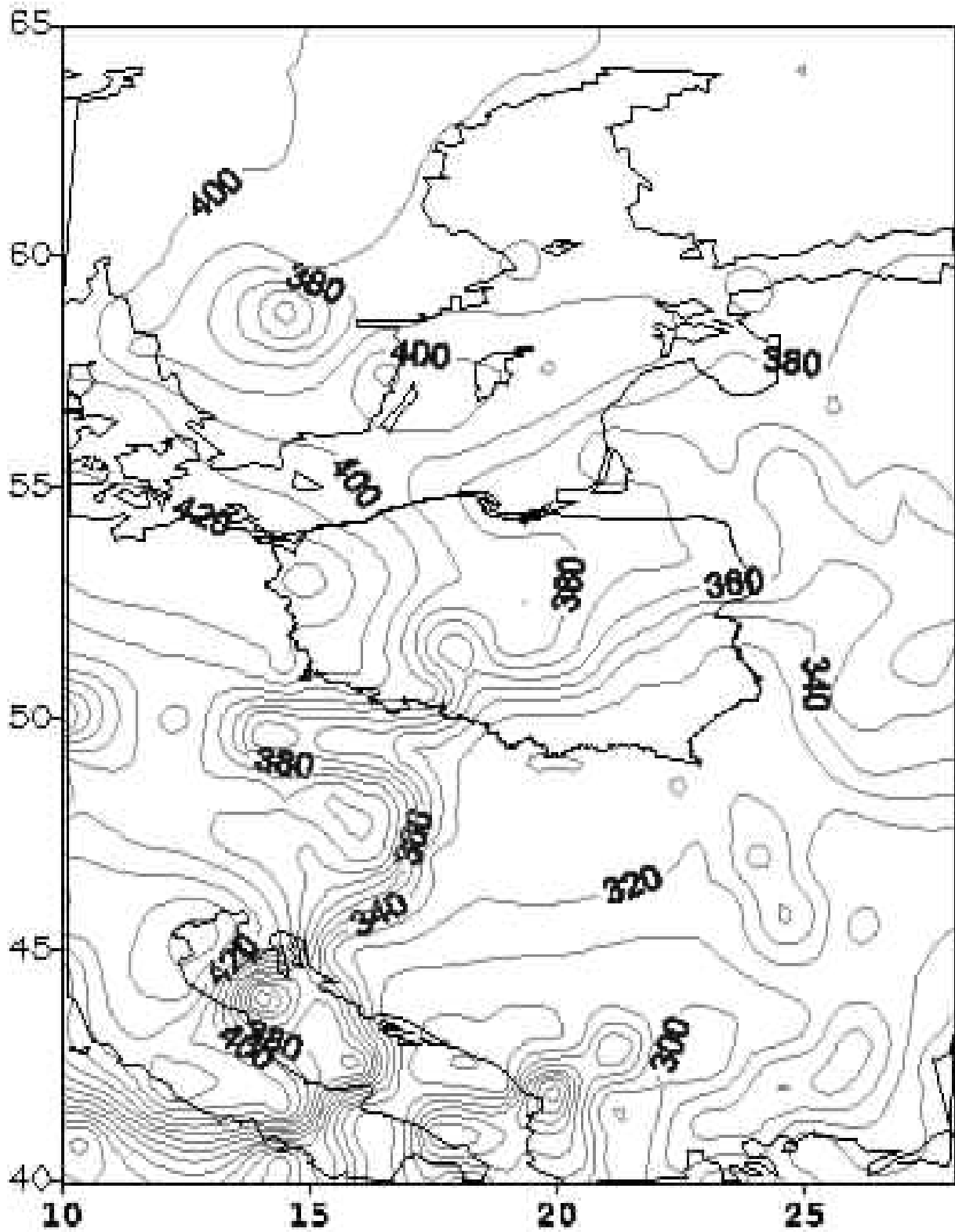
Calkowita zawartosc ozonu [D]

07.05.14 09:29 GMT



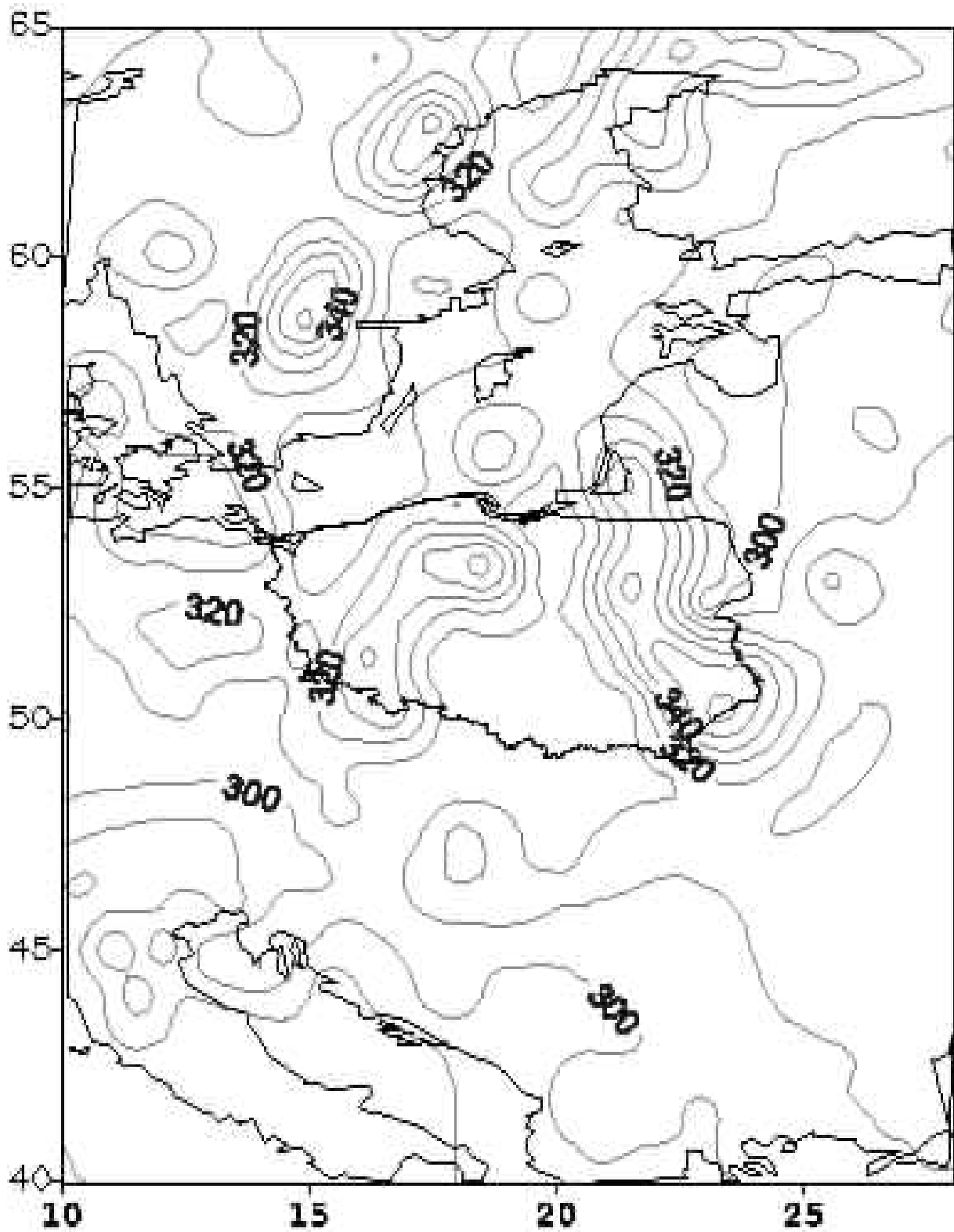
Calkowita zawartosc ozonu [D]

14.05.14 08:48 GMT



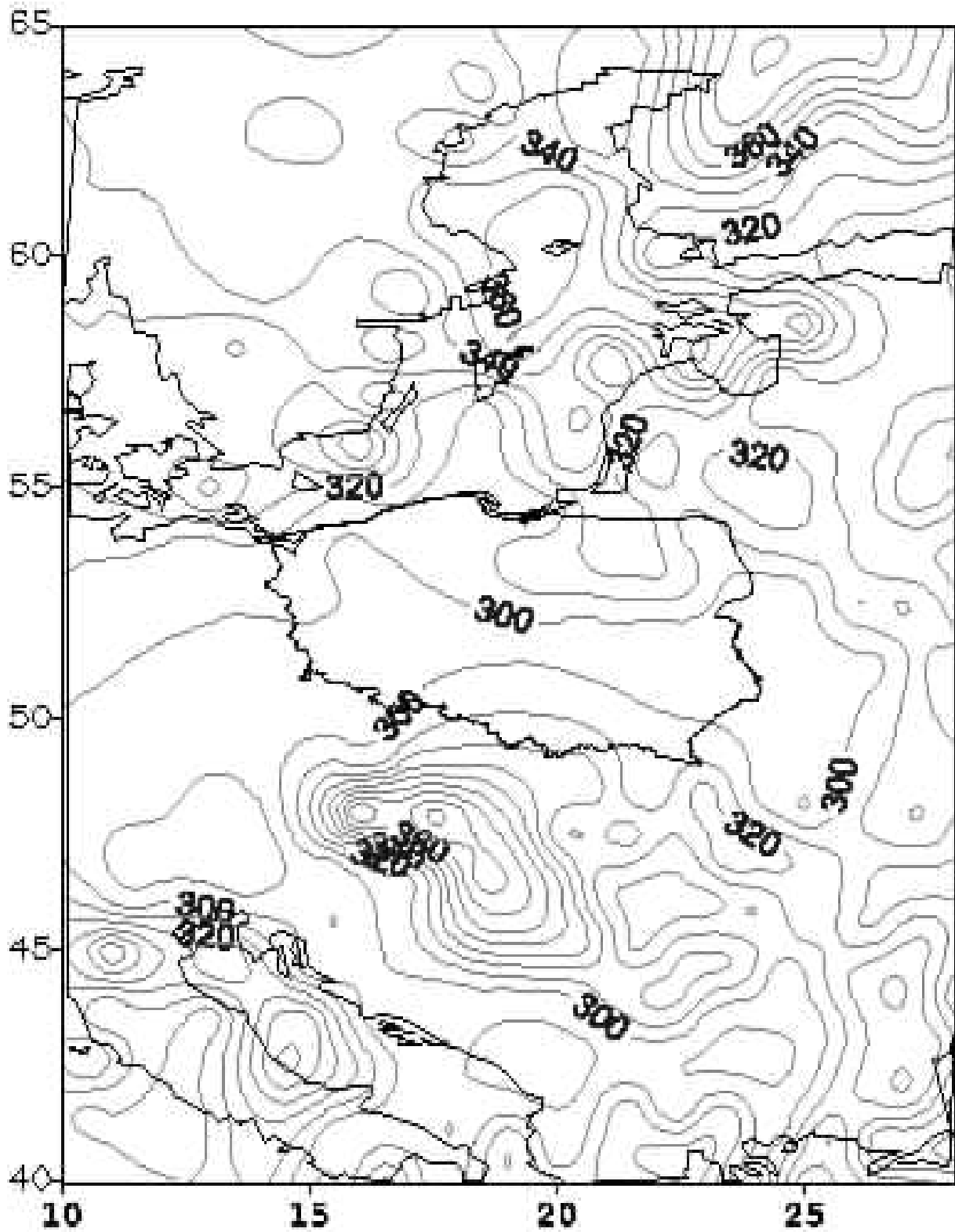
Całkowita zawartość ozonu [D]

21.05.14 01:41 GMT



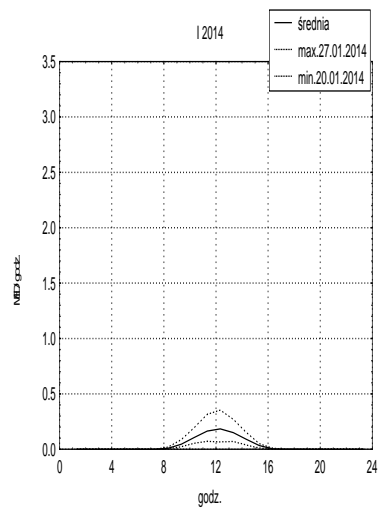
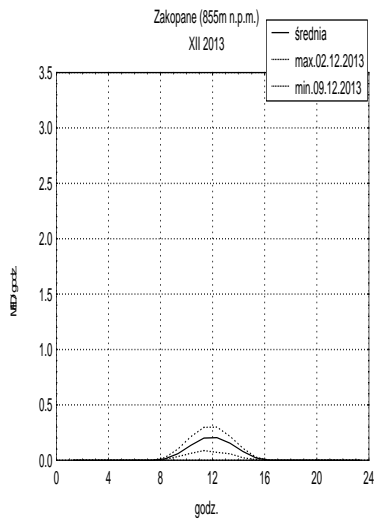
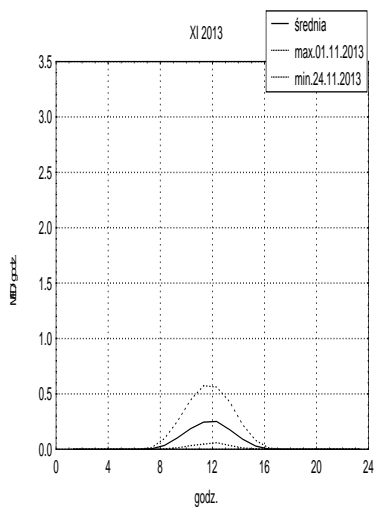
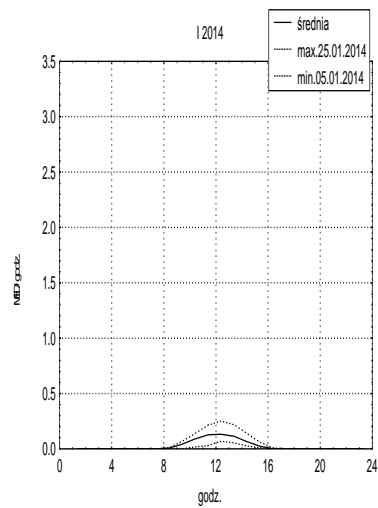
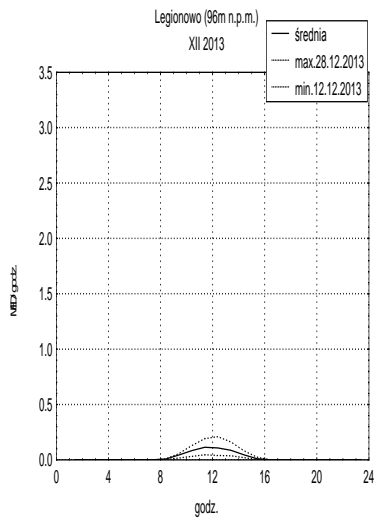
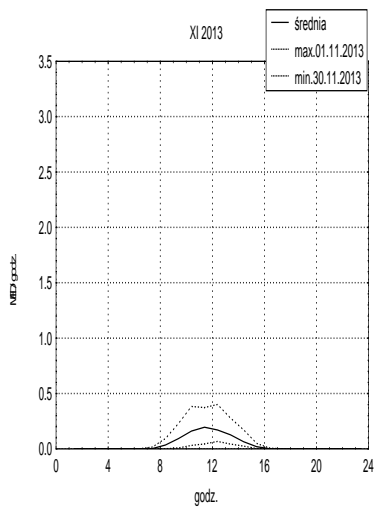
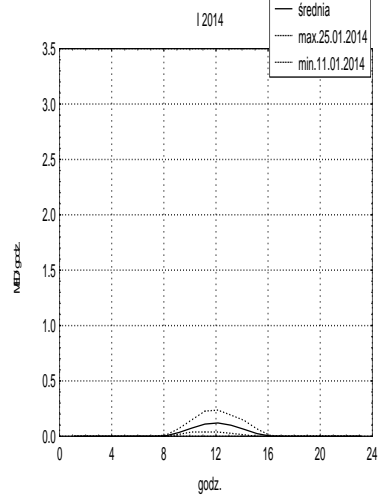
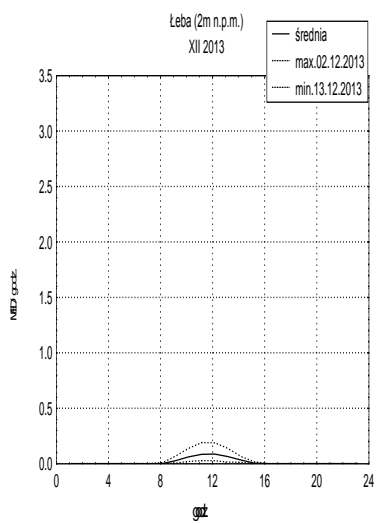
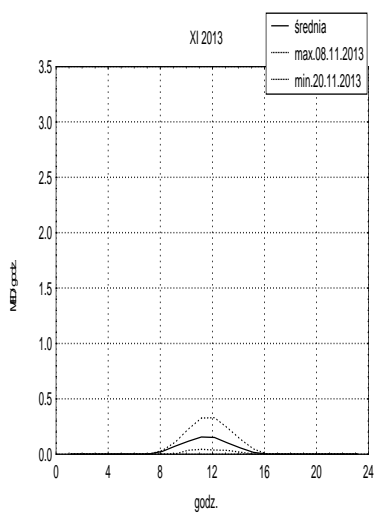
Całkowita zawartość ozonu [D]

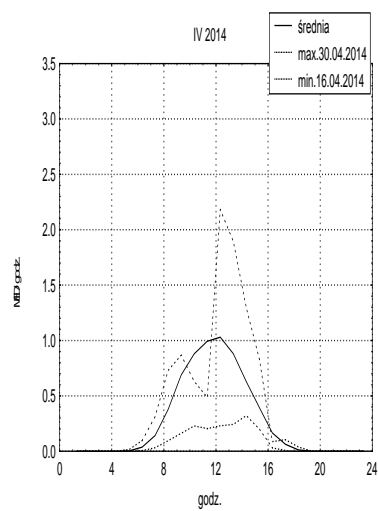
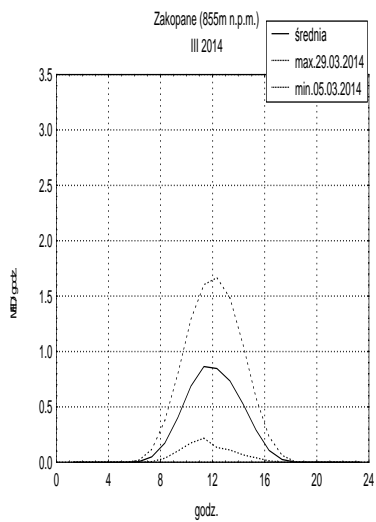
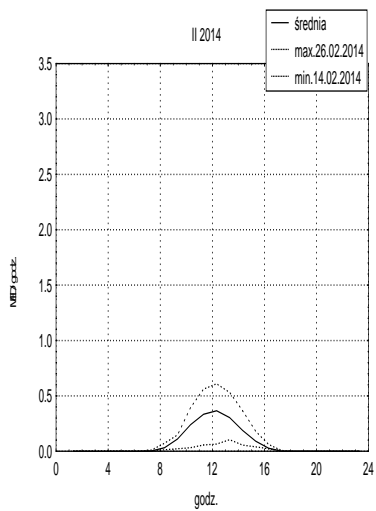
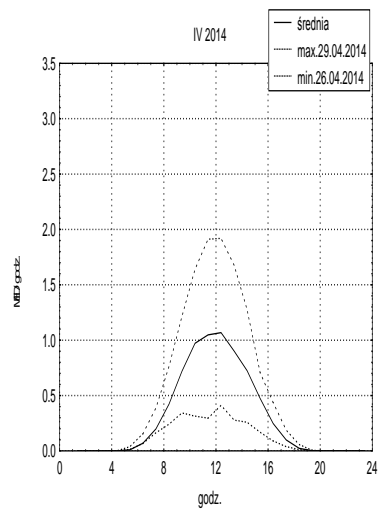
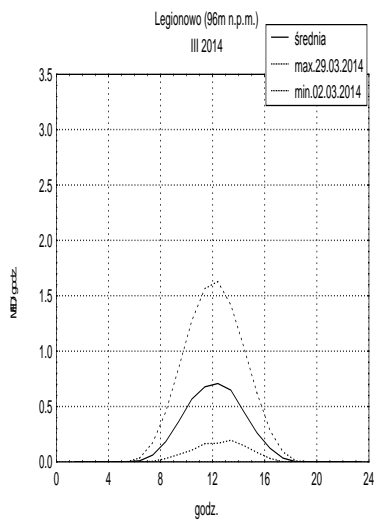
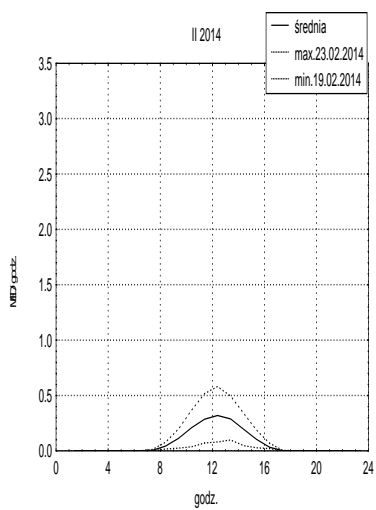
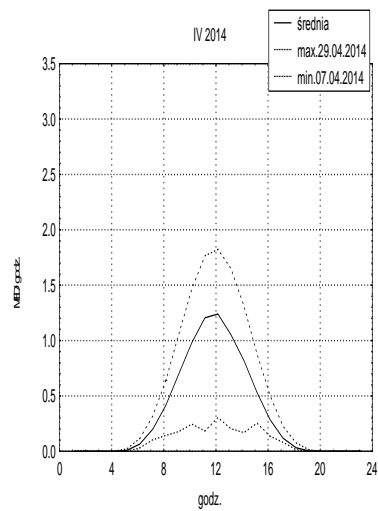
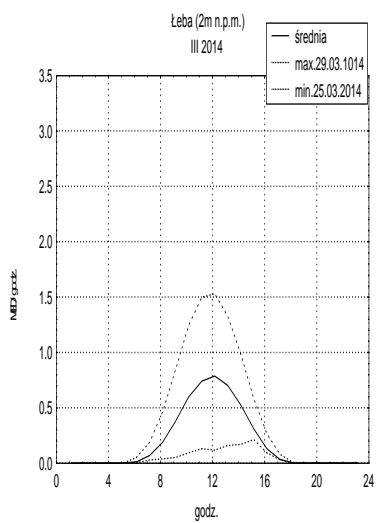
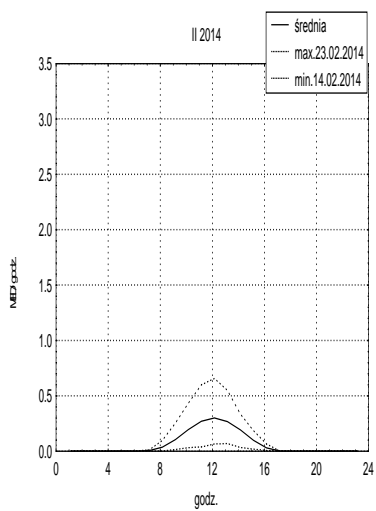
28.05.14 03:15 GMT

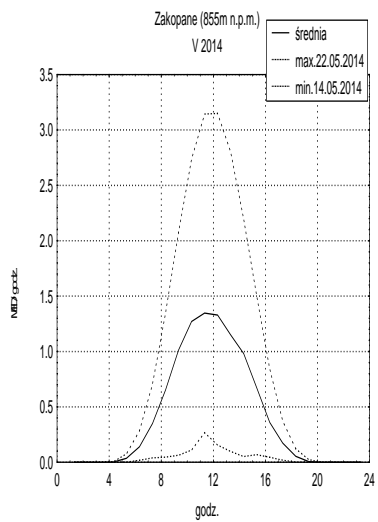
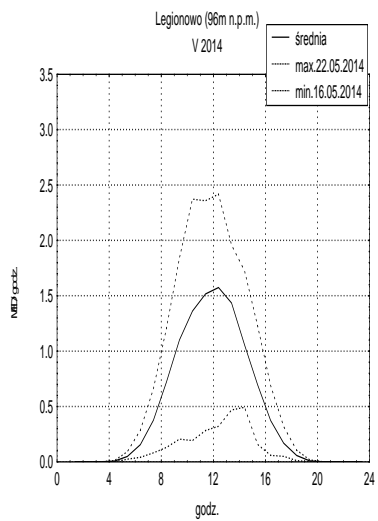
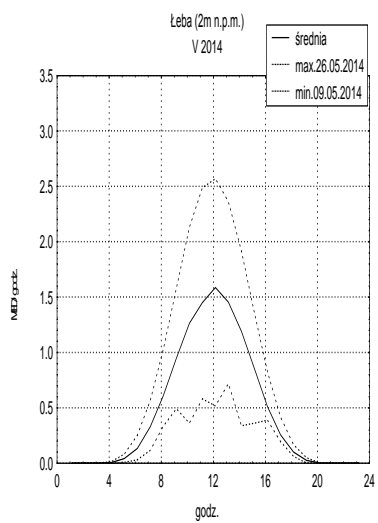


ZALĄCZNIK 3

**DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY
LISTOPAD 2013 R. – MAJ 2014 R.
(ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).**

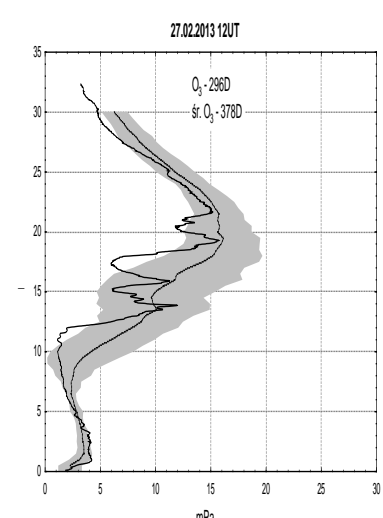
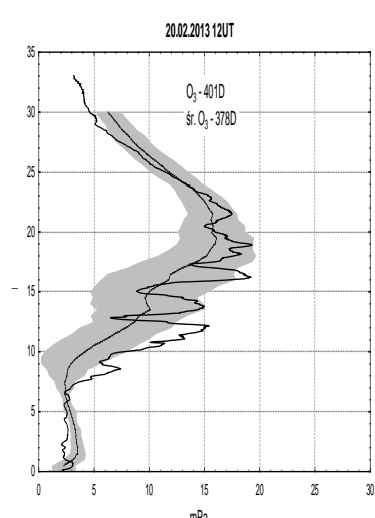
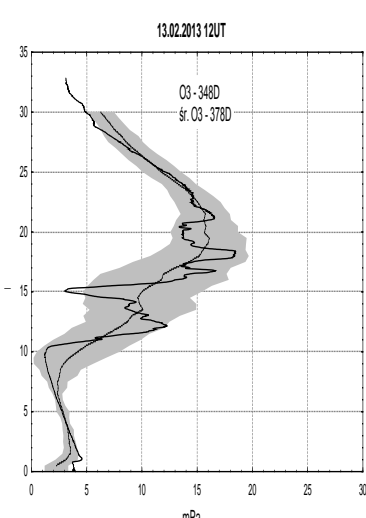
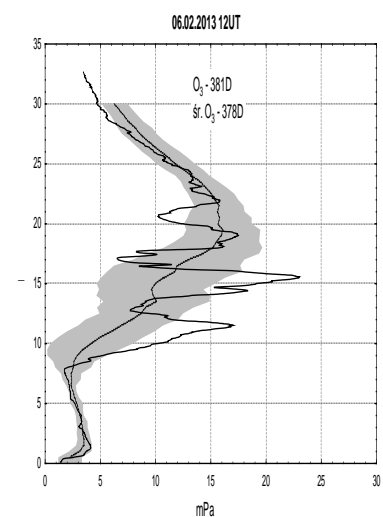
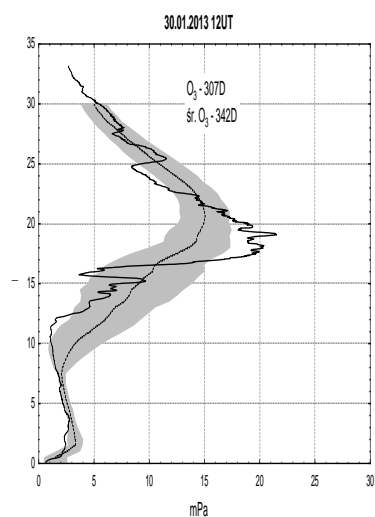
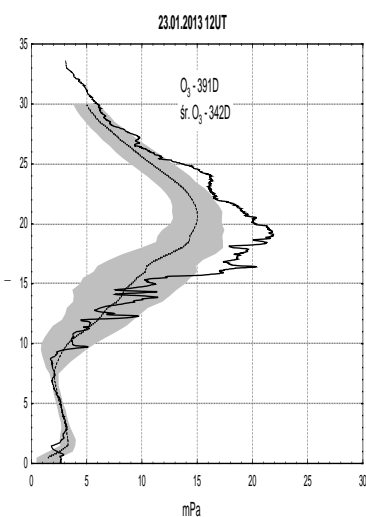
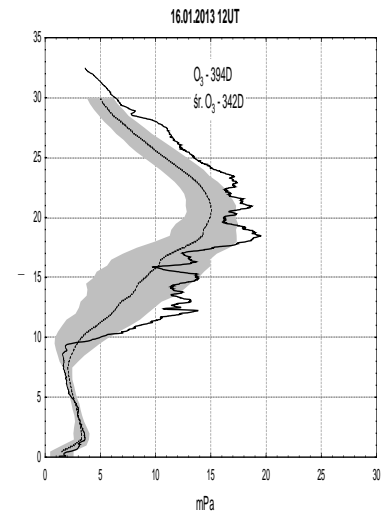
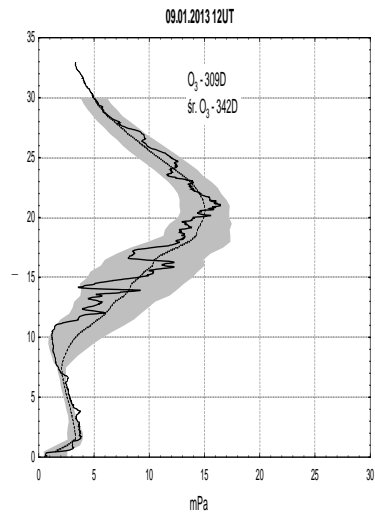
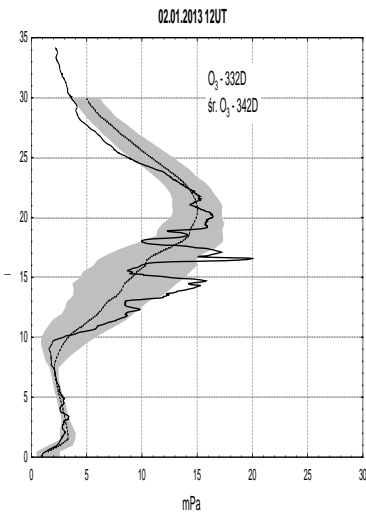






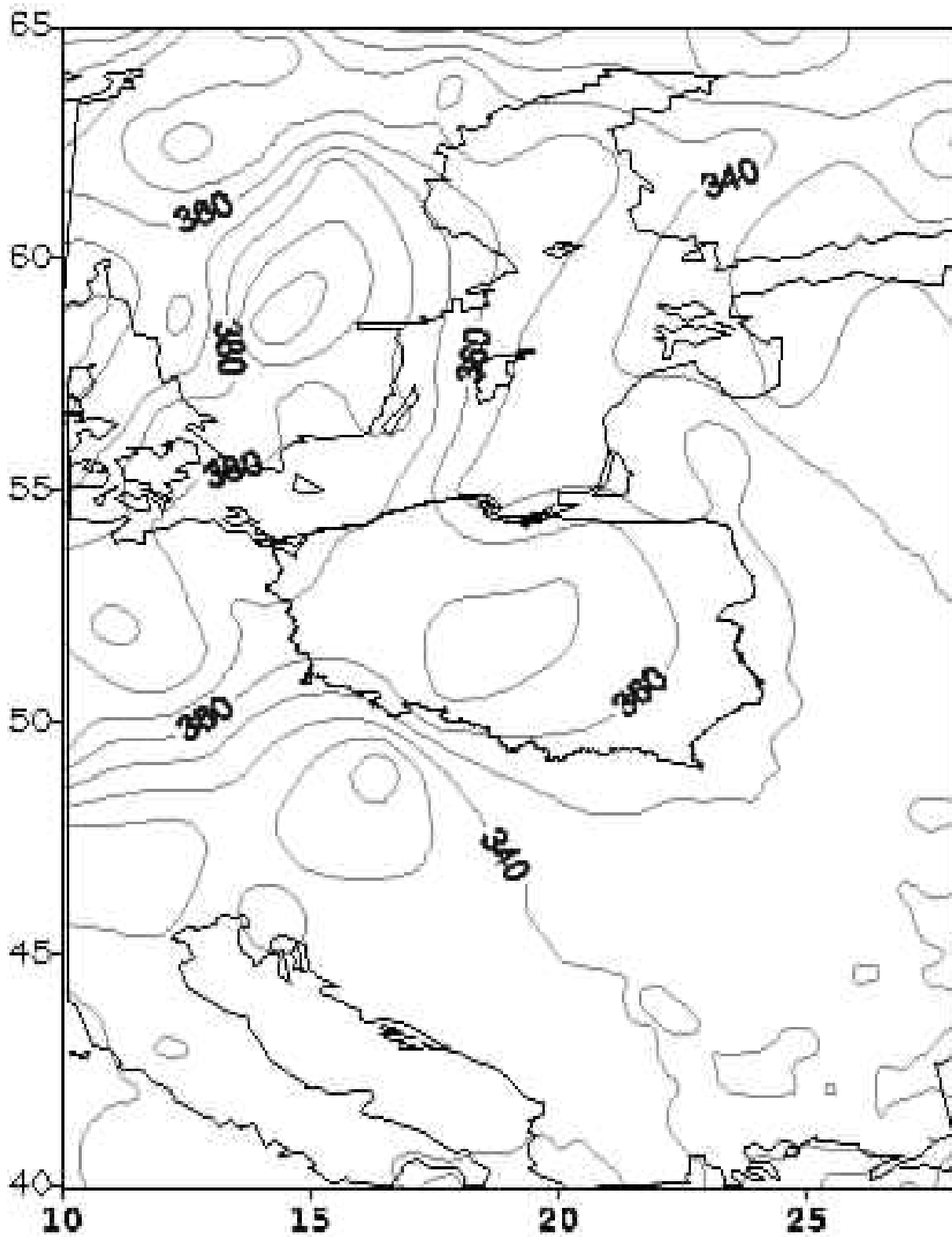
ZAŁĄCZNIK 4

**PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE 1.01 DO 31.12.2013 R. I ODPOWIADAJĄCE IM
SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU
W ATMOSFERZE.**



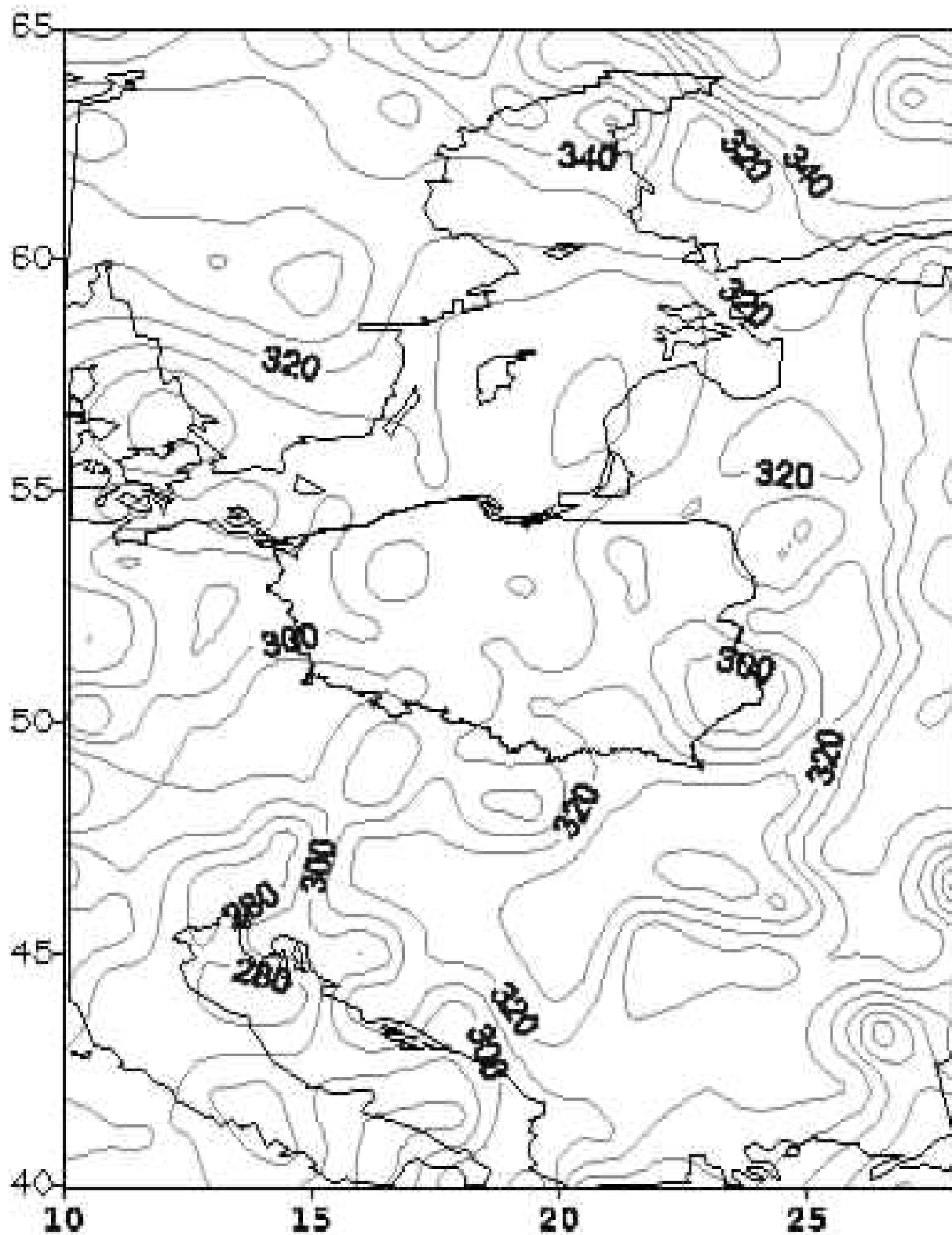
Całkowita zawartość ozonu [D]

02.01.13 02:18 GMT



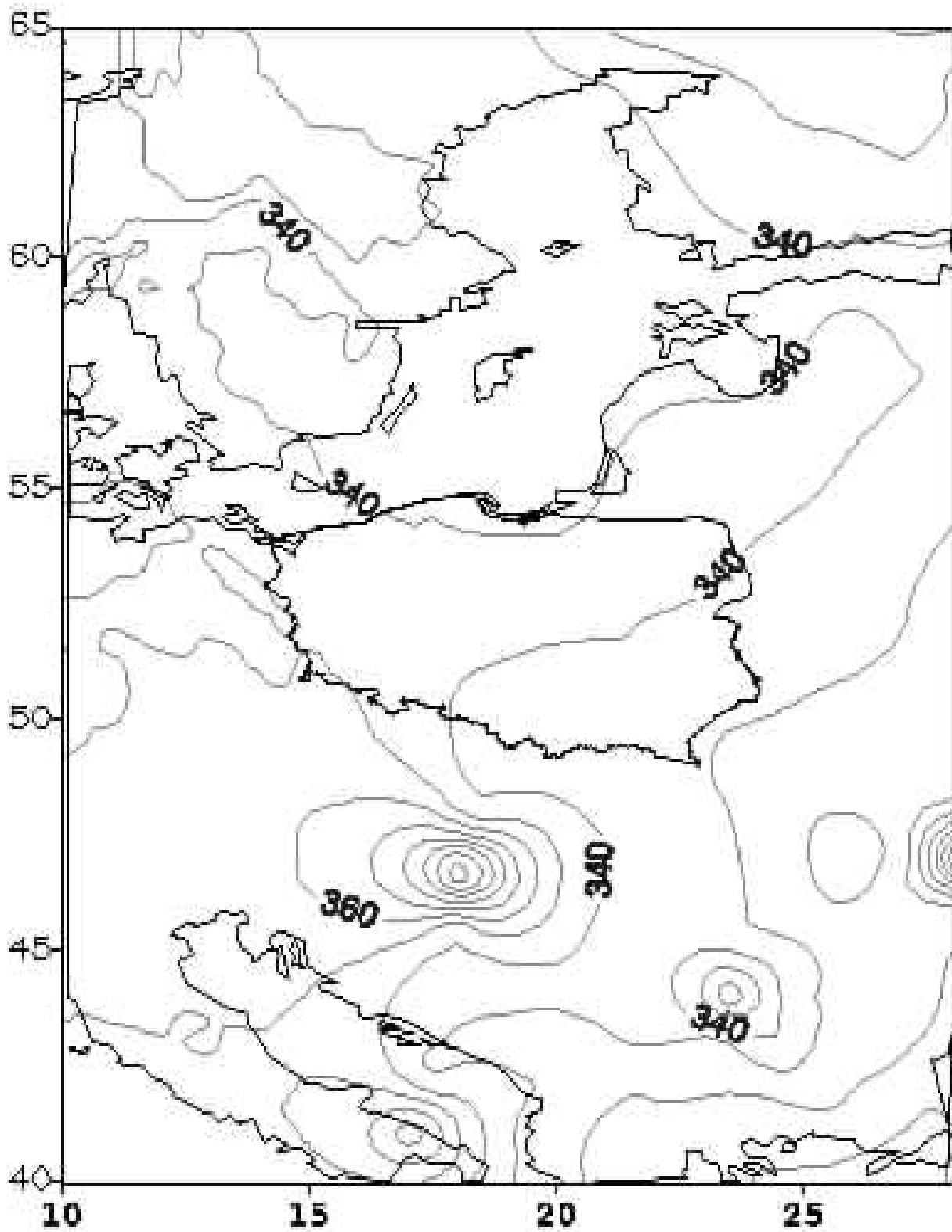
Calkowita zawartosc ozonu [D]

09.01.13 01:00 GMT



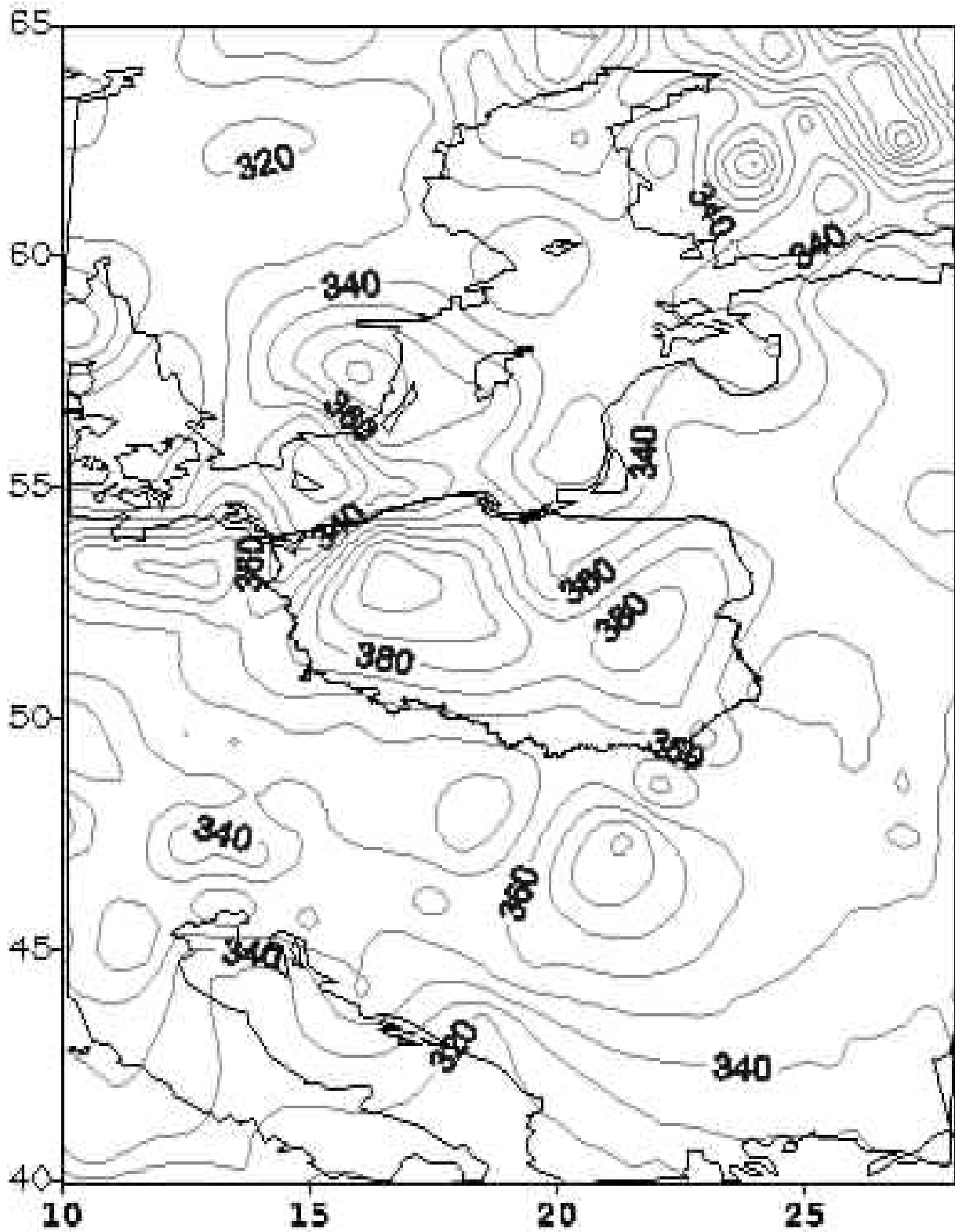
Calkowita zawartosc ozonu [D]

16.01.13 07:24 GMT



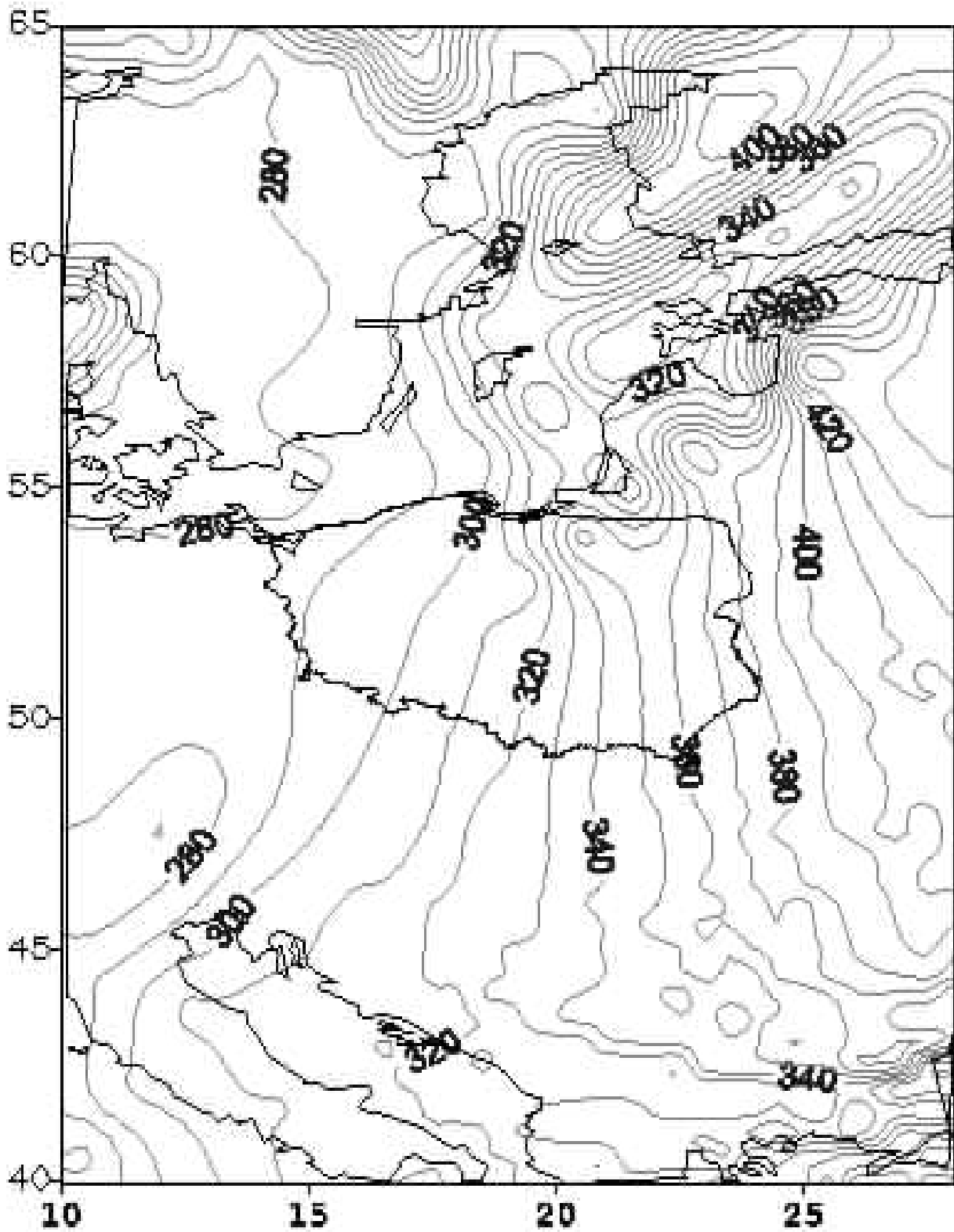
Calkowita zawartosc ozonu [D]

23.01.13 01:52 GMT



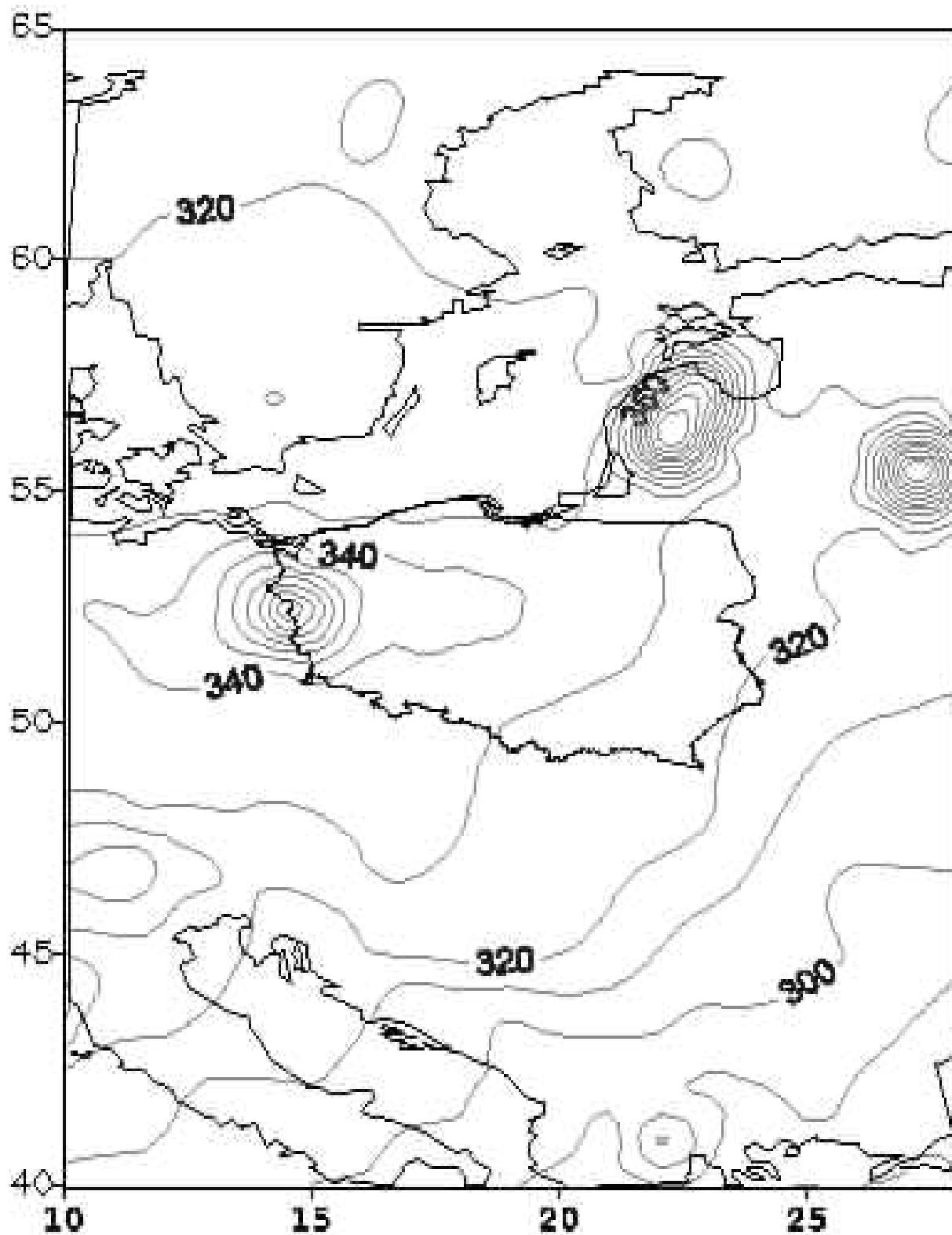
Całkowita zawartość ozonu [D]

30.01.13 02:18 GMT



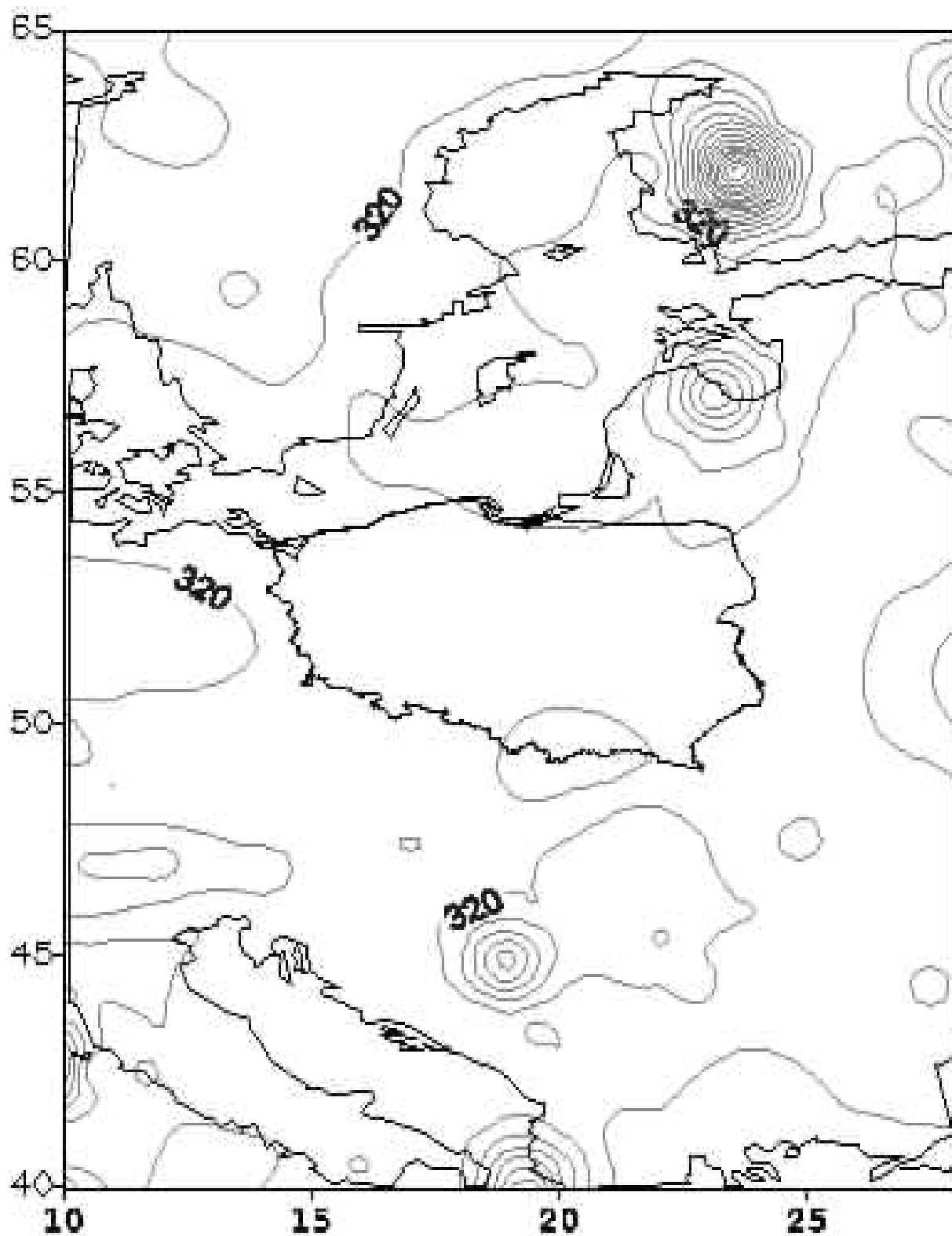
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.02.13 08:11 GMT



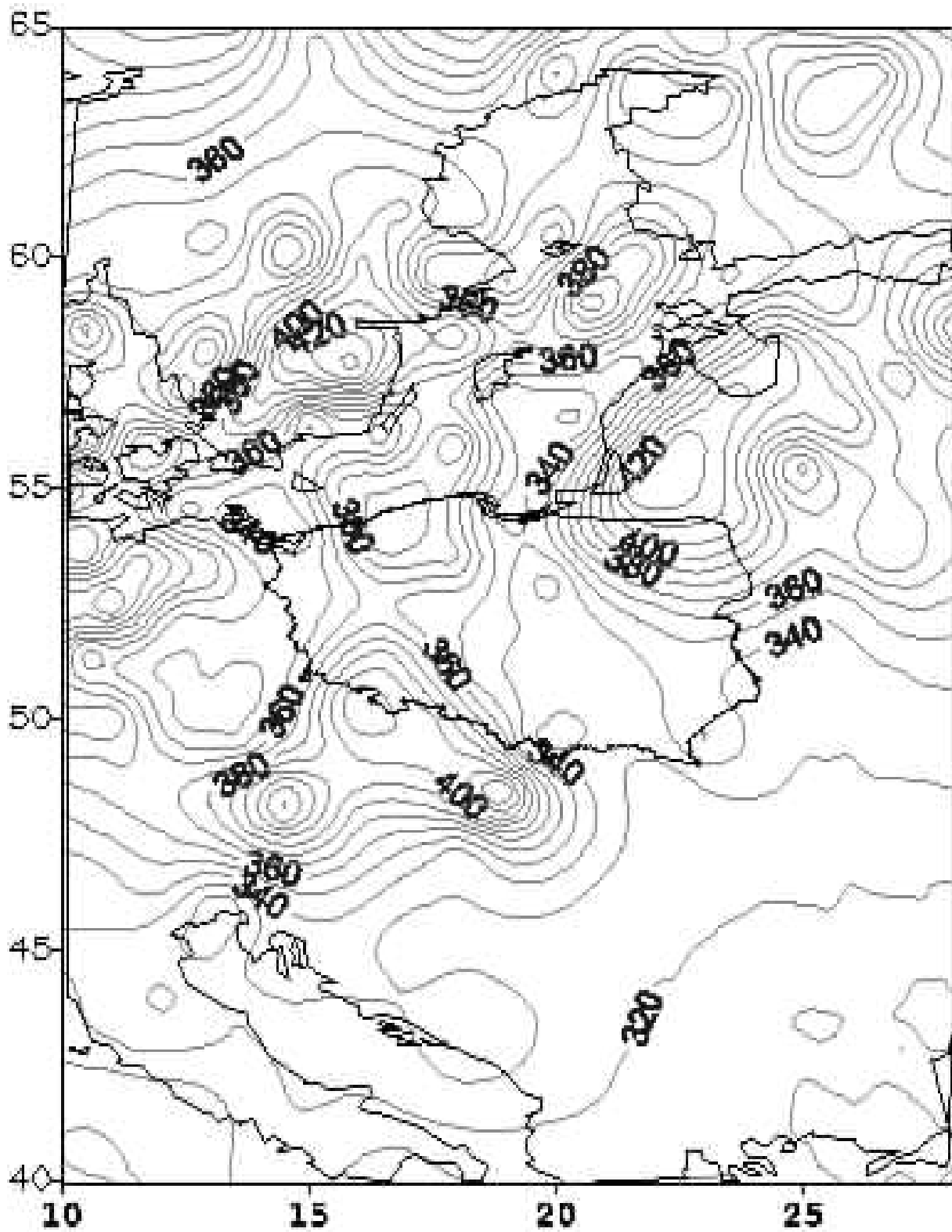
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.02.13 08:27 GMT



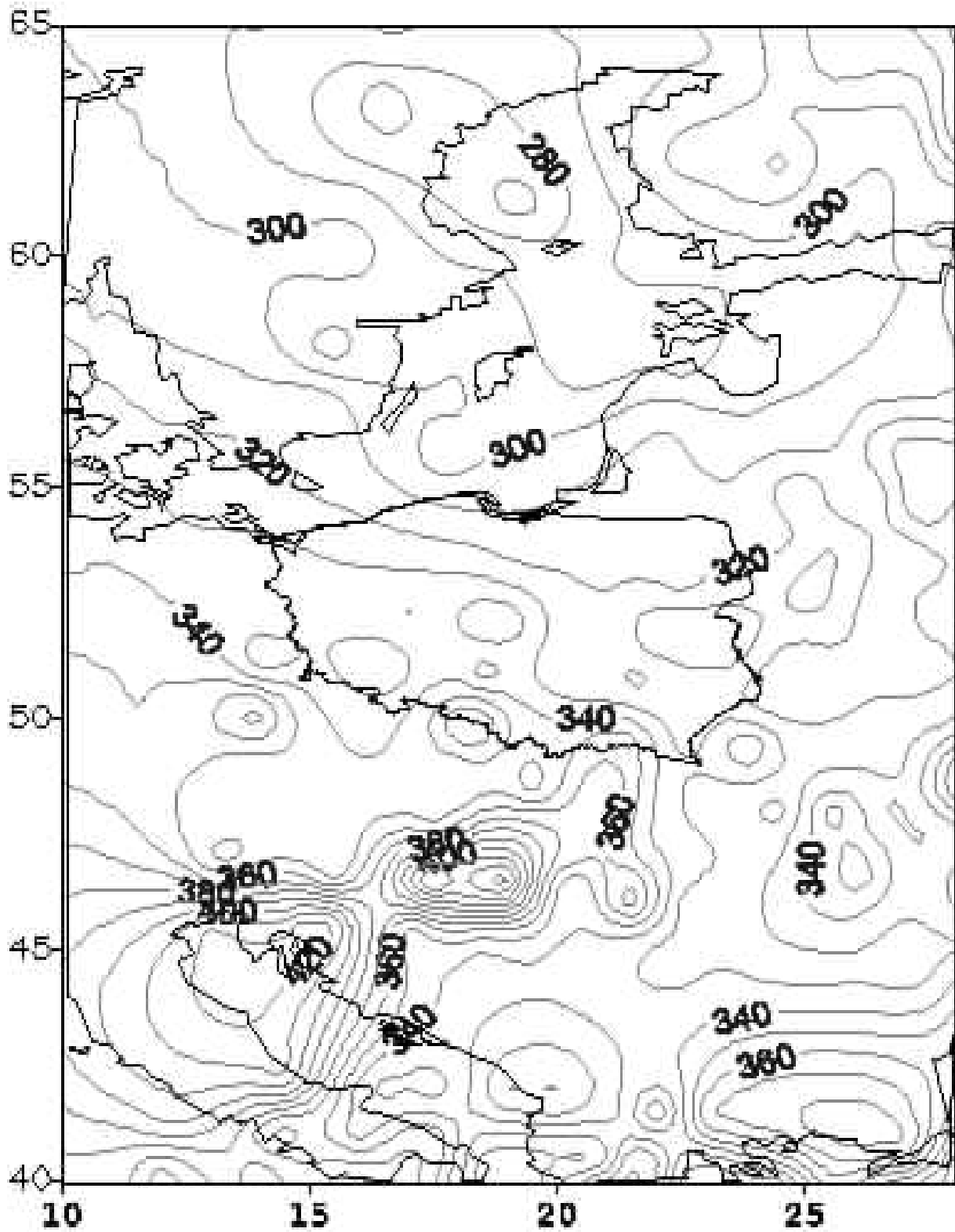
Calkowita zawartosc ozonu [D]

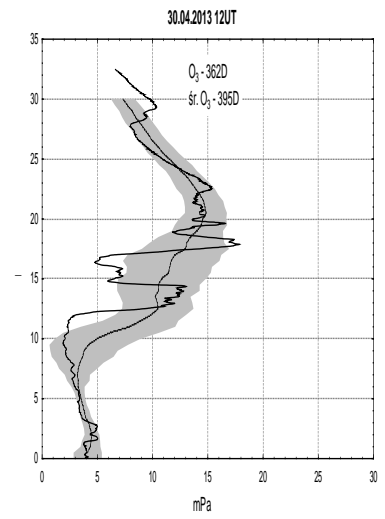
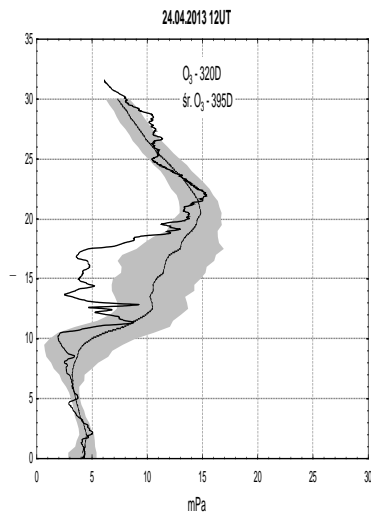
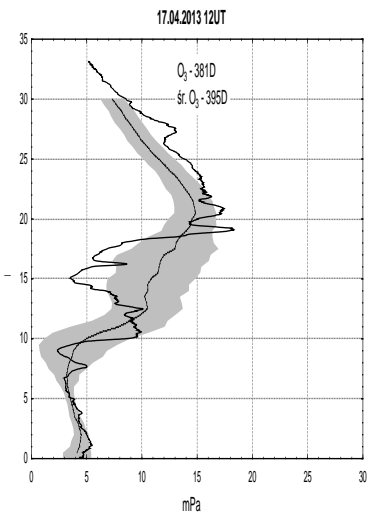
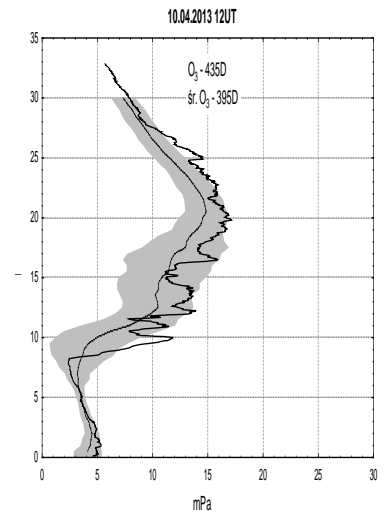
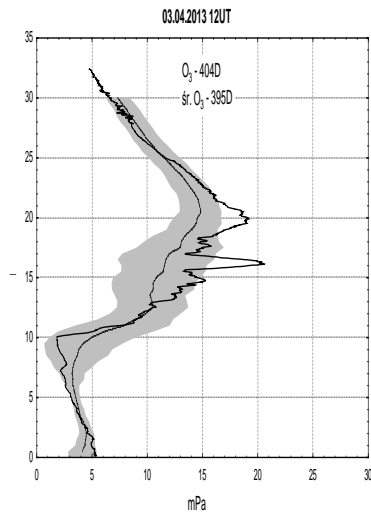
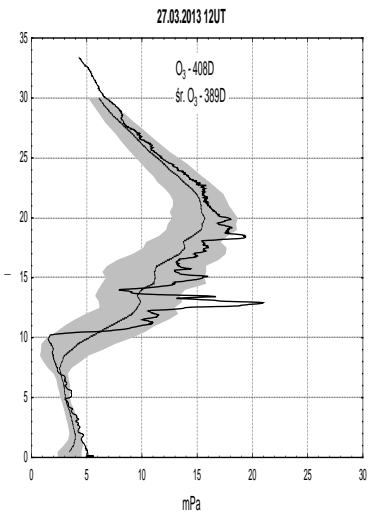
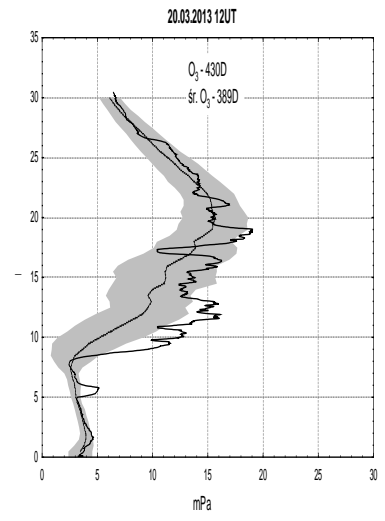
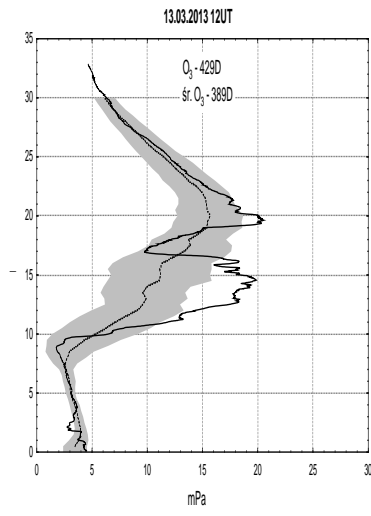
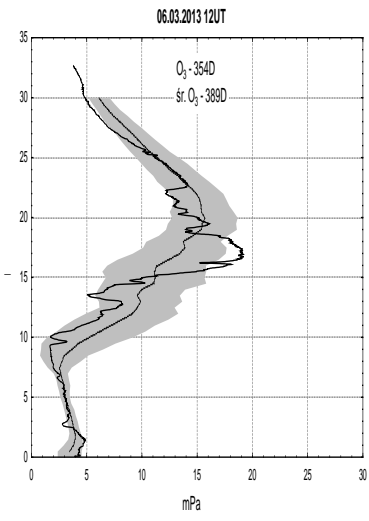
20.02.2013 01:54 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

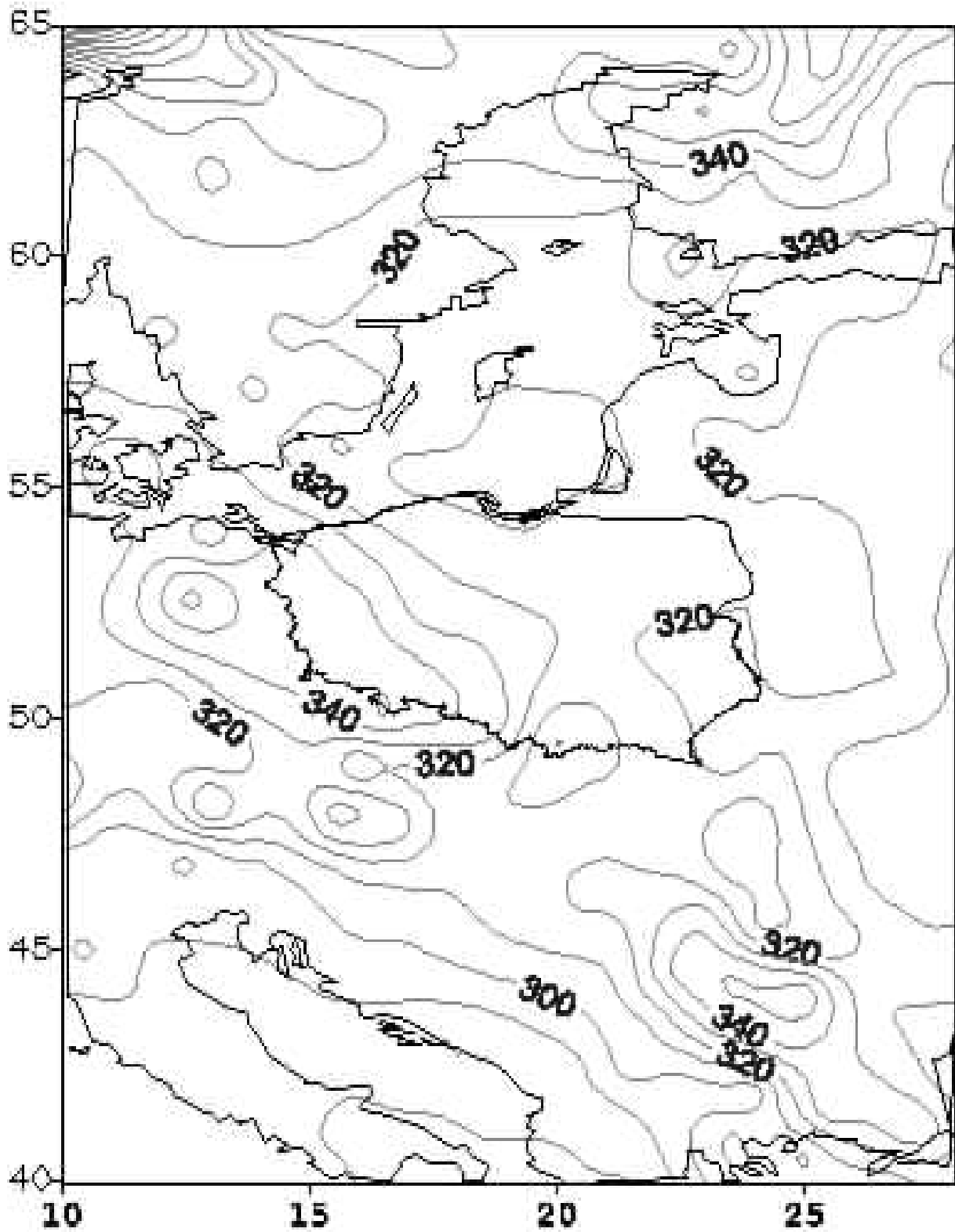
27.02.13 00: 38 GMT





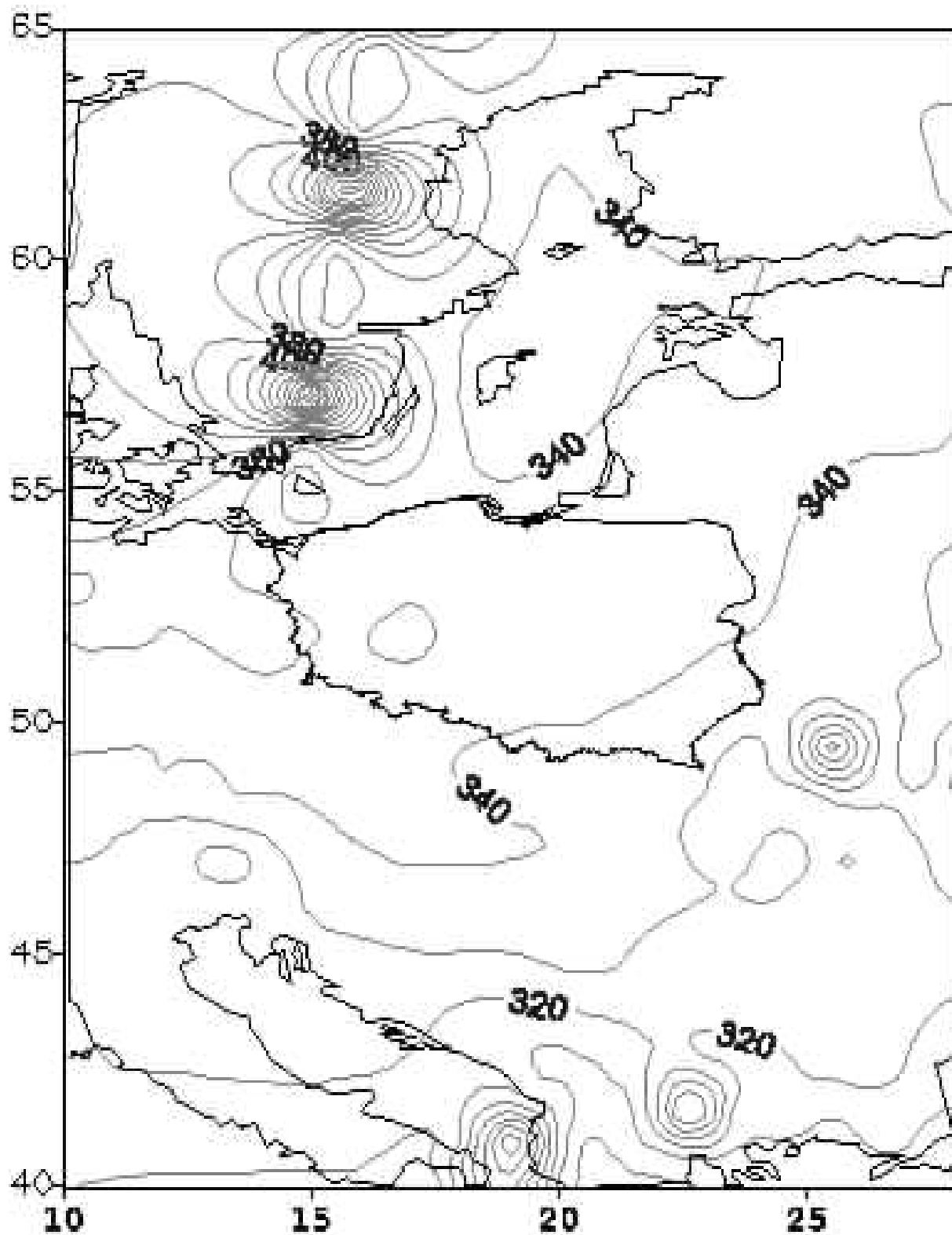
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.03.13 01:03 GMT



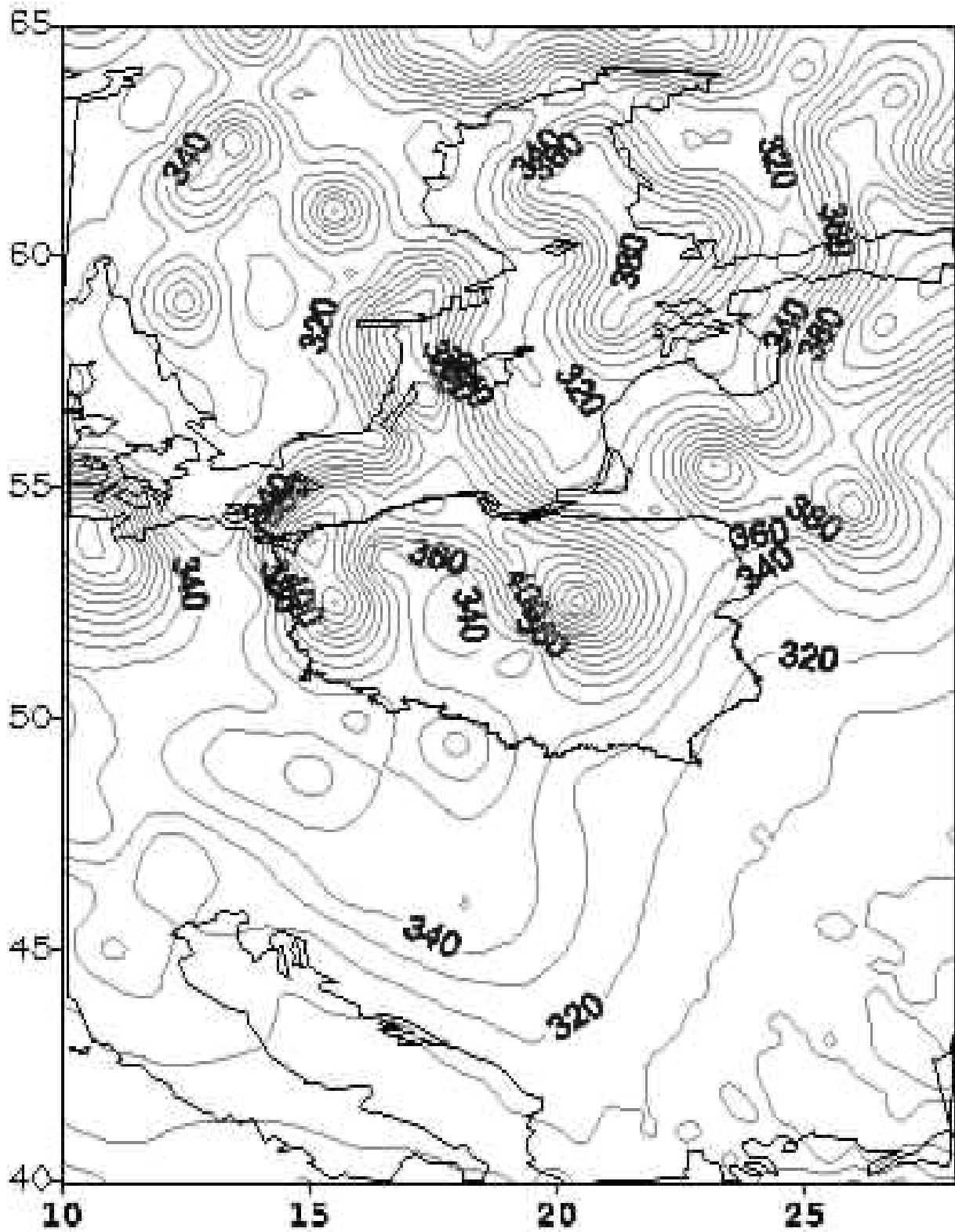
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.03.2013 07:49 GMT



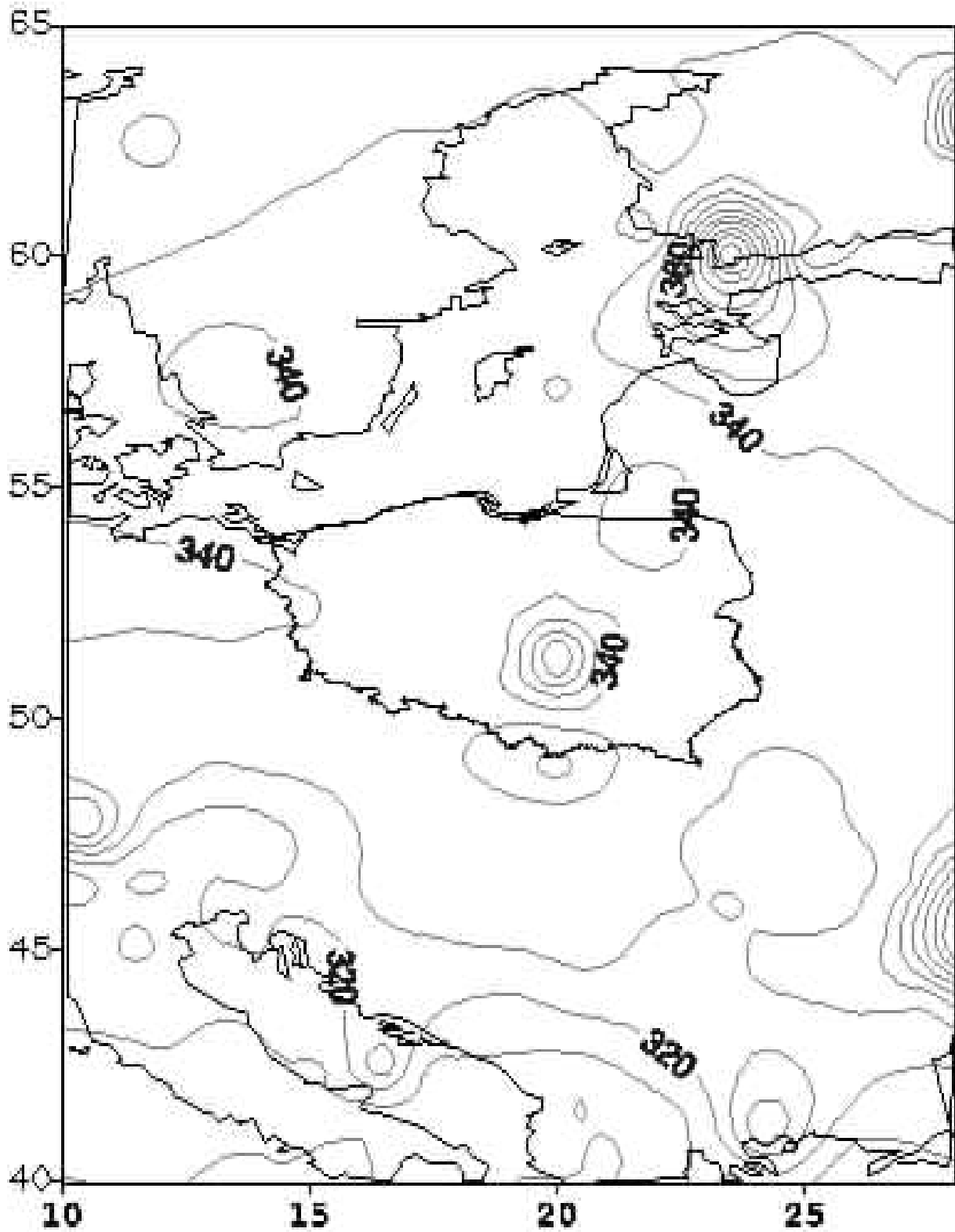
Calkowita zawartosc ozonu [D]

20.03.13 03:38 GMT



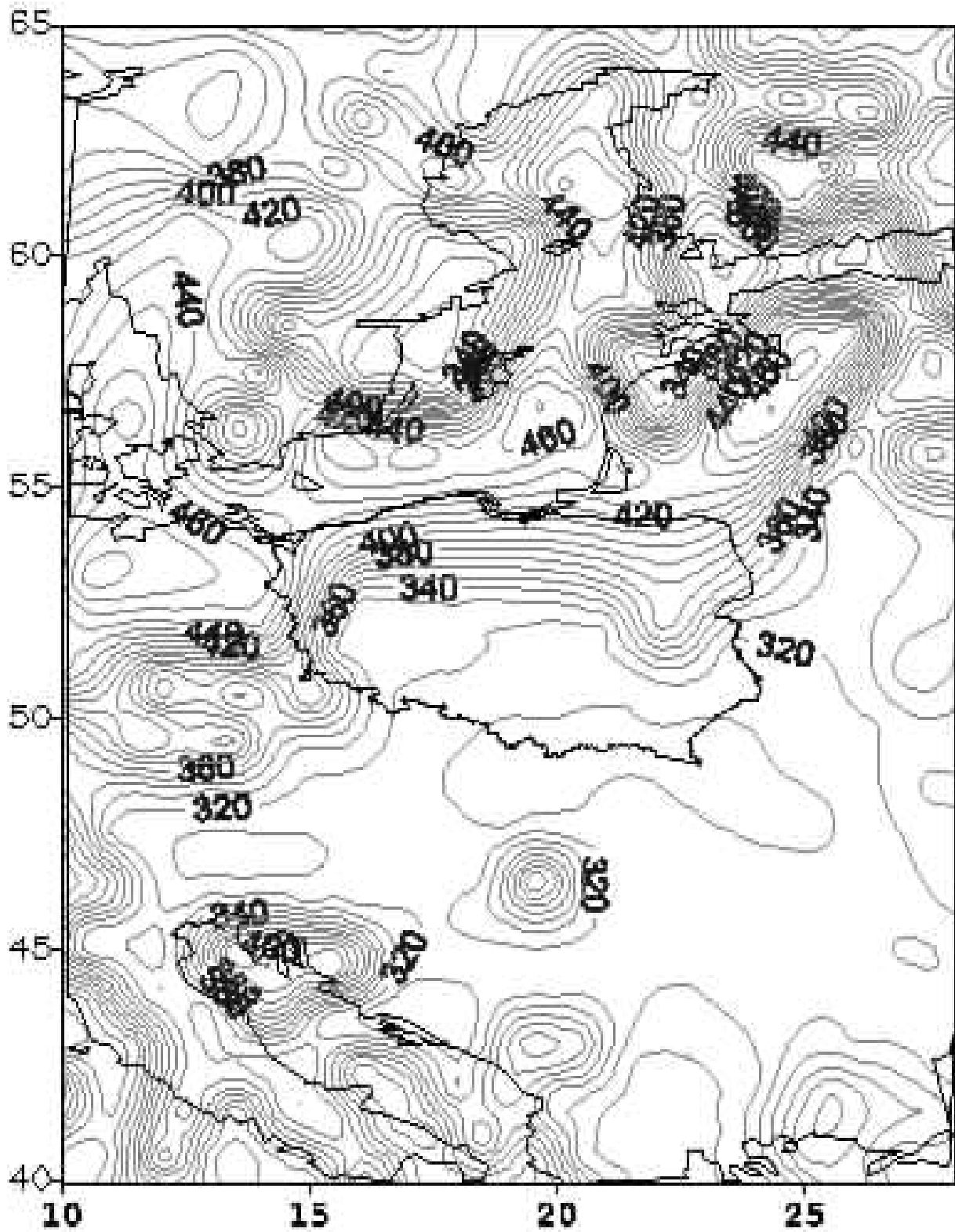
Calkowita zawartosc ozonu [D]

27.03.12 08:19 GMT



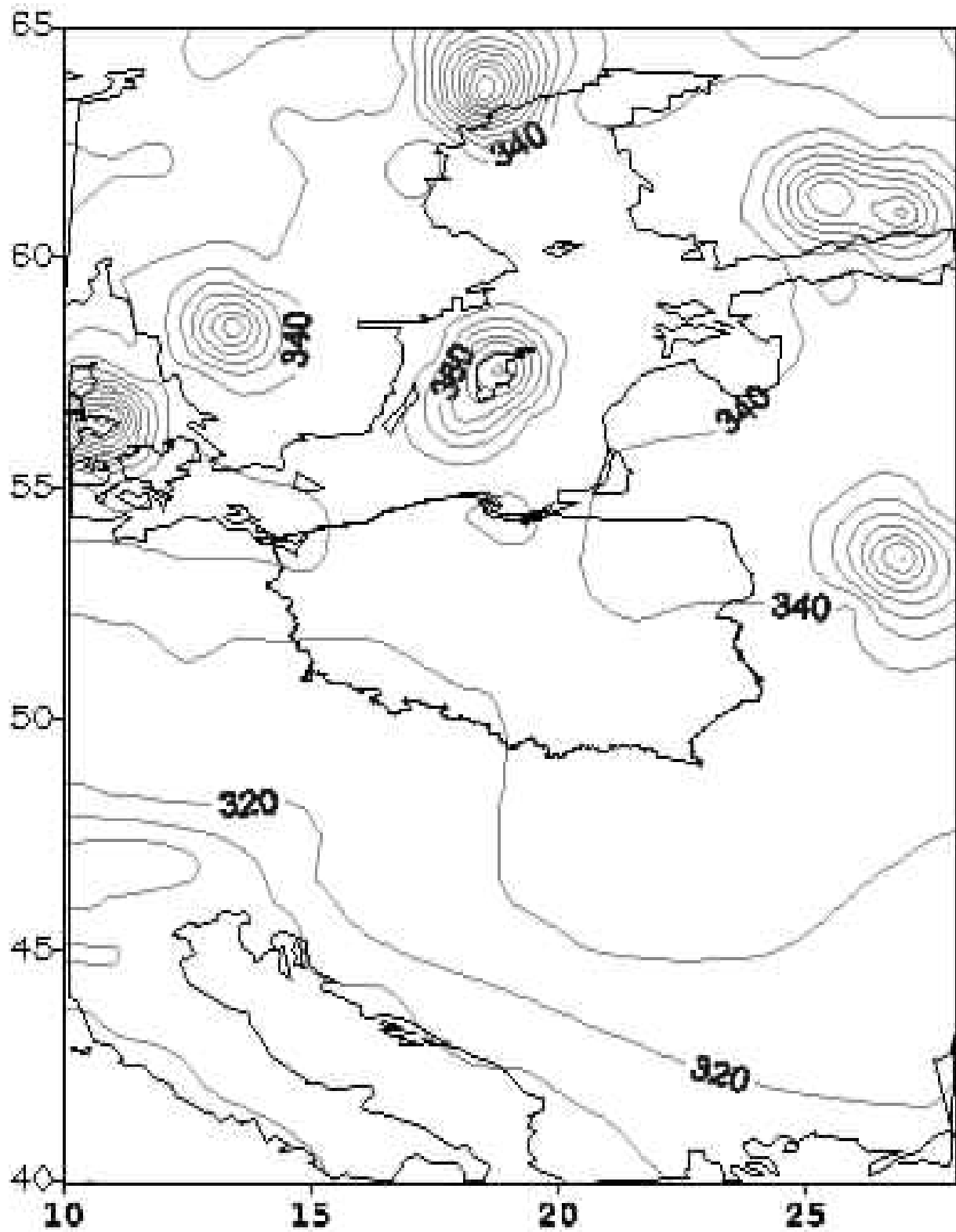
Calkowita zawartosc ozonu [D]

03.04.13 01:04 GMT



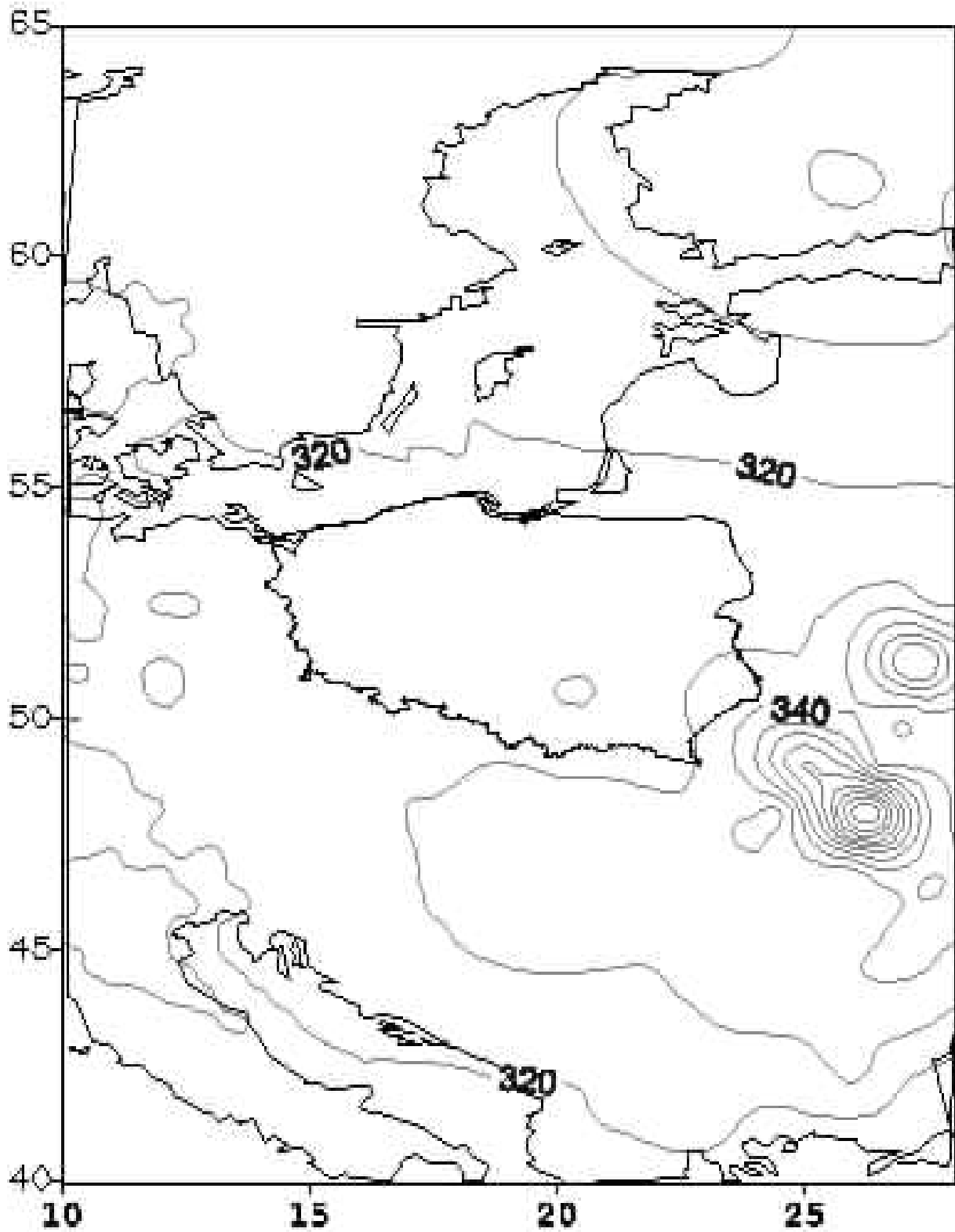
Calkowita zawartosc ozonu [D]

10.04.13 08:51 GMT



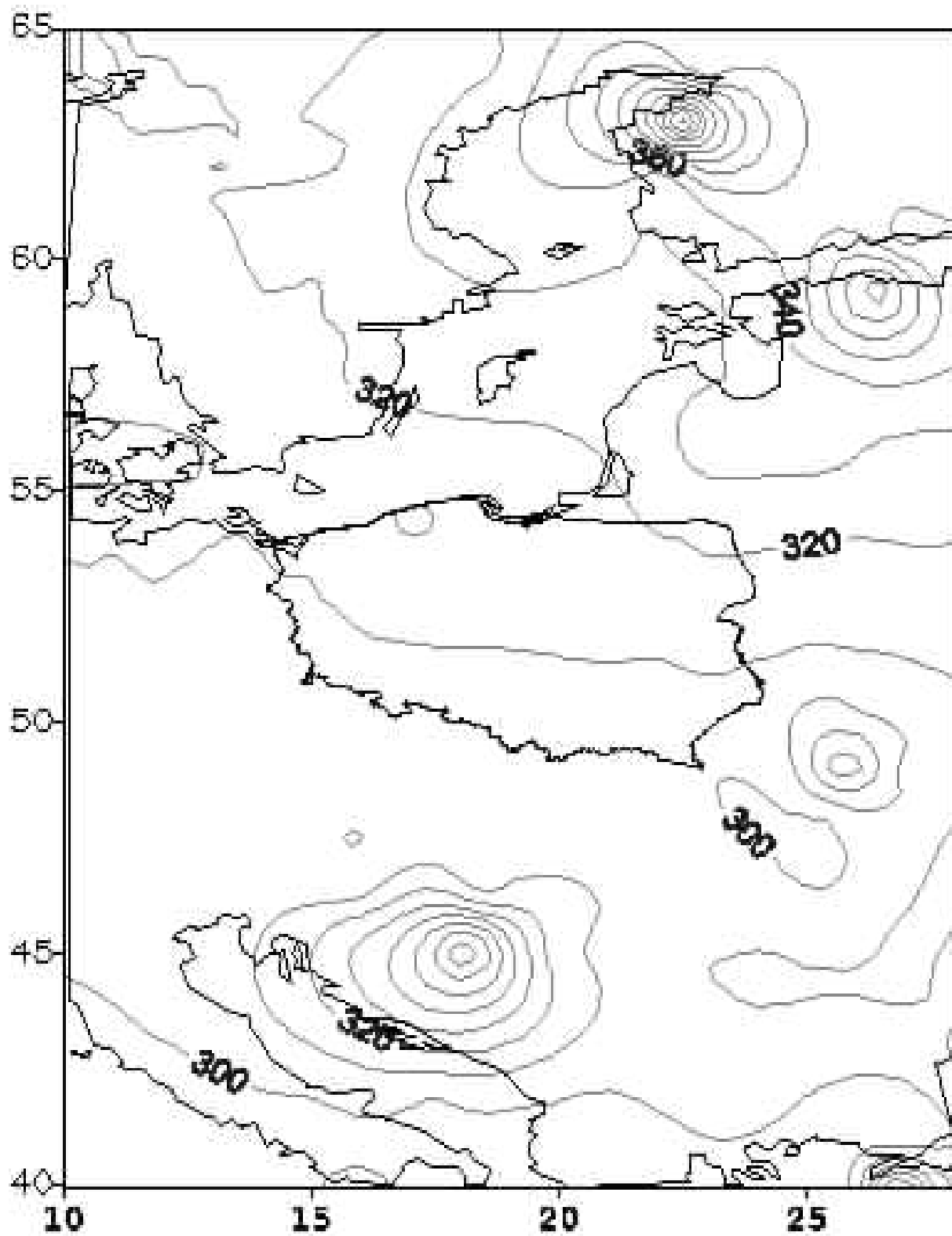
Calkowita zawartosc ozonu [D]

17.04.13 07:28 GMT



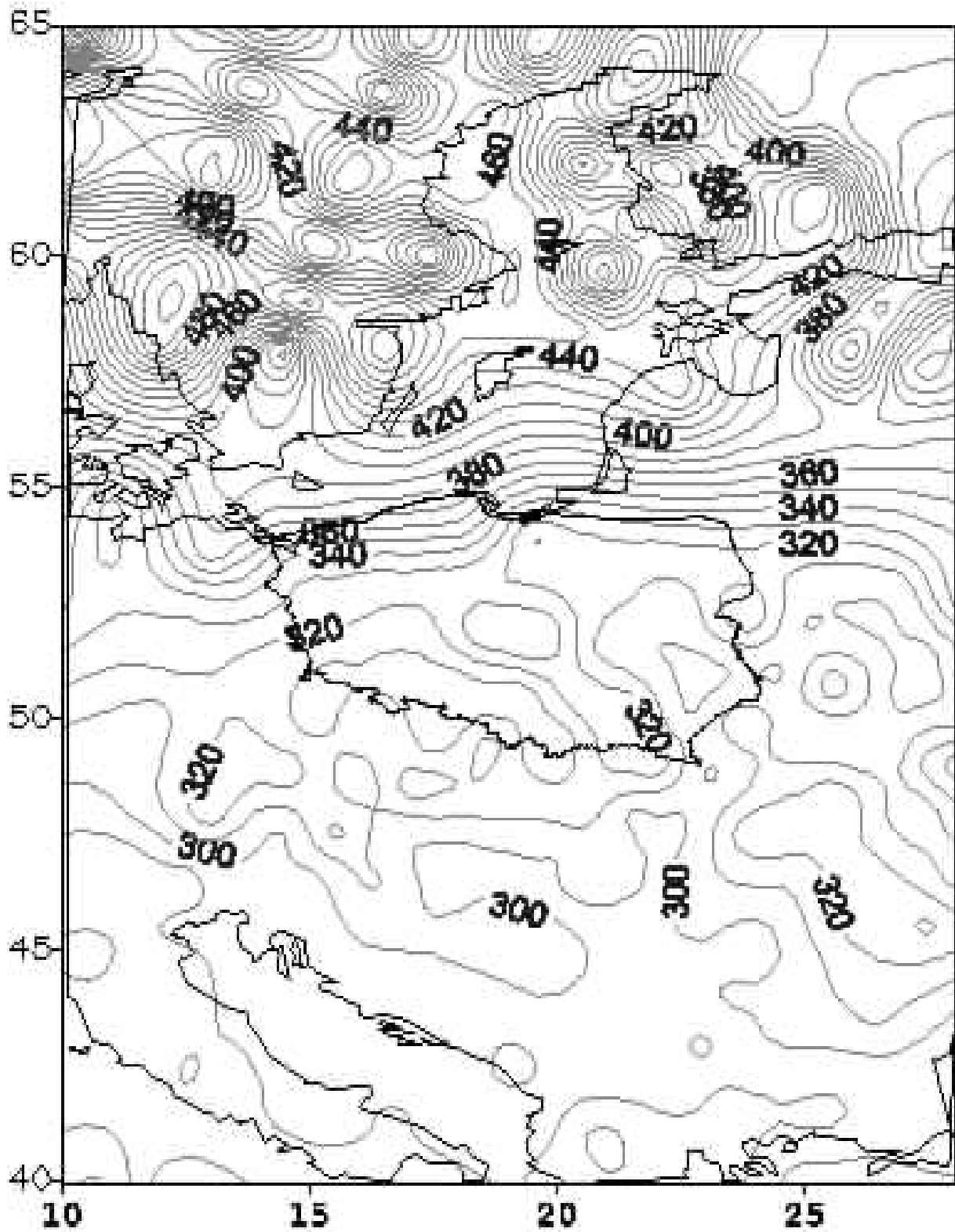
Calkowita zawartosc ozonu [D]

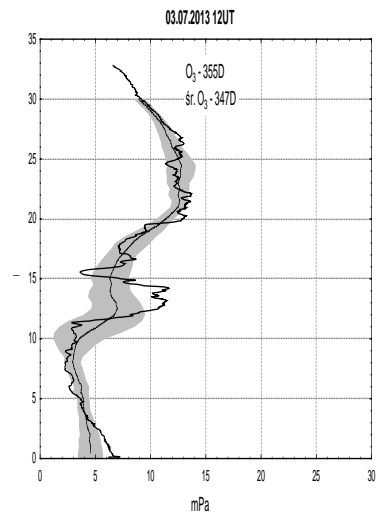
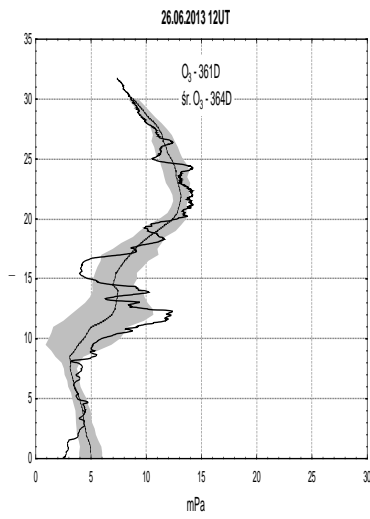
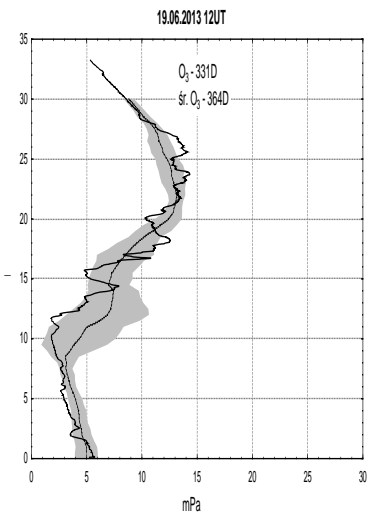
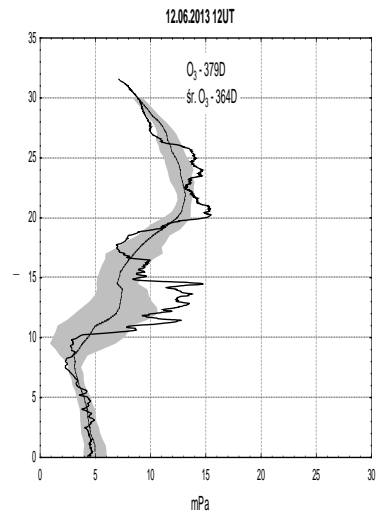
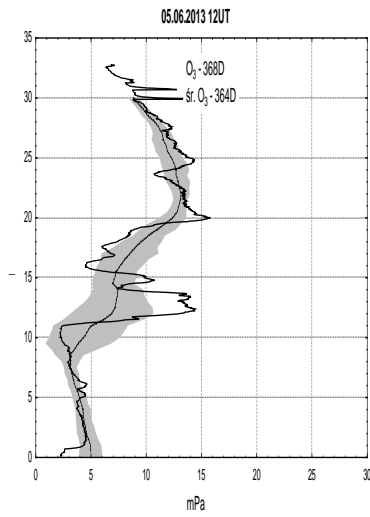
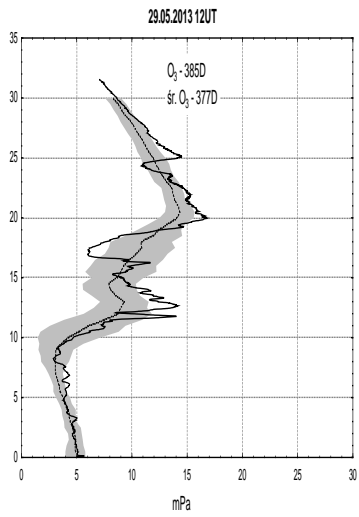
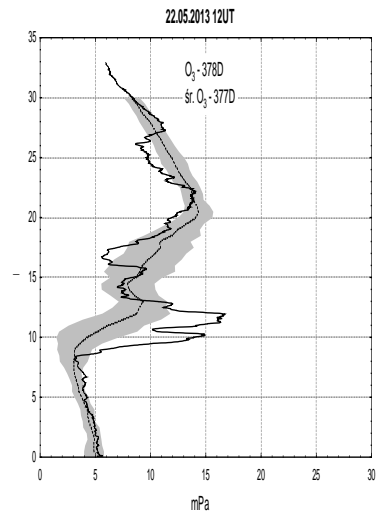
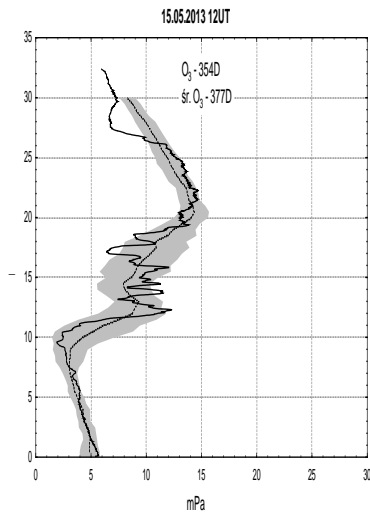
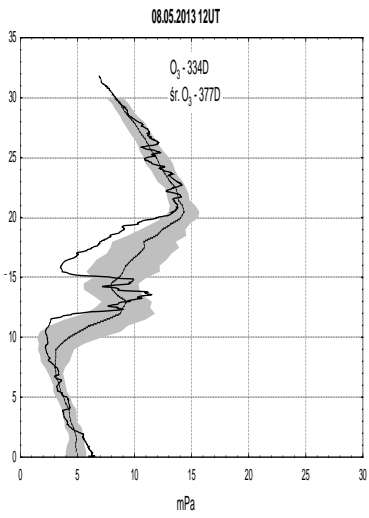
24.04.13 07:42 GMT



Całkowita zawartość ozonu [D]

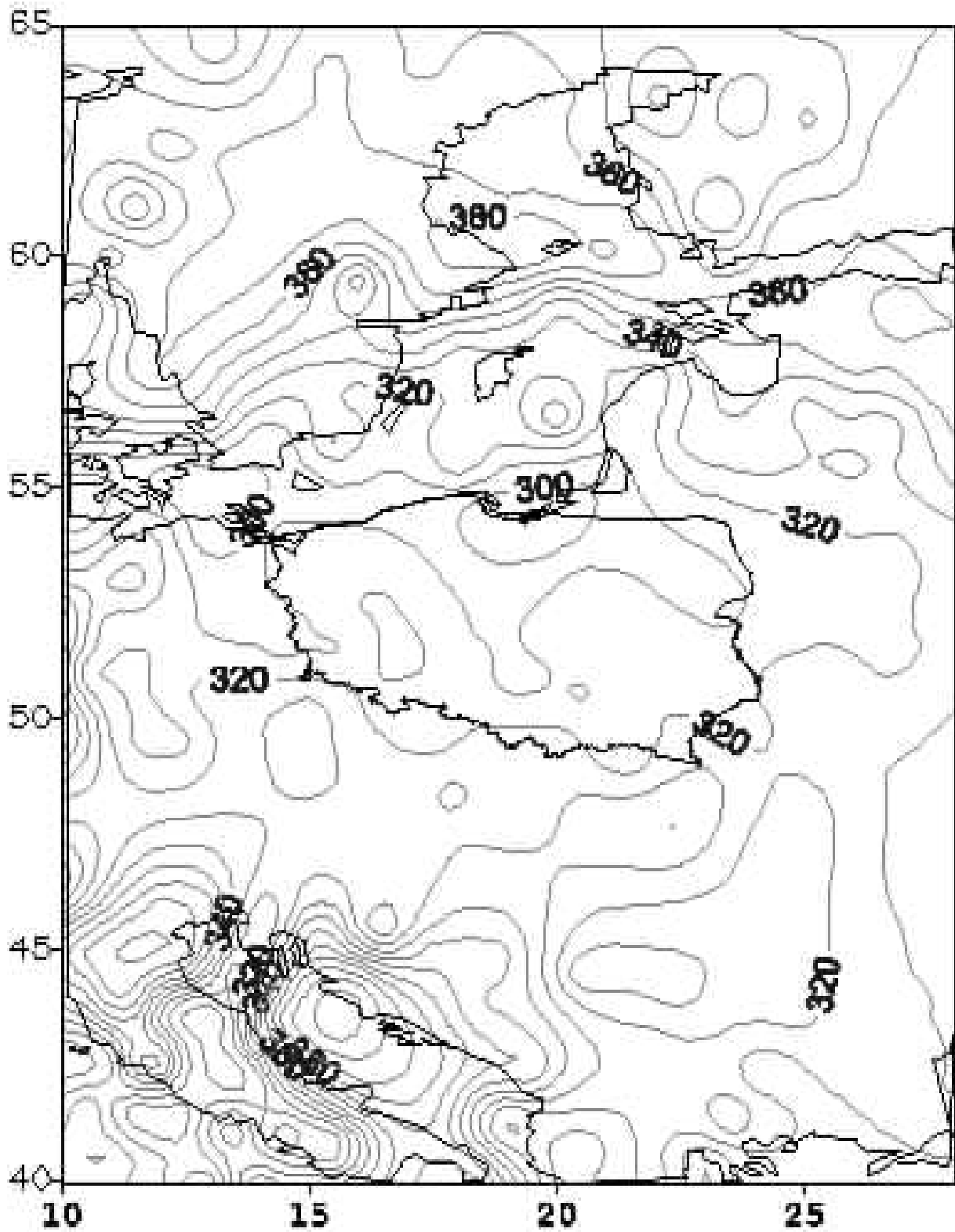
30.04.13 02:45 GMT





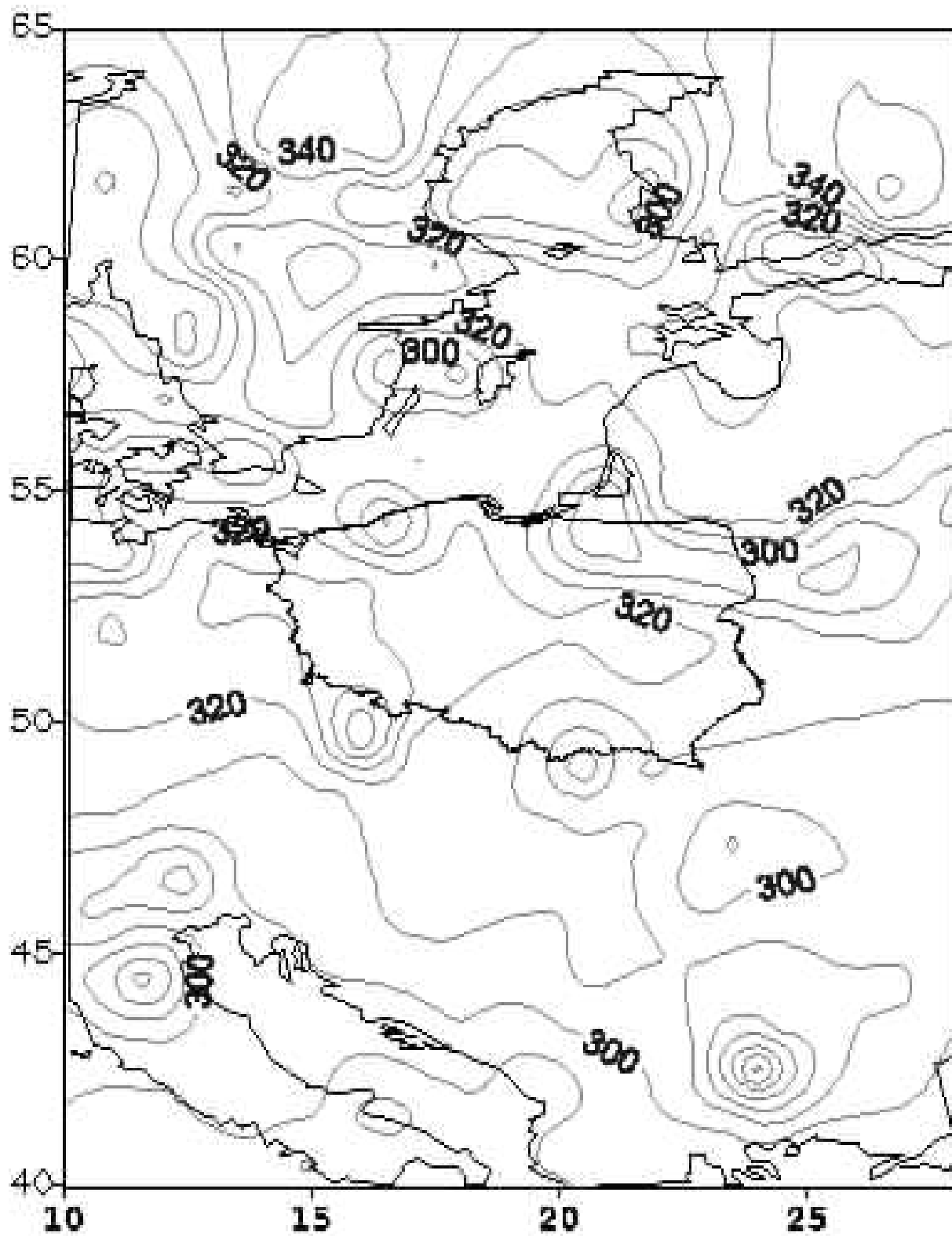
Calkowita zawartosc ozonu [D]

08.05.13 01:30 GMT



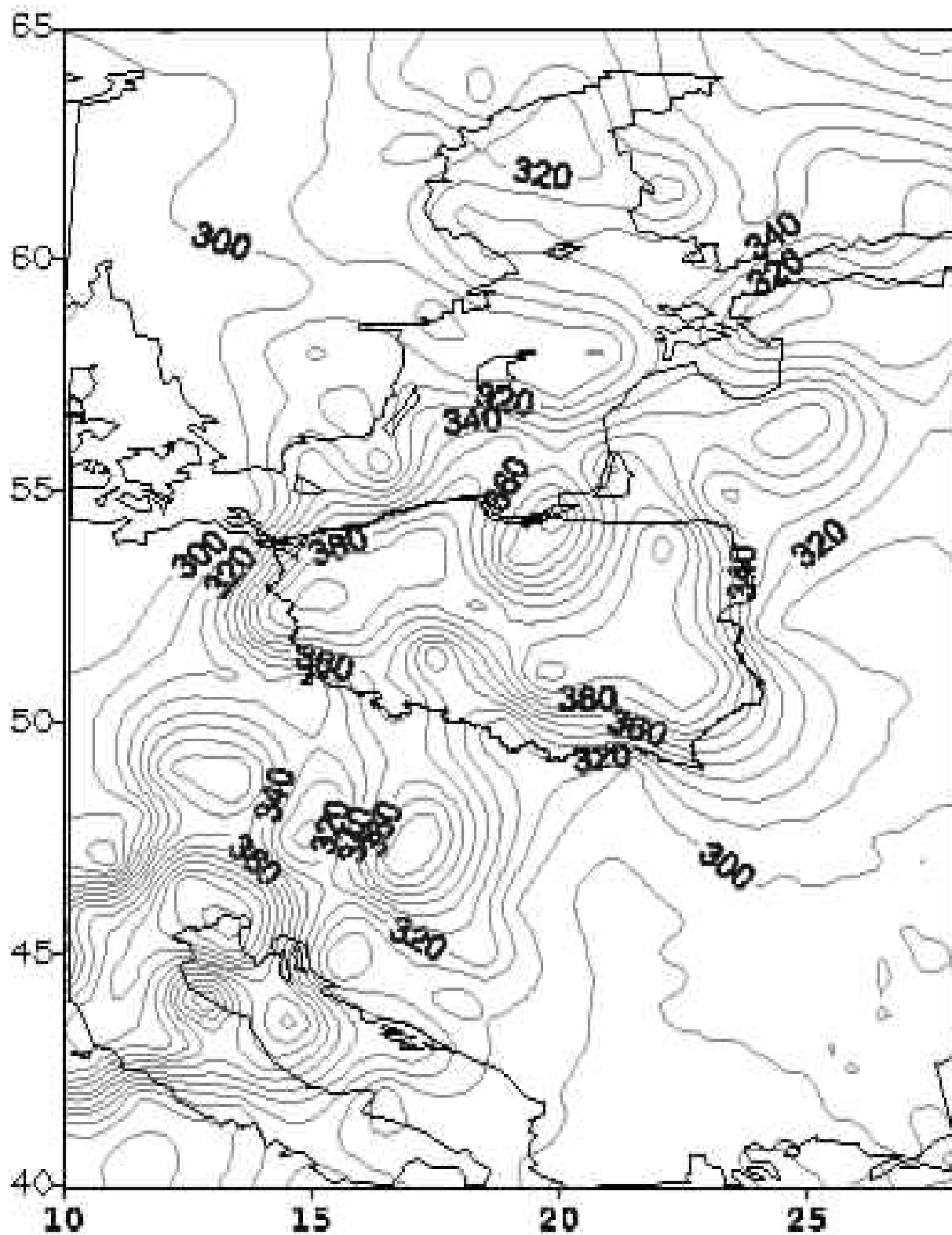
Calkowita zawartosc ozonu [D]

15.05.13 08:30 GMT



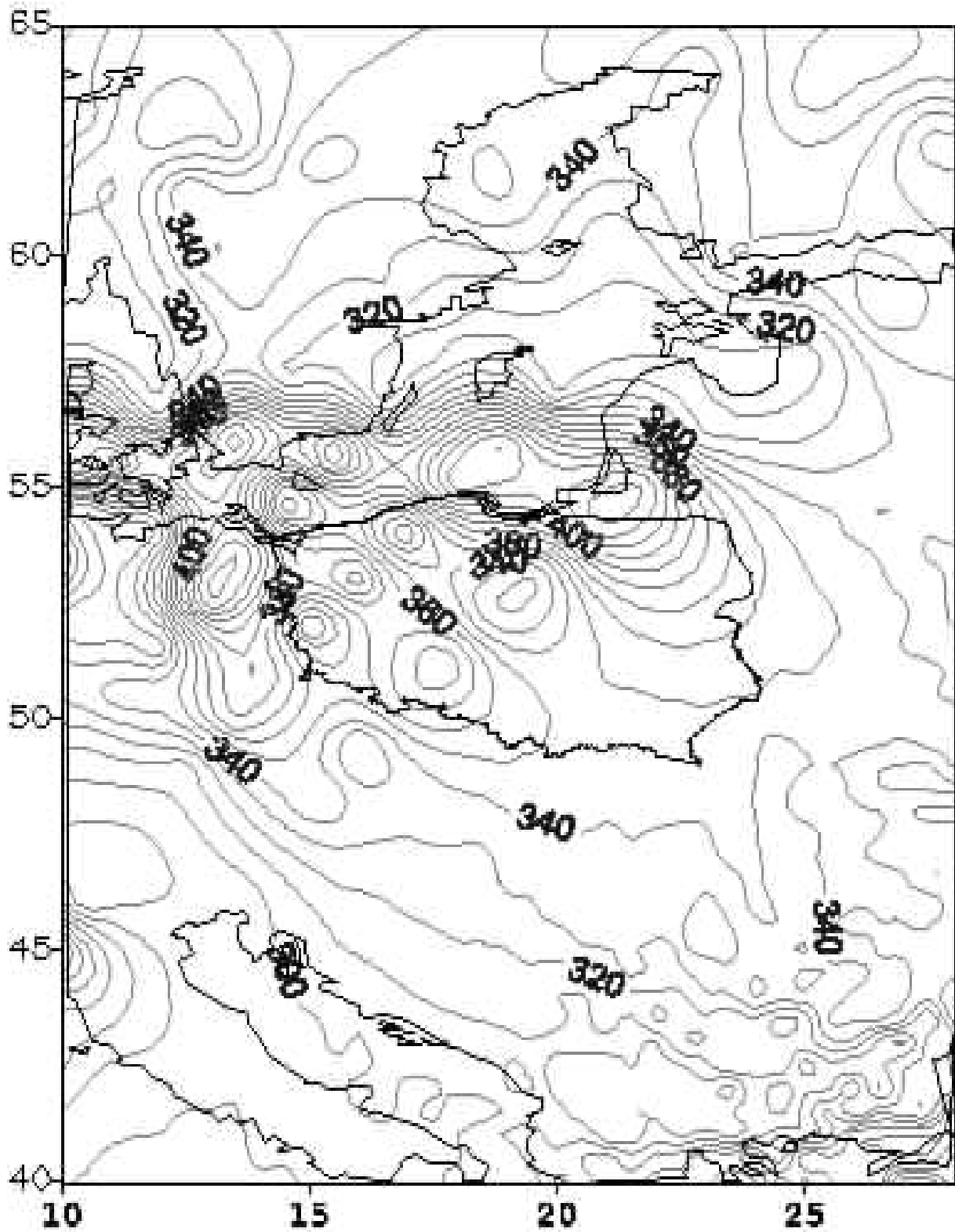
Całkowita zawartość ozonu [D]

22.05.13 03:44 GMT



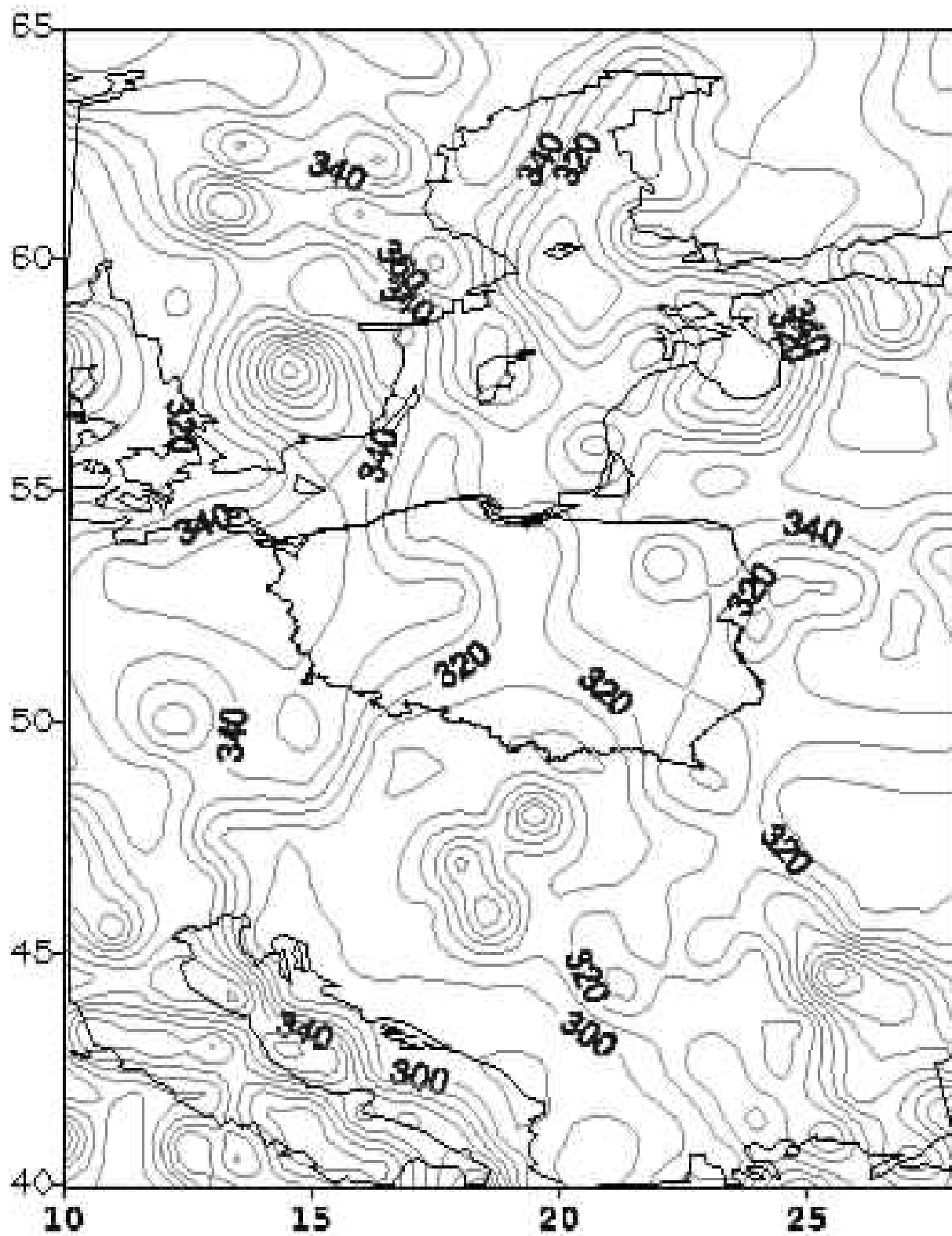
Calkowita zawartosc ozonu [D]

29.05.13 04:07 GMT



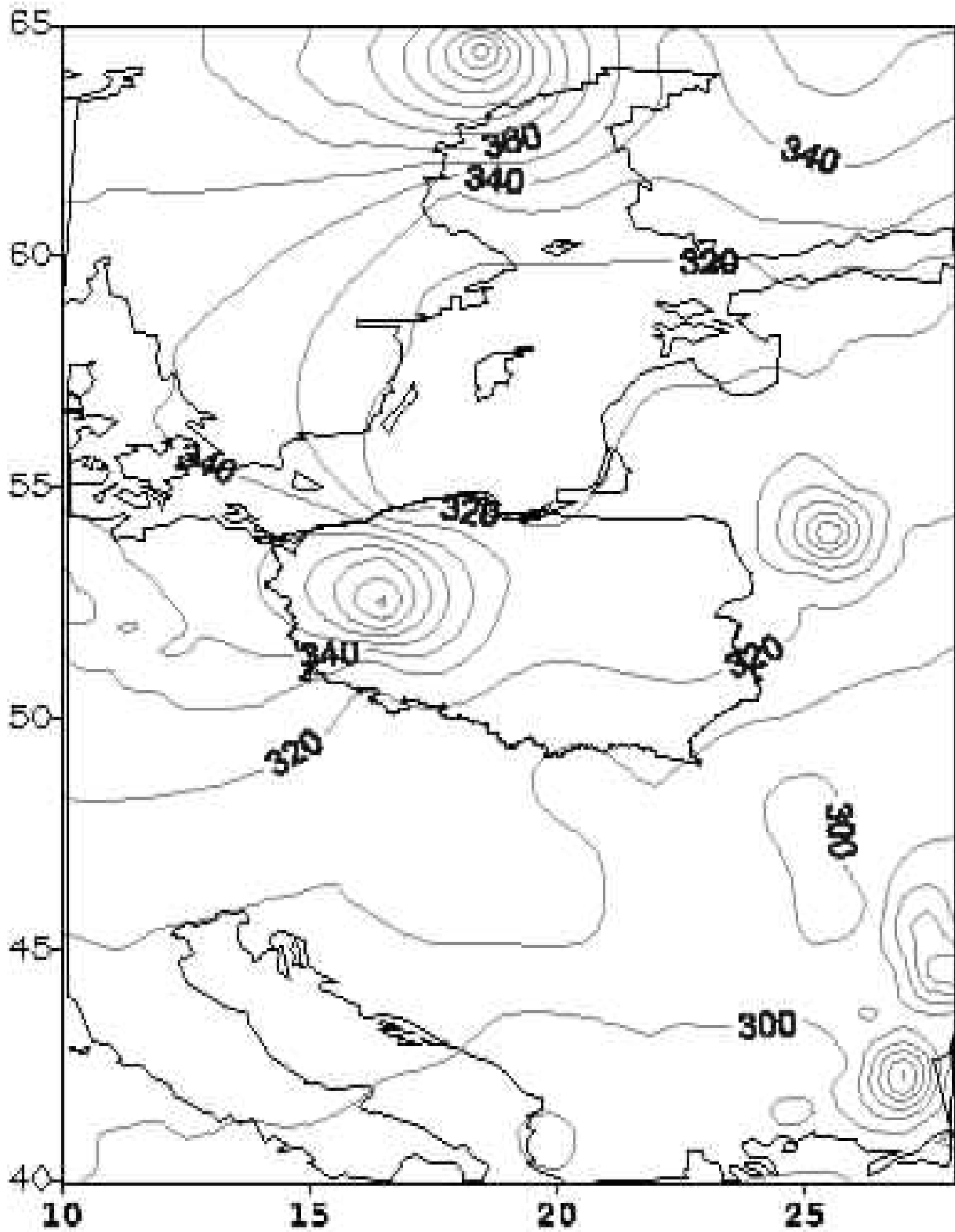
Calkowita zawartosc ozonu [D]

05.08.13 02:48 GMT



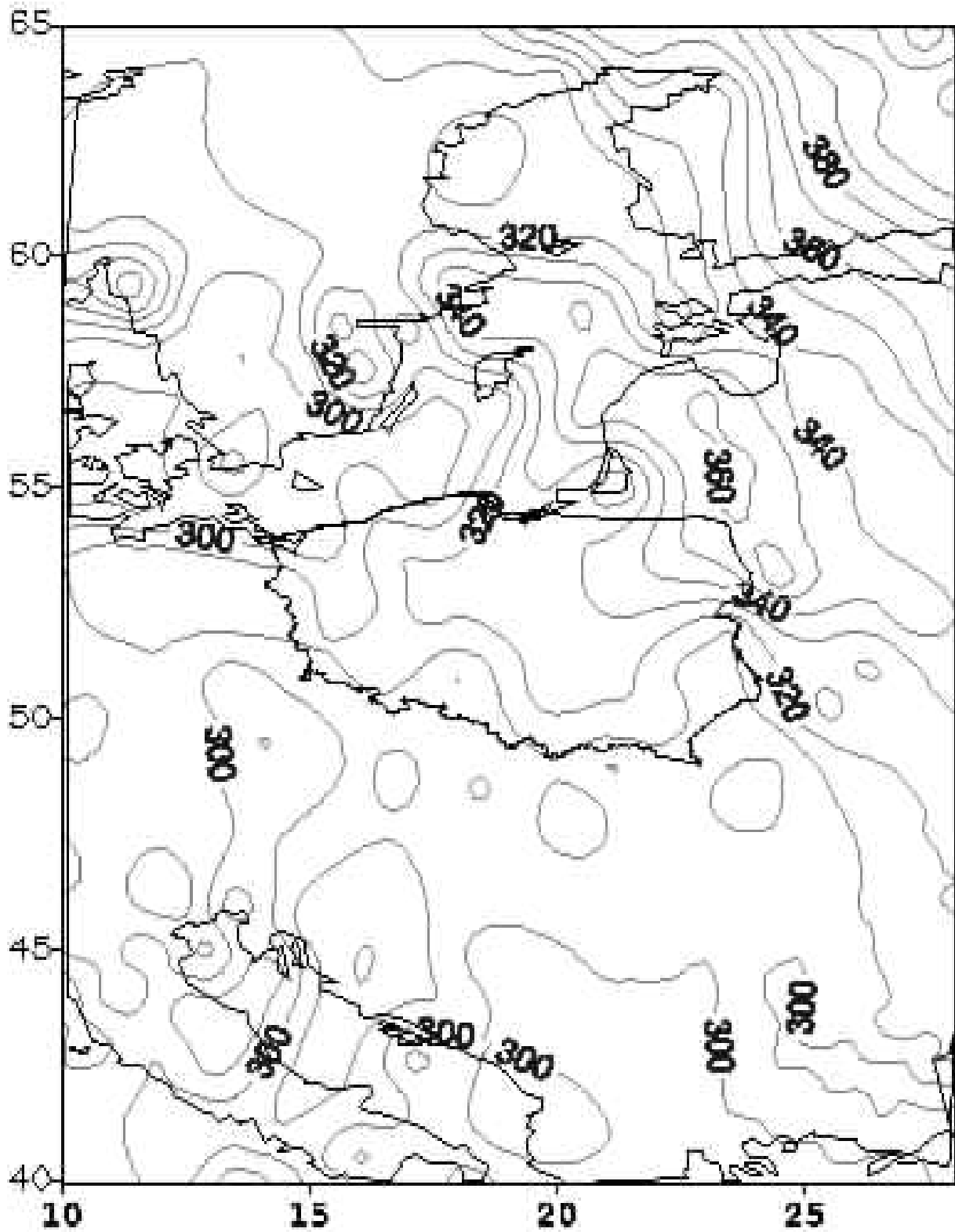
Calkowita zawartosc ozonu

12.08.12 07:43 GMT



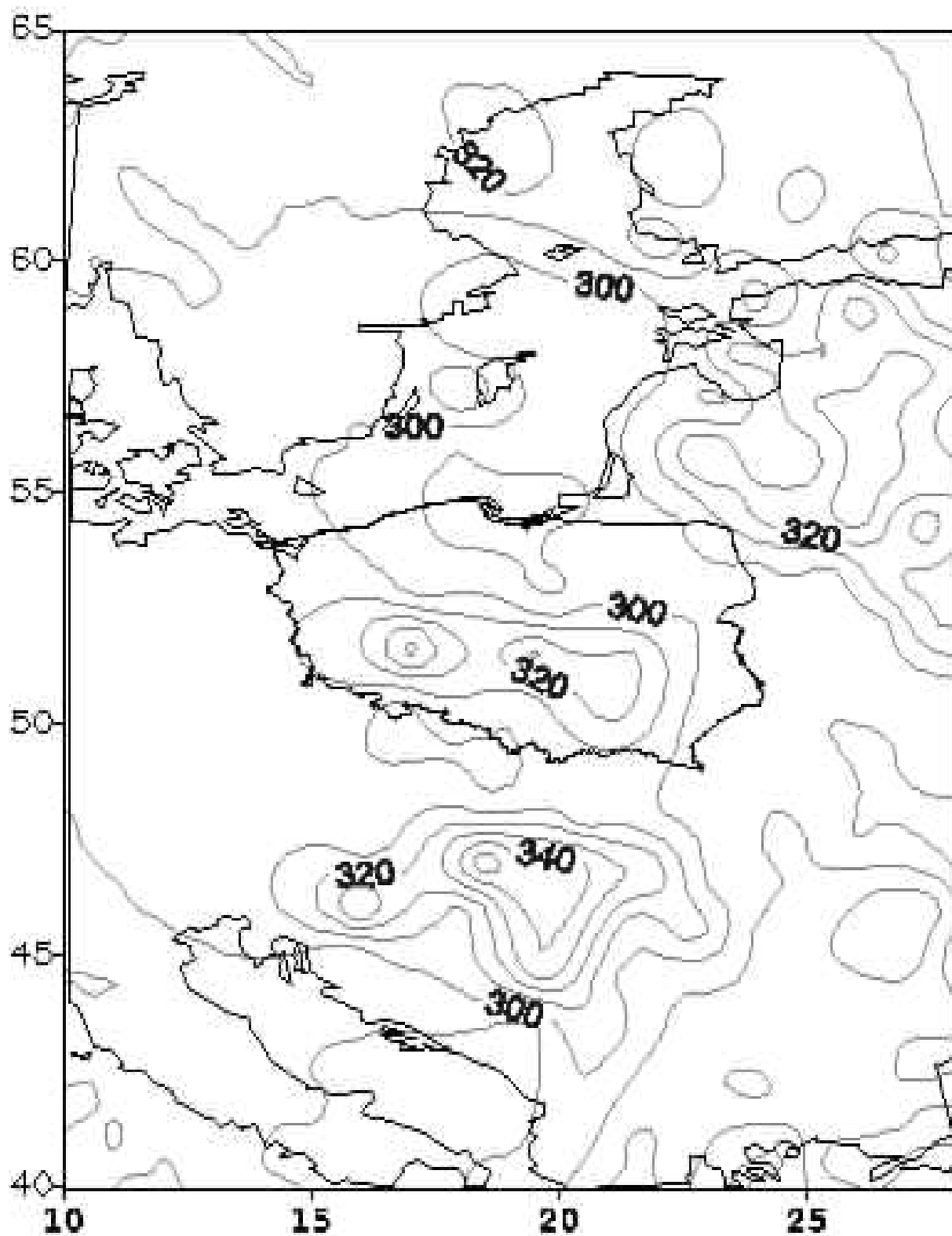
Calkowita zawartosc ozonu [D]

19.08.13 03:34 GMT



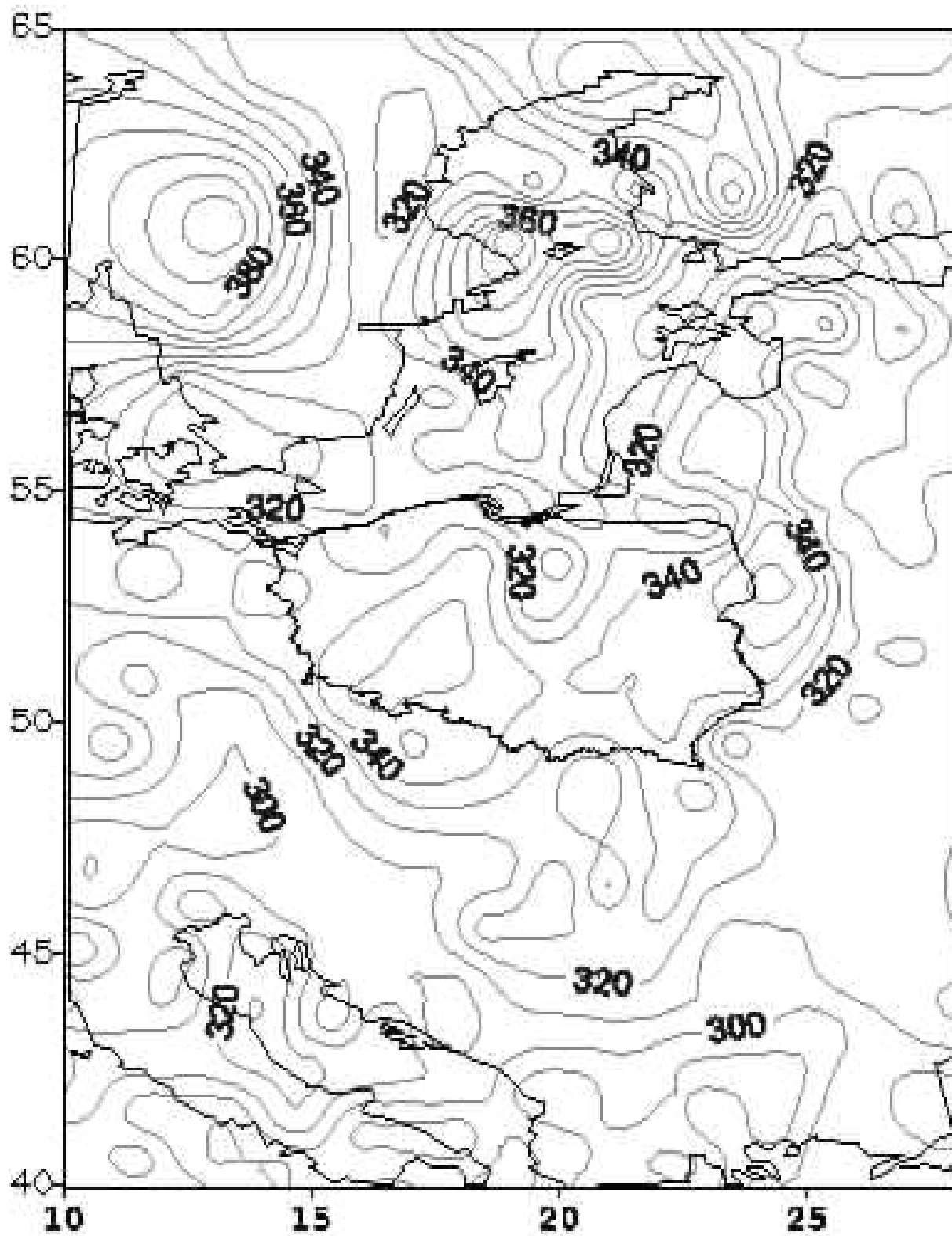
Calkowita zawartosc ozonu [D]

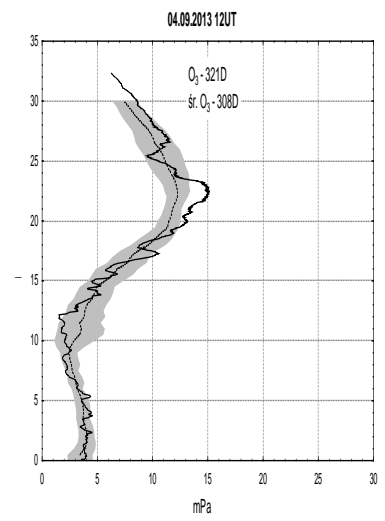
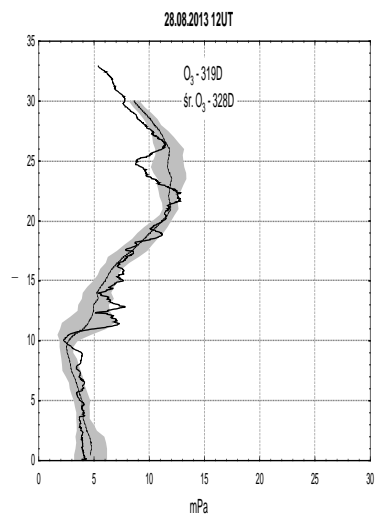
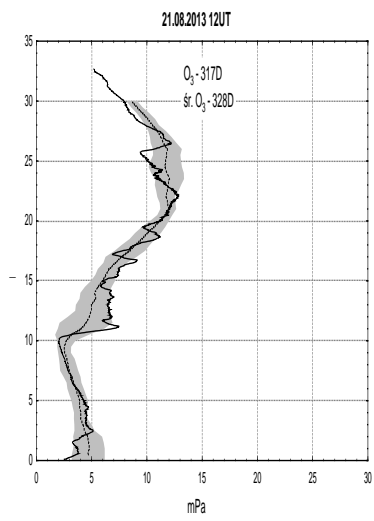
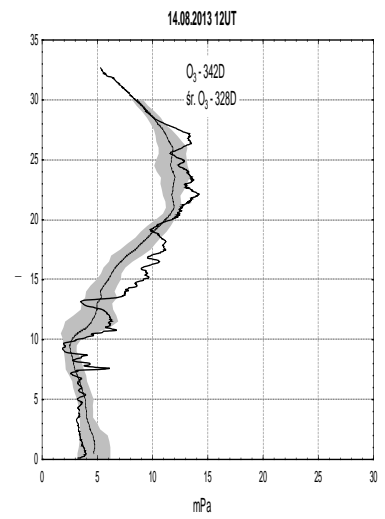
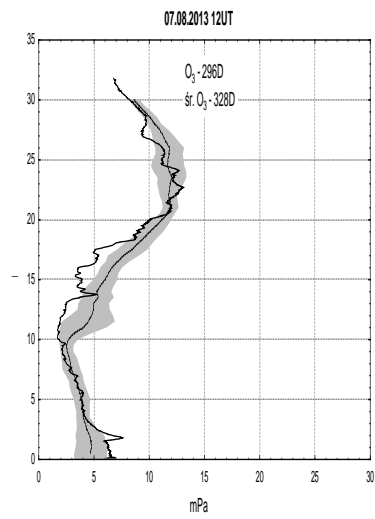
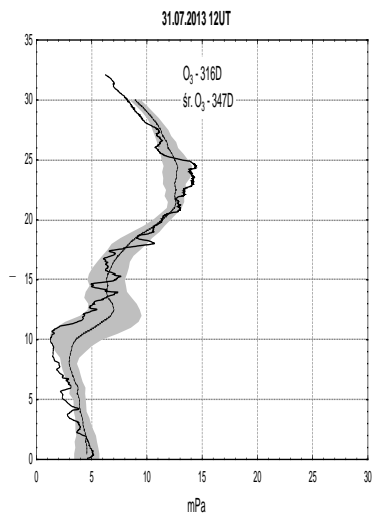
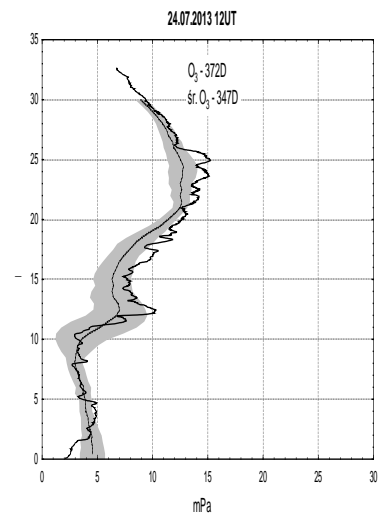
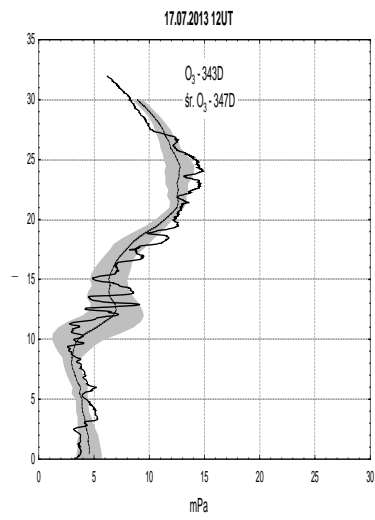
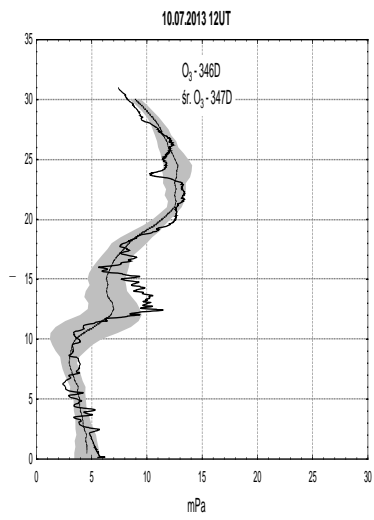
26.08.13 02:13 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

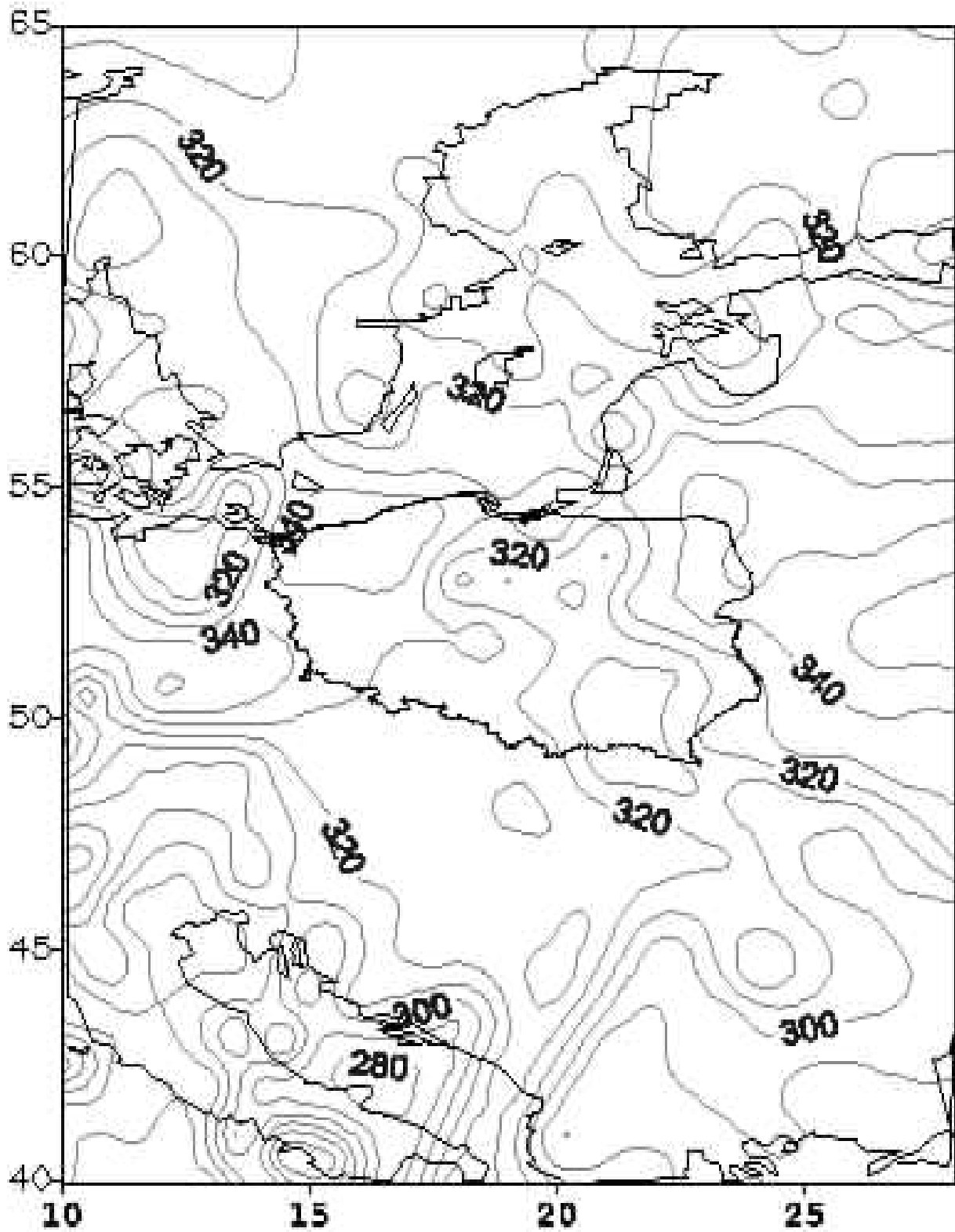
03.07.13 02:38 GMT





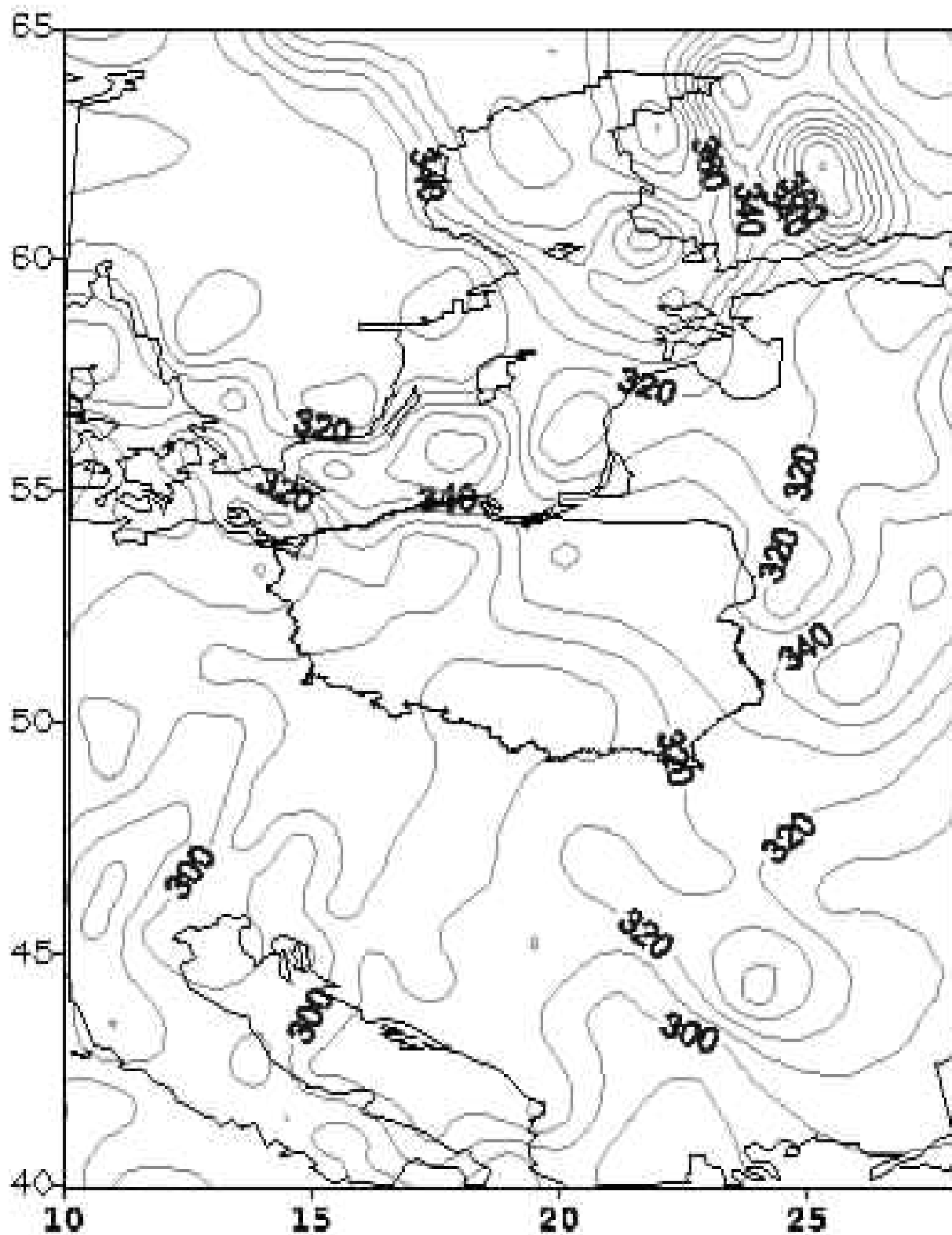
Całkowita zawartość ozonu [D]

09.07.13 03:13 GMT



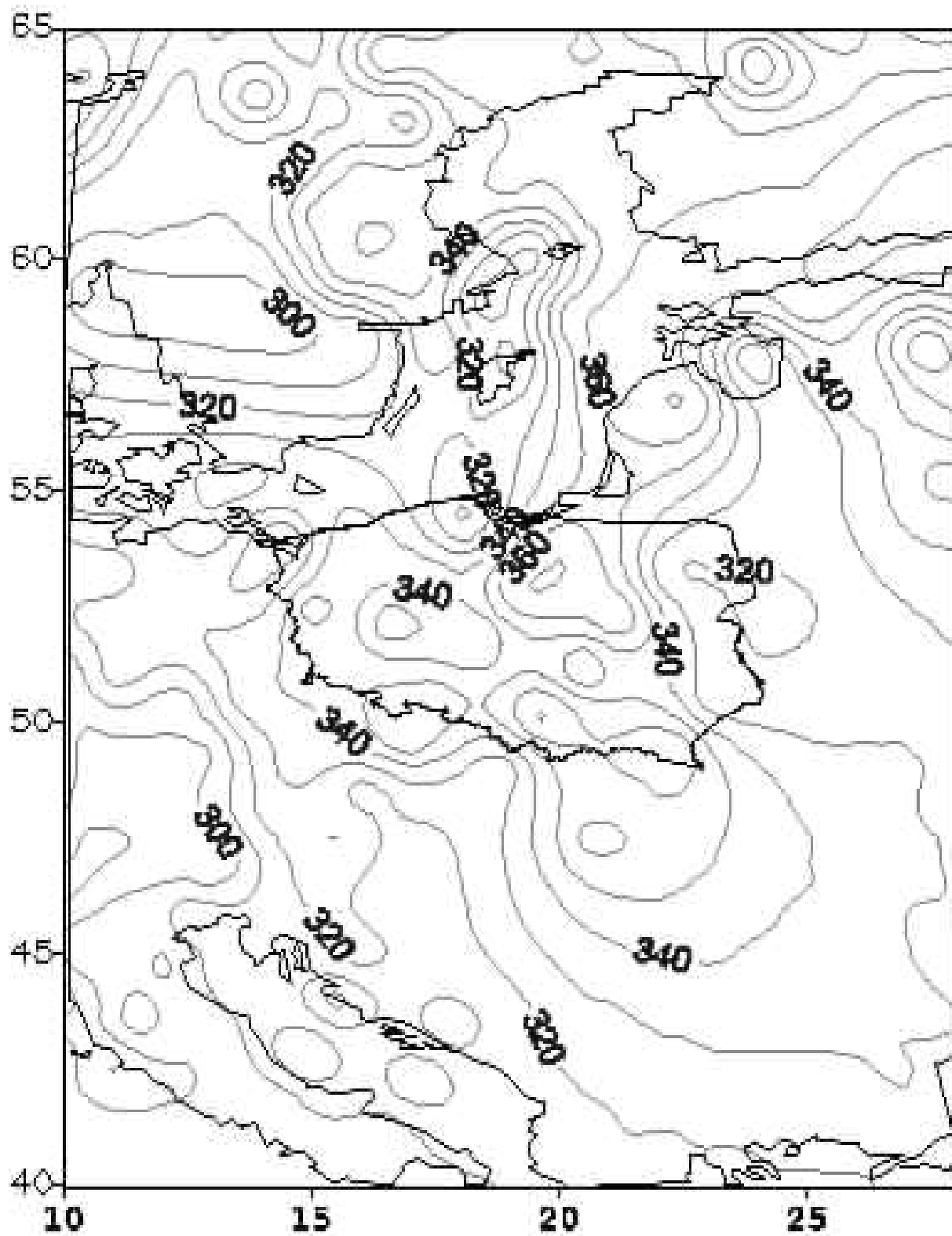
Calkowita zawartosc ozonu [D]

17.07.13 03:24 GMT



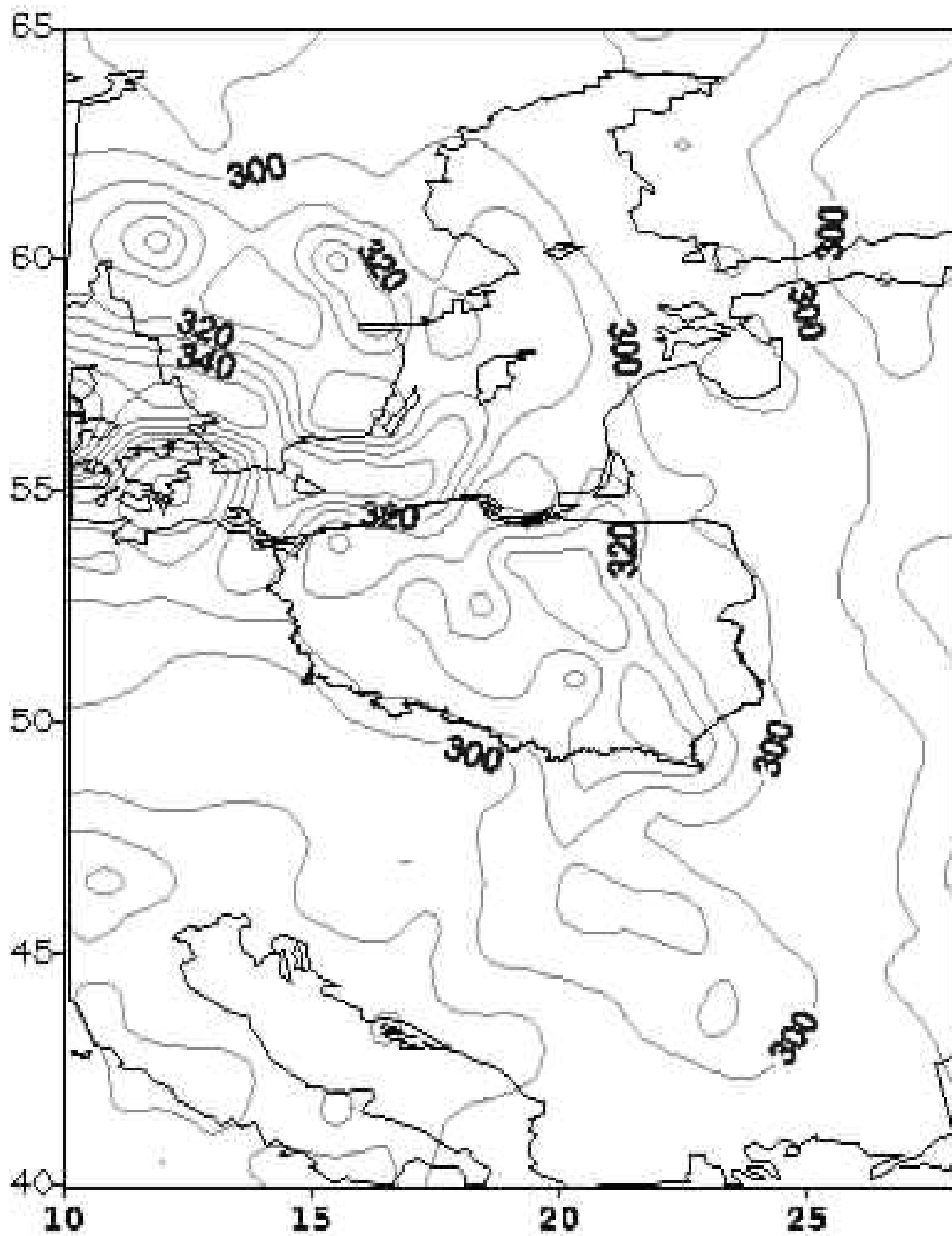
Calkowita zawartosc ozonu [D]

24.07.13 03:48 GMT



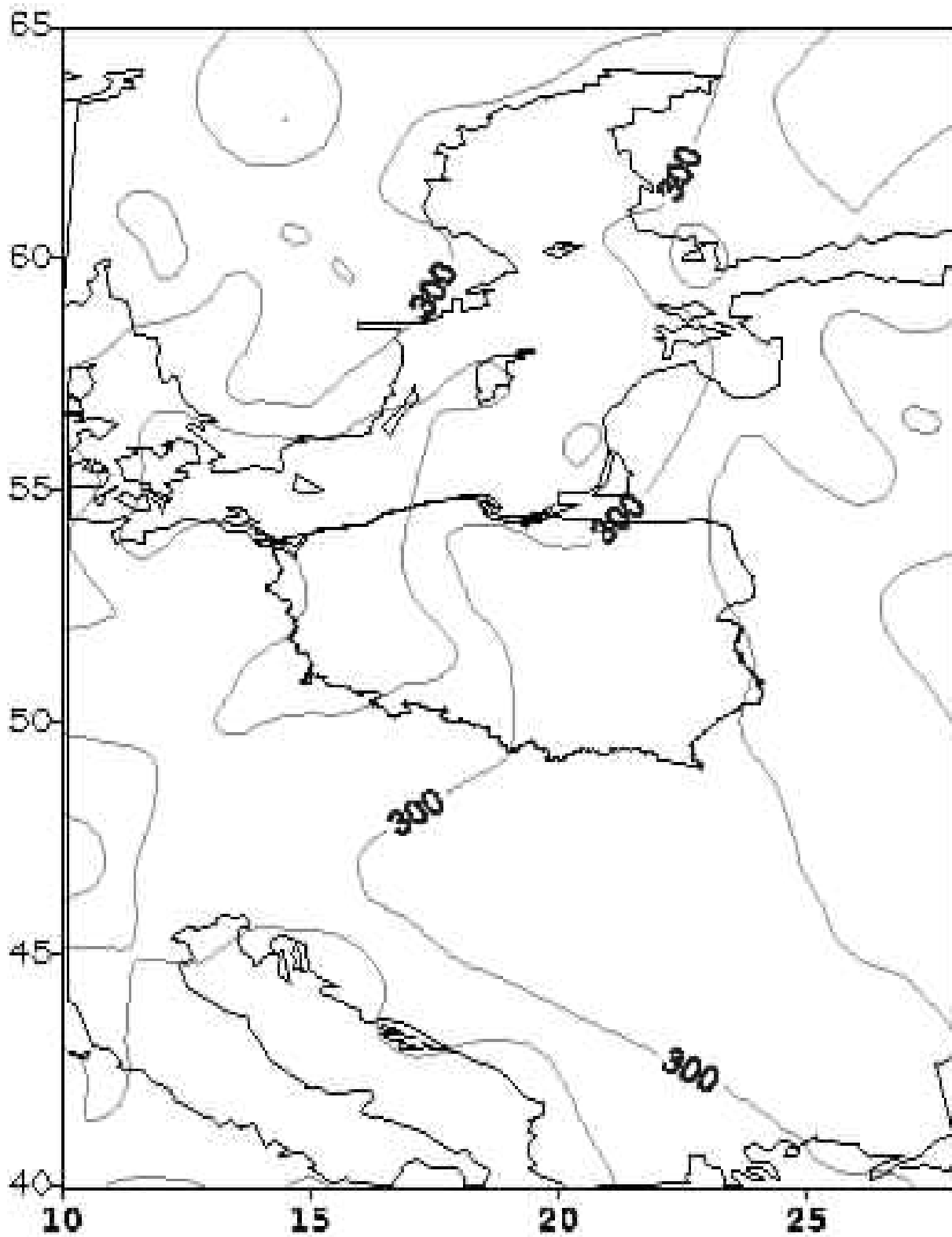
Calkowita zawartosc ozonu [D]

31.07.13 01:28 GMT



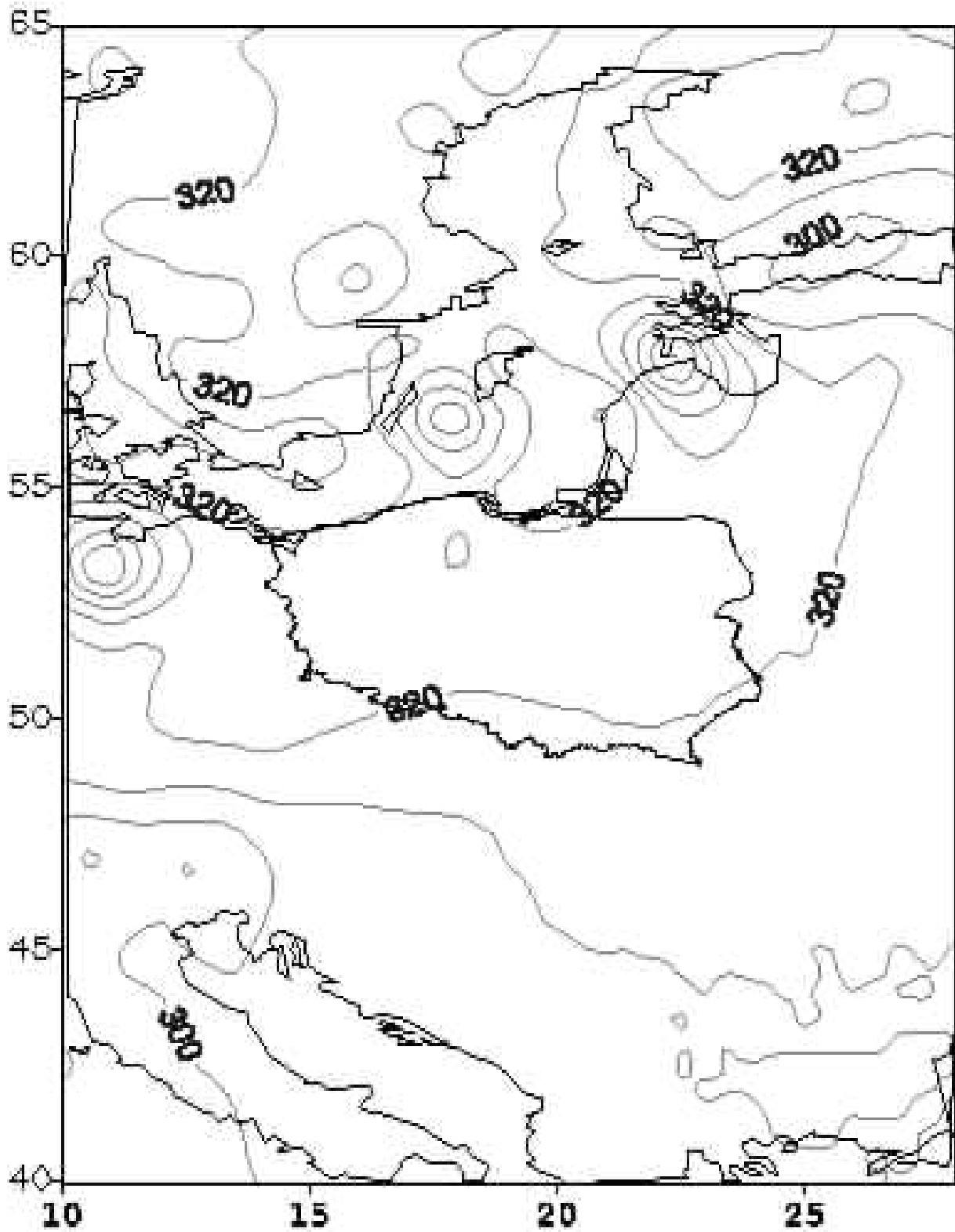
Calkowita zawartosc ozonu [D]

07.08.13 01:54 GMT



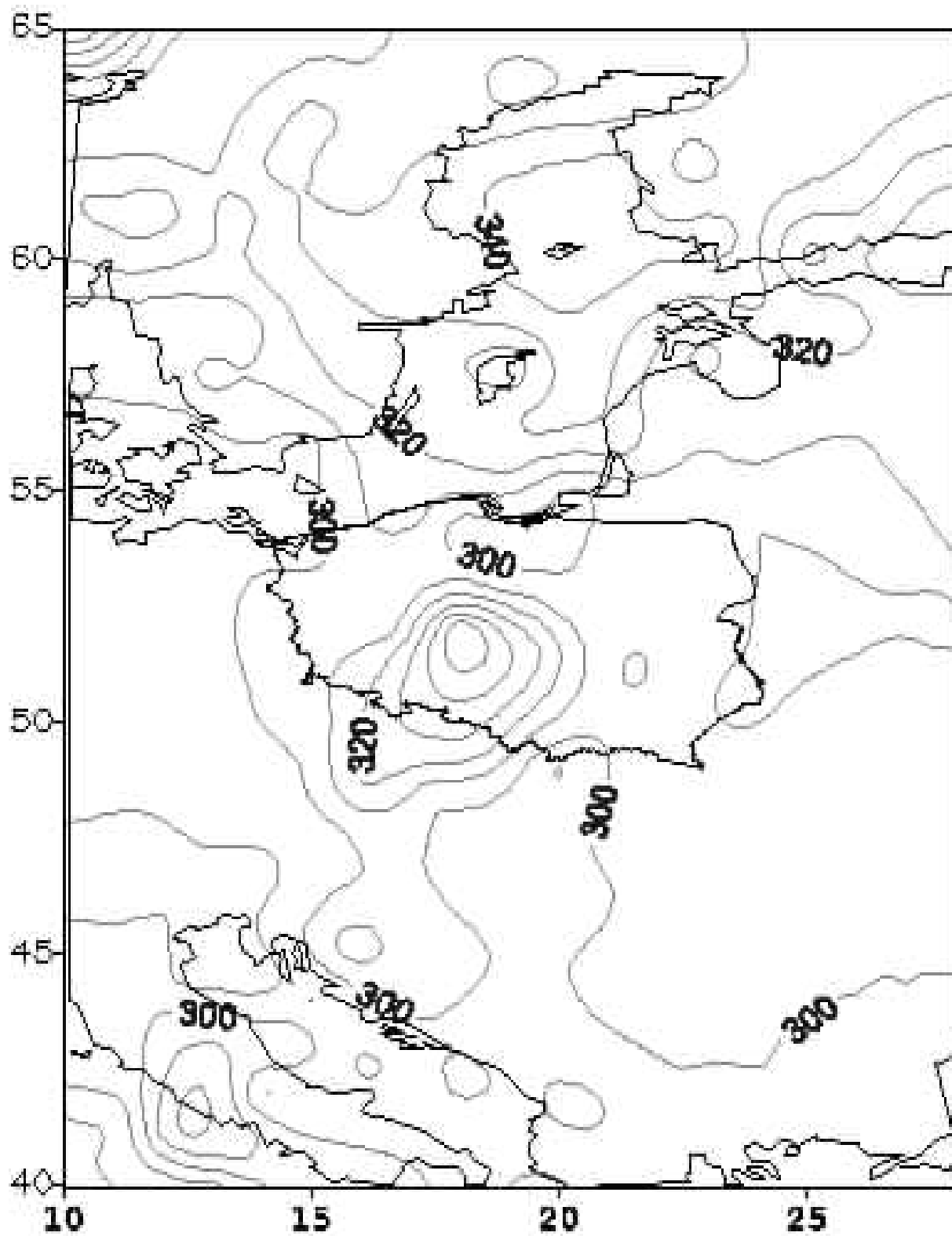
Calkowita zawartosc ozonu [D]

14.08.13 02:19 GMT



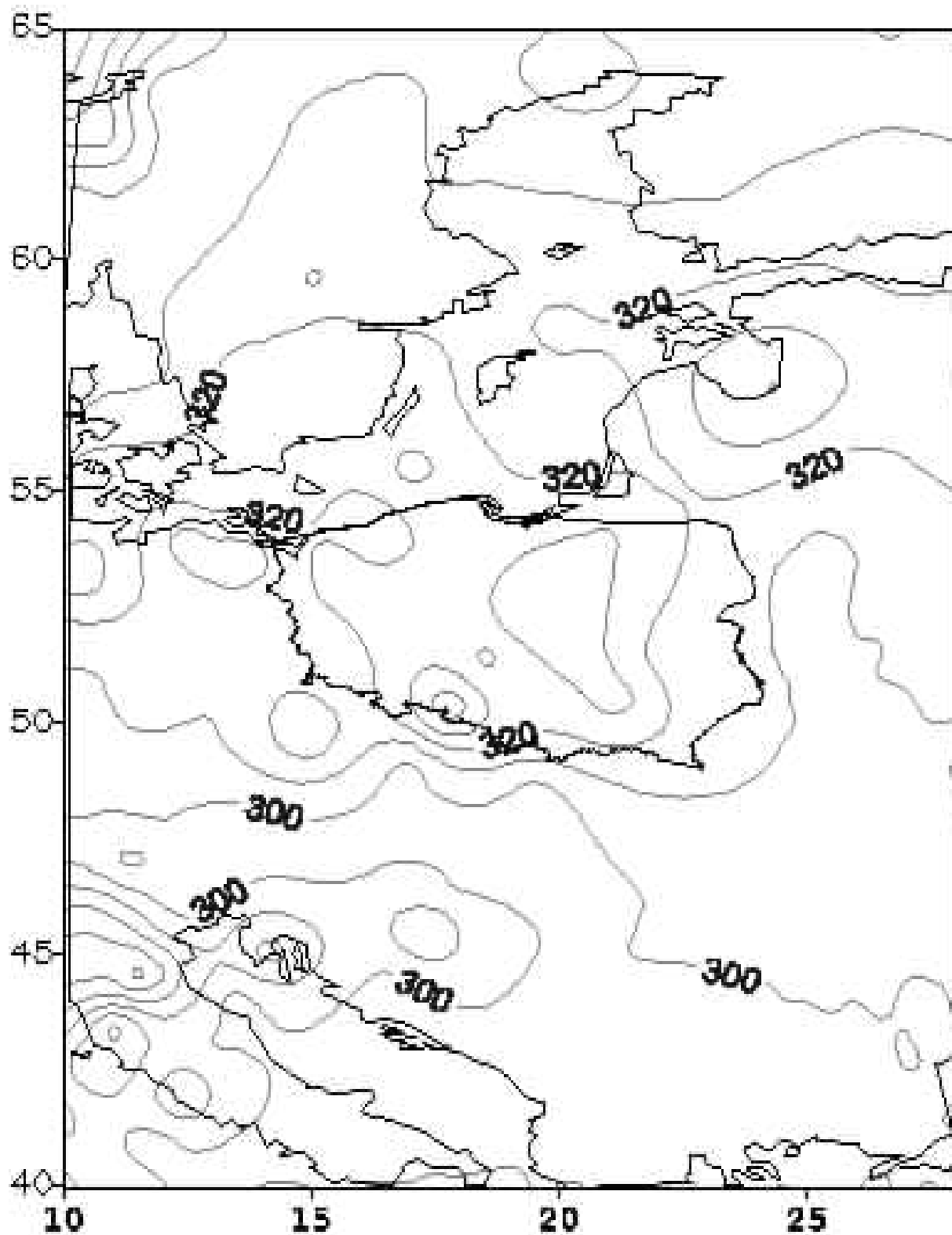
Calkowita zawartosc ozonu [D]

21.08.13 03:38 GMT



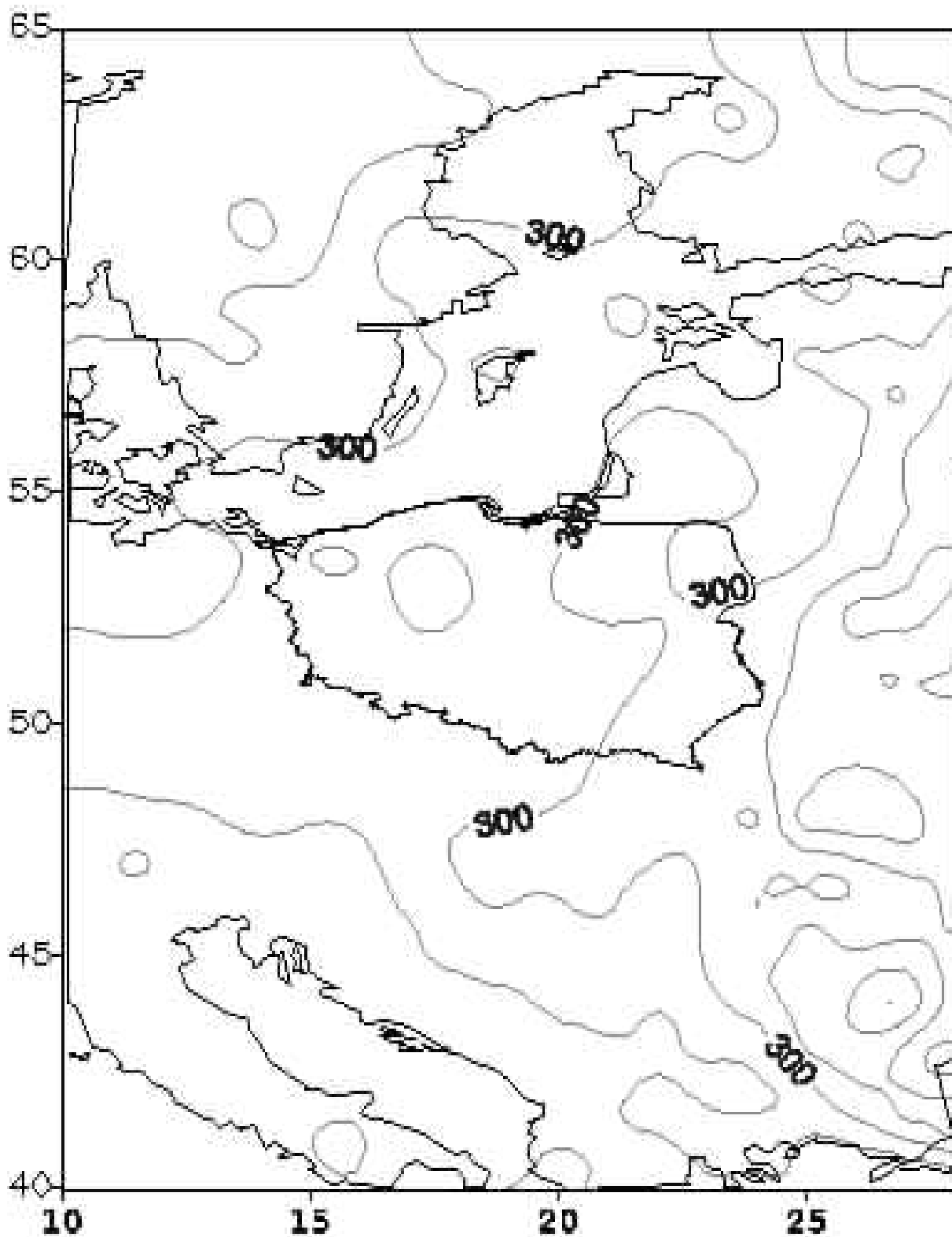
Całkowita zawartość ozonu [D]

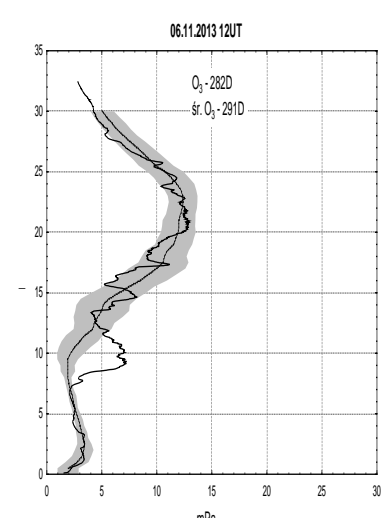
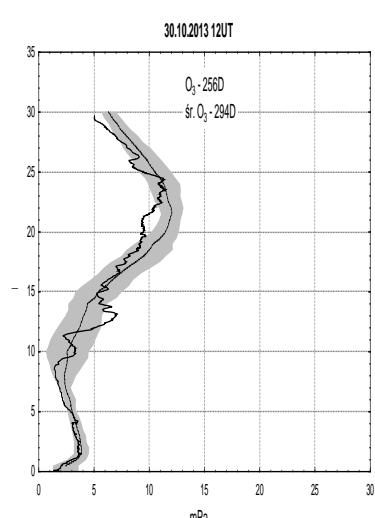
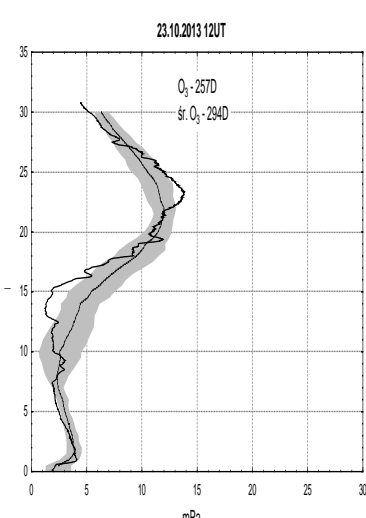
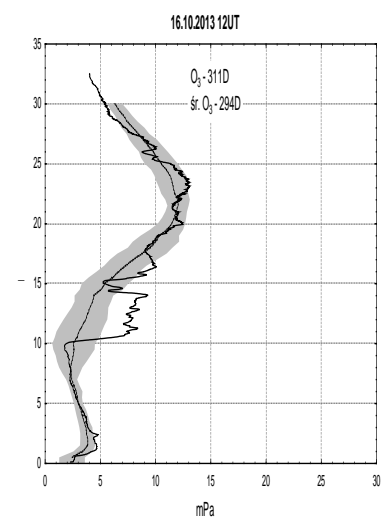
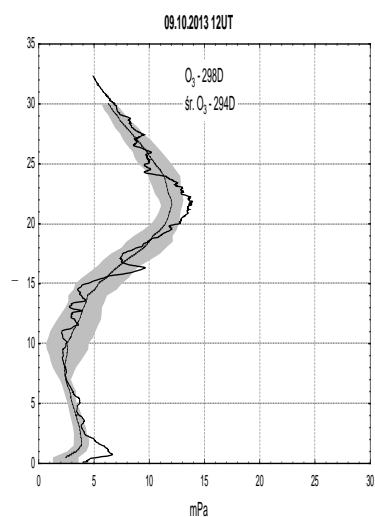
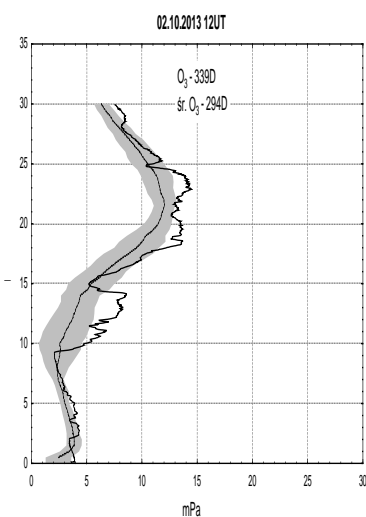
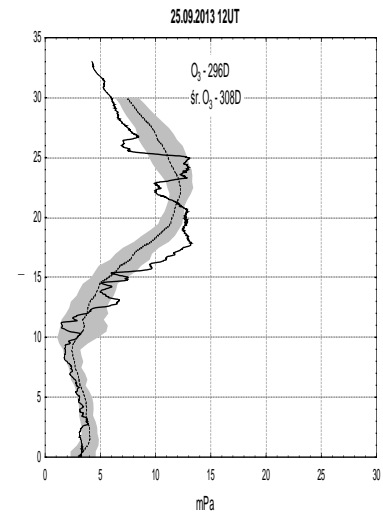
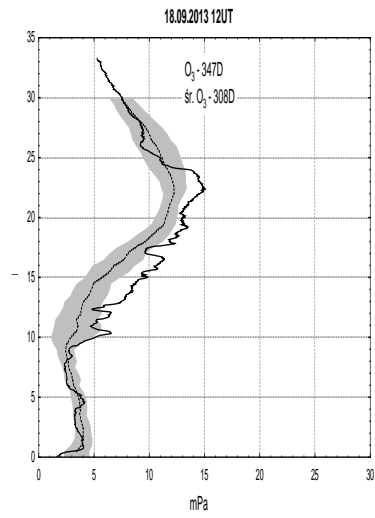
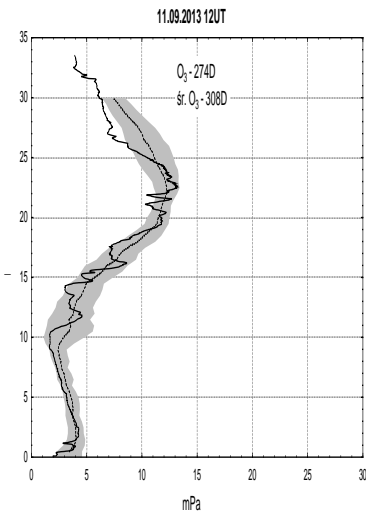
28.08.13 04:00 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

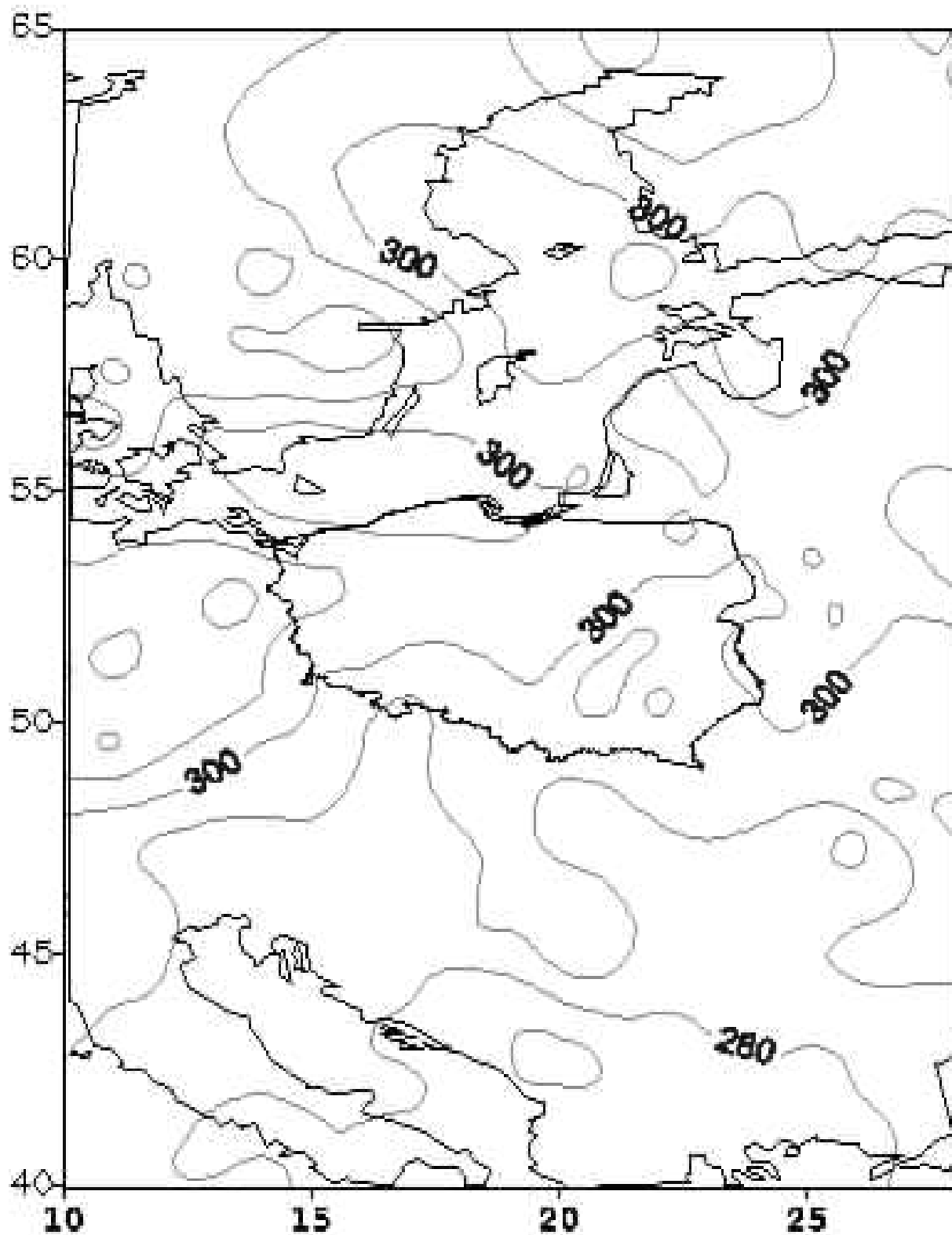
04.09.13 02:41 GMT





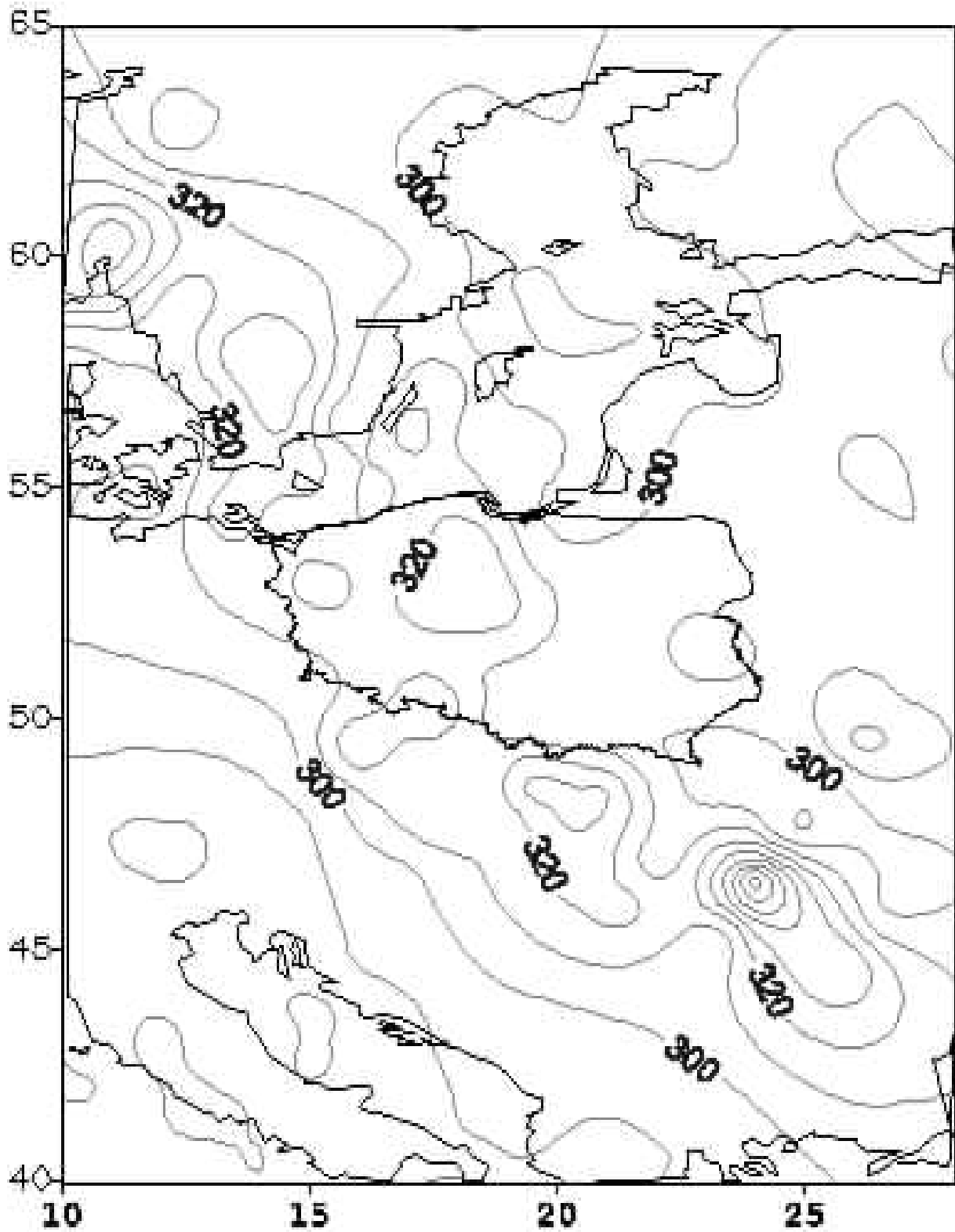
Calkowita zawartosc ozonu [D]

11.09.13 03:04 GMT



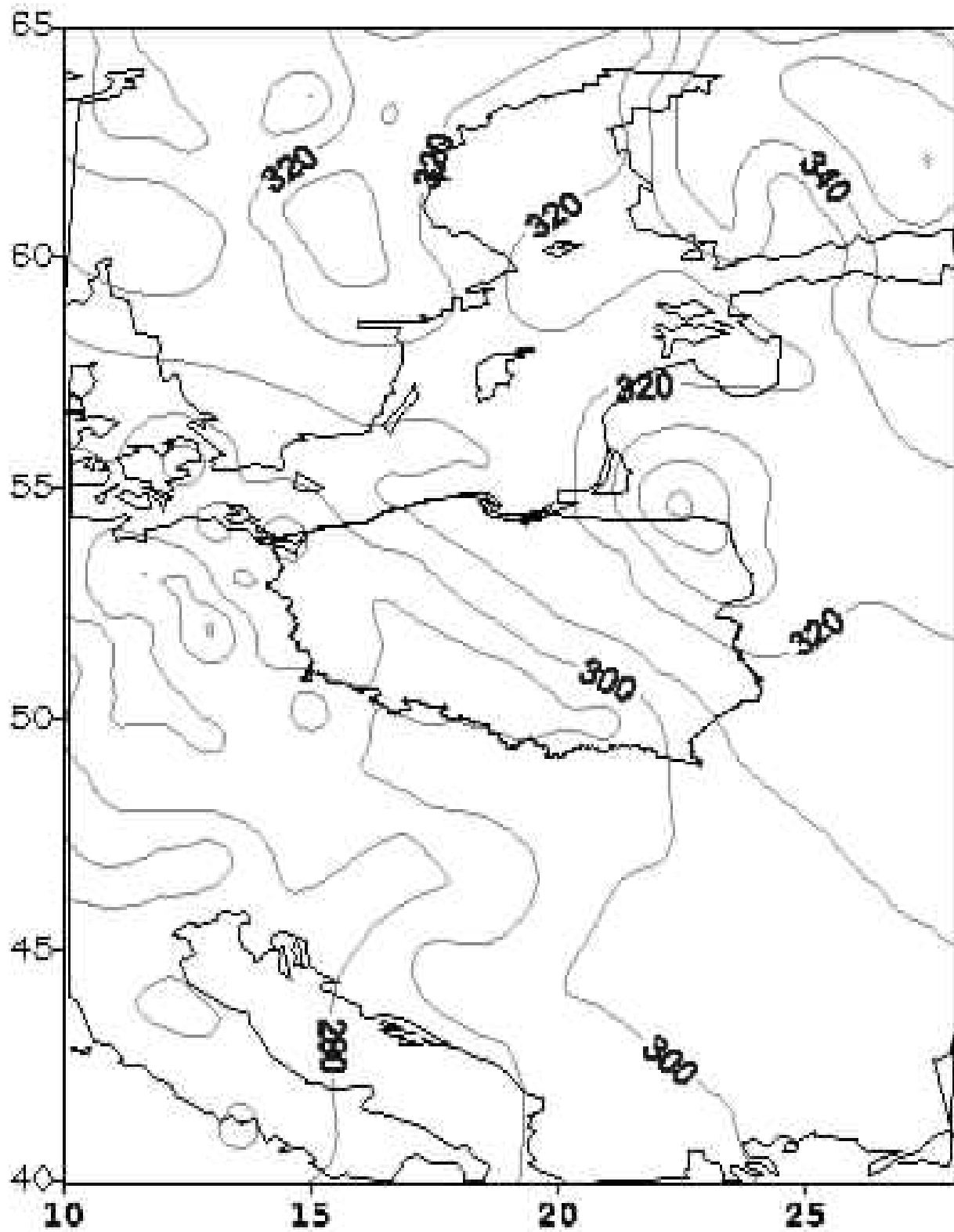
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.09.13 03:27 GMT



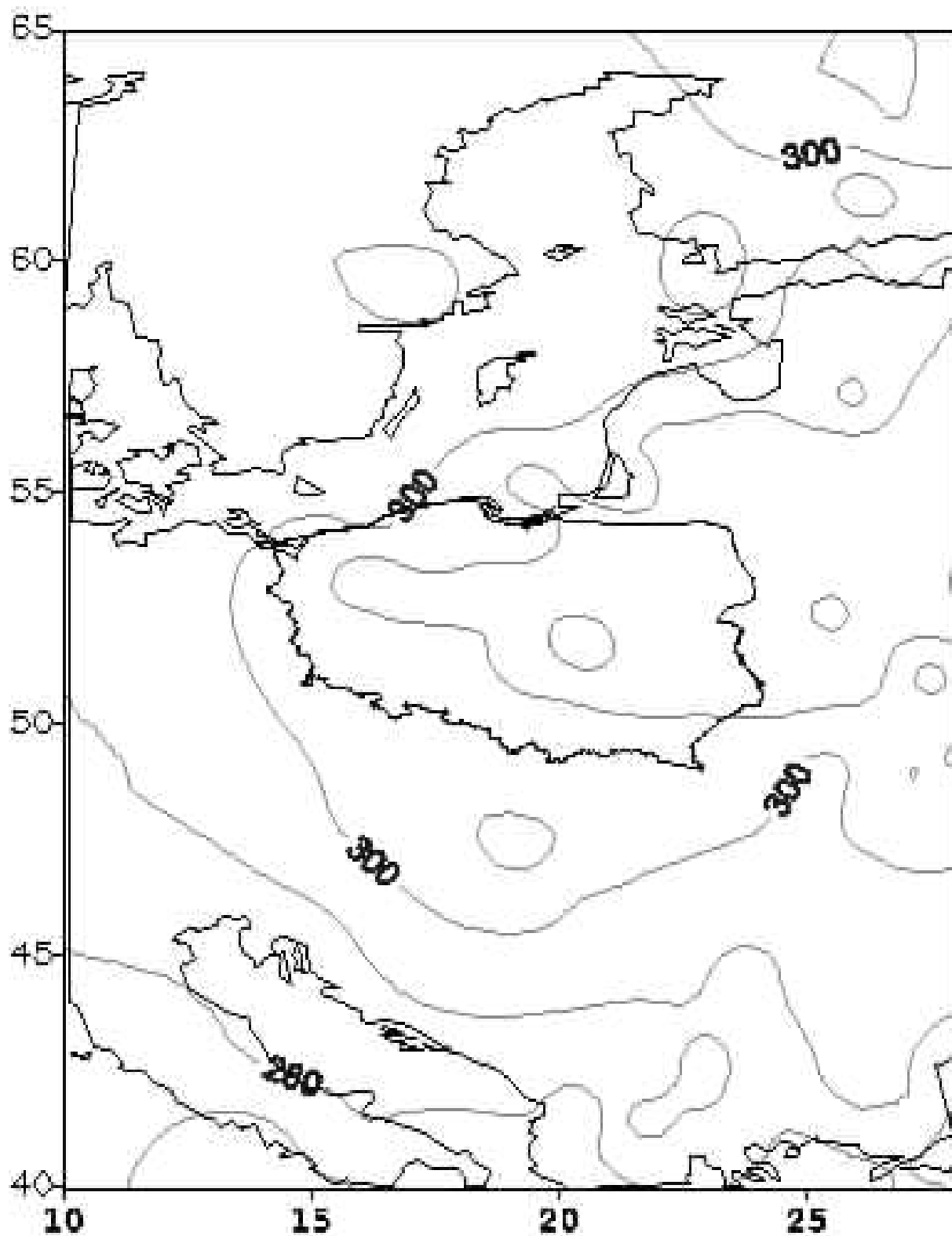
Calkowita zawartosc ozonu [D]

25.09.13 03:50 GMT



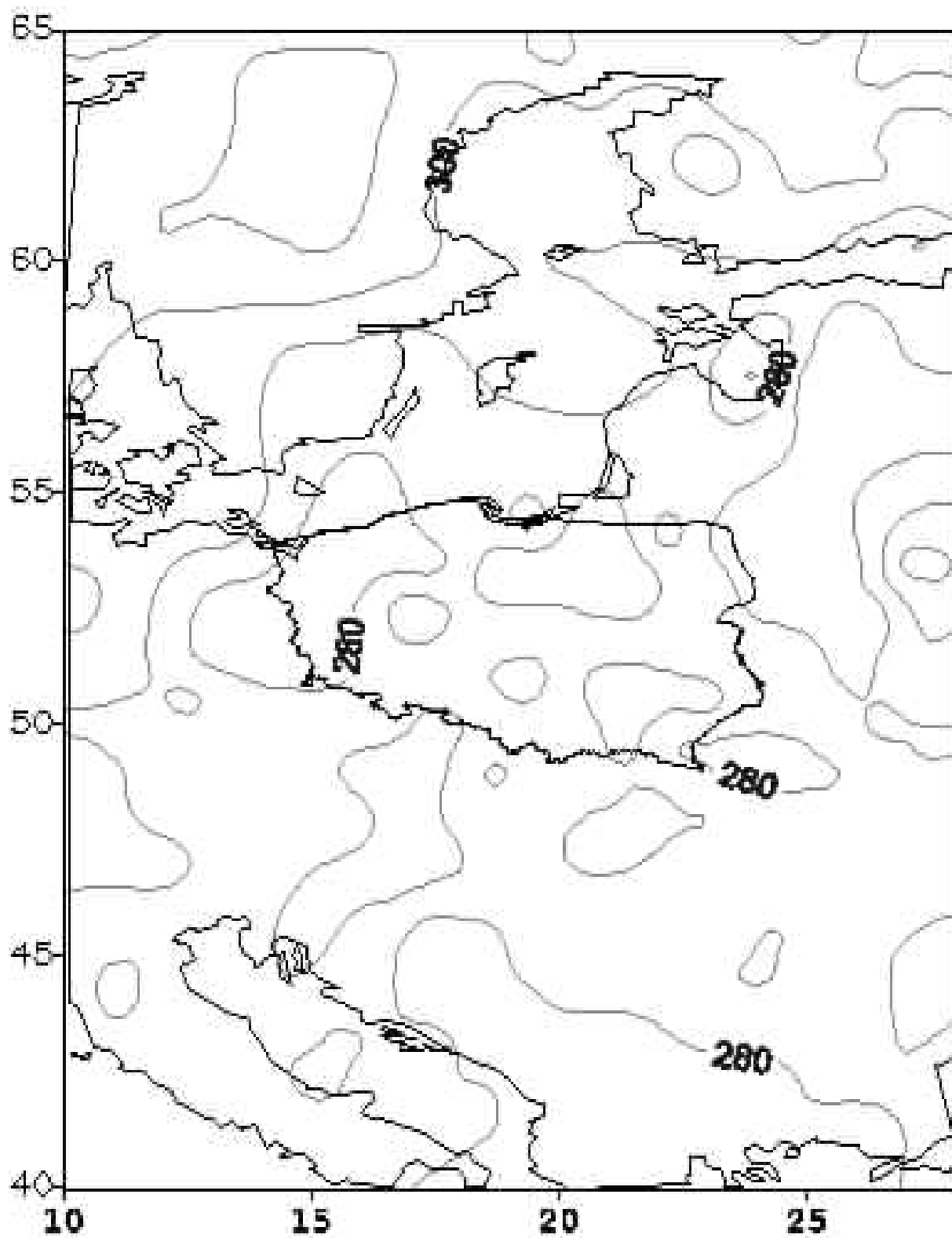
Calkowita zawartosc ozonu [D]

02.10.13 GMT



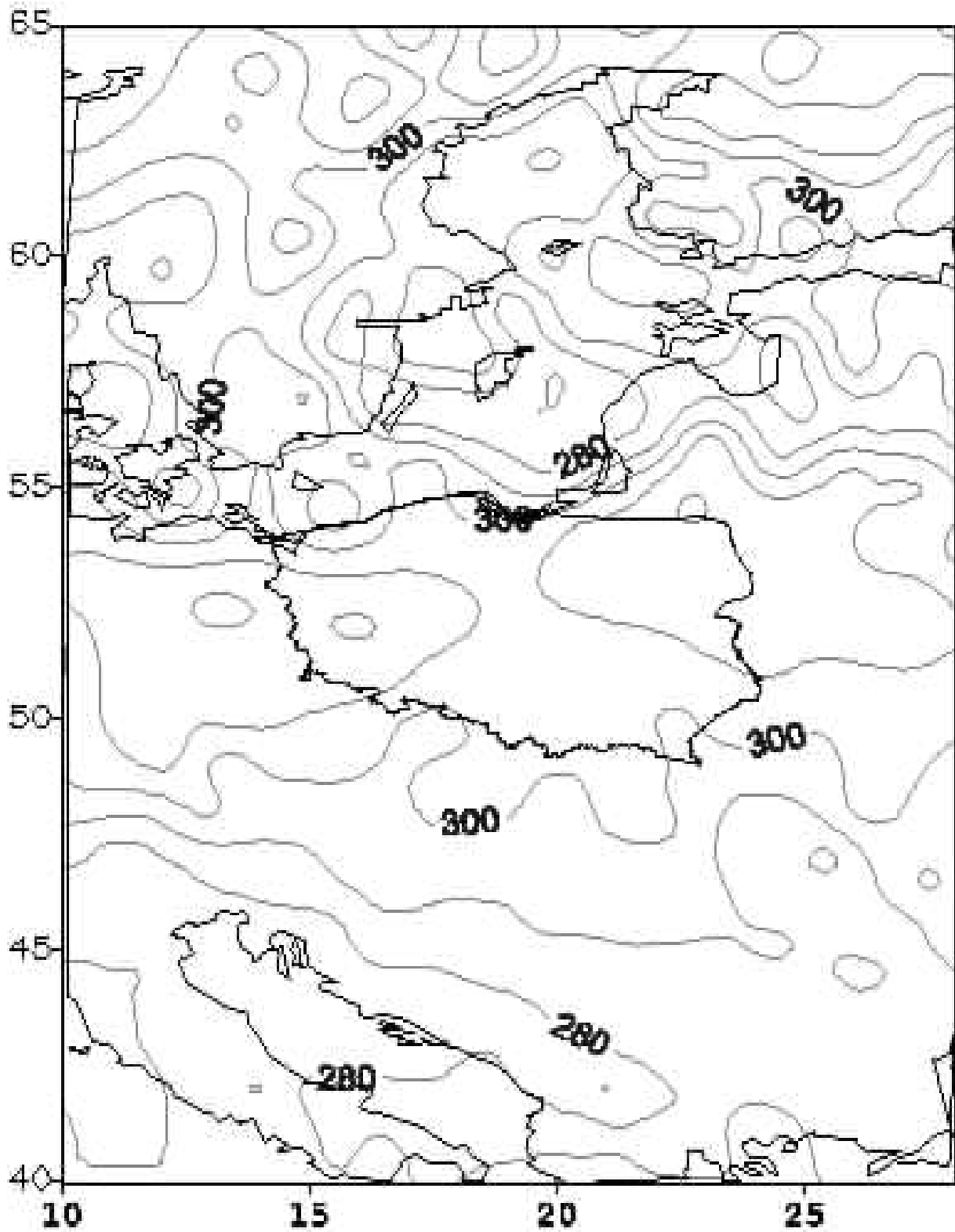
Calkowita zawartosc ozonu [D]

09.10.13 02:54 GMT



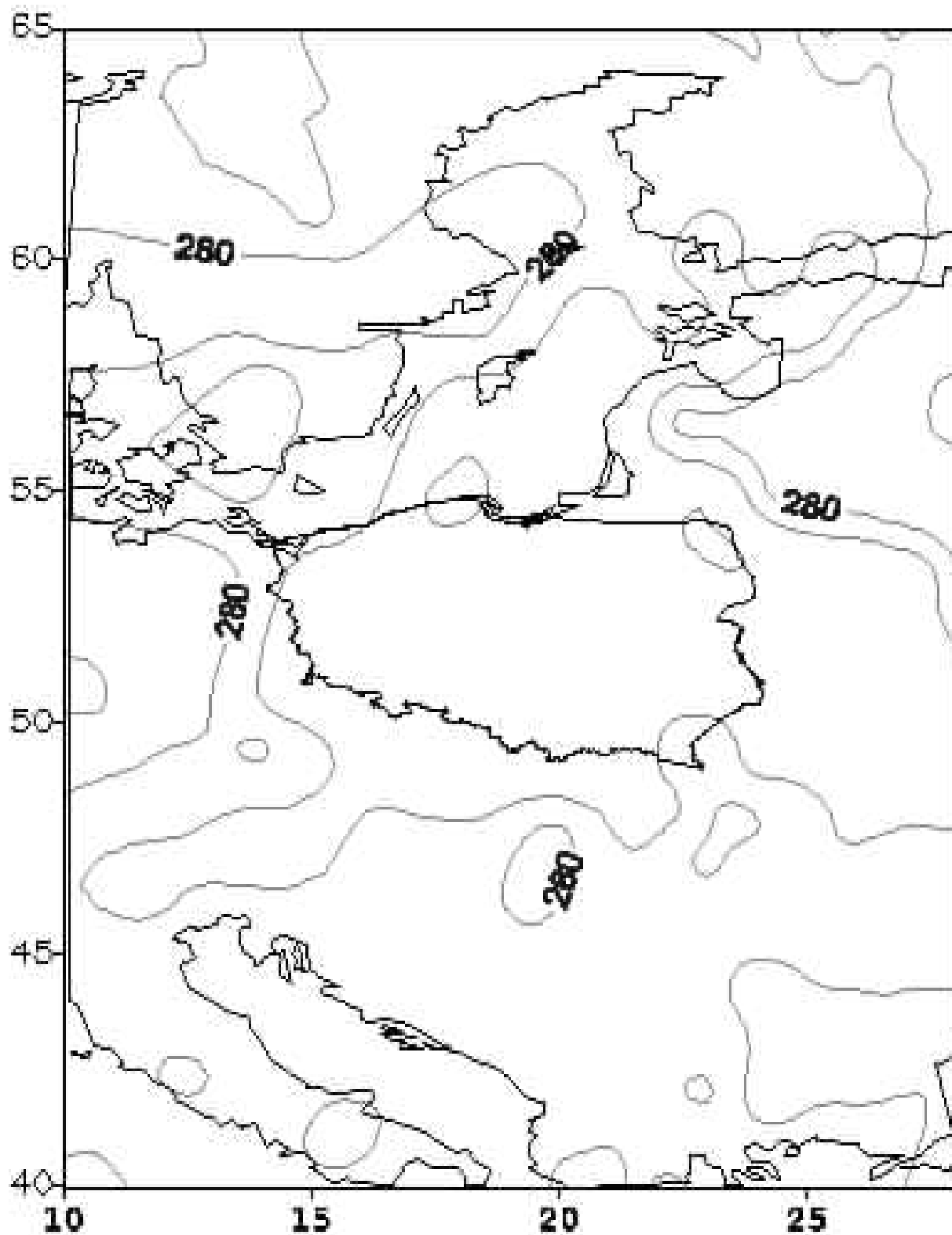
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.10.13 03:16 GMT



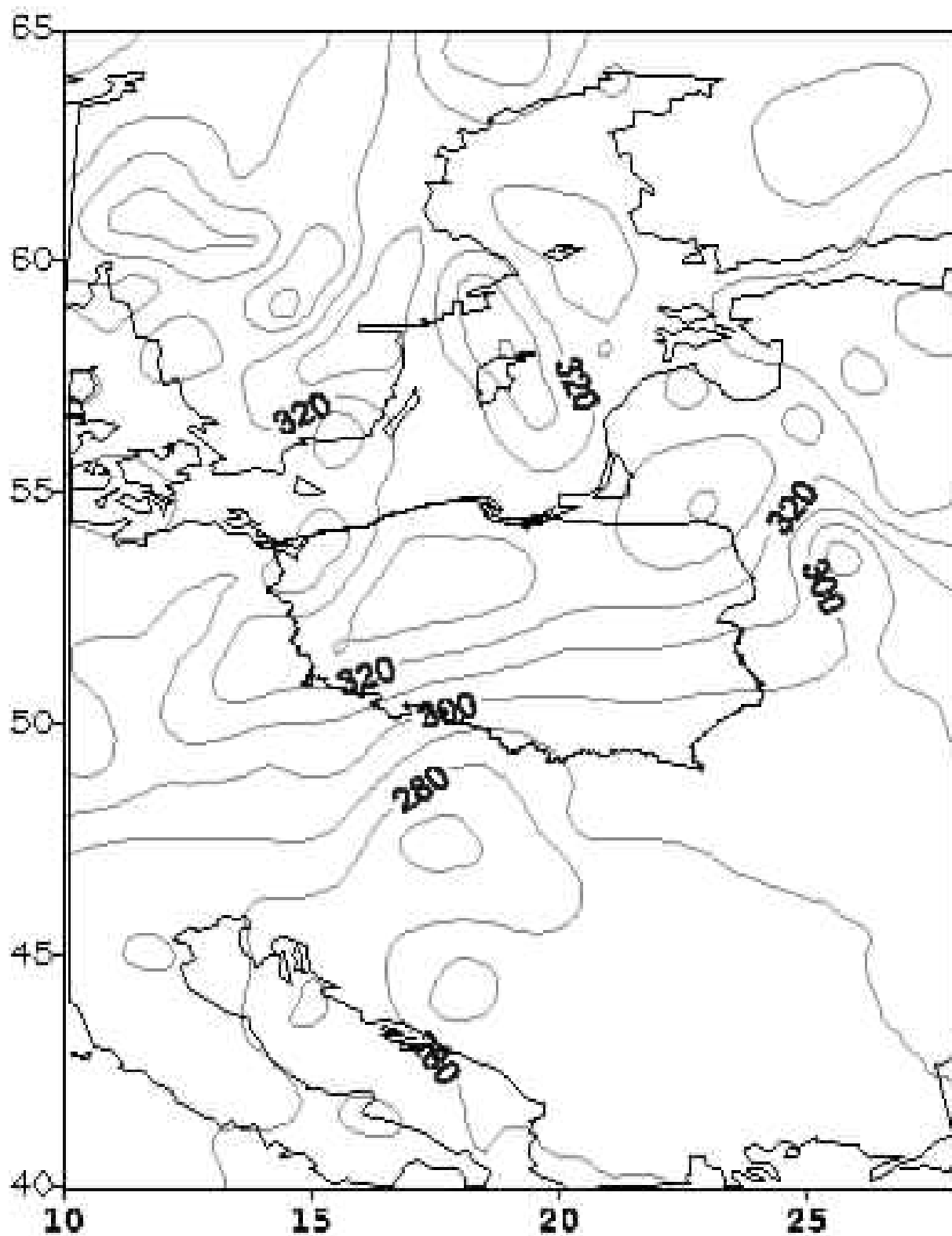
Calkowita zawartosc ozonu [D]

23.10.13 08:46 GMT



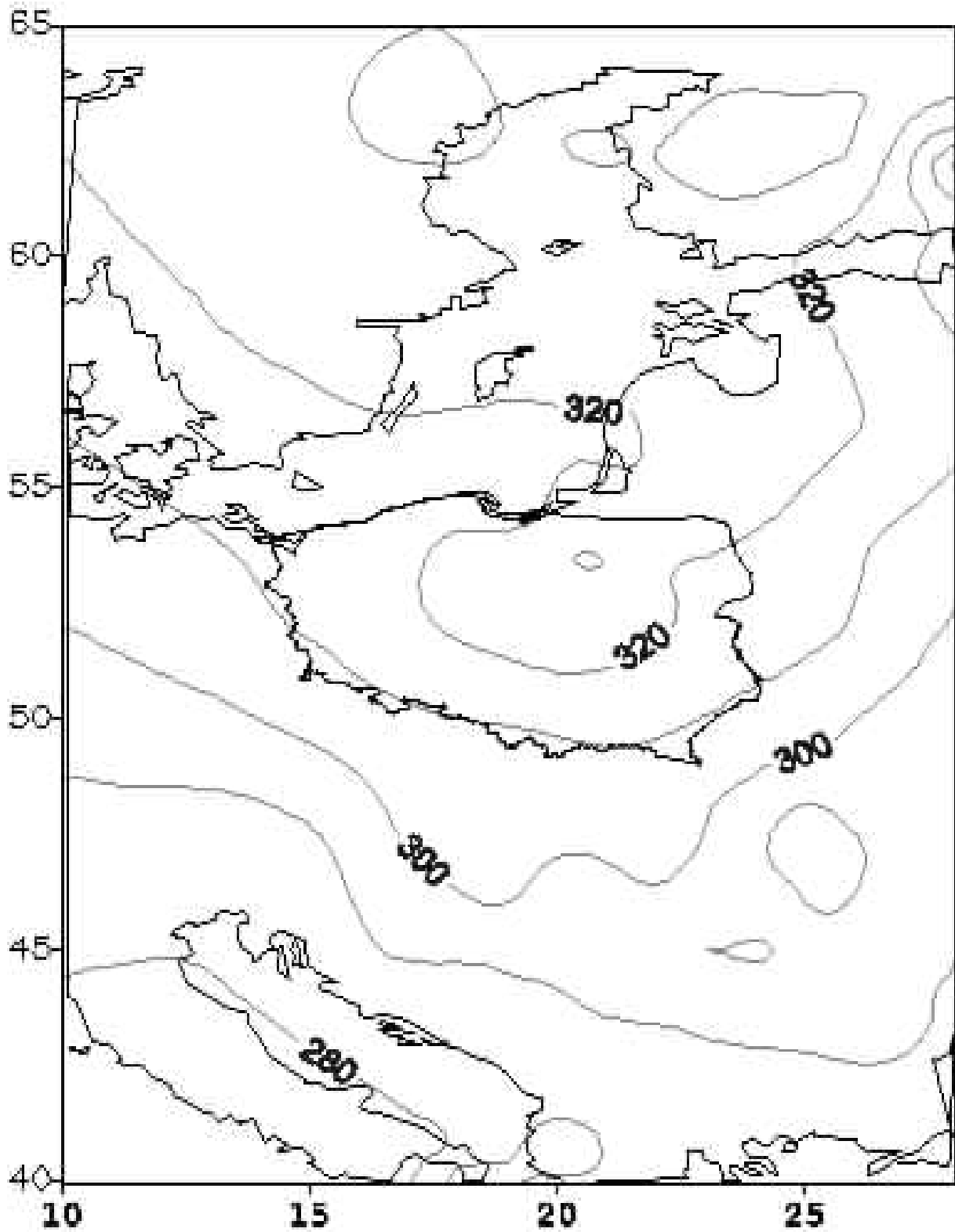
Calkowita zawartosc ozonu [D]

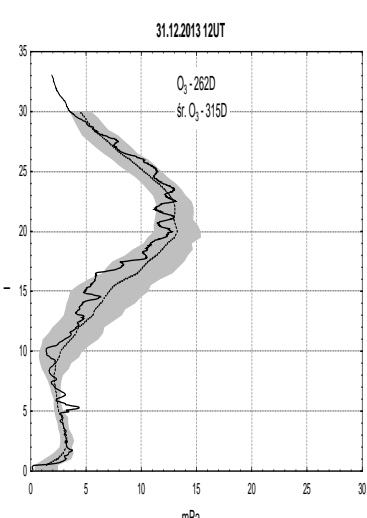
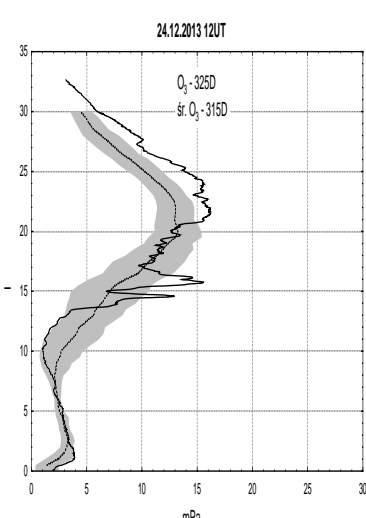
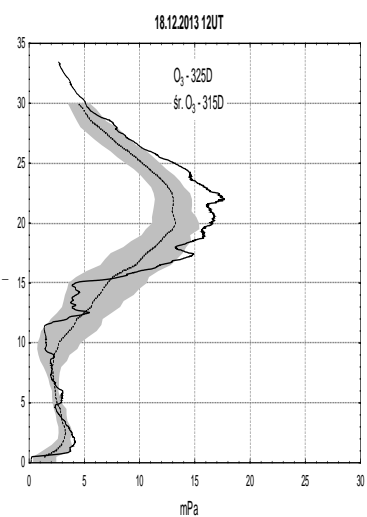
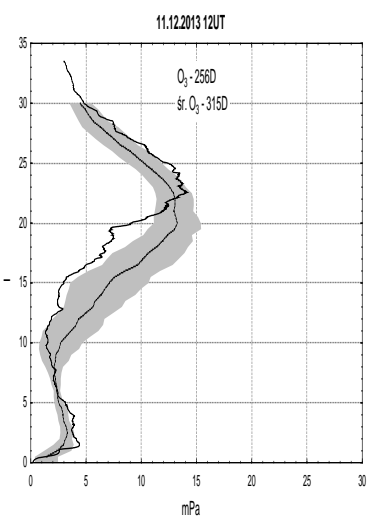
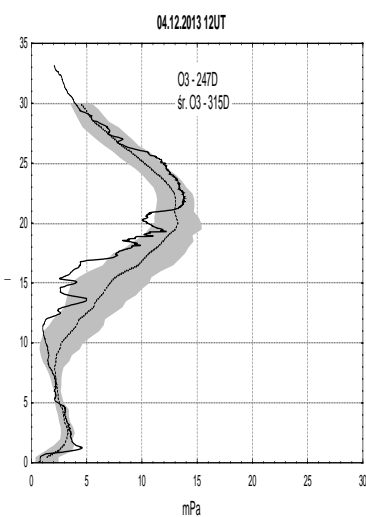
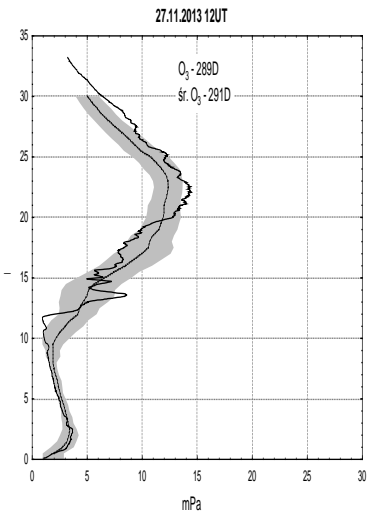
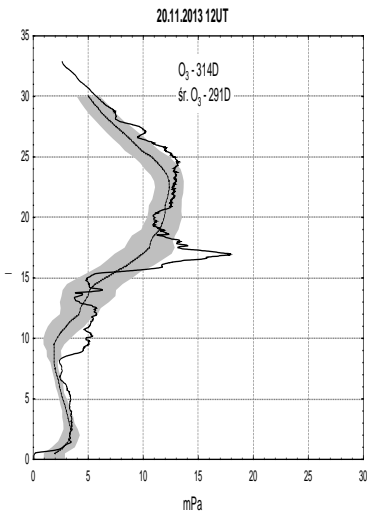
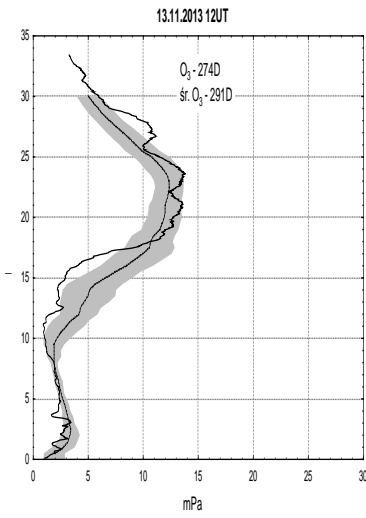
30.10.13 04:02 GMT



Calkowita zawartosc ozonu [D]

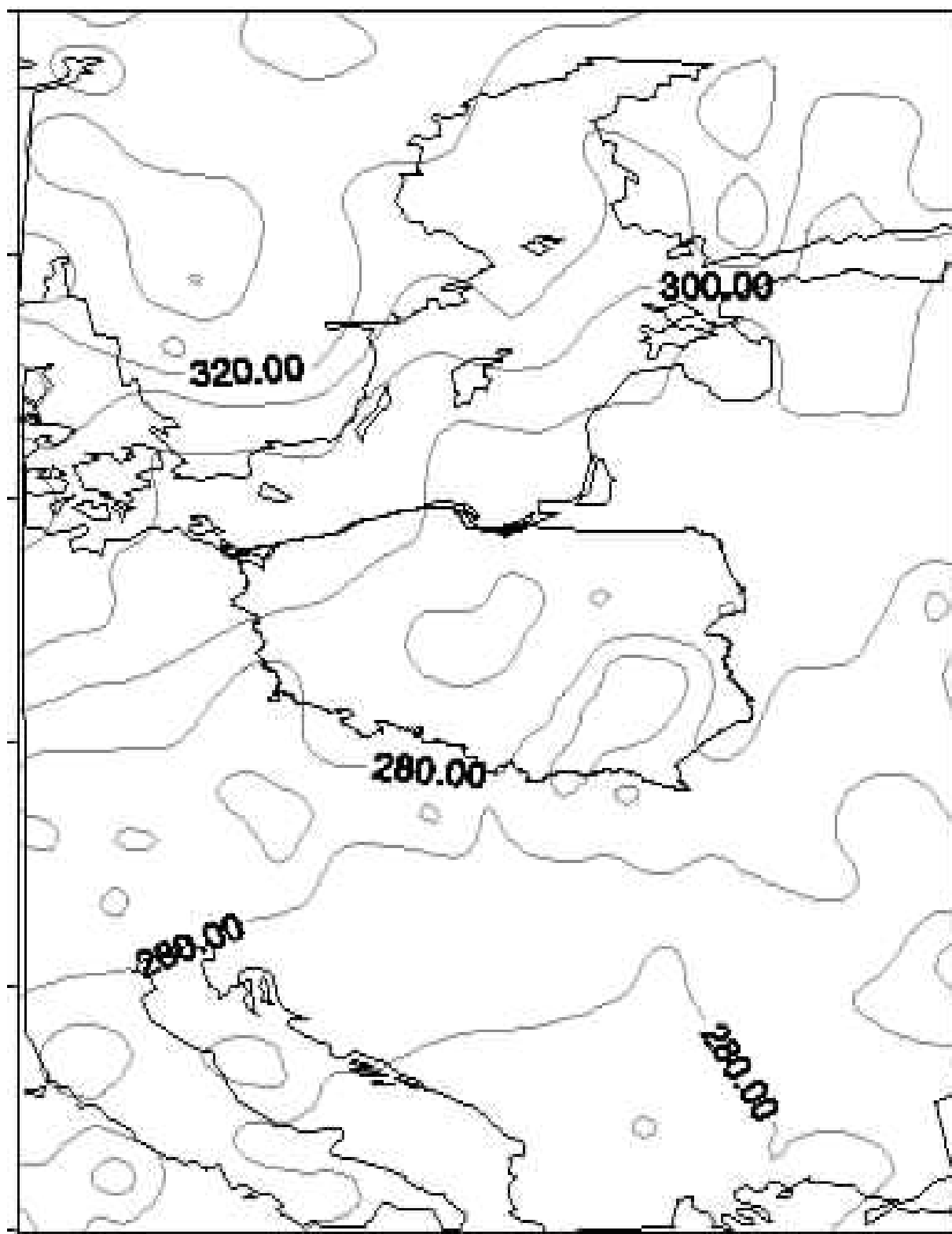
08.11.13 08:07 GMT





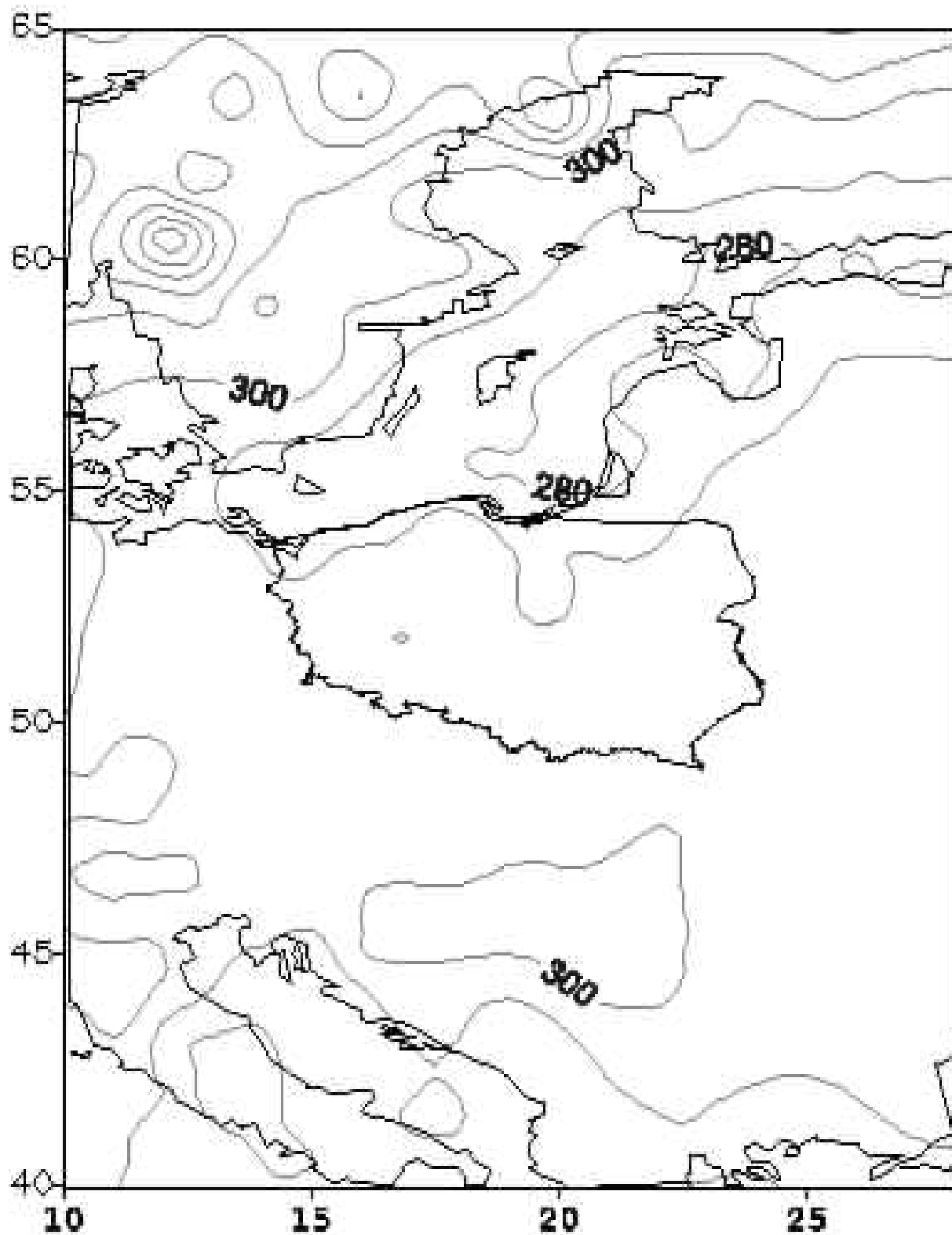
Calkowita zawartosc ozonu [D]

13.11.13 03:05 GMT



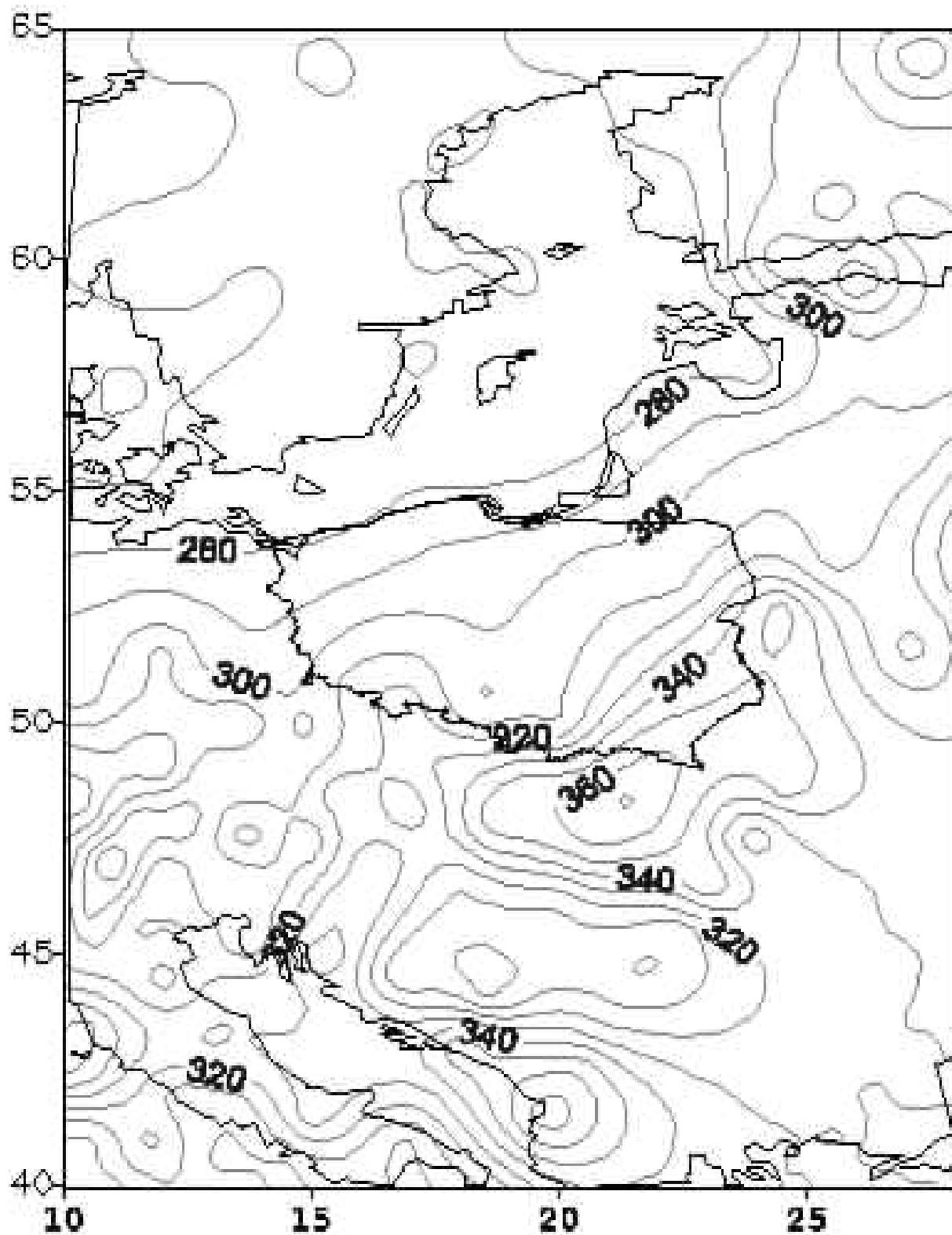
Calkowita zawartosc ozonu [D]

20.11.13 01:22 GMT



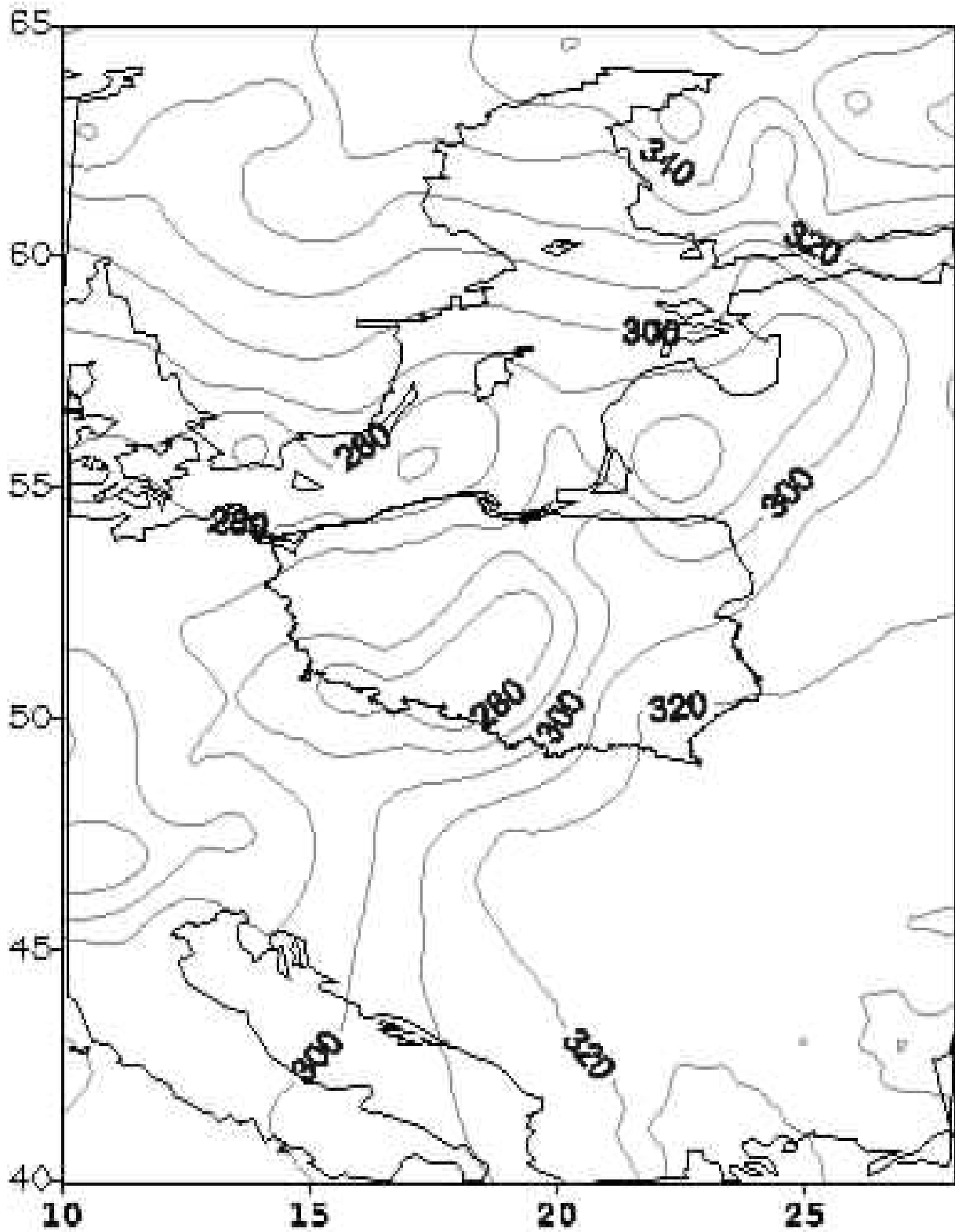
Calkowita zawartosc ozonu [D]

27.11.13 03:51 GMT



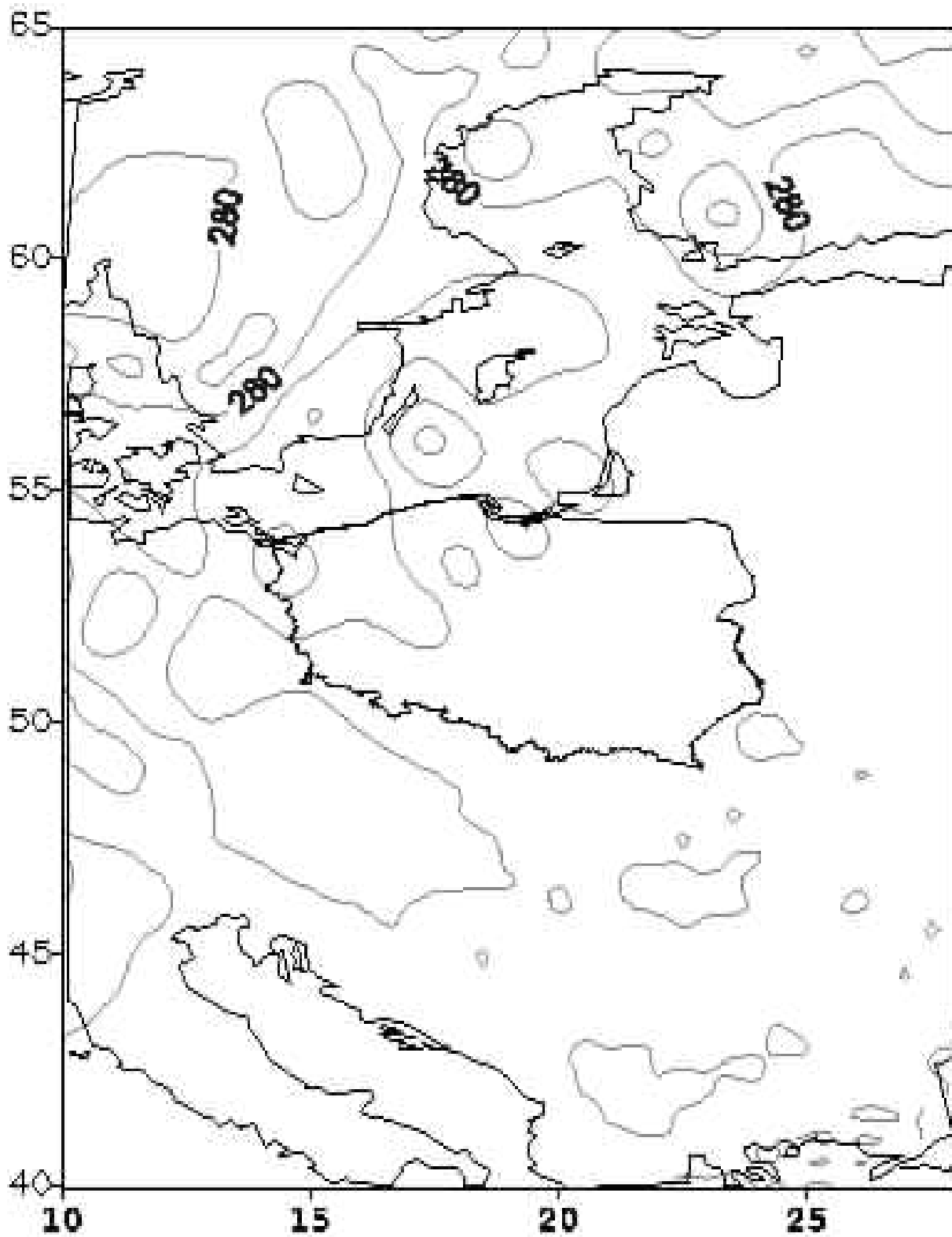
Calkowita zawartosc ozonu [D]

04.12.13 02:12 GMT



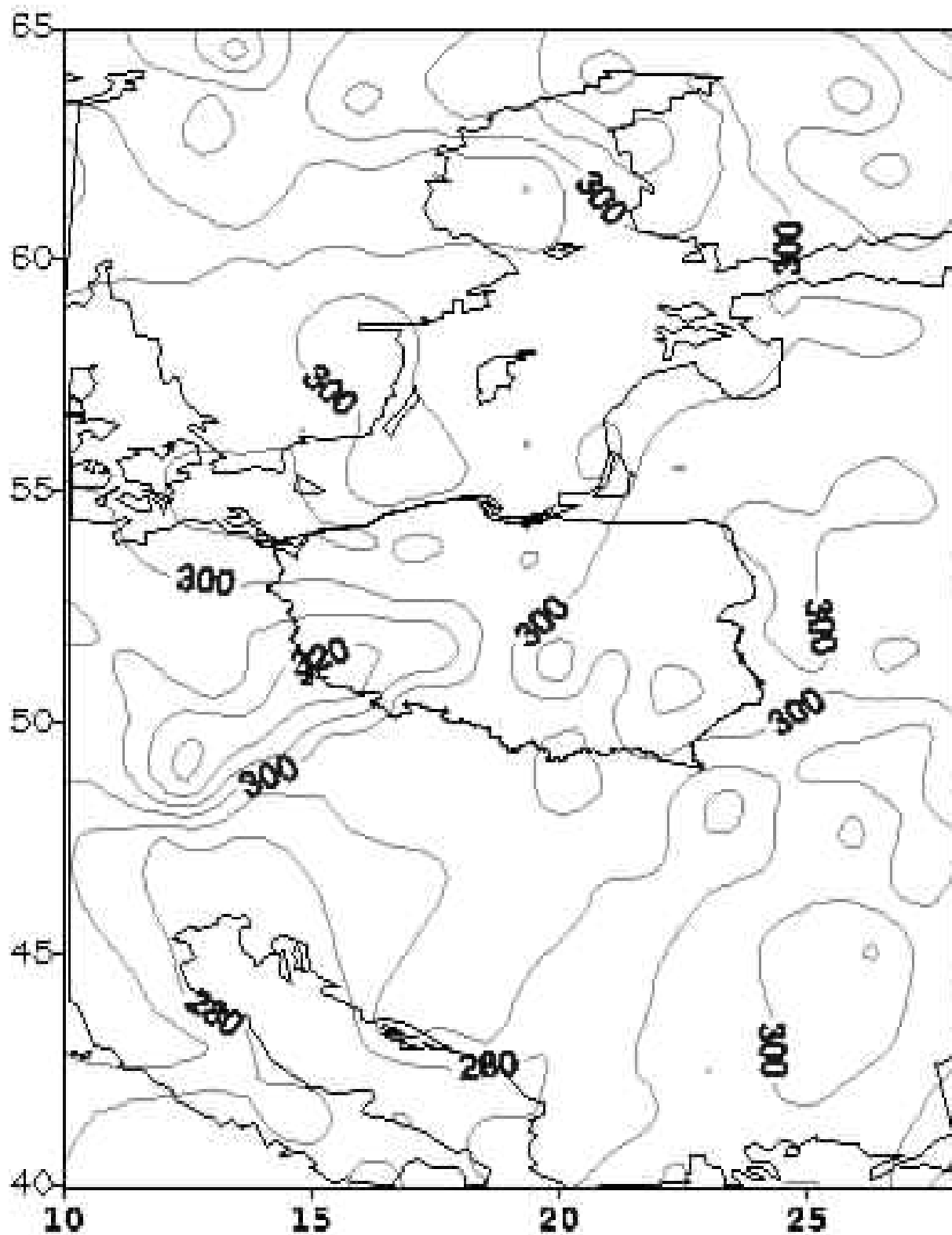
Calkowita zawartosc ozonu [D]

11.12.13 04:38 GMT



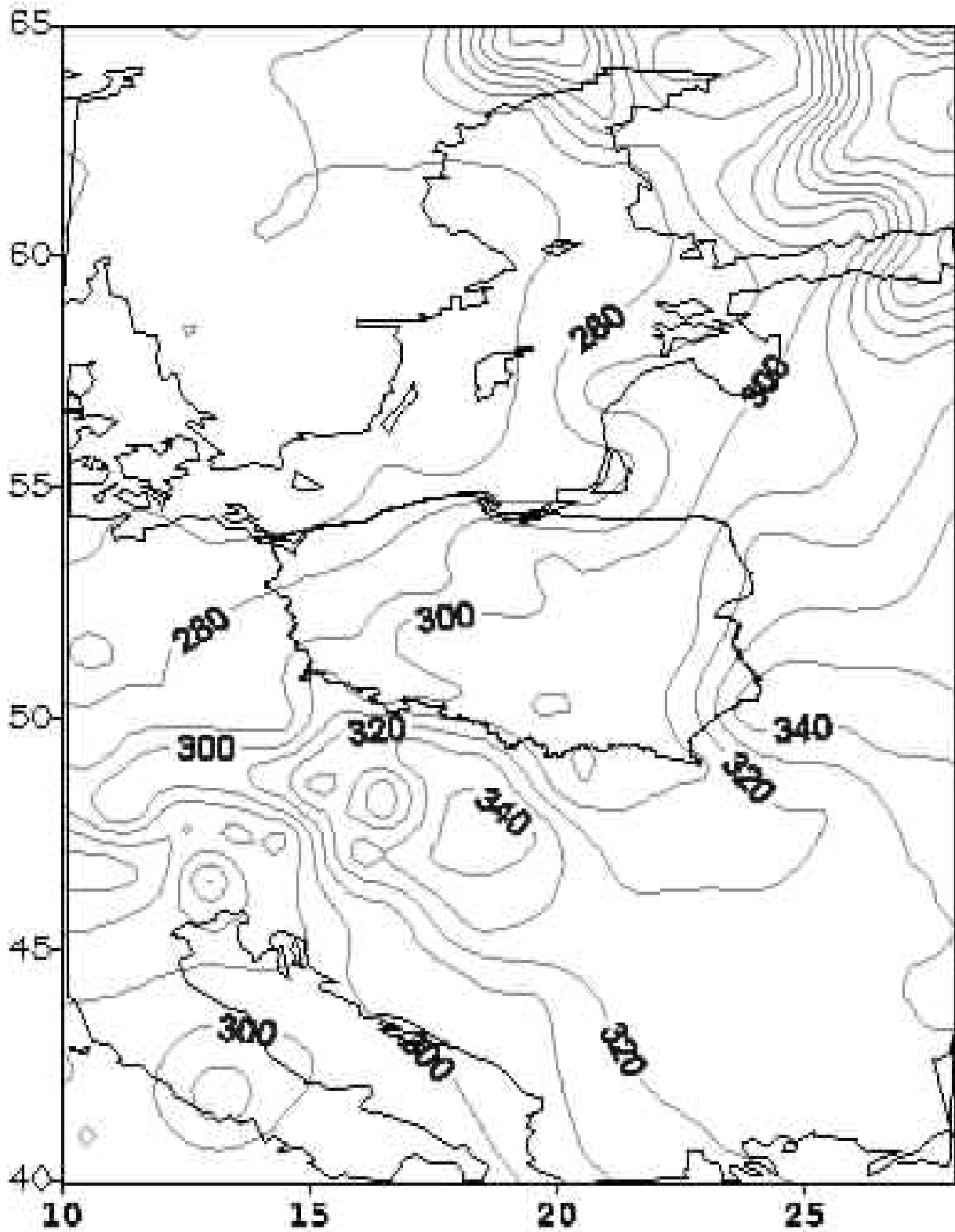
Calkowita zawartosc ozonu [D]

18.12.13 03:16 GMT



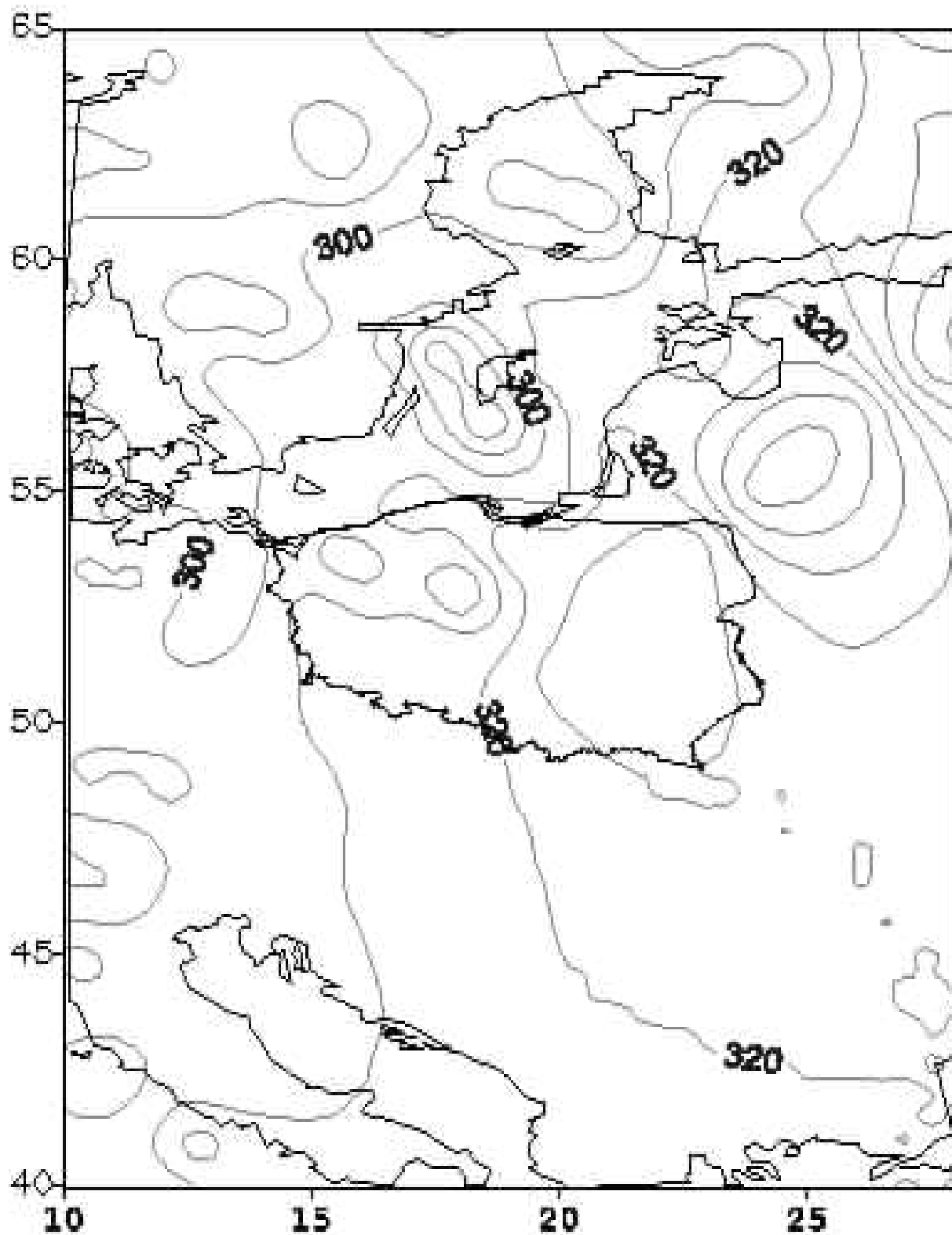
Calkowita zawartosc ozonu [D]

24.12.13 03:50 GMT



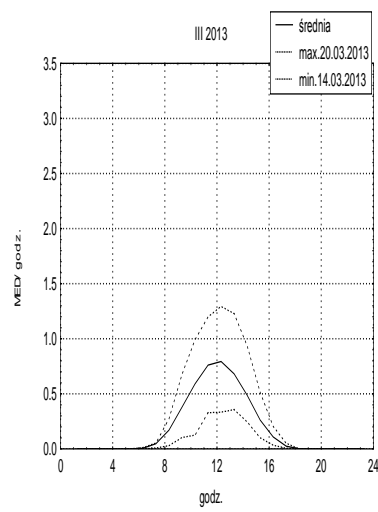
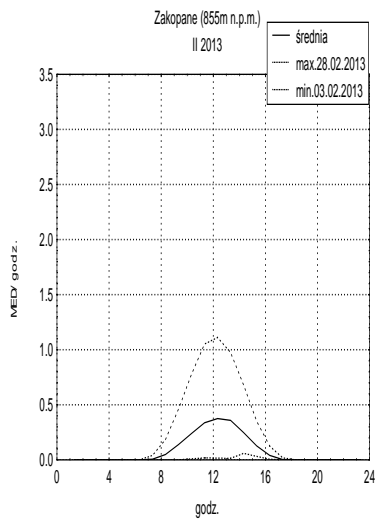
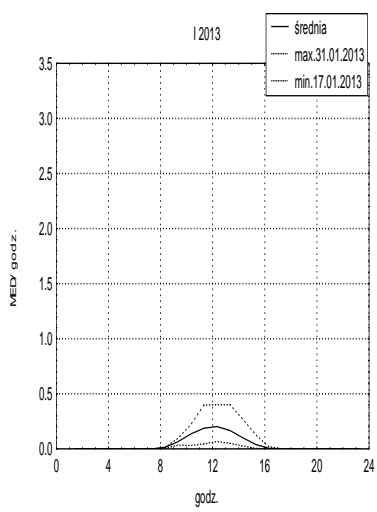
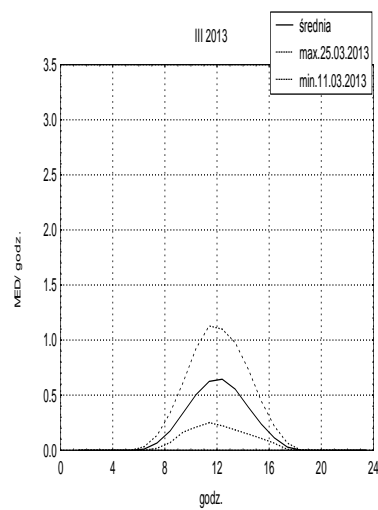
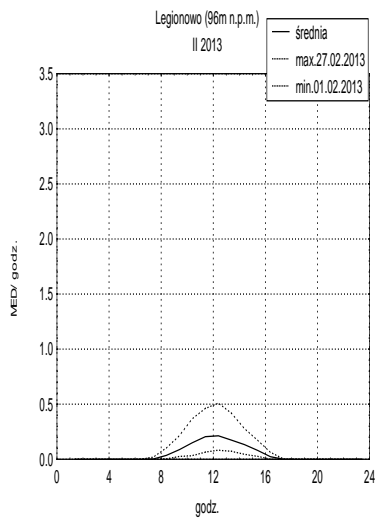
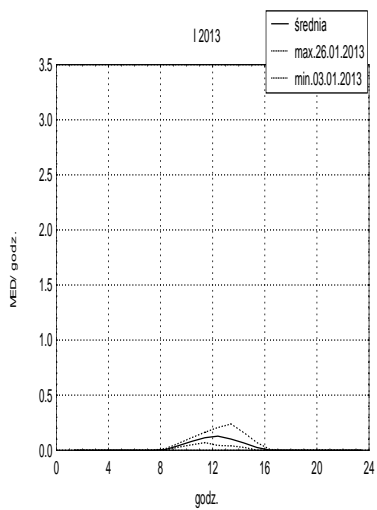
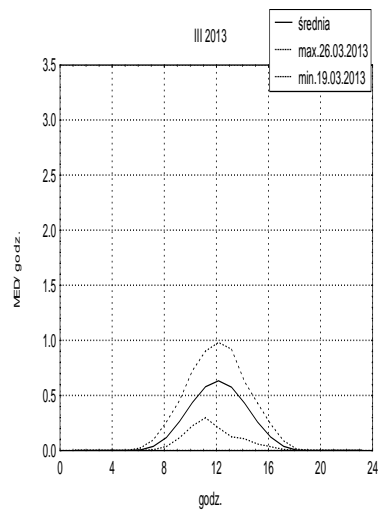
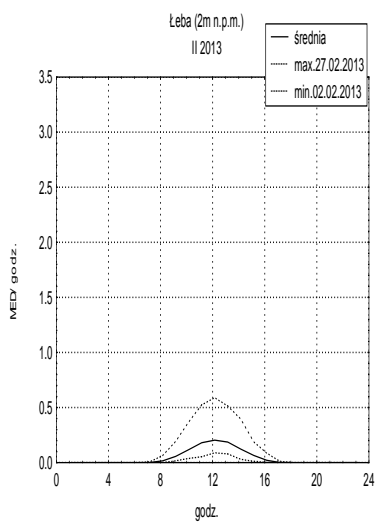
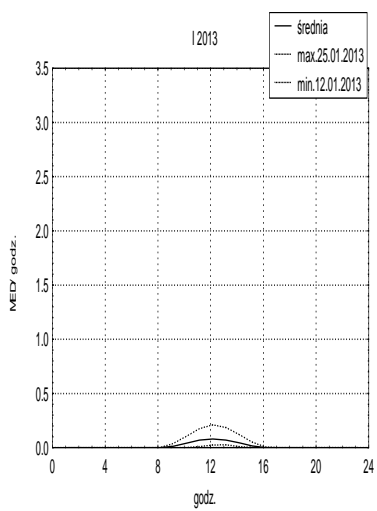
Calkowita zawartosc ozonu [D]

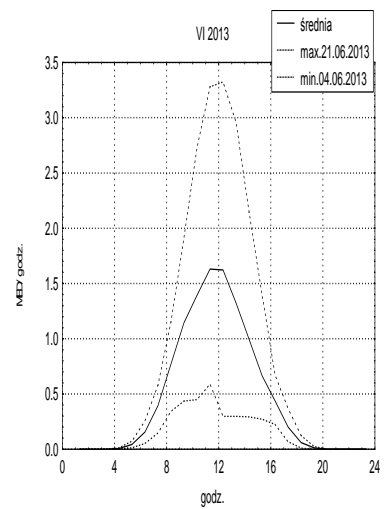
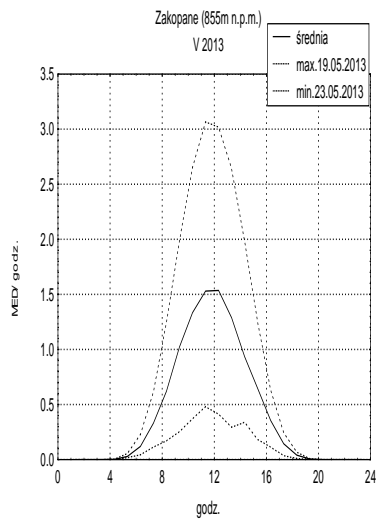
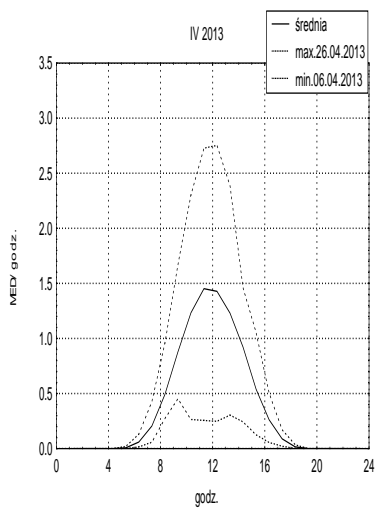
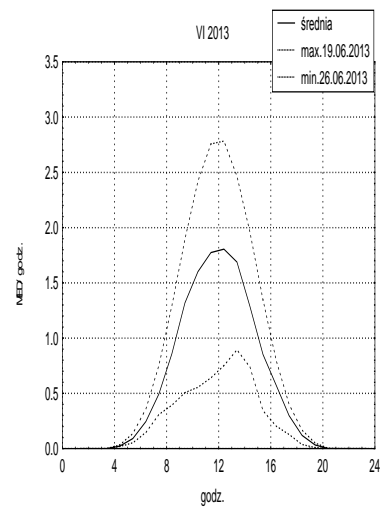
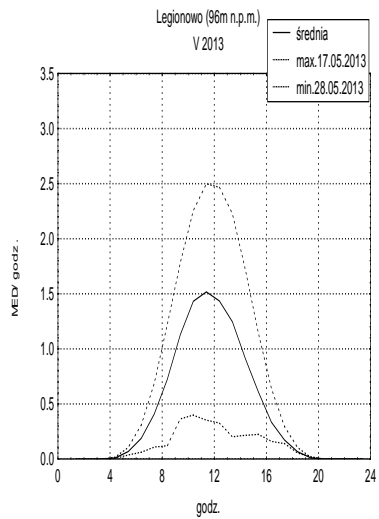
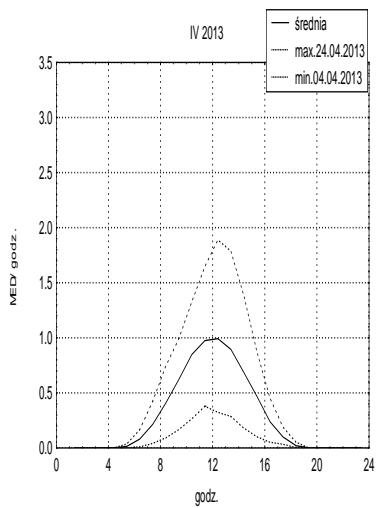
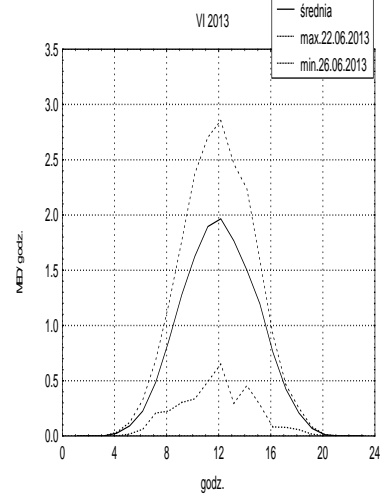
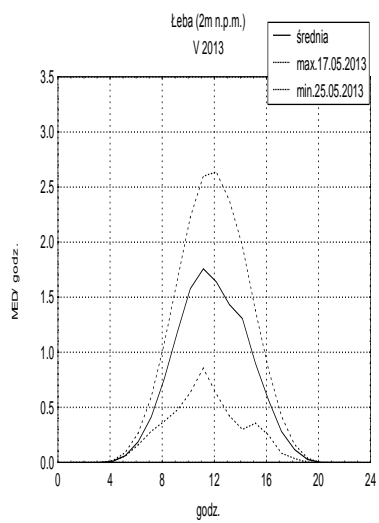
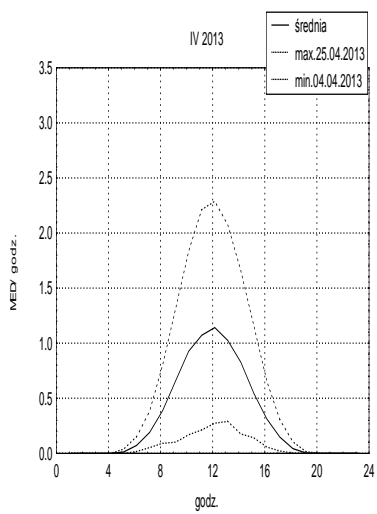
31.12.13 02:19 GMT

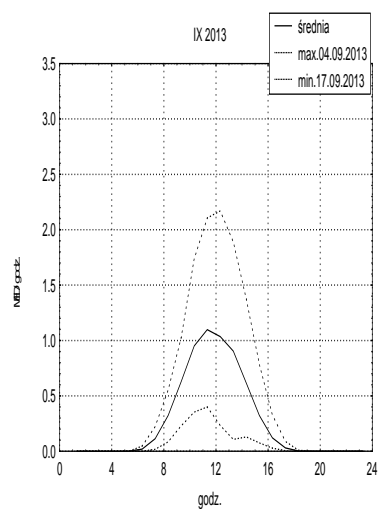
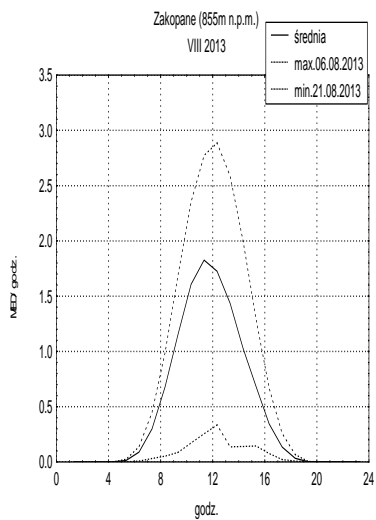
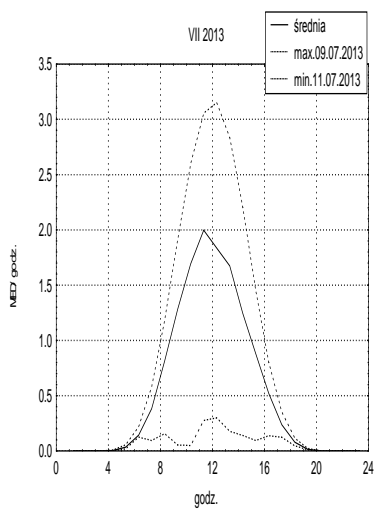
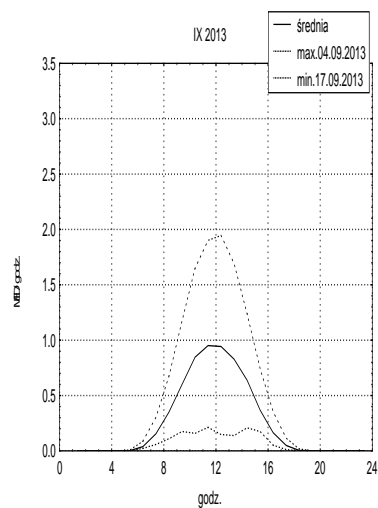
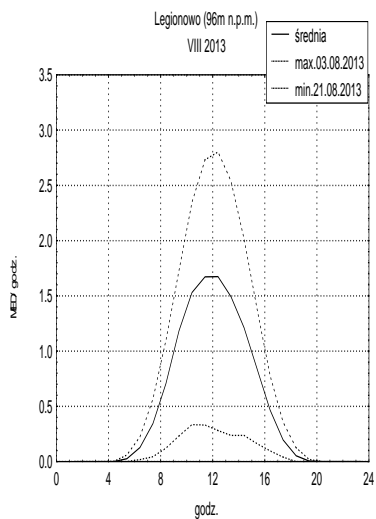
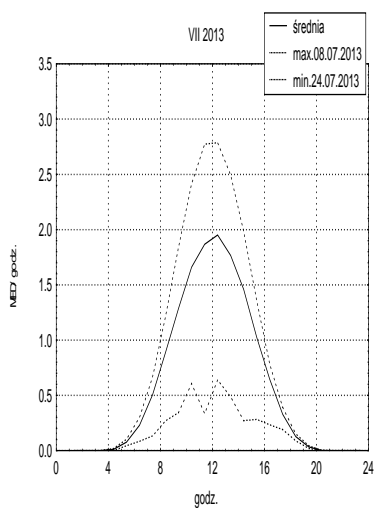
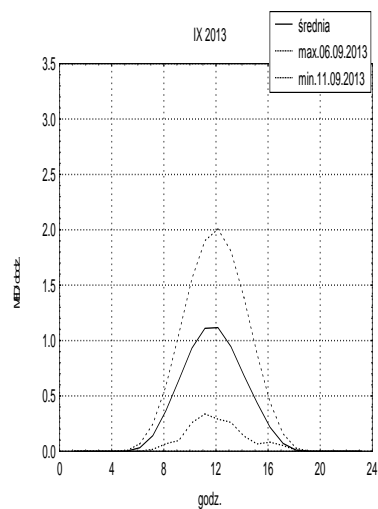
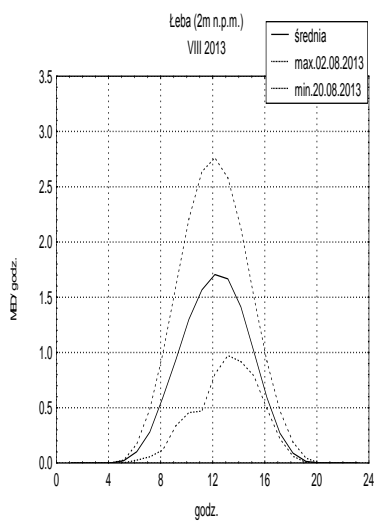
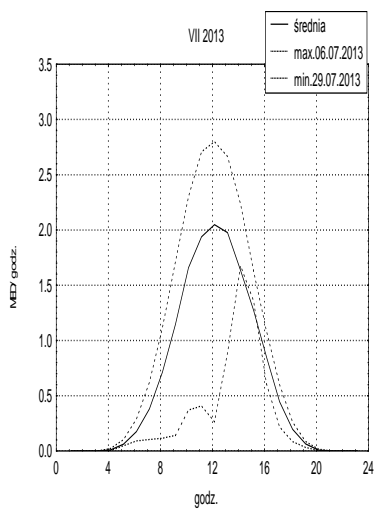


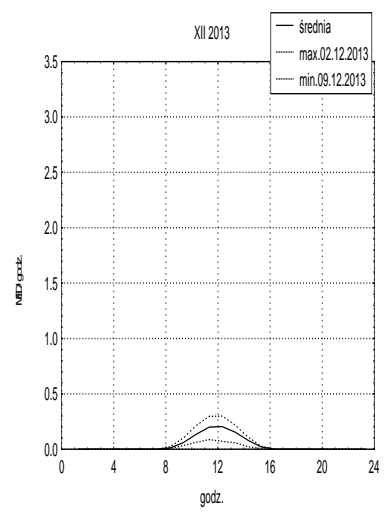
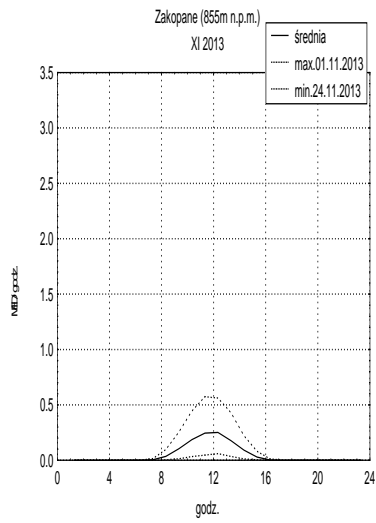
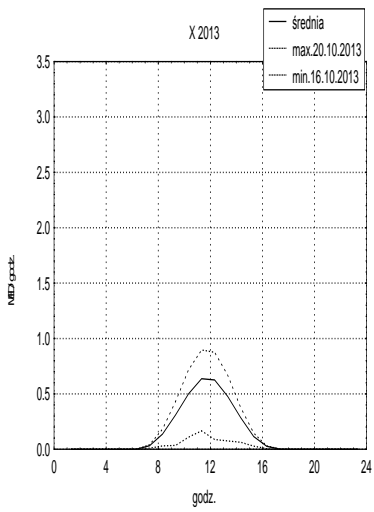
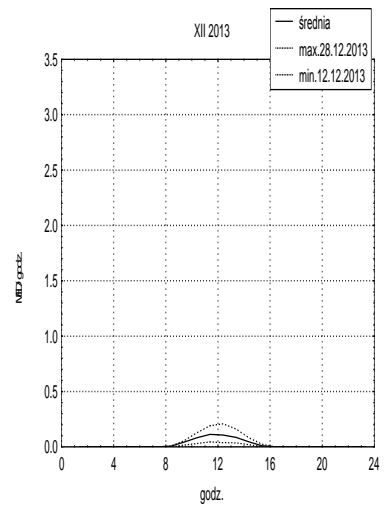
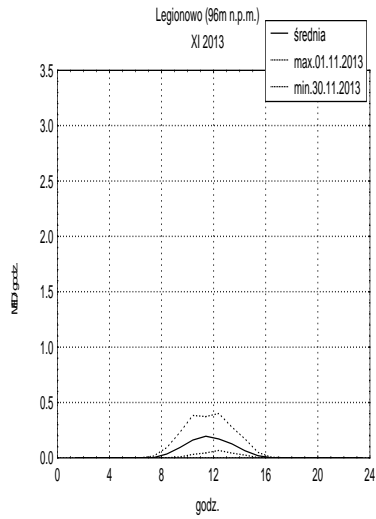
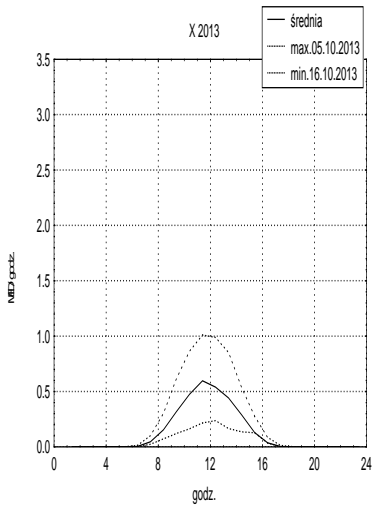
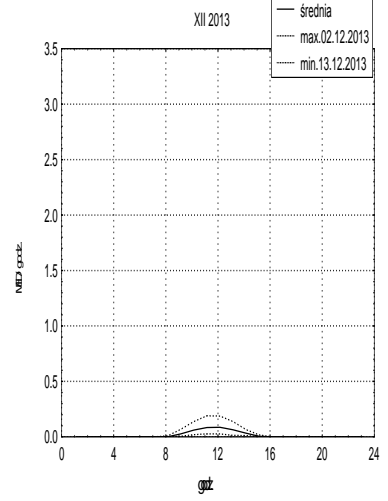
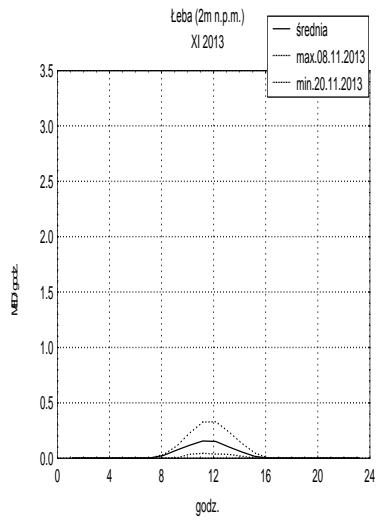
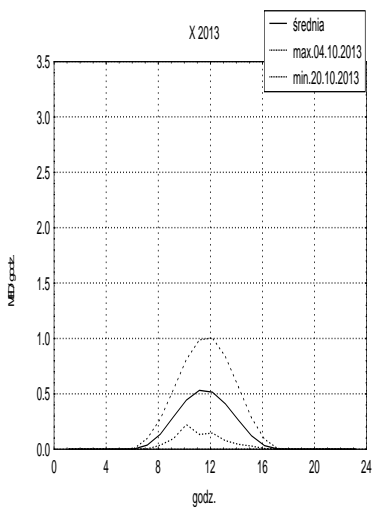
ZAŁĄCZNIK 5

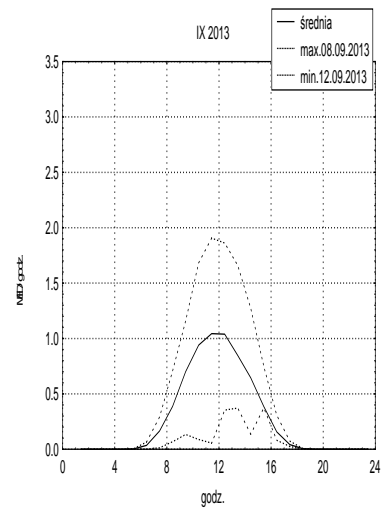
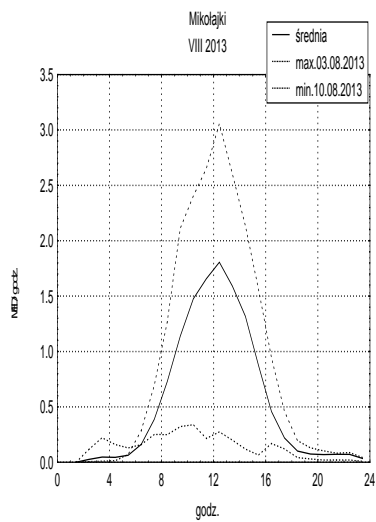
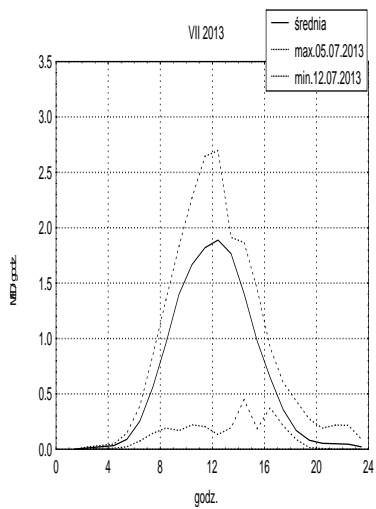
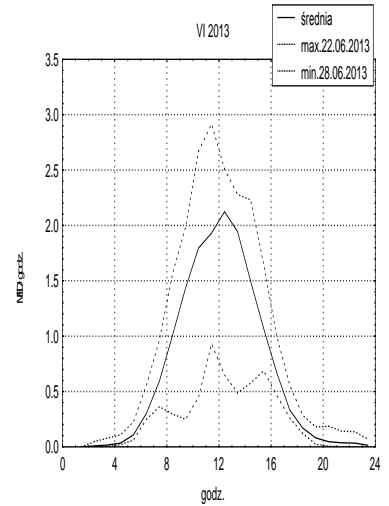
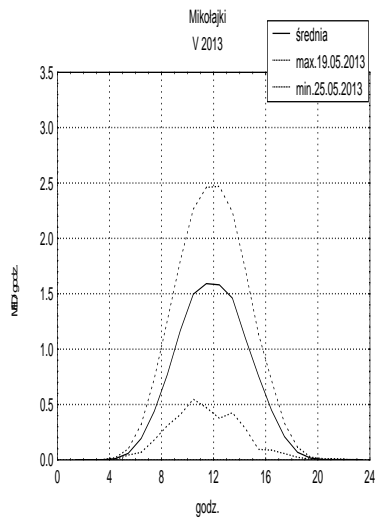
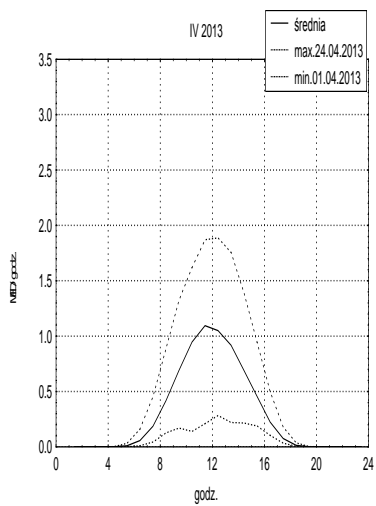
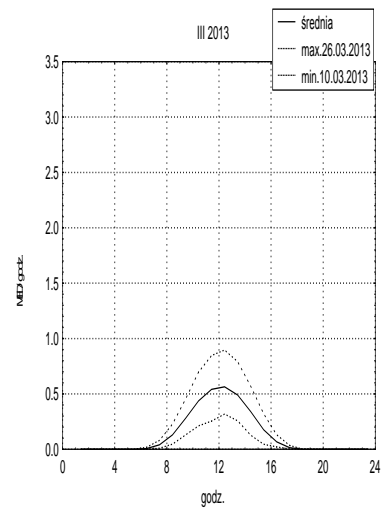
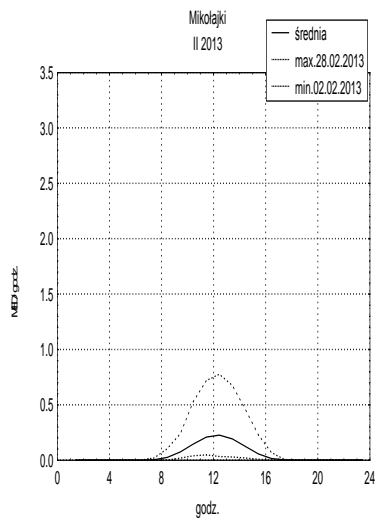
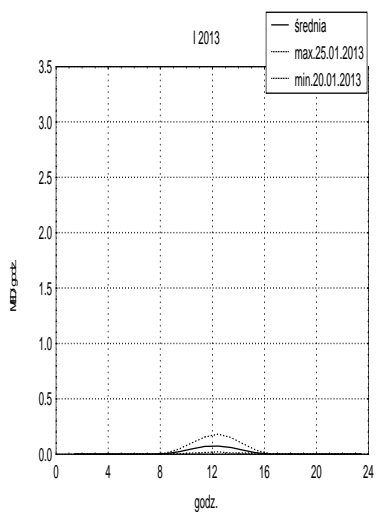
DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY
STYCZEŃ - GRUDZIEŃ 2013 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE
I MINIMALNE) ZMIERZONE ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU SOLAR LIGHT
(ŁEBA, LEGIONOWO, ZAKOPANE) ORAZ ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU
OPTIX (MIKOŁAJKI, KATOWICE).

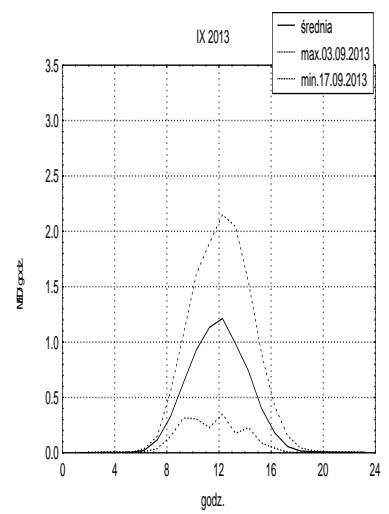
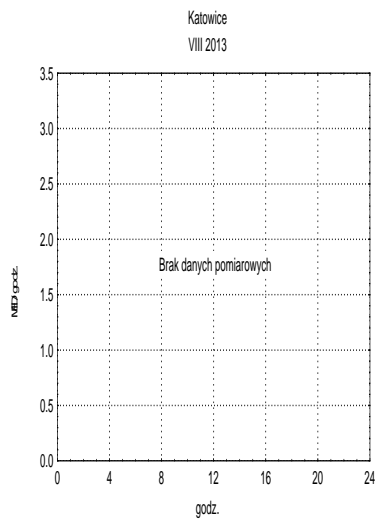
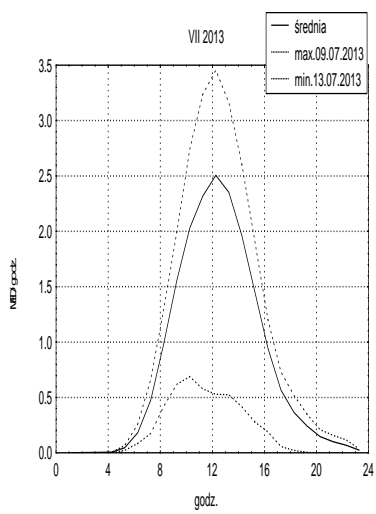
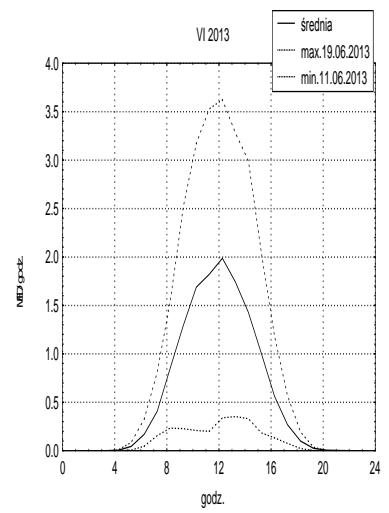
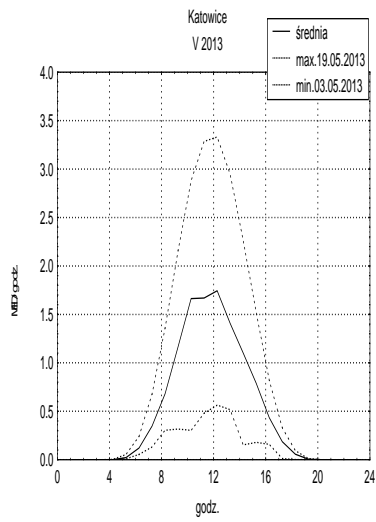
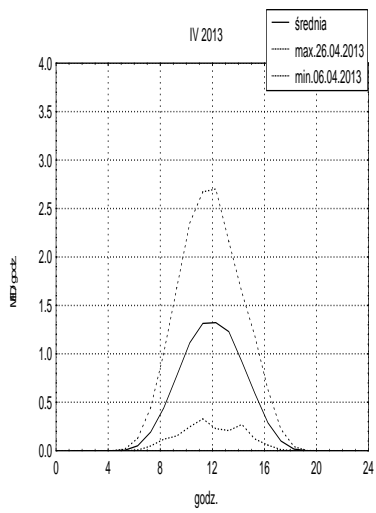
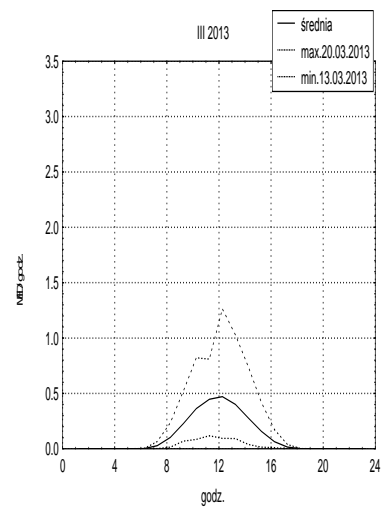
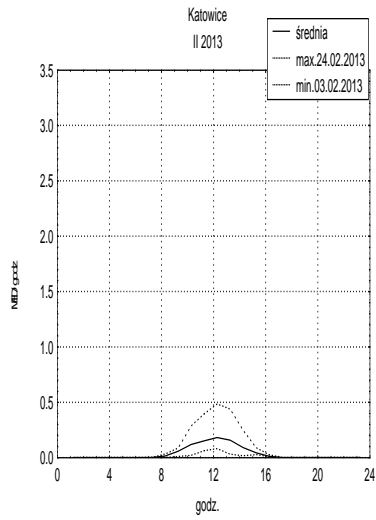
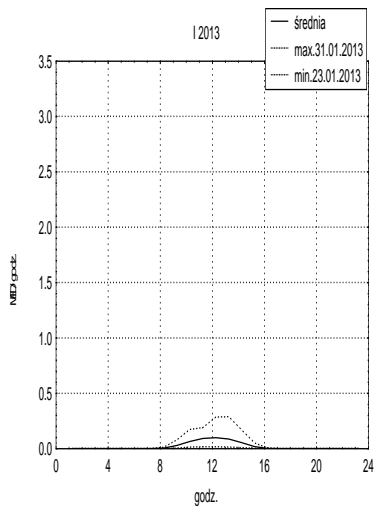


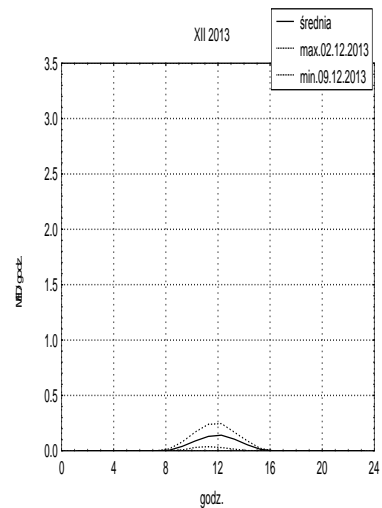
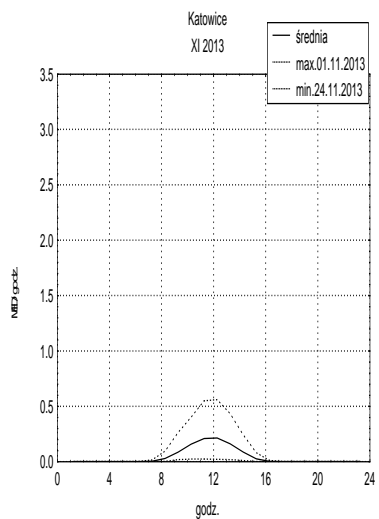
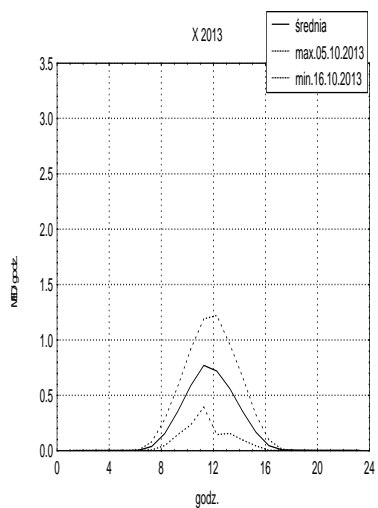












ZAŁĄCZNIK 6

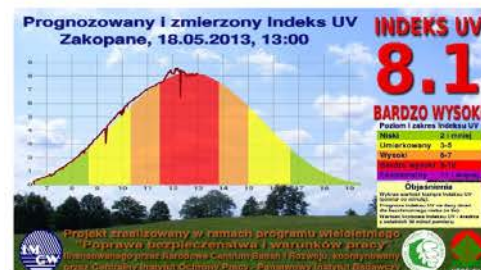
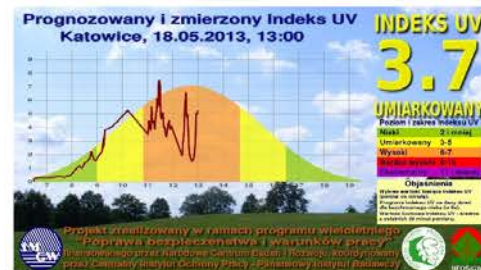
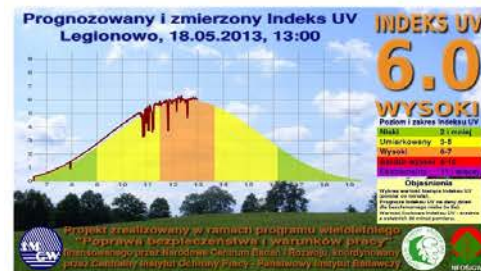
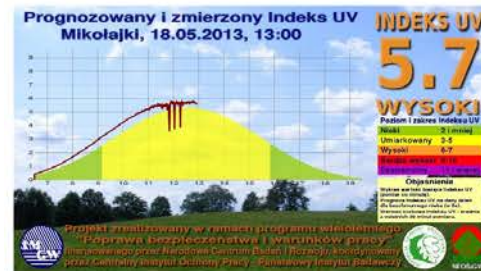
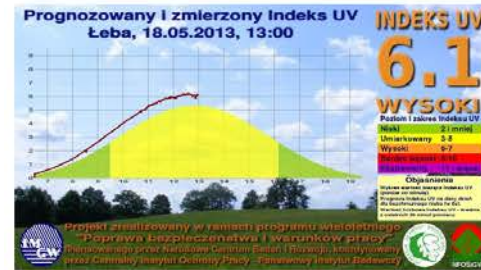
INFORMACJE O BIEŻĄCYM I PROGNOZOWANYM INDEKSIE UV
Z DNIA 18.05.2013 OPUBLIKOWNE NA STRONIE INTERNETOWEJ
www.pogodynka.pl/indeksuv

Indeks UV

Pomiar Indeksu UV w czasie rzeczywistym (aktualizowany co 5 minut)

Nadmiernie opalanie jest szkodliwe, może powodować raka skóry, zmęczenie, obniżenie odporności biologicznej. Indywidualna wrażliwość człowieka na promieniowanie UV zależy od typu jego skóry.

- Aktualny Indeks UV
- Prognoza indeksu UV
- Materiały edukacyjne



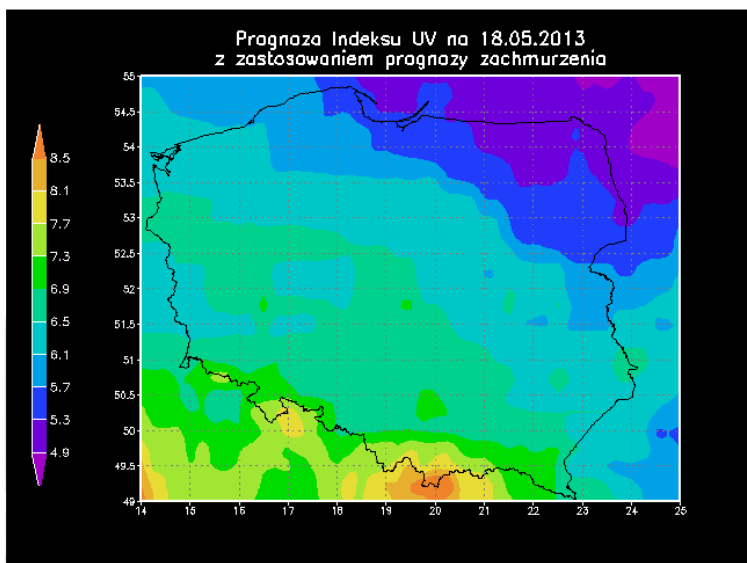
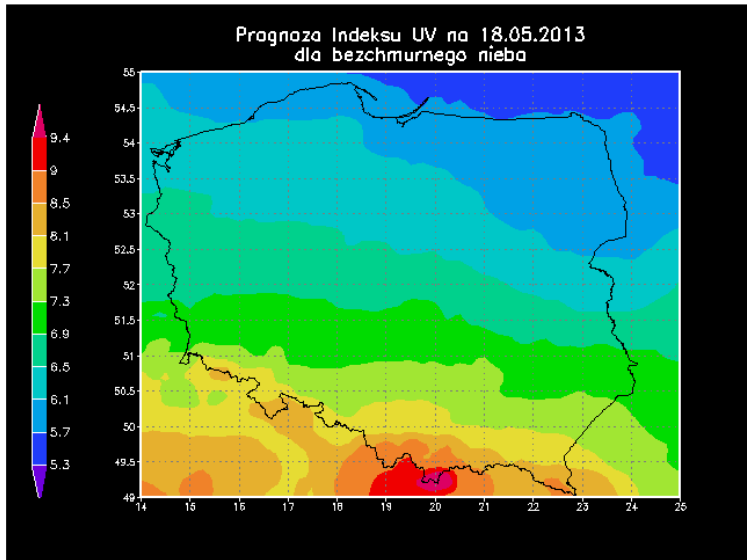
Monitoring promieniowania UV jest realizowany przez Ośrodek Aerologii IMGW PIB w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Indeks UV >> Prognoza Indeksu UV

Prognoza Indeksu UV (aktualizowany raz na dobę)

Nadmierne opalanie jest szkodliwe, może powodować raka skóry, zaćmę, obniżenie odporności biologicznej. Indywidualna wrażliwość człowieka na promieniowanie UV zależy od typu jego skóry.

- [Aktualny Indeks UV](#)
- [Prognoza Indeksu UV](#)
- [Materiały edukacyjne](#)



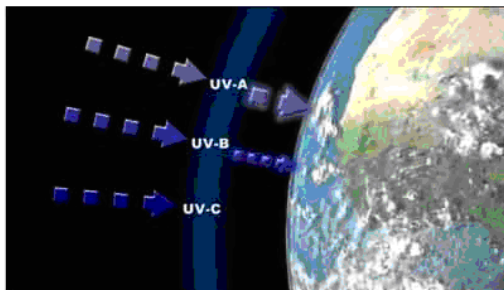
Monitoring promieniowania UV jest realizowany przez Ośrodek Aerologii IMGW PIB w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, finansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.



Słoneczne promieniowanie UV

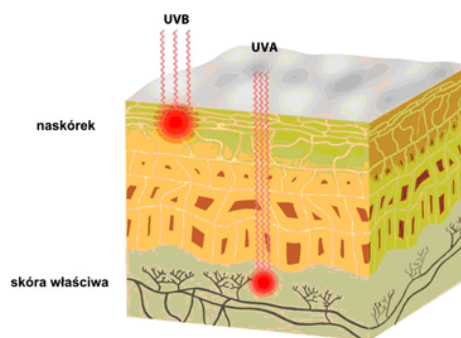
Promieniowanie słoneczne jest ważnym naturalnym czynnikiem tworzącym klimat Ziemi. Ultrafioletowe (UV) pasmo promieniowania słonecznego odgrywa istotną rolę w wielu procesach biosfery i ma ogromny wpływ na zdrowie człowieka. Ma wiele dobroczynnych oddziaływań, ale może być również bardzo szkodliwe w przypadku przekroczenia progu bezpieczeństwa. Aby uniknąć przykrych skutków działania nadmiernej ilości promieniowania UV, zarówno ostrych jak i przewlekłych, człowiek powinien ograniczyć swoją ekspozycję na Słońce stosując środki ochronne.

Promieniowanie ultrafioletowe dzielone jest na 3 pasma (Rys. 1): UV-C, UV-B i UV-A. Całość promieniowania UV-C oraz znaczna część promieniowania UV-B jest pochłaniana w atmosferze przez ozon, parę wodną, tlen i dwutlenek węgla. Ozon jest głównym pochłaniaczem promieniowania UV-B, zmniejszenie jego warstwy w atmosferze zwiększa ilość UV-B docierającego do powierzchni Ziemi. Promieniowanie UV-A jest minimalnie pochłaniane w atmosferze. W związku z tym promieniowanie UV docierające do człowieka składa się głównie z UV-A i UV-B.



Rys. 1: Pasma promieniowania UV.

Promieniowanie ultrafioletowe docierające do powierzchni Ziemi ma duży wpływ na zdrowie człowieka. Skóra i oczy są najbardziej wrażliwe na działanie promieniowania UV. Część promieniowania jest odbijana od ludzkiej skóry, część rozpraszana a część wnika w tkanki skóry. Głębokość przenikania zależy od długości fali. Promieniowanie UV-B przenika jedynie do naskórka, podczas gdy UV-A przenika głębiej, aż do skóry właściwej (Rys. 2).



Rys. 2: Schemat przenikania promieniowania UV w głąb skóry

Bezpośrednią reakcją skóry po ekspozycji na Słońce jest powstawanie rumienia. Natychmiastowe (wywołane przez promieniowanie UV-A) ciemnienie skóry u ludzi o ciemnej karnacji jest reakcją nietrwałą i zanika po kilku godzinach. Trwała barwnikowa reakcja (wywołana głównie przez UV-B) jest widoczna po 2-3 dniach i utrzymuje się przez 2-3 miesiące. Przy dużych dawkach promieniowania UV i długotrwałej, jednorazowej ekspozycji na Słońce może dojść do ostrych oparzeń słonecznych.

Do przewlekłych skutków działania promieniowania ultrafioletowego na skórę i oczy człowieka zalicza się: nowotwory skóry, przedwczesne starzenie się skóry, zaćmę, skrzydlik. Najistotniejszym czynnikiem ryzyka, sprzyjającym powstawaniu raka skóry, jest nadmierna ekspozycja na Słońce czy oparzenia słoneczne skóry, zwłaszcza w dzieciństwie i wczesnej młodości. Czynnikiem predysponującym do rozwoju raka skóry jest również fenotyp człowieka (Rys. 3). Ludzie o jasnej karnacji skóry, niebieskich bądź zielonych oczach oraz jasnych włosach są bardziej narażeni na nowotwory skóry.

Aktualny Indeks UV

Prognoza Indeksu UV

Materiały edukacyjne

TYP SKÓRY	OPARZENIA	OPALENIZNA
I. mała ilość melaniny	zawsze	rzadko
II.	zazwyczaj	czasami
III. średnia ilość melaniny	czasami	zazwyczaj
IV.	rzadko	zawsze
V. duża ilość melaniny	naturalnie brązowa skóra	
VI.	naturalnie czarna skóra	

Rys. 3: Klasyfikacja typów skóry.

Do opisanego wpływu promieniowania UV na wywołanie określonego biologicznego efektu wykorzystuje się biologicznie czynne promieniowanie UV (UVBE). Promieniowanie UVBE otrzymuje się mnożąc wartości natężenia promieniowania UV dla danej długości fali przez funkcję skuteczności widmowej określonego efektu i całkując tę wielkość w przedziale długości fal z zakresu UV. Funkcje skuteczności widmowej opisują wpływ promieniowania UV w zależności od długości fali na wywołanie określonej biologicznej reakcji, np. powstawanie rumienia skóry (erytema), nieczerniakowego raka skóry, czerniaka złośliwego.

Jednostką miary promieniowania UV odpowiedzialnego za wywołanie rumienia na skórze człowieka jest Indeks UV (UVI). Zakres wartości Indeksu UV rozciąga się od 0 wzwyż (Rys. 4). Im wyższa wartość UVI, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia rumienia i poparzeń skóry i tym szybszy czas ich pojawienia się. W Polsce w okresie letnim (w godzinach okołopołudniowych, w bezpośrednim słońcu) promieniowanie erytemlane przyjmuje wartości wysokiego i bardzo wysokiego UVI. W takich przypadkach biologicznie czynne promieniowanie UV, bez zastosowania należytej ochrony przed jego działaniem, stanowi duże zagrożenie dla zdrowia człowieka.

Niski	2 i mniej
Umiarkowany	3-5
Wysoki	6-7
Bardzo wysoki	8-10
Ekstremalny	11 i więcej

Rys. 4. Zakres wartości Indeksu UV



Rys. 5. Schemat zalecanej ochrony przed promieniowaniem UV w zależności od wartości Indeksu UV

Materiały do pobrania:

[Ulotka - Słoneczne promieniowanie UV](#)

[Ulotka - System informacyjny o słonecznym promieniowaniu UV](#)

[Film - Słoneczne promieniowanie UV \(Youtube\)](#)

Film i ulotki „Słoneczne promieniowanie” zostały zrealizowane przez Ośrodek Aerologii IMGW PIB w ramach projektu „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, koordynowanego przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



Pogodynka.pl jest pogodowym serwisem informacyjnym Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowego Instytutu Badawczego.

[Strona startowa](#) [Zastrzeżenia prawne](#) [Kontakt](#)

Copyright IMGW 2007-2011 © Wszelkie prawa zastrzeżone.