



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 NFOŚiGW na podstawie umowy nr 670/2013/Wn-50/MN-PO/D z dnia 07.10.2013 r. o dofinansowanie pracy pt. „Monitoring całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą, rozkładu pionowego ozonu oraz promieniowania UV-B w Polsce w latach 2013-2016” – zadanie nr 2.



Sprawozdanie z Etapu III, 2015 rok

1. **Pomiary rozkładu pionowego ozonu sondą ozonową ECC 6A za 11-12.2014 oraz 01-05.2015**
2. **Pomiary promieniowania UV-B 11-12.2014 oraz 01-05.2015**
3. **Wyznaczanie całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową w okresie 11-12.2014 oraz 01-05.2015**
5. **Kalibracja mierników i współpraca międzynarodowa**
6. **Analiza danych oraz opracowywanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych; raport za rok 2014**

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
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
Centrum Monitoringu Klimatu Polski

Dyrektor Instytutu

dr Danuta Limanówka

dr inż. Przemysław Łagodzki

1. Pomiar rozkładu pionowego ozonu sondą ozonową ECC 6A za 11-12.2014 oraz 01-05.2015

W okresie od listopada 2014 do maja 2015 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 1.11.2014 do 31.05.2015 r. zawarty jest w **Załączniku 1**.

Tabela 1. Średnia wysokość osiągniętych pułapów sondáže ozonowych.

Liczba sondáže		Pułap (km)	Średnia wysokość (km)
Razem	Standard		
29	29	≥30	33,3
2	2	26 ÷ <30	28,9
2	2	<26	17,0
Razem 33	33		32,1

Całkowita zawartość ozonu w atmosferze obliczona z sondáže (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	
8	0,90÷1,00	0,97	$O_3D \leq O_3S$
20	1,01÷1,15	1,05	$O_3D > O_3S$
Razem 28	0,90÷1,15	1,03	
3			Brak pomiaru O_3 w Belsku
1	1.23*		
1	–	–	Nieudany sondaż

* w dniu 11.02.15 występował duży gradient całkowitej zawartości ozonu na obszarze Polski

Średni wskaźnik 1,03 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 przez Internet do bazy Globalnej Sieci Detekcji Zmian Składu Atmosfery (NDACC) w USA oraz Światowej Bazy Danych Ozonu i UV (WOUDC) 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 sondáže ozonowych sondą ECC z okresu I.1994-XII.2013.*

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

2. Pomiary promieniowania UV-B za 11-12.2014 oraz 01-05.2015

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. Pomiary na stacjach były wykonywane sprawnie, przerwy w pomiarach z przyczyn niezależnych wystąpiły jedynie na stacji w Zakopanem w dniach 2,3,13-15 stycznia oraz 10 lutego 2015 roku.

Program pomiarowy został zrealizowany w 99%.

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 2014 do maja 2015 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 2014 – maj 2015 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 11-12.2014 oraz 01-05.2015

W okresie od listopada 2014 do maja 2015, 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 map ozonu całkowitego opracowanych w Wydziale Teledetekcji Satelitarnej Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo Obserwacyjnej na podstawie danych satelitarnych ATOVS/NOAA w okresie od 01.11.2014 do 31.05.2015.

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 o	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	■
XII	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
II	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	■	■	■
III	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
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	■	
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	

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%.

Kalibracja czujników i współpraca międzynarodowa

- W lutym 2015 r. na stacji w Zakopanem i w kwietniu na stacji w Łebie wymieniono czujniki SL501 o numerach odpowiednio 1120 i 1119 na czujniki 1869 i 0936, 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 bazy Globalnej Sieci Detekcji Zmian Składu Atmosfery (NDACC) w USA i Światowej Bazy Danych Ozonu i UV (WOUDC) w Toronto w Kanadzie.

6 Analiza danych oraz opracowywanie informacji dla odbiorców krajowych i międzynarodowych. Raport za rok 2014.

6.1 Sprawozdanie z realizacji zadań 1-3 za rok 2014.

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 2014.

6.2.1 Wstęp

6.2.2 Stan warstwy ozonowej w skali globu.

6.2.2.1 Stan zanieczyszczenia atmosfery Substancjami Zubażającymi Warstwę Ozonową i ich substytutami.

6.2.2.2 Przyszłe zadania dotyczące SZWO i ich substytutów.

6.2.2.3 Ewolucja warstwy ozonowej w skali globalnej.

6.2.2.4 Ewolucja warstwy ozonowej w rejonach polarnych.

6.2.2.5 Zmiany w przeszłości stratosferycznego ozonu i klimatu.

6.2.2.6 Przyszłość warstwy ozonowej.

6.2.3 Ocena stanu warstwy ozonowej w 2014 roku na podstawie wyników monitoringu.

6.2.3.1 Analiza rozkładu pionowego ozonu nad Legionowem w 2014 roku.

6.2.3.2 Ozon całkowity z danych satelitarnych w 2014 roku.

6.2.3.3 Promieniowanie UV-B zmierzone na sieci monitoringu w 2014 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 2014.

6.1.1 Profile ozonu

W okresie od stycznia do grudnia 2014 roku na stacji aerologicznej w Legionowie wykonywano systematycznie co najmniej raz w tygodniu sondaże 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 sondaży ozonowych w Legionowie.

Liczba sondaży	Pułap (km)	Średnia wysokość (km)
52	≥30	33,1
2	26 ÷ <30	27,2
Razem 54	≥26km	32,9
2	<26km	17,7

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

Liczba sondaży	O_3D/O_3S Współczynnik korekcji	Średni współczynnik	Uwagi
22	0,90÷1,00	0,98	$O_3D \leq O_3S$
29	1,01÷1,15	1,04	$O_3D > O_3S$
Razem 51	0,90÷1,15	1,02	
2	<0.9	0.88	duży gradient O_3
3	–	–	nieudane sondaże

Wyniki porównania wskazują na bardzo dobrą porównywalność obu systemów pomiarowych. W 51 przypadkach współczynnik korekcji mieści się w granicach 0,90 ÷ 1,15, średnio 1.02, co znaczy, że całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem Dobsona/Brewera jest średnio o 2% większa od obliczonej z sondażu ozonowego.

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 sondaży ozonowych, po ich zweryfikowaniu pomiarem całkowitego ozonu spektrofotometrem Dobsona w Belsku, były przekazywane przez Internet do bazy Globalnej Sieci Detekcji Zmian Składu Atmosfery (NDACC) w USA oraz Światowej Bazy Danych Ozonu i UV (WOUDC) w Toronto w Kanadzie. Wykaz sondaży ozonowych przedstawia Tabela 6.

Tabela 6. Wykaz sondaży ozonowych wykonanych w Legionowie od 01.01.2014 r. do 31.12.2014 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	08.01	12	32,9	300	28	328	287	0,88	7 Sc	
2	15.01	12	28,0	291	62	353	371	1,05	8 Sc, As	
3	22.01	12	34,8	377	21	398	378	0,95	8 Sc	
4	29.01	00	15,9	-	-	-	-	-	6 Sc	
5	30.01	12	32,0	359	31	390	368	0,94	8 Sc	MATCH zanik sygnału PTU (nieudany)
6	05.02	12	31,2	294	46	340	345	1,02	0	
7	12.02	12	31,2	307	45	352	373	1,06	8 Sc	
8	19.02	12	34,4	370	30	400	405	1,01	8 Ac	
9	26.02	12	32,7	325	26	351	366	1,04	0	
10	05.03	12	32,6	303	27	330	372	1,13	8 Sc	
11	12.03	12	32,4	239	22	261	283	1,08	0	
12	15.03	12	26,4	350	72	422	419	0,99	5 Cu, Cb, Ac	
13	19.03	12	32,9	266	22	288	303	1,05	7 Cb	MATCH
14	26.03	12	34,1	361	26	387	382	0,99	6 Cu, Ci	
15	02.04	12	33,7	323	29	352	359	1,02	3 Ci	
16	09.04	12	34,0	354	31	385	388	1,01	8 Cb	
17	16.04	12	34,1	383	29	412	413	1,00	6 Cu	
18	23.04	12	33,4	337	38	375	369	0,98	5 Cu, Cb	
19	30.04	12	32,8	316	39	355	349	0,98	4 Cu	
20	07.05	12	33,1	318	39	357	371	1,04	6 Cu, Ac, Ci	
21	14.05	12	32,3	332	46	378	377	1,00	7 Cu, Cb	
22	21.05	12	32,8	287	38	325	355	1,09	2 Cu	
23	28.05	12	34,4	322	33	355	364	1,03	8 Sc	
24	04.06	12	33,2	307	35	342	357	1,04	8 Cu, Sc	
25	11.06	12	32,4	280	48	328	329	1,00	5 Cu, Ci	
26	18.06	12	32,3	292	50	342	353	1,03	4 Cu, Ci	
27	25.06	12	33,7	314	38	352	371	1,05	6 Cu, Ci	
28	02.07	12	31,8	321	50	371	355	0,96	5 Cu	
29	09.07	12	31,8	274	54	328	326	0,99	4 Cu	
30	16.07	12	30,1	260	68	328	336	1,02	3 Cu	
31	23.07	12	35,2	330	32	362	350	0,97	7 Cb, Ac	
32	30.07	12	33,0	277	42	319	323	1,01	5 Cu	
33	06.08	12	34,4	295	35	330	328	0,99	6 Sc	
34	13.08	12	34,1	264	36	300	301	1,00	7 Ac	
35	20.08	12	33,5	315	45	360	331	0,92	3 Cu	
36	27.08	12	32,7	305	42	347	336	0,97	8 Sc	
37	03.09	12	32,5	274	43	317	309	0,98	4 Cu	
38	10.09	12	33,5	264	35	298	303	1,02	6 Cu, Ac, Ci	
39	17.09	12	30,3	218	48	266	280	1,05	4 Cu, Ci	
40	24.09	12	33,3	249	30	279	291	1,04	3 Cu, Ci	
41	01.10	12	33,7	244	30	274	300	1,10	8 Sc	
42	08.10	12	33,9	259	24	283	283	1,00	8 Ac, Ci	
43	15.10	12	33,9	259	30	289	284	0,98	6 Sc, Ac, Ci	
44	22.10	12	34,9	252	12	264	296	1,02	8 Sc, Ac	
45	29.10	12	33,9	-	-	-	-	-	0	Nieudany, błędne wskazania O ₃
46	30.10	12	33,3	247	25	272	272	1,00	3 Ac, Ci	
47	05.11	12	32,1	211	25	236	244	1,03	0	
48	12.11	12	33,2	221	19	240	255	1,06	8 St	
49	19.11	12	34,5	280	16	296	305	1,03	8 St	
50	26.11	12	33,3	257	20	277	294	1,03	8 St	
51	04.12	12	34,4	265	16	281	305	1,09	8 Sc	
52	10.12	12	34,1	311	24	335	324	0,97	8 St	
53	17.12	12	33,2	316	22	338	326	0,96	8 Sc	
54	24.12	12	19,4	-	-	-	-	-	8 Sc,As	Nieudany, niski pułap
55	25.12	12	32,7	303	22	325	288	0,89	6 Sc	
56	30.12	12	32,1	299	24	323	332	1,03	6 Ac,Ci	

1 O₃S

- Zawartość ozonu w jednostkach Dobsona [D], scałkowana do maksymalnej wysokości 35km.

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. W roku 2014 nie było przerw w pomiarach.

Program pomiarowy został zrealizowany w 100%.

*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 czterech stacjach w Łebie, Legionowie, Katowicach, Zakopanem, przez cały rok 2014 na bieżąco przekazywała dane o zmierzonym promieniowaniu UV na stronę internetową IMGW-PIB: <http://www.pogodynka.pl/indeksuv>. 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, spowodowanych usterkami technicznymi. Z powyższych przyczyn na wszystkich stacjach sieci brakuje łącznie 0,3% danych dla roku 2014.

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

	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec
Łeba						
Legionowo			17.03	25.04		
Katowice						
Zakopane						

	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
Łeba						
Legionowo						
Katowice		04.08				05.12
Zakopane					18.11	

* 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 2014 roku była operacyjnie obliczana z danych NOAA/ATOVS, z kanału 9,6 μm . 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 była za pomocą oprogramowania IAPP z przelotów satelitów NOAA-16, NOAA-18, NOAA-19 oraz Metop-A w punktach odpowiadających 3x3 pikselom HIRS. Ze względu na fakt, że współrzędne geograficzne tych punktów są różne dla poszczególnych transmisji, tak otrzymane pola całkowitej zawartości ozonu były następnie przekształcane do regularnej siatki współrzędnych. Wybrano siatkę współrzędnych geograficznych w zakresie 40°-64° szerokości geograficznej północnej i 10°-28° długości geograficznej 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, NOAA-19 oraz Metop-A. W przypadku wystąpienia problemów z odbiorem danych satelitarnych NOAA w Wydziale Teledetekcji Satelitarnej Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo Obserwacyjnej IMGW-PIB dane te były pobierane przez system EUMETCast. Tabela 8 zawiera wykaz opracowanych map ozonu całkowitego w roku 2014.

Tabela 8. Wykaz opracowanych map ozonu całkowitego opracowanych w Wydziale Teledetekcji Satelitarnej Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo Obserwacyjnej na podstawie danych satelitarnych ATOVS/NOAA w okresie od 01.01.2014 r. do 31.12.2014 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 o	x	x
02	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
03	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x
04	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x o
05	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
06	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
07	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
08	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
09	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o
11	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
12	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
13	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
14	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
15	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
16	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
17	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o
18	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x
19	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
20	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
21	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
22	x o	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
23	x	x	x	x o	x	x	x o	x	x	x	x	x
24	x	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x o
25	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x o
26	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x	x	x o	x
27	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x	x	x
28	x	x	x	x	x o	x	x	x	x	x	x	x
29	x o	■	x	x	x	x	x	x	x	x o	x	x
30	x o	■	x	x o	x	x	x o	x	x	x o	x	x o
31	x	■	x	■	x	■	x	x	■	x	■	x

Literą "x" zaznaczone są dni z mapami ozonu całkowitego

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

Program pomiarowy zrealizowano w 100%

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

6.2 RAPORT ZA ROK 2014

6.2.1 Wstęp

Cienka kilkumilimetrowa warstwa ozonu w stratosferze (10-50km) chroni życie na Ziemi przed szkodliwym promieniowaniem nadfioletowym (UV) ze Słońca. Pomiary zawartości ozonu w atmosferze prowadzone za pomocą spektrofotometrów Dobsona od lat 1920. pokazują, że warstwa ozonowa pozostawała niezaburzona do lat 1970. Wtedy zwrócono uwagę, że produkowane przez człowieka związki CFC (freony) mogą niszczyć ozon w rejonie jego źródła, czyli w tropikalnej średniej stratosferze. Od końca lat 1970. spektrofotometry umieszczone na satelitach zapewniają globalny monitoring ozonu. Na początku lat 1980. stało się jasne, że ubożenie warstwy ozonowej jest problemem globalnym. W roku 1985, po odkryciu dramatycznego spadku ozonu na wiosnę nad Antarktydą (tzw. „dziury ozonowej”) wspólnota międzynarodowa podjęła bezprecedensowe działania w celu jej ochrony. W 1987 roku podpisano Protokół Montrealski (PM), a po jego rewizji wytwarzanie freonów zostało zakazane w 1992 r. Pomiary 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.

W przyszłości coraz większą rolę odgrywać będą interakcje ozonu z klimatem. 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 2014 roku.

6.2.2 Stan warstwy ozonowej w skali globalnej

6.2.2.1 Stan zanieczyszczenia atmosfery Substancjami Zubażającymi Warstwę Ozonową i ich substytutami

Działania podjęte w ramach Protokołu Montrealskiego doprowadziły do zmniejszenia zawartości w atmosferze Substancji Zubażających Warstwę Ozonową (SZWO) i ograniczania skutków zmian klimatu.

Działania PM umożliwią w przyszłości powrót warstwy ozonowej do poziomu z lat 1980. Mierzone zawartości głównych SZWO zmniejszają się zasadniczo zgodnie z prognozą, chociaż nie wszystko jest zrozumiałe, w szczególności poziom CCl₄ nie zmniejsza się tak szybko jak prognozowano. Większość kontrolowanych SZWO zmniejsza się, ale zwiększa się ilość związków HCFC i halonu 1301.

Do roku 2012, Efektywny Ekwiwalent Stratosferycznego Chloru (EESC) zmniejszył się o około 10% w Antarktydzie i około 15% w umiarkowanych szerokościach geograficznych, w stosunku do szczytowych wartości 15 lat temu.

Zmniejszają się mierzone zawartości stratosferycznego chloru i bromu pochodzące z degradacji SZWO w stratosferze, zgodnie z kontrolą PM.

W ramach inicjatywy SPARC w 2013 roku poprawiono oszacowania czasu połowicznego rozpadu długo-życiowych SZWO. Aktualne, najlepsze oszacowania czasu powrotu EESC do poziomu z lat 1980. wskazują rok 2050 dla umiarkowanych szerokości geograficznych i 2075 dla Antarktydy.

Całkowita zawartość ozonu nad większą częścią globu będzie powracać do poziomu z lat 1980. przy założeniu kontynuacji działań PM.

Wymuszenie radiacyjne pochodzące z kontrolowanych SZWO ustabilizowało się w ciągu ostatnich 20 lat, co zawdzięczamy uzupełnieniom PM. Można oczekiwać, że wymuszenie pochodzące od kontrolowanych SZWO zmniejszy się przy ścisłym wypełnianiu zaleceń PM.

Ujemne wymuszenie radiacyjne, które jest wynikiem działania SZWO na ozon w stratosferze i troposferze niweluje znaczną część dodatniego wymuszenia powodowanego przez same SZWO (to silnie działające gazy cieplarniane).

6.2.2.2 Przyszłe zadania dotyczące SZWO i ich substytutów

Czterochlorek węgla (CCl₄) nie spada tak szybko jak oczekiwano. Z obliczeń otrzymano zbyt wysokie emisje czterochloru węgla niż z raportowanej produkcji i zużycia. Oszacowania dokonano na podstawie znanego obecnie czasu połowicznego rozpadu CCl₄ i aktualnie mierzonych zawartości CCl₄ w atmosferze.

Przeznaczone do utylizacji SZWO, produkcja HCFC oraz bromek metylu (CH₃Br) w przyszłości będą głównymi źródłami emisji substancji niszczących warstwę ozonową. Zawartość bromku metylu zmniejsza się z powodu zaniechania antropogenicznej produkcji i konsumpcji, zgodnie z planami PM. W 2009 roku kontrolowane zużycie bromku metylu spadło poniżej raportowanego zużycia do celów specjalnych. Bromek metylu w zastosowaniu dla potrzeb specjalnych jest zwolniony z ograniczeń PM.

Korzystne działanie PM może być znacznie zmniejszone przez prognozowane emisje HFC w nadchodzących dekadach.

Zmiany w antropogenicznej i naturalnej emisji krótko-życiowych związków zawierających chlor i brom (VSLs) prawdopodobnie spowodują tylko niewielkie zmiany ozonu w bliskiej przyszłości. Prognozy dotyczące emisji tych substancji w przyszłości są niepewne.

Większość substancji HFC to zamienniki SZWO. Obecnie wymuszenie radiacyjne od HFC jest małe w porównaniu do tego pochodzącego od SZWO. Jednak, emisja HCF wyrażona potencjałem tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) obecnie rośnie w tempie 7%/rok. Kontynuacja wzrostu emisji HCF o wysokim GWP, zgodnie z pewnymi projekcjami, mogłaby doprowadzić do wymuszenia radiacyjnego porównywalnego do tego od SZWO w szczytowych wartościach.

6.2.2.3 Ewolucja warstwy ozonowej w skali globalnej

Warstwa ozonowa zaczyna się regenerować pod wpływem mniejszych zawartości SZWO. Ozon w pasie tropikalnym nie jest silnie zaburzony przez SZWO, jego przyszłe zmiany będą zdominowane przez wzrost zawartości gazów cieplarnianych.

Całkowita zawartość ozonu zmniejszyła się o około 2.5% nad większą częścią planety w latach 1980. i wczesnych 1990., i pozostawała stabilna od roku 2000. Istnieją oznaki wzrostu globalnej kolumny ozonu w latach 2000-2012, zgodnie z przewidywaniami modelu. Jednak, nie zaobserwowano jeszcze wzrostu całkowitej zawartości ozonu, który można by przypisać spadkowi SZWO.

Zawartość ozonu w górnej stratosferze zmniejszała się od lat 1980. do wczesnych 1990. i wyraźnie wzrosła o 5% od 2000, potwierdzając trend sugerowany wcześniej w opracowaniu Ozone Assessment 2010. W latach 2000-2013 spadek zawartości SZWO i wychłodzenie powodowane przez wzrost zawartości CO₂ przyczyniają się w równym stopniu do zwiększenia ozonu w górnej stratosferze.

W umiarkowanych szerokościach geograficznych w dolnej stratosferze (wysokości 15-25km) ozon wykazywał długoterminowy spadek w latach 1980. i wczesnych 1990. Od roku 2000 ozon na tych wysokościach pozostawał stabilny, zgodnie z symulacjami w modelu.

Obserwacje zmian temperatury i ozonu w ciągu ostatnich 30-50 lat sugerują zwiększone unoszenie powietrza w tropikalnej dolnej stratosferze. Jest to spójne z symulacjami w modelach, które pokazują długoterminowy wzrost unoszenia tropikalnego powietrza wywołany przeszłym wzrostem zawartości gazów cieplarnianych.

Przyszła ewolucja zawartości ozonu w rejonie pasa tropikalnego będzie silnie zależeć od przyszłych zawartości CO₂, N₂O i CH₄, i od zmian zawartości ozonu w troposferze. Za wyjątkiem jednego modelu, który prognozuje duży wzrost metanu, istotne spadki ozonu w tropikach są przewidywane w XXI wieku.

6.2.2.4 Ewolucja warstwy ozonowej w rejonach polarnych

Dziura ozonowa nad Antarktydą będzie się pojawiać co najmniej do roku 2050. Pojawiające się czasami duże ubytki ozonu w Arktyce, takie jak na wiosnę 2011 są możliwe również w najbliższych dziesięcioleciach. Regeneracja ozonu w rejonach polarnych mogłaby się pojawić wcześniej, gdyby nie było dalszej emisji kontrolowanych SZWO. Regeneracja może być również opóźniona przez wzrost stratosferycznego aerozolu, np. przez wprowadzenie do stratosfery siarki poprzez duże erupcje wulkaniczne lub zastosowanie geoinżynierii.

Niszczanie ozonu na wiosnę będzie pojawiać się na obydwu półkulach, dopóki zawartość SZWO będzie wysoka. W ostatniej dekadzie ujawniła się większa zmienność wiosennej dziury ozonowej nad Antarktydą niż w latach 1990. Ta zmienność jest wynikiem naturalnych zmian z roku na rok warunków meteorologicznych i nie może być przypisane regeneracji pod wpływem zmniejszenia SZWO.

Duże zniszczenie ozonu w Arktyce było obserwowane wiosną 2011 r. Było ono spowodowane szczególnymi warunkami meteorologicznymi w stratosferze podczas zimy 2010/2011 i wczesną wiosną na półkuli północnej. Wpływ tych warunków meteorologicznych na procesy niszczenia ozonu jest dobrze opisywany w modelach. Zawartości ozonu w Arktyce, nawet przy tak dużej destrukcji ozonu jak na wiosnę 2011 r., są i tak znacznie wyższe niż na wiosnę nad Antarktydą. Dopóki zawartość chloru i bromu w stratosferze będzie wysoka, czyli w ciągu najbliższych 10-20 lat, duże spadki ozonu w Arktyce mogą się pojawić. Można oczekiwać, że taki ubytek, jeśli się pojawi, będzie podobnej wielkości jak ten z wiosny 2011 r.

6.2.2.5 Zmiany w przeszłości stratosferycznego ozonu i klimatu

Dziura ozonowa nad Antarktydą spowodowała istotne zmiany klimatu przy powierzchni Ziemi podczas lata na półkuli południowej. Wychłodzenie dolnej stratosfery wywołane niszczeniem ozonu nad Antarktydą jest prawdopodobnie główną przyczyną obserwowanego przesunięcia na południe na półkuli południowej troposferycznej cyrkulacji podczas lata w ostatnich kilkudziesięciu latach. Te zmiany cyrkulacji wpływają na temperaturę na powierzchni Ziemi, na opady i stan oceanu. Do tej pory na półkuli północnej nie stwierdzono podobnego wpływu ozonu na zmianę cyrkulacji w troposferze i na klimat na powierzchni Ziemi. Istnieją również dowody na to, że podczas australijskiego lata proces regeneracji ozonu nad Antarktydą i wzrost zawartości gazów cieplarnianych będą miały przeciwstawny wpływ na cyrkulację w troposferze na półkuli południowej, i na związane z tym zmiany temperatury na powierzchni, ilości opadów i stan oceanu.

6.2.2.6 Przyszłość warstwy ozonowej

Substancje Zubażające Warstwę Ozonową były dominującym czynnikiem sprawczym globalnego procesu zubożenia warstwy ozonowej w końcu XX wieku. W dolnej stratosferze, niszczenie ozonu było dominującą przyczyną obserwowanego globalnie uśrednionego długoterminowego wychłodzenia od lat 1980.

W górnej stratosferze modele wskazują, że wzrost ilości gazów cieplarnianych i zmiany ozonu w jednakowym stopniu przyczyniają się do obserwowanego wychłodzenia. Ponieważ kontrolowane koncentracje SZWO zmniejszają się, to gazy cieplarniane takie jak dwutlenek węgla (CO₂), podtlenek azotu (N₂O) i metan (CH₄) będą silnie wpływać na ewolucję warstwy ozonowej w pozostałej części tego stulecia, poprzez procesy chemiczne i zmiany klimatu. Wzrost N₂O będzie zmniejszać zawartość ozonu, podczas gdy wzrosty CH₄ i CO₂ będą powodować wzrost ozonu.

Niepewności co do przyszłych emisji tych gazów prowadzą do dużych różnic w przewidywanej zawartości ozonu na koniec tego stulecia. Istnieje również duża niepewność w rozumieniu bieżącego bilansu N₂O i CH₄. Wyjaśnienie tempa wzrostu tych substancji jest wyzwaniem dla nauki.

6.2.3 Ocena stanu warstwy ozonowej w 2014 roku na podstawie wyników monitoringu.

6.2.3.1 Analiza rozkładu pionowego ozonu nad Legionowem w 2014 roku.

Informacje o koncentracji ozonu w atmosferze nad Legionowem k/Warszawy na podstawie sondażu ozonowych uzyskiwane są rutynowo od 1979 roku. Pomiar jest wykonywany w każdą środę w terminie 12UTC z użyciem elektrochemicznej sondy ozonowej, unoszonej w powietrzu przez balon meteorologiczny do wysokości 35km. Do maja 1993 roku stosowano sondę ozonu OSE2 typu Brewer-Mast. Od czerwca 1993 r. pomiary są kontynuowane z użyciem znacznie dokładniejszych sond ECC5/6A. Sonda umożliwia pomiar ciśnienia cząstkowego ozonu, to jest części całkowitego ciśnienia mieszaniny gazów atmosferycznych wynikającej z obecności ozonu. Na podstawie otrzymanego profilu poprzez całkowanie wyliczana jest całkowita zawartość ozonu od powierzchni Ziemi do granicy atmosfery, przy czym zawartość ozonu powyżej osiągniętego pułapu sondażu jest obliczana przy założeniu stałego stosunku mieszania ozon/powietrze. Ocenę jakości pomiaru wykonuje się poprzez obliczenie współczynnika korekcji (CF), tj. stosunku średniej dziennej lub wartości około południowej całkowitej zawartości ozonu zmierzonej spektrofotometrem Dobsona/Brewera w Belsku (odległego od Legionowa ~70km) do całkowitej zawartości ozonu z sondażu. Zgodnie z zaleceniami WMO, do analizy wybierane są sondaże z CF w zakresie 0,9-1,15. Sondaże ze współczynnikiem nieznacznie przekraczającym ten zakres mogą być włączane do analizy w sytuacjach dużego gradientu w rozkładzie przestrzennym ozonu nad Polską. Zmierzone wartości ozonu nie są mnożone przez CF.

Na podstawie homogenicznej serii pomiarów w latach 1994-2014 obliczono zawartości ozonu w warstwach między standardowymi powierzchniami izobarycznymi oraz w warstwie od powierzchni 10hPa (~31km) do granicy atmosfery. Zawartość ozonu w warstwach wyrażona jest w jednostkach Dobsona (D). Powierzchnia izobaryczna jest definiowana jako powierzchnia, na której wartość ciśnienia jest jednakowa we wszystkich jej punktach. W meteorologii ciśnienie atmosferyczne podaje się w hektopaskalach (hPa) przy czym 1hPa = 100Pa. Paskal (Pa) jest to ciśnienie występujące na powierzchni płaskiej 1m², na którą działa prostopadle siła 1N (niutona). W Tabeli 9 prezentowane są zawartości ozonu w miesiącach 2014 roku i wielolecia 1994-2013, a także standaryzowane odchylenia średnich miesięcznych roku względem średnich miesięcznych z wielolecia. Standaryzowane odchylenie pozwala w łatwy sposób wykryć anomalne zawartości ozonu w atmosferze – wskazują na to wartości odchylenia przekraczające +2 lub -2.

W profilach ozonu nad Legionowem w warstwie 300/150hPa widoczne jest przejście od małych koncentracji ozonu w troposferze do dużych koncentracji w stratosferze. Warstwa ozonowa w stratosferze zawiera około 90 procent całkowitej zawartości ozonu atmosferycznego. Główne maksimum koncentracji ozonu znajduje się w warstwie 50/30hPa (~21-24km), ale najwyższe stężenia są osiągane w średniej stratosferze w okresie letnim. Główne fotochemiczne źródło ozonu znajduje się w równikowej średniej stratosferze. Ozon ze źródła jest transportowany do niższych wysokości wzdłuż nachylonych powierzchni izentropowych w stronę bieguna. W wysokich i umiarkowanych szerokościach geograficznych zawartość ozonu w stratosferze jest największa na przełomie zimy i wiosny i zmniejsza się do jesieni. Dodatkowe źródło ozonu znajduje w granicznej warstwie atmosfery. Od tego uśrednionego przebiegu w poszczególnych latach mogą występować znaczne odchylenia.

W roku 2014 podczas zimy (styczeń, luty) odnotowano większy niż zwykle transport ozonu w średniej stratosferze. Po rozpadzie wiru polarnego latem widoczny był wzrost ozonu na nieco niższych wysokościach w warstwie maksymalnej koncentracji. Natomiast w dolnej stratosferze i górnej troposferze w 2014 roku przeważały spadki, największe na przełomie zimy i wiosny (luty, marzec) oraz późną jesienią (listopad). W marcu i listopadzie na spadki ozonu w dolnej stratosferze nałożyły się spadki ozonu w średniej stratosferze. Spadki ozonu w średniej stratosferze były wynikiem adwekcji chłodnych polarnych mas powietrza.

Wykresy profili ozonu (ciśnienie cząstkowe ozonu w 1km warstwach) w sondażach z 2014 roku przedstawia Rysunek 1 a-i. W 2014 roku najwyższa całkowita zawartość ozonu w sondażu (422 DU) wystąpiła na początku wiosny (15 marca), najniższa zaś (236 DU) jesienią (5 listopada). Ujemne odchylenia całkowitej zawartości ozonu w sondażach wynoszące co najmniej 10 procent od normy wystąpiły w dniach 5, 12 i 19 marca, 21 maja i 17 września. Dodatnie odchylenia całkowitej zawartości ozonu w sondażach wynoszące co najmniej 10 procent wystąpiły w dniach 22 i 30 stycznia, oraz 10, 17 i 25 grudnia. Tęm dla profili w poszczególnych dniach są rozkłady statystyczne wyznaczone na podstawie podzbiorów rutynowych sondaży z wielolecia 1994-2013. Dni kalendarzowe dla każdego podzbioru mieszczą się w przedziale ±15 dni od dnia kalendarzowego danego sondażu. Wyznaczono profile dla rozkładów percentylowych (5, 50 i 95 procent obserwacji). Na szczególną uwagę zasługują rekordowe wartości w profilach ozonu. W sezonie zimy/wiosny rekordowo duże koncentracje ozonu w stratosferze wystąpiły w profilach 19 lutego i 16 kwietnia, a rekordowe niskie w dniach 12 i 19 marca.

W cieplej porze roku w średnich rozkładach ozonu od maja do października występowały dodatnie anomalie ozonu w warstwie maksimum ozonu i powyżej. Na tych wysokościach koncentracja ozonu wzrosła do rekordowego poziomu w sondażach z 2 i 23 lipca, 6, 20 sierpnia i 8 października. Silna adwekcja subtropikalna w profilach z 30 października i 5 listopada ujawniła rekordowo niskie koncentracje ozonu w dolnej stratosferze. Pojawianie się ekstremalnych wartości w profilach ozonu jest sygnałem zmieniającego się klimatu.

Rekordowe spadki ozonu nad Polską i Europą w marcu 2014 roku

Sondy ozonowe wypuszczone w Legionowie w dniach 12 i 19 marca 2014 roku pokazały rekordowo niskie koncentracje ozonu w masach powietrza pochodzenia polarnego na wysokościach powyżej 26km. Mapa wirowości potencjalnej z 12 marca na powierzchni izentropowej 550K (~21km) (Rysunek 2) pokazuje, że stacja Legionowo znajdowała się na brzegu wiru polarnego. Do oceny stopnia zniszczenia ozonu nad półkulą północną podczas zimy 2013/2014 wykorzystano model REPROBUS uwzględniający reakcje heterogeniczne na powierzchniach PSC. Wyniki obliczeń w modelu dla powierzchni izentropowych 550K (~21km) i 475K (~19km) pokazano dla 12 marca (Rysunek 2). W centrum wiru zniszczeniu mogło ulec do 40% ozonu, do 20% na jego skraju. Poza wirem straty ozonu były znacznie mniejsze. Inna była przyczyna spadku ozonu na niższych wysokościach. Mapa wirowości potencjalnej 475K (Rysunek 2) obrazuje niezwykle silny napływ nad Polskę powietrza subtropikalnego. W związku z tą adwekcją w warstwie 5-19km widoczny jest duży niedobór ozonu, z rekordowo niską koncentracją ozonu na wysokości 17km (Rysunek 1-b). 12 marca kolumna ozonu nad Legionowem spadła do rekordowego niskiego w marcu poziomu 262DU. Mapa satelitarna całkowitej zawartości ozonu OMI-AURA pokazuje, że tego dnia Polska znalazła się blisko centrum największego spadku ozonu na półkuli północnej (Rysunek 3). Centrum anomalii w rejonie południowej Skandynawii i Bałtyku znajdowało się na skraju wiru polarnego, na powierzchni 550K (Rysunek 2). Spadek ozonu w centrum anomalii był znacznie większy niż wewnątrz arktycznego wiru polarnego nad Syberią. Kilka dni później w podobnej sytuacji nad Europą południowo-zachodnią utworzyła się mini-dziura ozonowa (Rysunek 4). W Alpach na stacji w Davos odnotowano wysoki poziom Indeksu UV. Spadek ozonu i słoneczna pogoda podczas tego epizodu spowodowały także istotny wzrost promieniowania UV na stacjach IMGW-PIB w Polsce (Rysunek 19). Zasadniczą przyczyną rekordowych spadków ozonu nad Polską i Europą był transport na różnych wysokościach naturalnie niskich zawartości ozonu w masach powietrza polarnego i subtropikalnego.

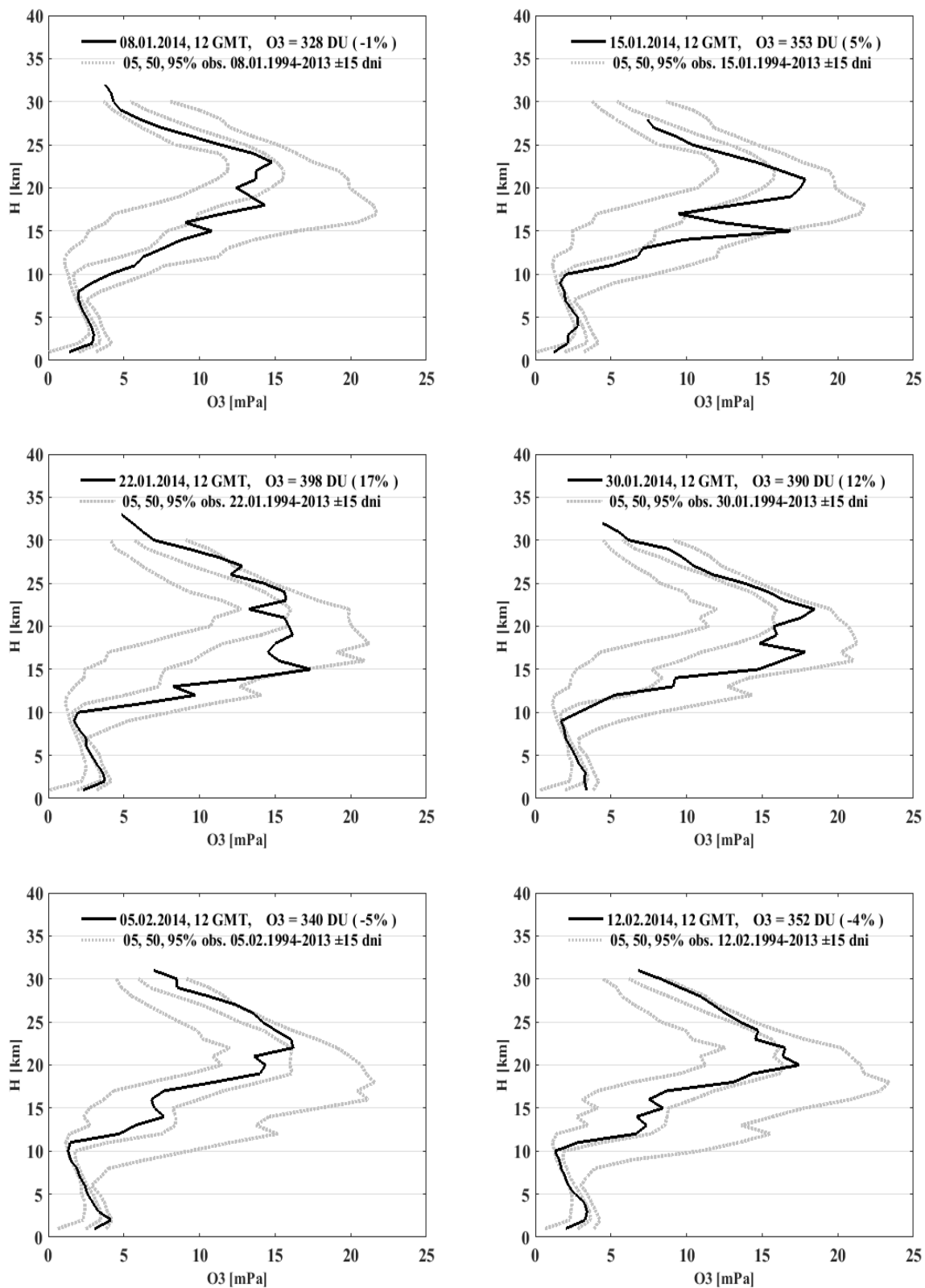
Tabela 9. Zawartość ozonu w warstwach atmosfery nad Legionowem w 2014r.

Wyszczególnienie		Warstwy między standardowymi powierzchniami izobarycznymi (hPa)											
		$\frac{\sim 1000}{700}$	$\frac{700}{500}$	$\frac{500}{300}$	$\frac{300}{200}$	$\frac{200}{150}$	$\frac{150}{100}$	$\frac{100}{70}$	$\frac{70}{50}$	$\frac{50}{30}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{10}{00}$
Styczeń	a	8,7	7,3	8,6	14,4	19,0	41,2	41,2	39,7	62,5	41,8	44,9	42,9
	b	7,9	7,6	8,7	11,7	15,9	29,6	34,0	40,2	62,5	39,6	40,7	40,3
	c	0,8	-0,7	-0,1	0,8	0,9	1,4	1,0	-0,1	0,0	0,8	1,1	0,5
Luty	a	9,0	7,3	7,6	10,9	18,3	29,4	30,1	42,8	63,9	43,3	51,6	51,9
	b	9,0	8,0	9,6	14,4	19,2	32,5	39,0	44,1	64,2	40,8	44,5	46,3
	c	0,0	-1,2	-1,3	-0,7	-0,2	-0,3	-1,1	-0,2	-0,0	0,8	1,8	1,1
Marzec	a	9,8	8,6	8,9	13,0	17,2	23,8	27,8	37,2	58,9	34,5	38,7	38,8
	b	11,4	9,0	11,2	16,6	21,2	33,6	36,7	41,3	62,3	39,1	44,9	48,9
	c	-1,3	-0,6	-1,1	-0,5	-0,8	-1,1	-1,2	-1,1	-0,8	-1,7	-2,5	-2,6
Kwiecień	a	13,0	10,4	14,4	21,7	21,0	26,5	31,1	40,8	63,1	39,3	45,8	48,2
	b	12,9	10,3	12,8	18,5	22,1	31,5	34,4	38,9	59,2	38,4	48,1	54,4
	c	0,1	0,3	0,7	0,5	-0,3	-0,8	-0,6	0,5	0,9	0,3	-0,5	-1,2
Maj	a	13,7	11,0	12,0	14,9	16,8	26,6	28,0	35,7	55,0	39,6	50,2	53,7
	b	13,8	10,8	12,9	17,8	21,2	27,9	29,0	35,4	55,8	38,2	50,2	57,3
	c	-0,1	0,2	-0,5	-0,5	-1,3	-0,3	-0,2	0,1	-0,3	0,8	0,0	-0,7
Czerwiec	a	11,4	9,7	11,4	13,6	16,3	24,8	27,6	32,2	54,6	38,7	50,3	52,6
	b	13,2	10,9	13,2	14,1	17,7	23,7	26,2	32,2	53,2	39,5	52,8	57,8
	c	-1,1	-0,9	-0,7	-0,1	-0,3	0,2	0,3	0,0	0,5	-0,2	-0,8	-1,2
Lipiec	a	13,7	11,2	13,4	17,4	14,8	21,7	22,1	28,9	50,2	39,6	51,1	54,6
	b	13,4	10,8	13,3	14,9	15,0	20,8	23,2	29,8	51,5	38,8	52,4	56,4
	c	0,2	0,5	0,1	0,4	-0,1	0,3	-0,6	-0,4	-0,4	0,4	-0,3	-0,3
Sierpień	a	11,7	10,3	11,9	10,3	12,7	19,3	25,1	31,4	55,0	41,5	51,8	55,1
	b	12,5	10,5	12,7	11,3	11,7	19,1	23,2	28,7	47,7	36,9	50,3	54,8
	c	-0,5	-0,2	-0,5	-0,3	0,5	0,1	0,7	1,4	2,2	1,6	0,5	0,1
Wrzesień	a	10,9	9,3	9,9	8,4	10,8	16,7	23,8	30,2	51,2	35,8	44,5	46,8
	b	11,3	9,5	10,9	9,0	8,9	17,9	24,4	29,6	48,1	34,8	45,4	50,0
	c	-0,3	-0,2	-0,9	-0,3	0,8	-0,3	-0,1	0,3	1,2	0,3	-0,3	-0,8
Październik	a	9,4	8,6	9,2	6,8	9,3	14,8	21,2	28,6	48,1	37,1	42,2	44,8
	b	9,6	8,4	10,1	9,5	9,1	16,9	23,2	28,8	47,5	34,0	40,7	43,4
	c	-0,2	0,2	-0,4	-0,6	0,1	-0,5	-0,6	-0,1	0,2	1,1	0,4	0,3
Listopad	a	8,8	7,7	7,9	7,7	10,7	16,9	22,5	27,1	48,6	35,7	35,5	35,0
	b	8,1	7,7	8,8	8,7	9,7	19,4	27,2	30,7	50,7	36,5	39,2	38,9
	c	0,6	0,0	-0,7	-0,3	0,3	-0,4	-1,0	-1,2	-0,7	-0,4	-0,9	-0,9
Grudzień	a	8,2	8,5	8,4	7,3	10,0	26,3	36,8	39,6	58,4	38,7	40,3	39,2
	b	7,4	7,7	8,4	8,7	10,7	22,8	29,8	34,1	54,5	38,1	39,4	37,4
	c	0,6	1,6	-0,1	-0,5	-0,2	0,6	1,2	1,4	1,0	0,2	0,2	0,4

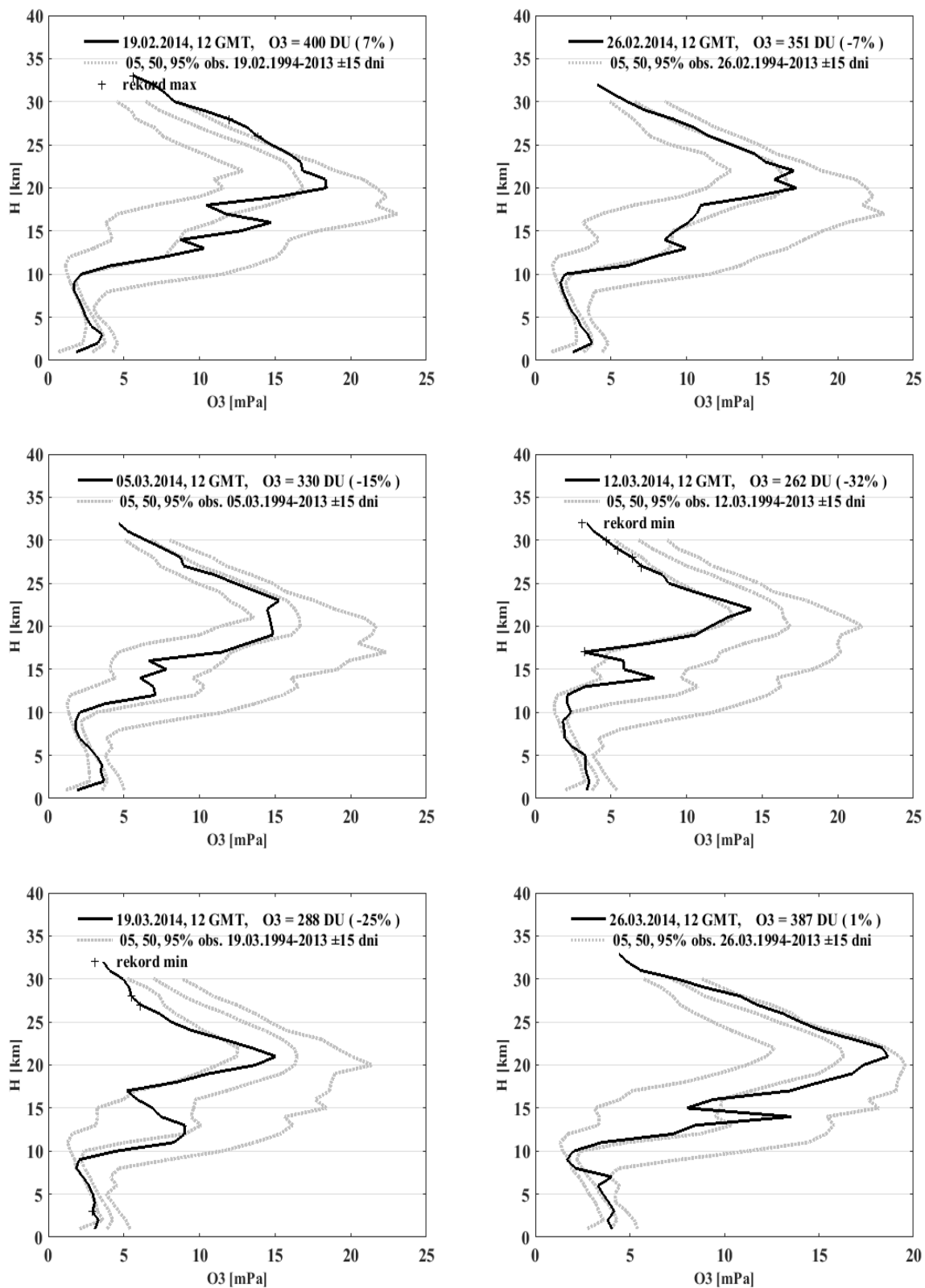
a – średnie miesięczne (D) w 2014 r.

b – średnie miesięczne wieloletnie (D) z lat 1994-2013

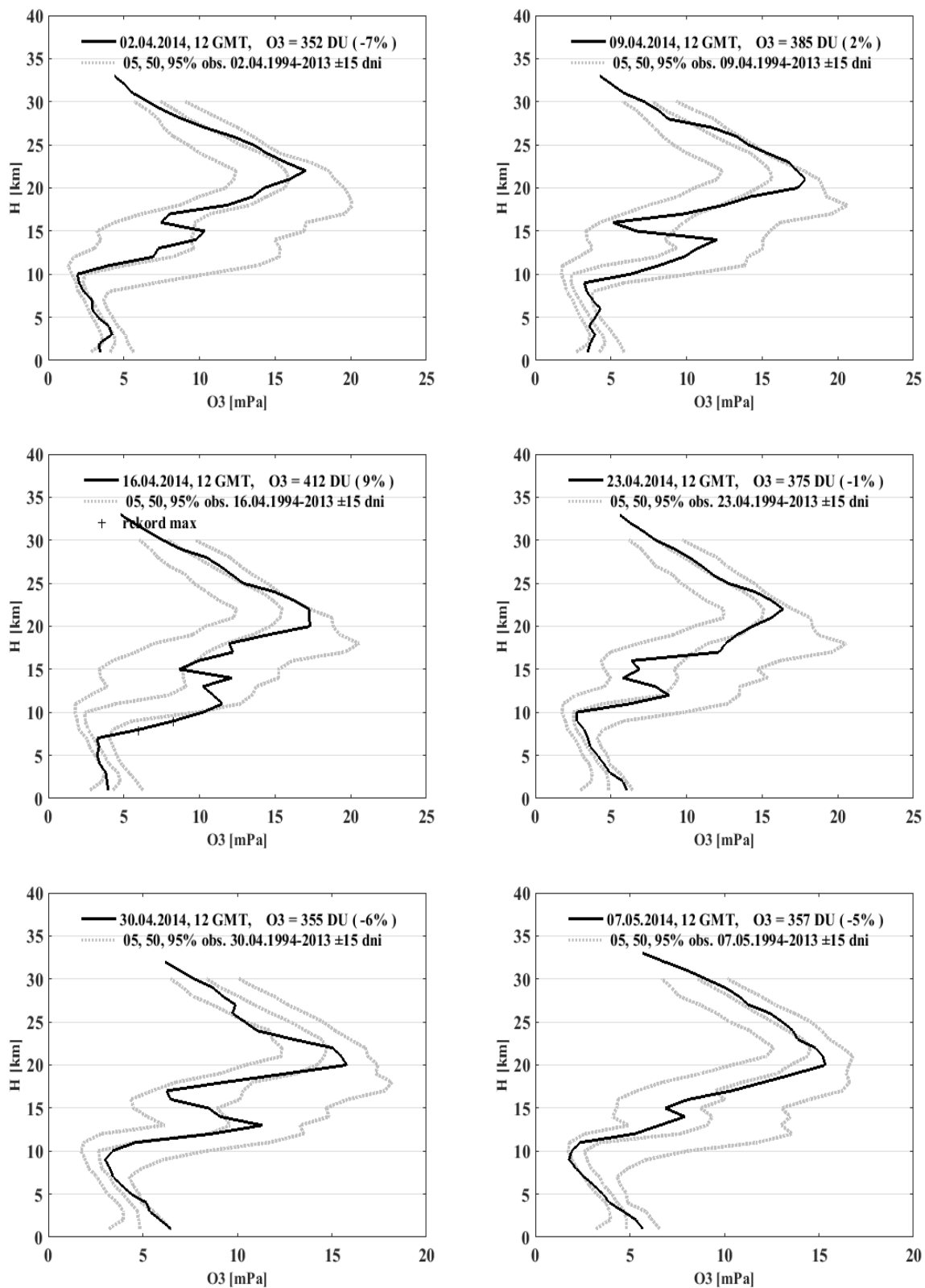
c – standaryzowane odchylenie: $(a - b)/\sigma$, gdzie σ jest odchyleniem standardowym średnich miesięcznych z lat 1994-2013.



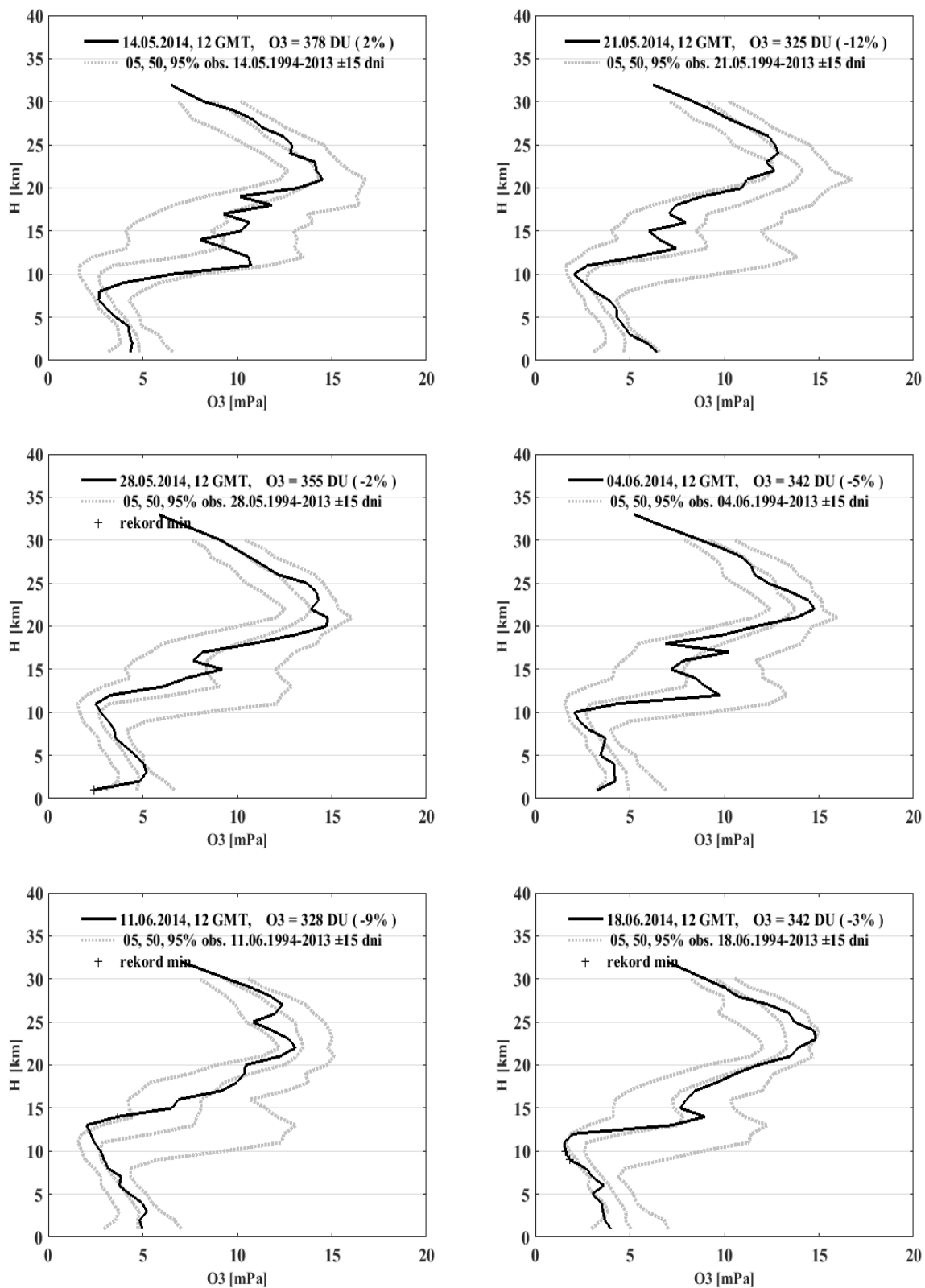
Rysunek 1-a. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich.



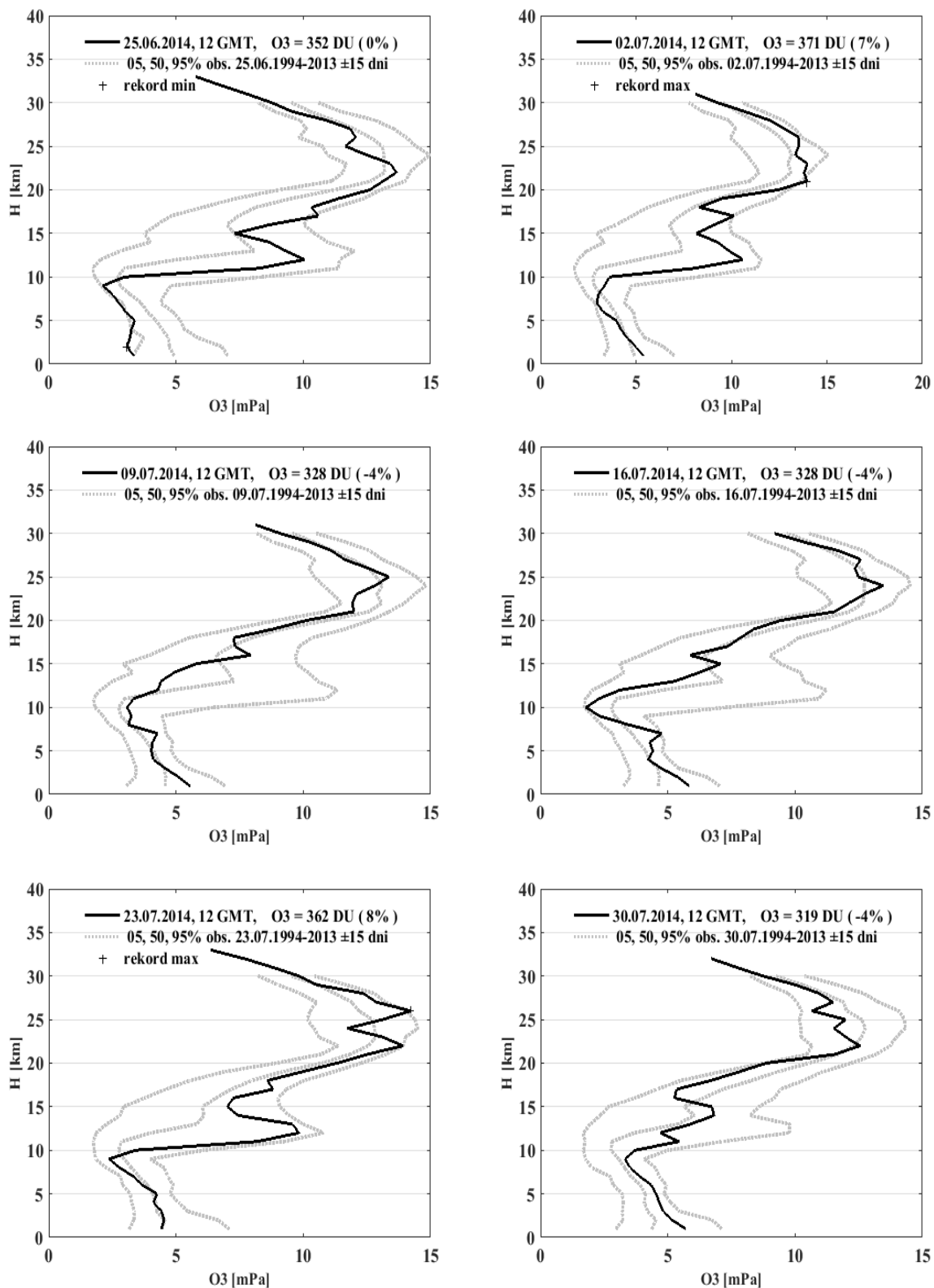
Rysunek 1-b. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich.



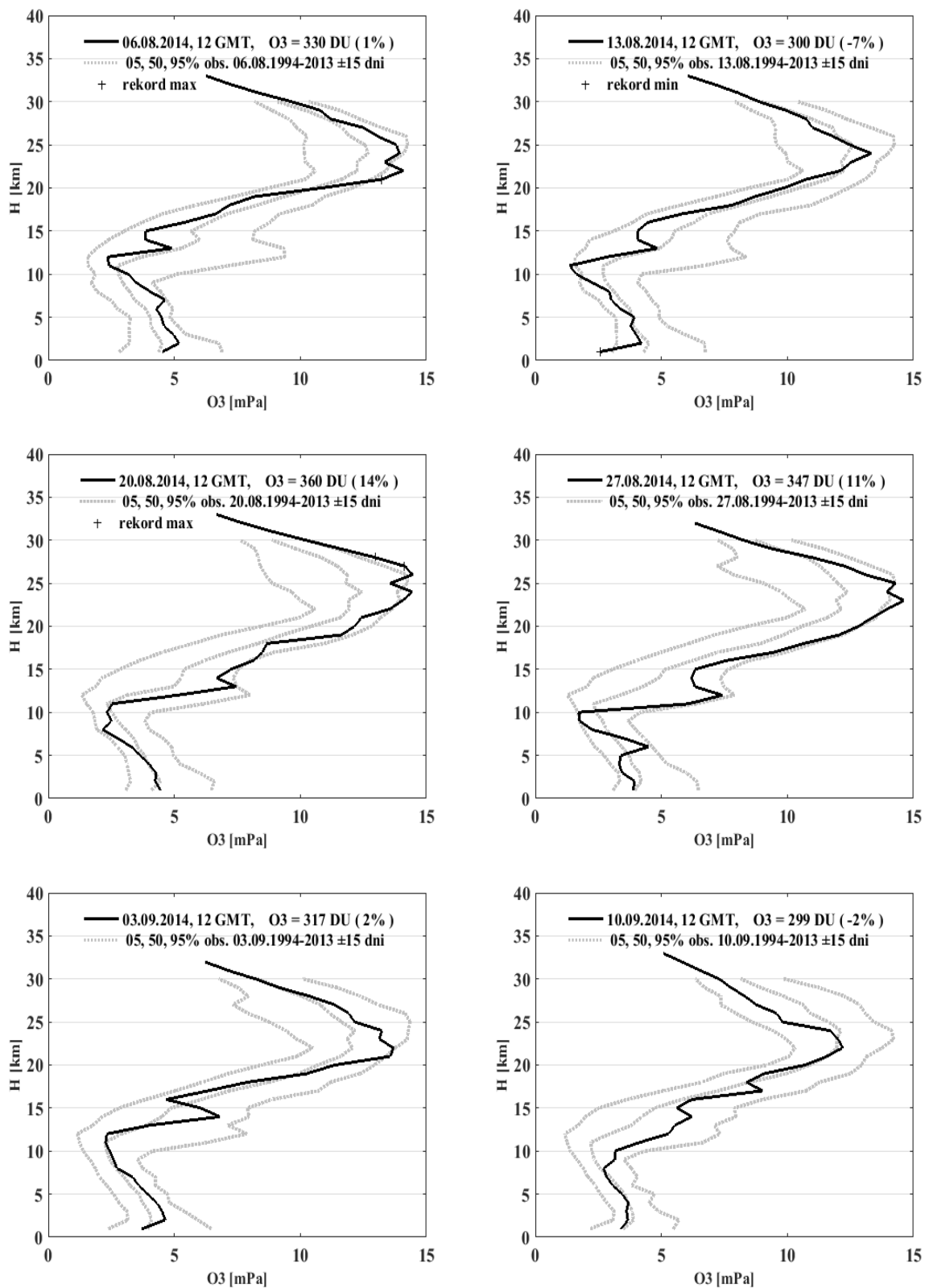
Rysunek 1-c. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich.



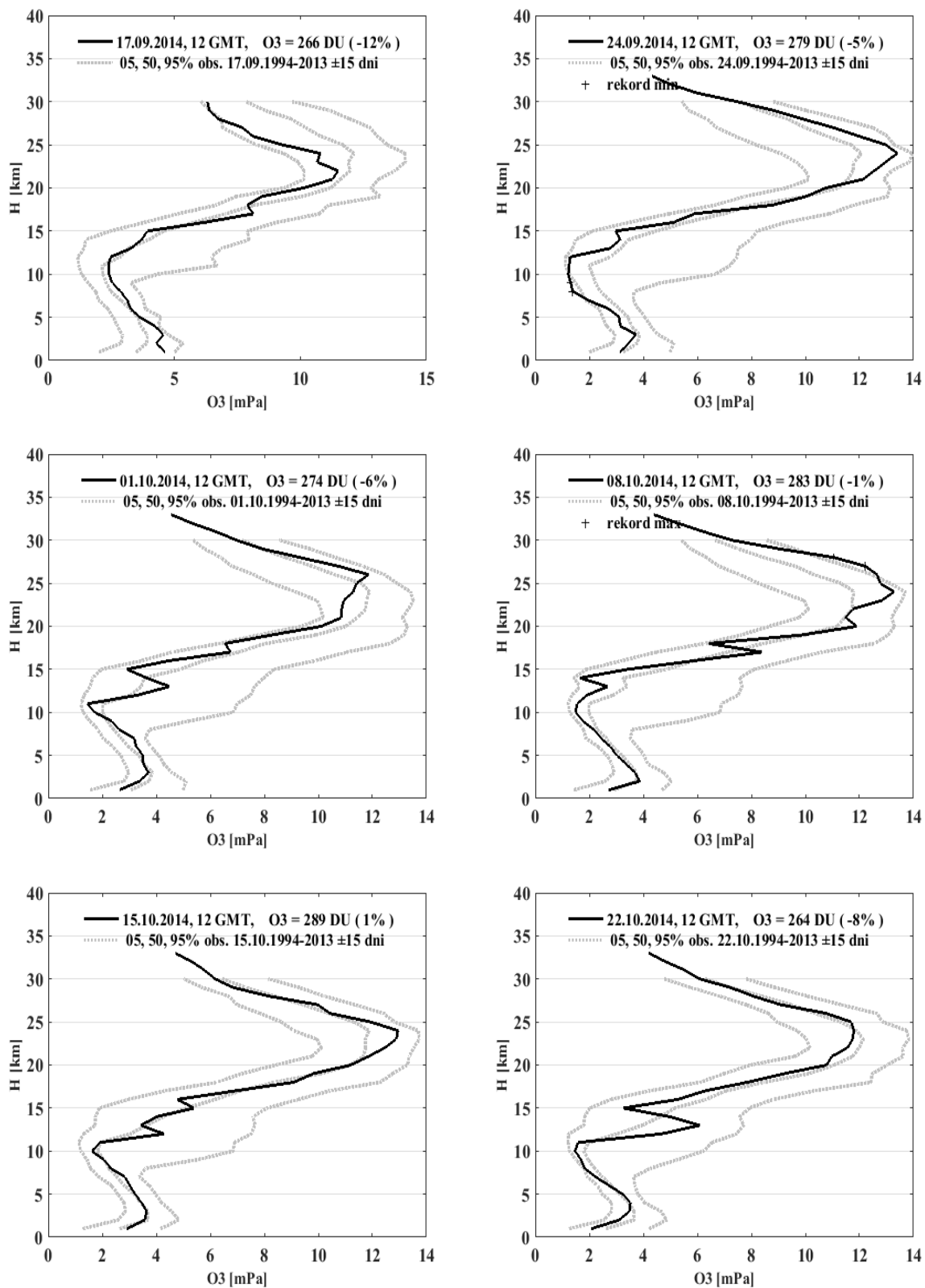
Rysunek 1-d. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich.



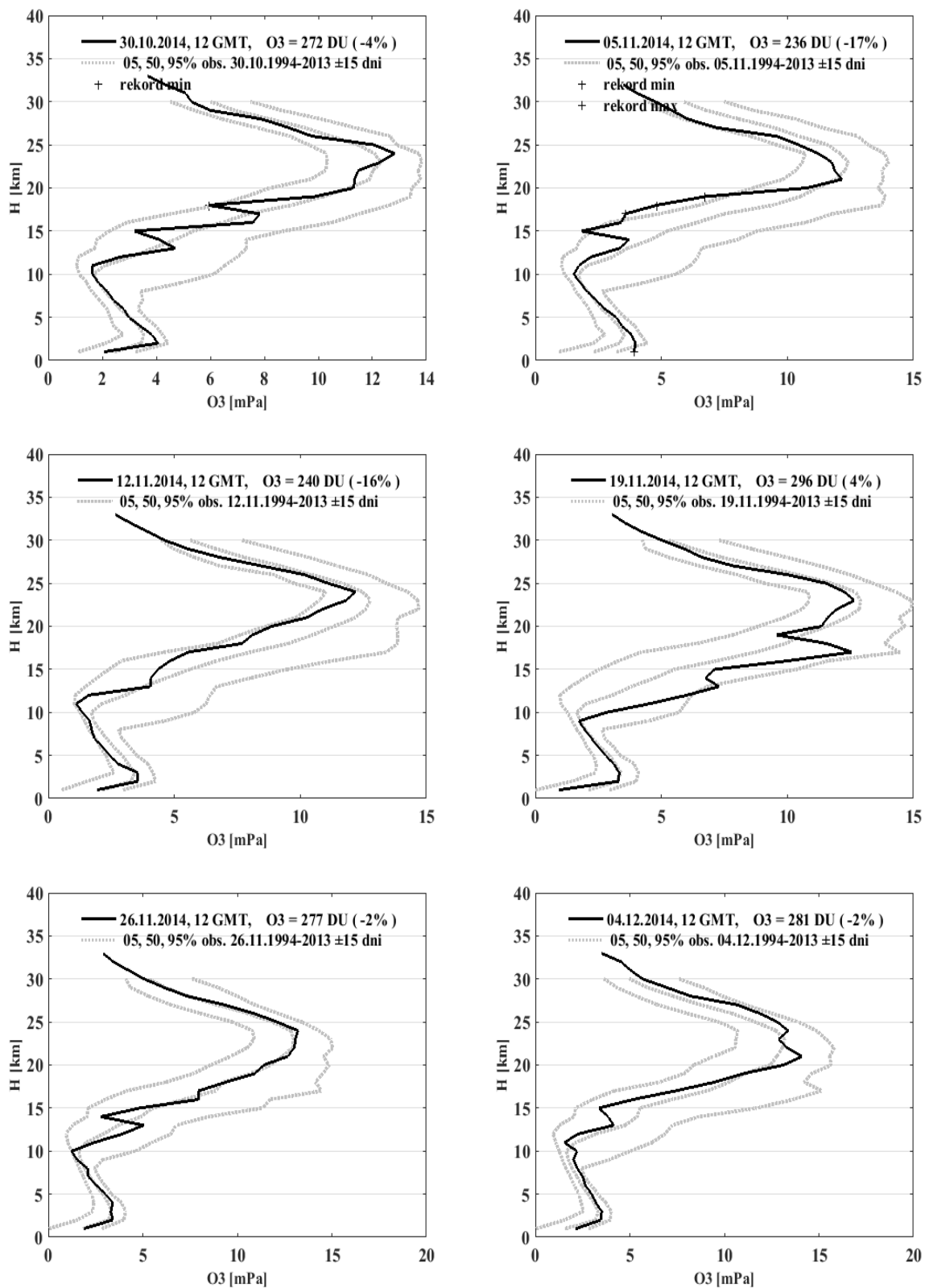
Rysunek 1-e. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich.



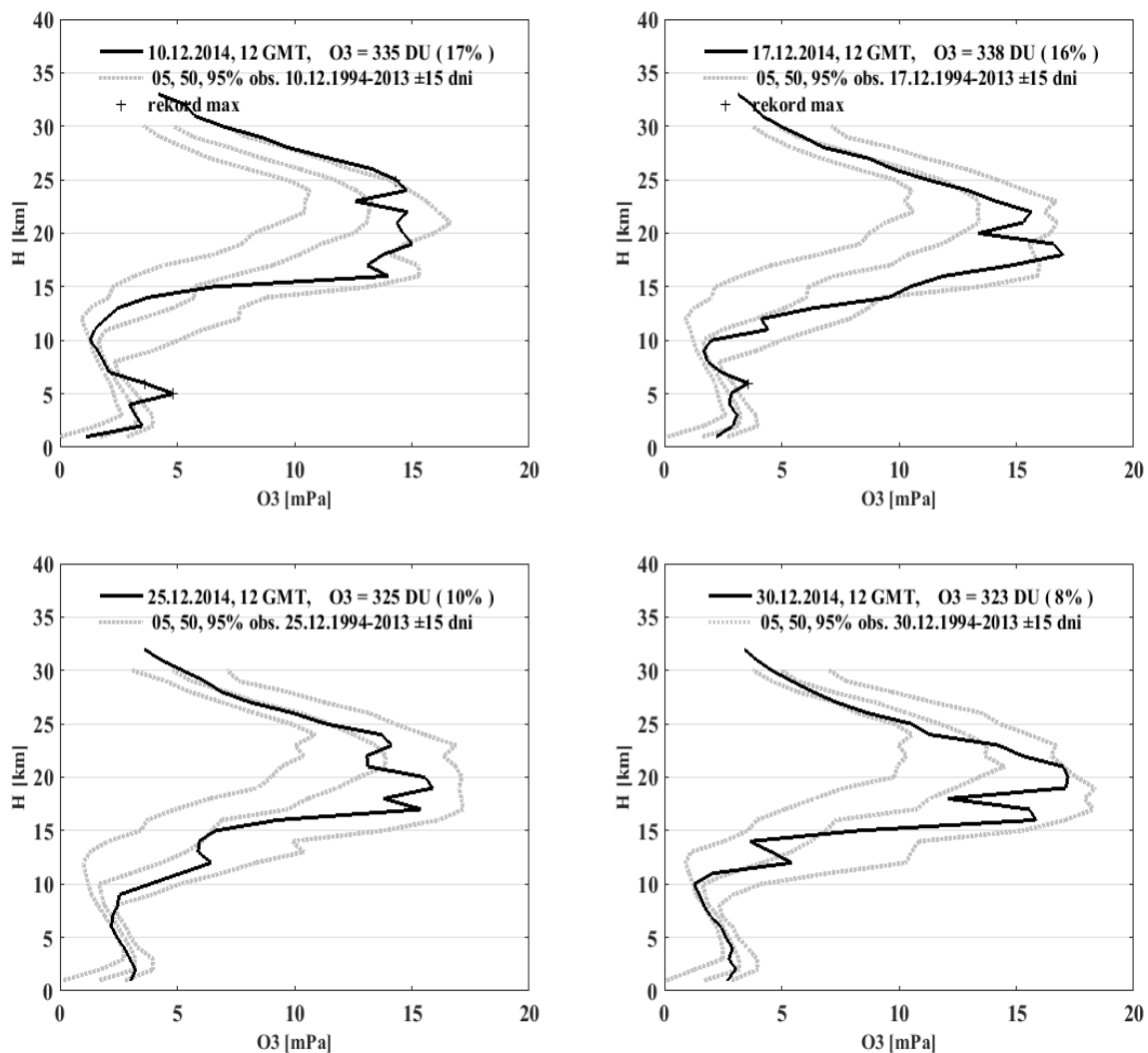
Rysunek 1-f. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich



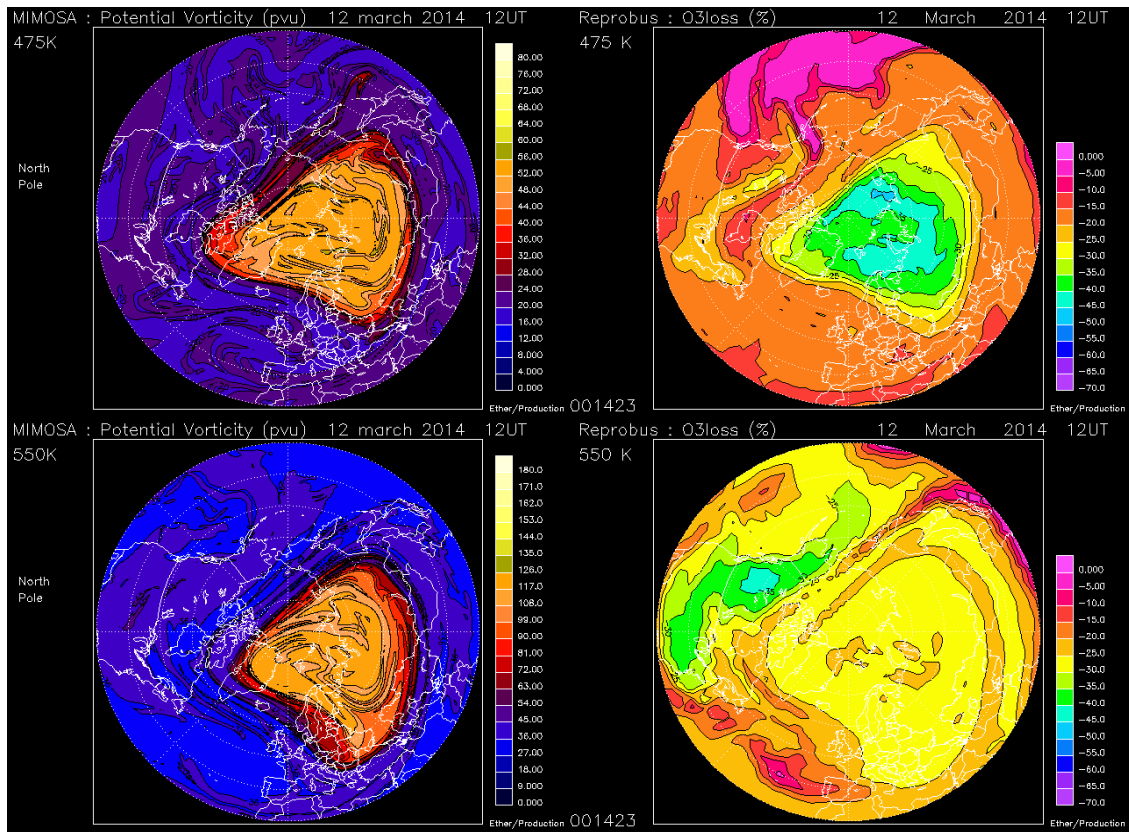
Rysunek 1-g. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich



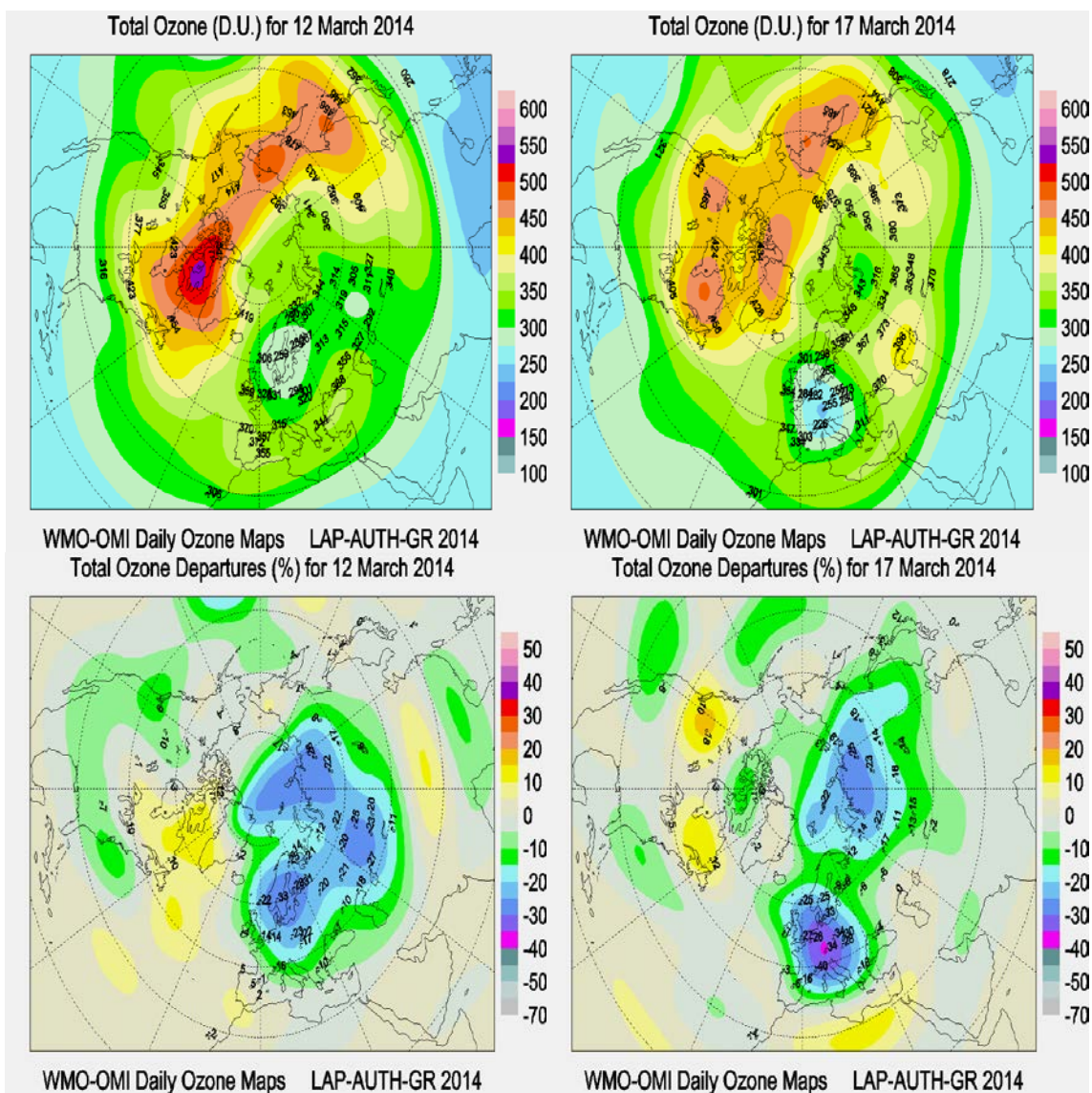
Rysunek 1-h. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich



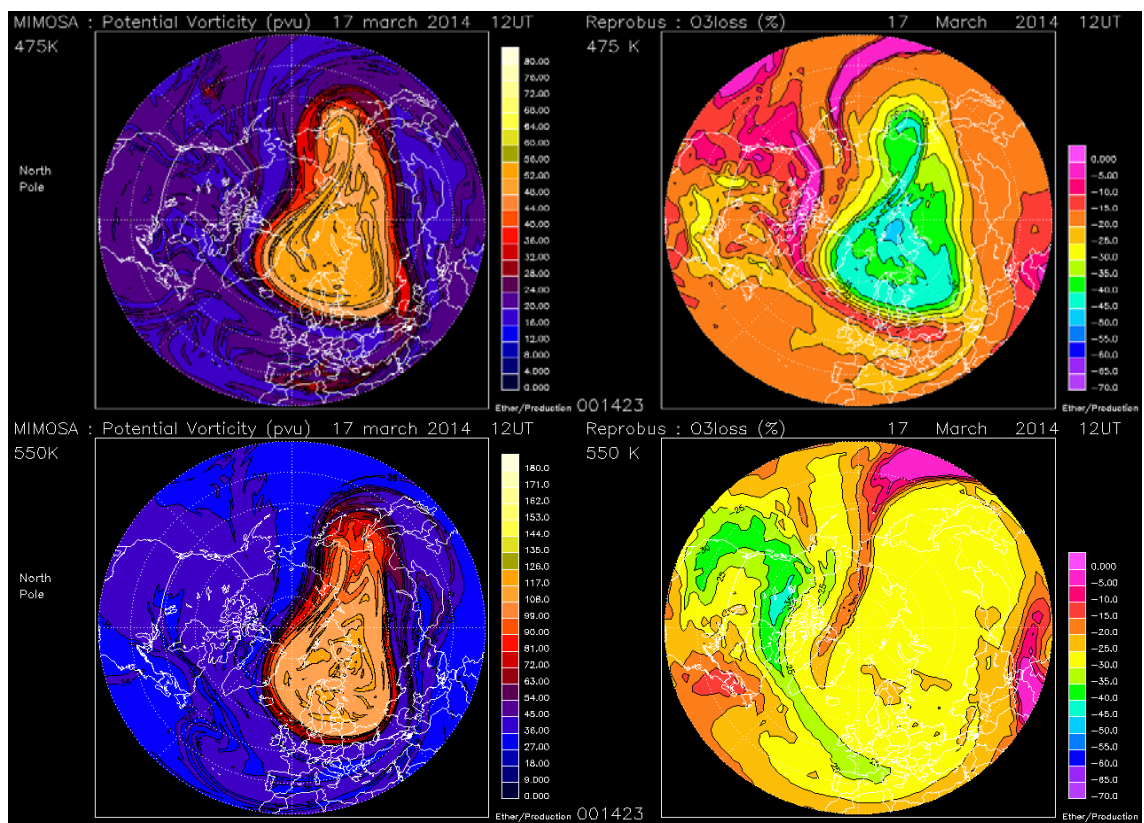
Rysunek 1-i. Profile ozonu nad Legionowem w sondażach 2014 roku, na tle rozkładów wieloletnich



Rysunek 2. Mapy wirowości potencjalnej MIMOSA dla półkuli północnej na powierzchniach izentropowych 550K (~21km) i 475K (~19km) z 12 marca 2014 12 UTC i odpowiadające im oszacowania stopnia zniszczenia ozonu według modelu REPROBUS (źródło: www.pole-ether.fr).



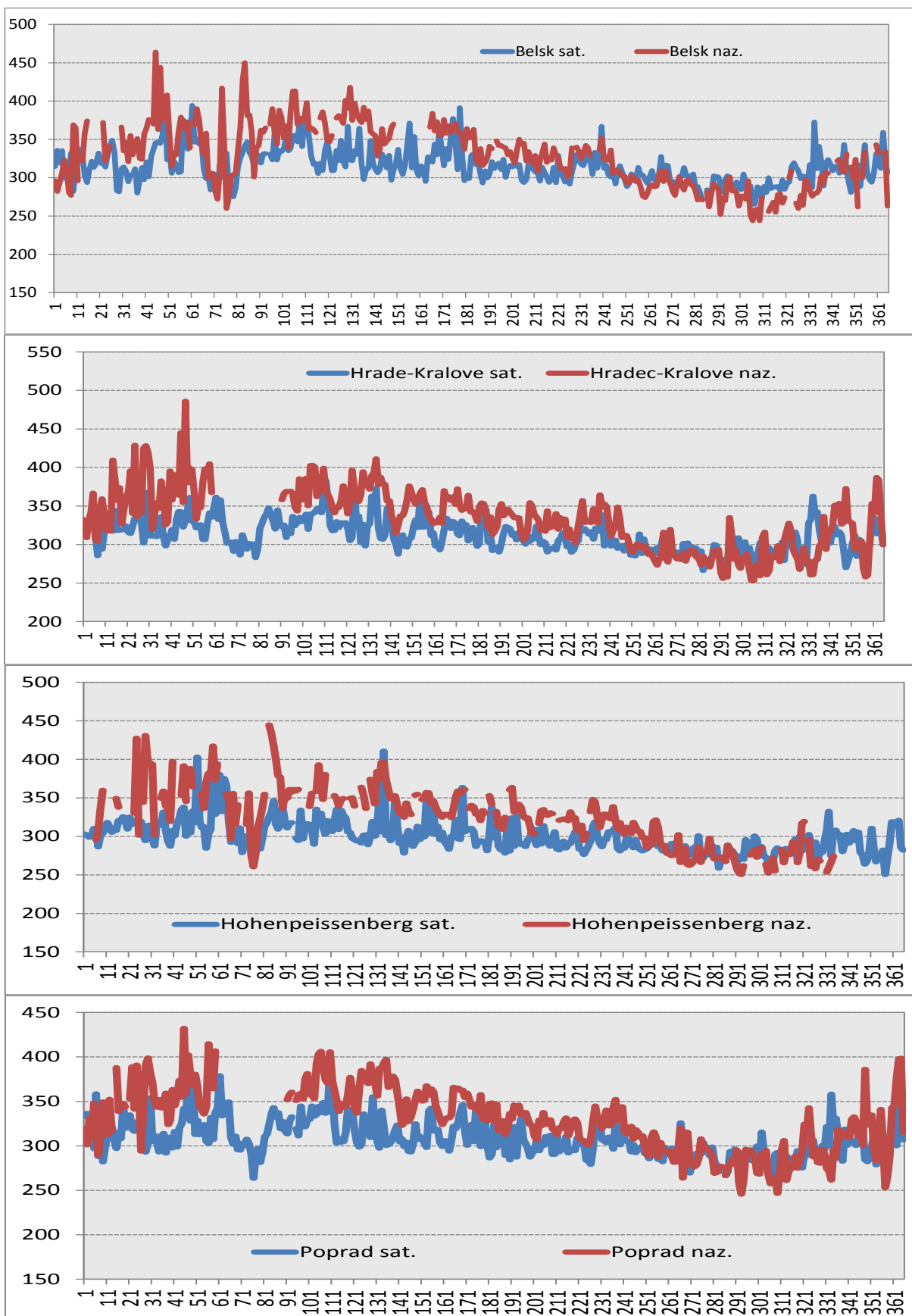
Rysunek 3. Całkowita zawartość ozonu nad półkulą północną i jej procentowe odchylenia na podstawie pomiarów satelitarnych OMI-AURA i pomiarów naziemnych dla 12 i 17 marca 2014 roku (<http://lap.physics.auth.gr/ozonemaps2/archive.php>)



Rysunek 4. Mapy wirowości potencjalnej MIMOSA dla półkuli północnej na powierzchniach izentropowych 550K (~21km) i 475K (~19km) z 17 marca 2014 12 UTC i odpowiadające im oszacowania stopnia zniszczenia ozonu według modelu REPROBUS (źródło: www.pole-ether.fr)

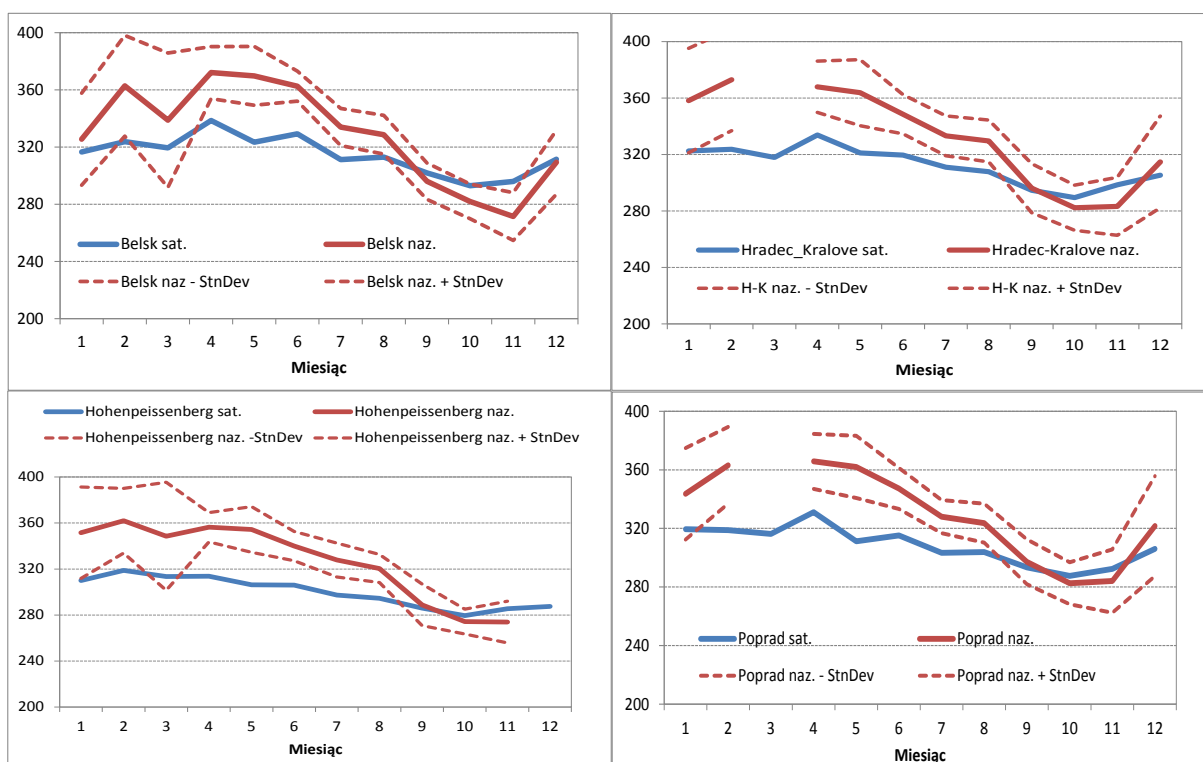
6.2.3.2 Ozon całkowity z danych satelitarnych w 2014 roku.

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 Wydziale Teledetekcji Satelitarnej Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Służby Pomiarowo-Obszerwacyjnej IMGW-PIB. Stacje te to: Belsk (21°E, 52°N), Hradec-Kralove (15,8°E, 50,2°N), Hohenpeissenberg (11,0°E, 47,8°N) oraz Poprad-Ganovce (20.9°E, 49°N). Dane dla stacji w Belsku pochodzą z Instytutu Geofizyki PAN, a dane dla pozostałych trzech stacji pobrane zostały ze Światowego Centrum Danych Ozonowych i UV znajdującego się w Toronto (Kanada) (www.woudc.org). Na Rysunku 5 przedstawiono przebiegi krzywych całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z danych satelitarnych i naziemnych dla wymienionych wyżej stacji w roku 2014. Kolorem niebieskim oznaczono krzywą uzyskaną z pomiarów satelitarnych, a czerwonym z pomiarów wykonywanych spektrofotometrem Dobsona na stacjach Belsk, Hradec-Kralove, Hohenpeissenberg i spektrofotometrem Brewera na stacji Poprad–Ganovce.



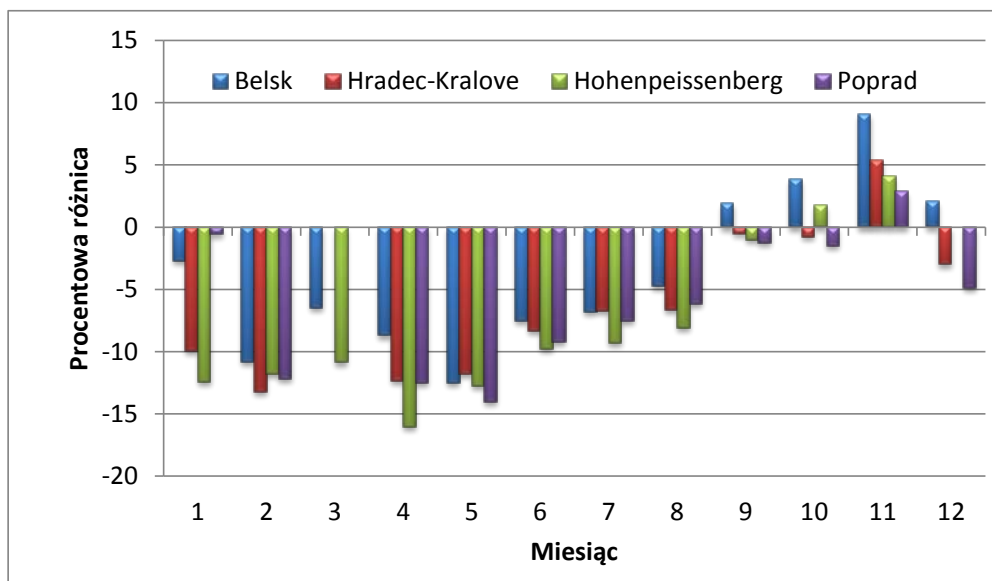
Rysunek 5. Całkowita zawartość ozonu dla Belska, Hradec-Kralove, Hohenpeissenberga i Popradu-Ganovce z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska), oraz naziemnych (linia czerwona) w roku 2014.

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 analizowanych 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 6, przedstawiającym zmienność roczną średnich miesięcznych całkowitej zawartości ozonu wyznaczonych z danych satelitarnych NOAA/ATOVS oraz zmierzonych za pomocą spektrofotometru. W okresie wiosennym średnie miesięczne wartości całkowitej zawartości ozonu wyznaczone z danych satelitarnych znacznie wykraczają poza przedział \pm Odchylenie Standardowe wartości średniej miesięcznej dla pomiarów naziemnych.



Rysunek 6. Średnie miesięczne całkowitej zawartości ozonu wyznaczone dla Belska, Hradec-Kralove, Hohenpeissenberga oraz Popradu-Ganovce z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska) i naziemnych (linia czerwona) w roku 2014.

Analiza procentowych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi wartościami całkowitej zawartości ozonu wyznaczonej z danych satelitarnych oraz zmierzonej na stacji (Rysunek 7) pokazuje, że różnice te są zbliżone dla wszystkich stacji i wahają się od -16.0% (kwiecień, Hohenpeissenberg) do 9.0% (listopad, Belsk). Jesienią 2014 różnice uzyskane dla Belska są wyraźnie większe od tych otrzymanych dla pozostałych trzech stacji. Biorąc pod uwagę spójność wyników uzyskanych dla Hradec-Kralove, Hohenpeissenberga i Popradu-Ganovce w tym miesiącu, przyczyn tych rozbieżności należy szukać raczej w danych naziemnych.



Rysunek 7. Rozkład procentowych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi całkowitej zawartości ozonu wyznaczonymi dla Belska, Hradec-Kralove, Hohenpeissenberga i Popradu-Ganovce z danych satelitarnych NOAA/ATOVS (linia niebieska) i naziemnych (linia czerwona) w roku 2014.

W celu określenia dokładności metody wyznaczania zawartości ozonu z danych satelitarnych NOAA/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 2014 roku. Wyniki przedstawione zostały w Tabeli 10.

Tabela 10. Wyniki porównania pomiędzy ozonem wyznaczonym z danych ATOVS i zmierzonych spektrofotometrem w latach 2014, dla stacji w Belsku, Hradec-Kralove, Hohenpeissenberg i Poprad-Ganovce.

	Korelacja	Średnia różnica [D]	Średnia różnica bezwzględna [D]	RMSE %
Belsk	0,61	-14,0	26,8	11,1
Hradec-Kralove	0,63	-20,5	28,4	11,9
Hohenpeissenberg	0,66	-25,9	31,7	14,7
Poprad-Ganovce	0,62	-21,4	28,0	11,5

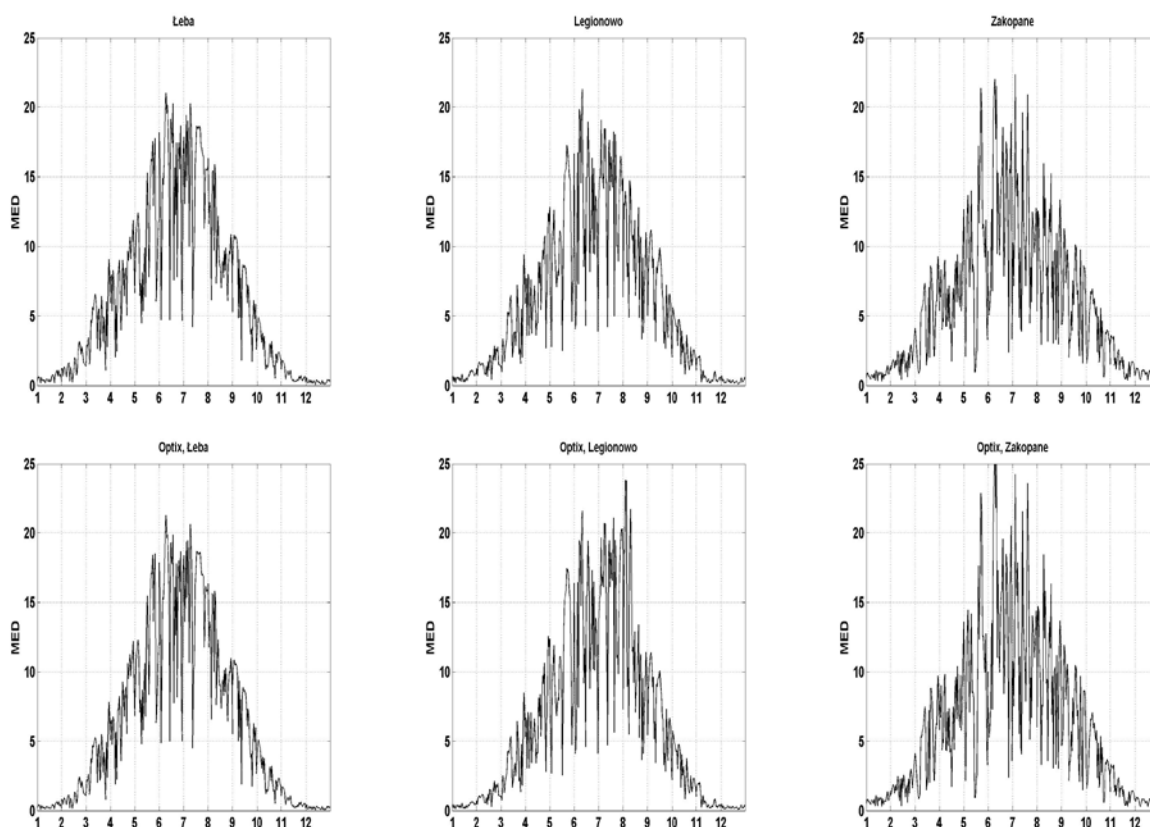
Dokładność satelitarnego monitoringu ozonu z wykorzystaniem danych z nowej generacji czujnika ATOVS obliczona na podstawie porównania z pomiarami naziemnymi jest rzędu 11% z wyjątkiem Hohenpeissenbergu, dla którego jest ona mniejsza i wynosi prawie 15%.

Podsumowując można stwierdzić, że jakość satelitarnego monitoringu całkowitej zawartości ozonu w Europie Środkowej w 2014 jest w niewielkim stopniu zależna od położenia, a błąd procentowy uzyskany na podstawie danych ze wszystkich czterech stacji jest równy 11.8%.

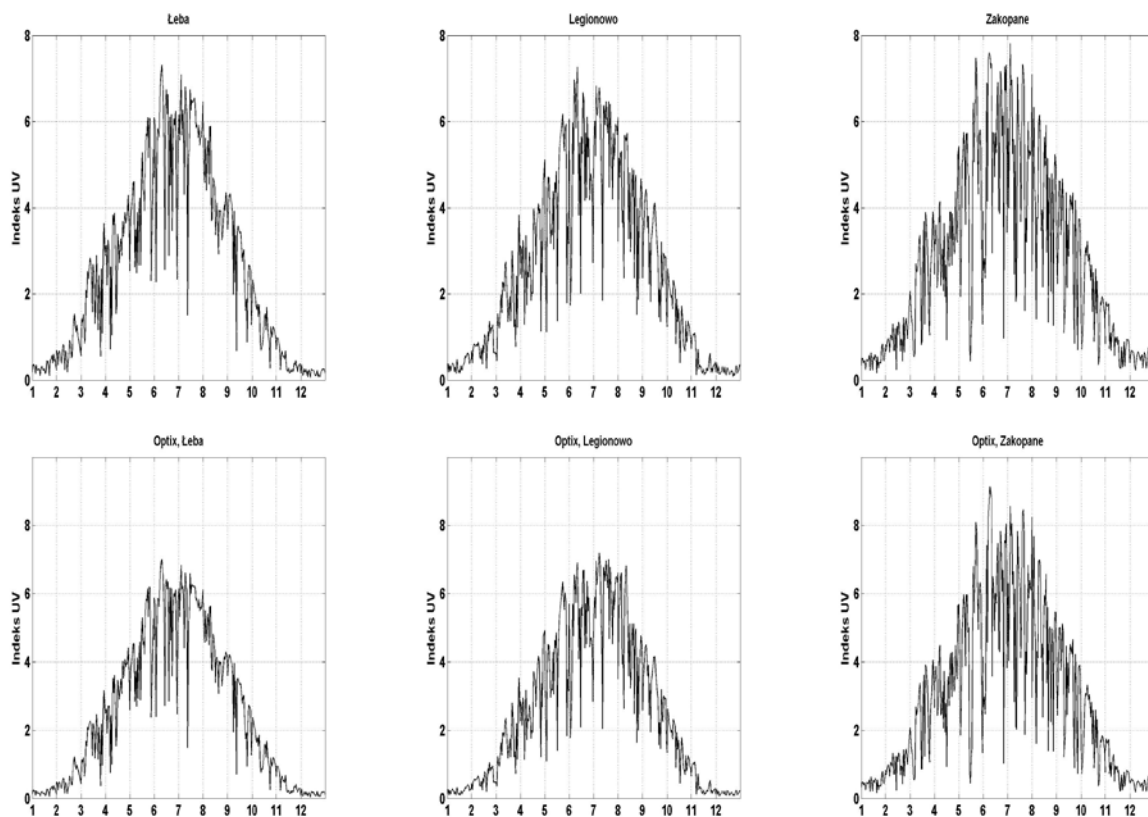
6.2.3.3 Promieniowanie UV-B zmierzone na sieci monitoringu w 2014 roku.

Pomiary promieniowania 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, Legionowie, Katowicach i Zakopanem. Wyniki pomiarów uzyskane z przyrządów SL501 o międzynarodowej renomie i długim czasie pracy (od połowy 1993 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.

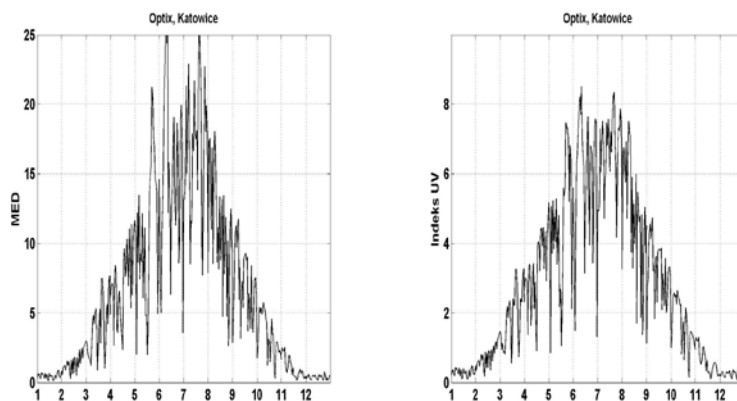
Poniżej przedstawiono wartości dawek dziennych UV-B [MED] i Indeksu UV zmierzone na stacjach IMGW-PIB w 2014 roku (Rysunki 8a, 8b i 9).



Rysunek 8 a. Wartości dawek dziennych UV-B [MED] z czujników SL501 oraz OPTIX UVEM-6C w Łebie, Legionowie i Zakopanem w 2014r.

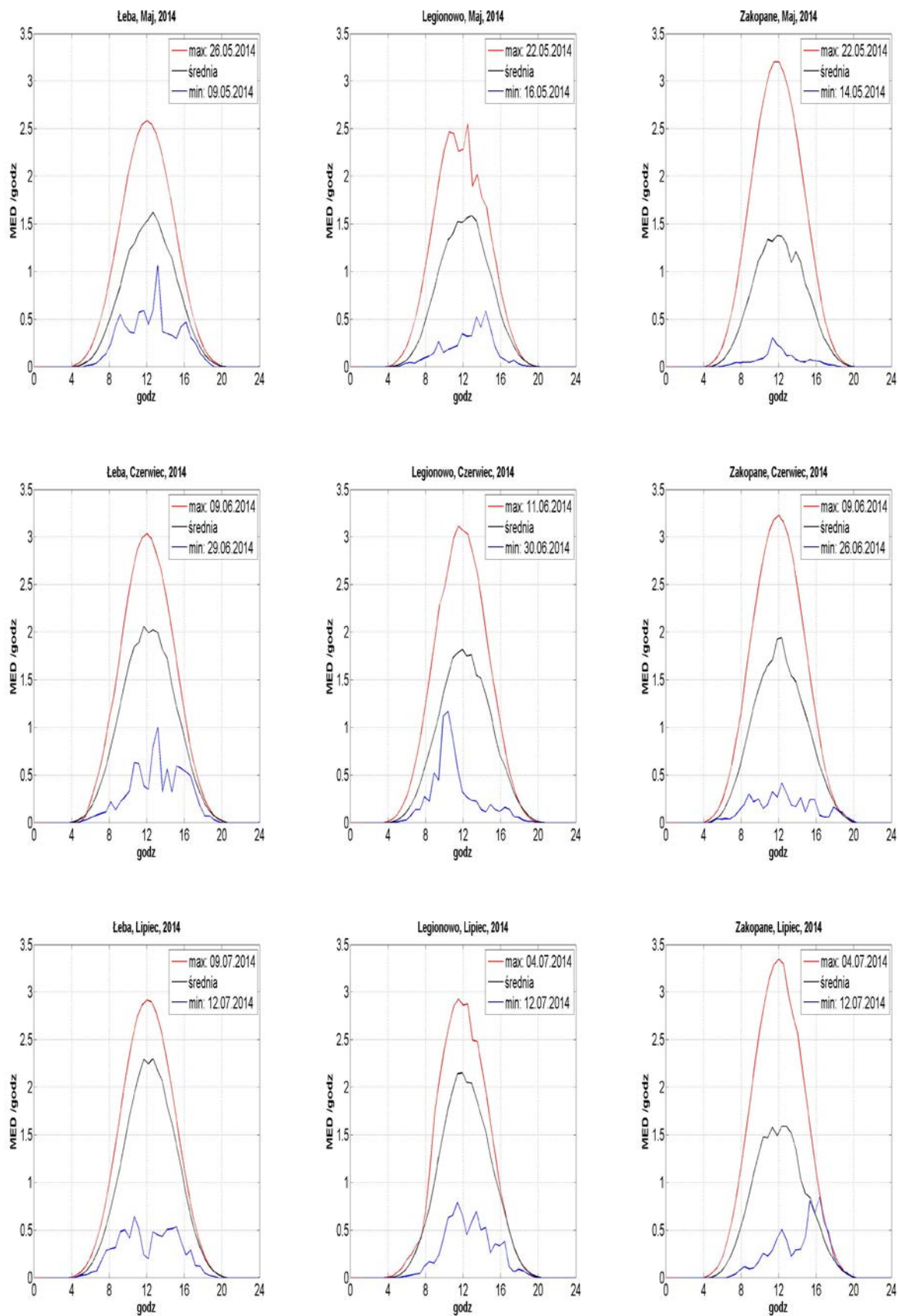


Rysunek 8 b. Wartości Indeksu UV z czujników SL501 oraz OPTIX UVEM-6C w Łebie, Legionowie i Zakopanem w 2014r.

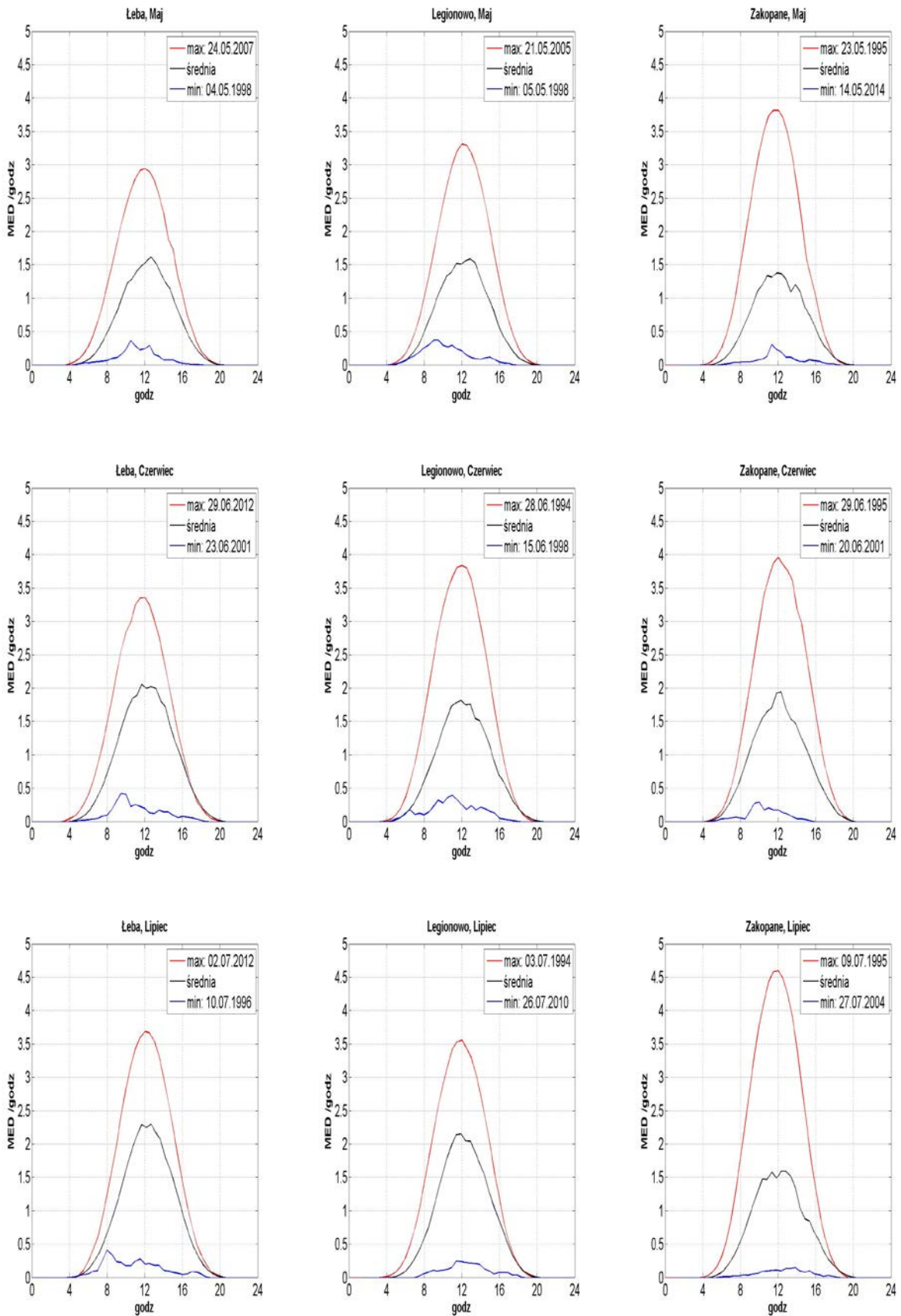


Rysunek 9. Wartości dawek dziennych UV-B [MED] i Indeksu UV z czujników OPTIX UVEM-6C w Katowicach w 2014 roku.

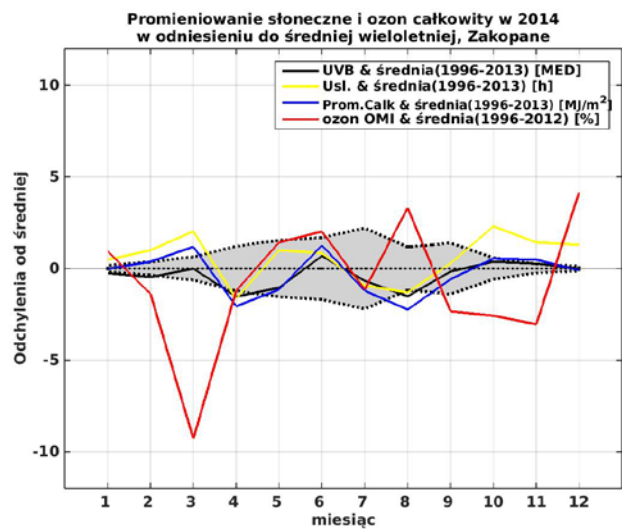
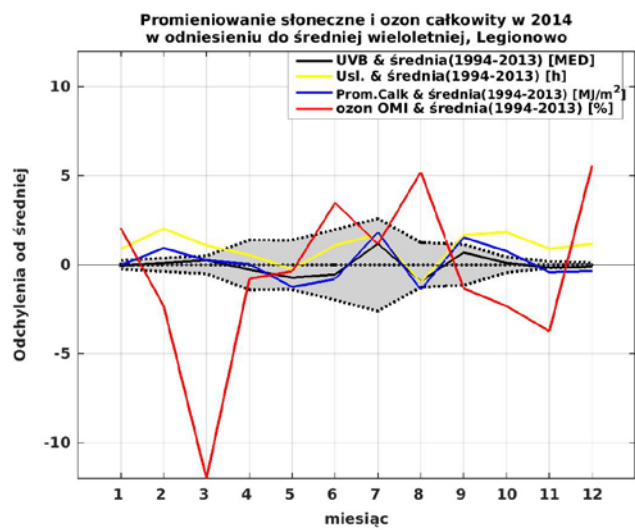
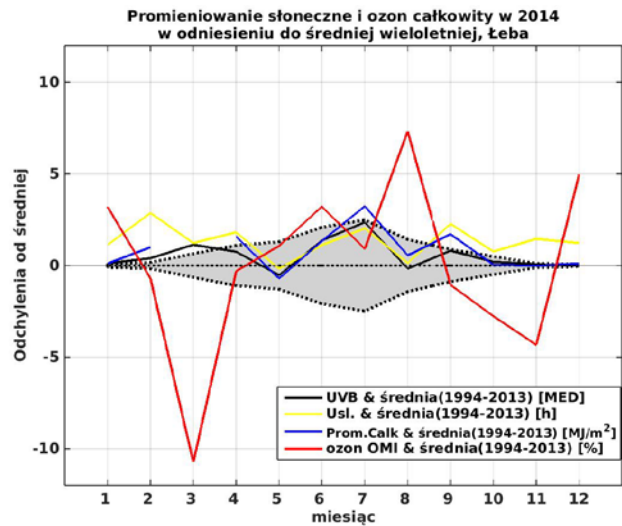
Przebiegi roczne dawek dziennych oraz Indeksu UV pokazują zawyżanie wartości promieniowania zmierzonego czujnikami OPTIX w miesiącach letnich na stacjach Legionowo i Zakopane. Zawyżone pomiary pojawiają się przy dużych wartościach promieniowania oraz przy wysokich temperaturach powietrza. Niestety nie istnieje prosta metoda korekcji tego efektu. Czujniki OPTIX nie są już produkowane i najlepszym rozwiązaniem będzie, gdy tylko pojawią się środki finansowe zastąpienie ich czujnikami Solar Light.



Rysunek 10. Średnie, maksymalne i minimalne przebiegi dobowe promieniowania UV-B (w MED/h) zmierzonych przyrządami SL501 w maju, czerwcu i lipcu 2014 r.



Rysunek 11. 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 1993 do 2014.



Rysunek 12. Odchylenie od średniej wieloletniej promieniowania UV-B, promieniowania całkowitego, ozonu całkowitego i usłonecznienia w 2014 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 obserwowane są 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 UV-B w 2014 roku na stacji w Łebie pod koniec zimy oraz na stacji Zakopane na jesieni wykraczały poza zakres naturalnej zmienności całej serii pomiarów (Rysunek 12). Dla stacji w Łebie od lutego do marca zmierzone było znacząco większe promieniowanie w porównaniu do średnich wartości z poprzednich lat (Rysunek 12). W tym czasie obserwowane były obniżone wartości ozonu całkowitego oraz występowała bardziej słoneczna pogoda w porównaniu z poprzednimi latami co potwierdzają pomiary promieniowania całkowitego i usłonecznienia. Słoneczna pogoda oraz niskie wartości ozonu całkowitego były również przyczyną znacznego wzrostu promieniowania jesienią na stacji w Zakopanem. Odwrotny efekt wystąpił na wszystkich stacjach w sierpniu gdzie większa ilość ozonu całkowitego oraz mniej dni słonecznych w porównaniu do średniej długookresowej spowodował bardzo niskie promieniowanie UV-B.

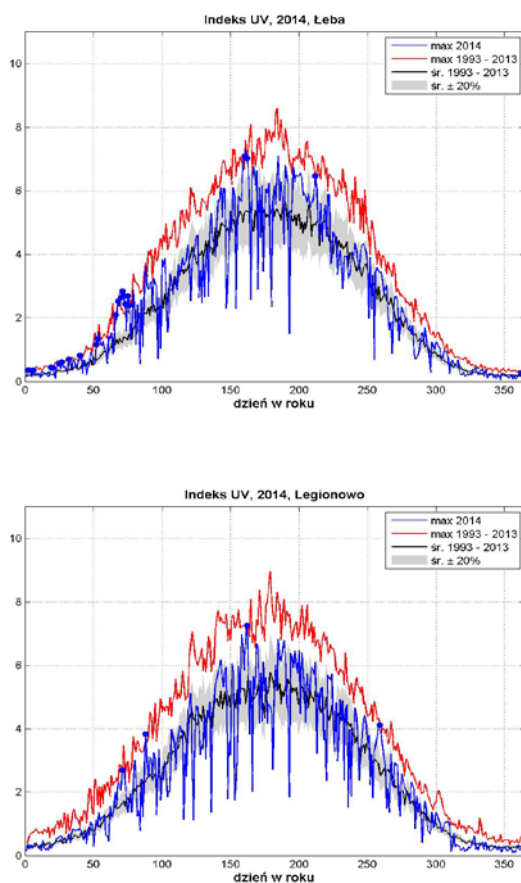
Tabela 11. Dienne – średnie, maksymalne i minimalne dawki UV-B oraz miesięczne dawki promieniowania UV-B (w MED) zmierzonego przyrządami SL501 w 2014 r.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Łeba												
Śr. Dobowe	0,5	1,5	4,5	7,7	10,7	14,8	15,6	10,1	6,9	2,5	0,7	0,3
Max. Dob.	1,1	3,2	9,1	11,9	17,8	21,0	20,3	16,3	10,8	4,9	1,8	0,6
Min. Dob.	0,2	0,3	1,1	2,0	4,5	4,7	4,2	5,3	1,7	0,5	0,3	0,1
Dawka mies.	16,4	41,6	138,5	229,6	332,7	442,7	484,1	314,2	207,3	78,2	21,7	8,3
Legionowo												
Śr. Dobowe	0,6	1,6	4,1	7,0	10,6	12,6	14,2	9,5	6,9	2,9	0,8	0,3
Max. Dob.	1,1	2,8	9,4	12,4	17,3	21,3	19,1	14,7	11,2	5,6	2,1	0,7
Min. Dob.	0,2	0,4	1,0	2,7	2,5	3,9	4,2	3,4	2,7	0,8	0,2	0,1
Dawka mies.	18,6	44,5	126,6	209,5	330,0	377,8	440,4	293,2	207,4	89,4	22,6	9,9
Zakopane												
Śr. Dobowe	0,8	1,7	4,7	6,3	9,5	12,8	11,1	8,8	6,4	3,8	1,7	0,8
Max. Dob.	1,5	2,9	9,3	9,6	21,4	22,0	22,4	16,0	11,3	7,0	3,6	1,3
Min. Dob.	0,3	0,4	0,9	1,8	1,0	2,4	3,9	3,0	1,6	0,6	0,4	0,4
Dawka mies.	24,3	47,5	146,1	188,9	295,7	382,5	345,4	274,3	192,7	118,7	51,9	25,3

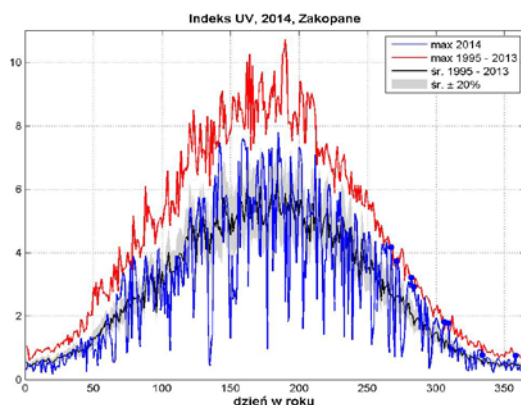
Rozkład średnich dobowych dawek z trzech stacji pokazuje zależność od szerokości geograficznej (Tabela 11). W miesiącach chłodnych (październik – luty) średnie dawki dobowe są najniższe na północy (Łeba), a najwyższe na południu (Zakopane). W miesiącach letnich (kwiecień – wrzesień), dla większości miesięcy jest odwrotnie. W tym okresie najwyższe średnie dawki dobowe zostały zmierzone w Łebie, a najniższe w Zakopanem. Niskie średnie miesięczne dawki w Zakopanem wynikają z typowego dla górskiej stacji zwiększonego zachmurzenia w okresie letnim. Największą w roku dawkę miesięczną (484,1 MED) zmierzono na stacji w Łebie w lipcu.

Miesięczne maksima dobowe są obserwowane zwykle w dniach o małym zachmurzeniu. W takich warunkach w pomiarach staje się widoczny m.in. wpływ szerokości geograficznej. Dlatego w 2014 prawie we wszystkich maksymalne wartości dobowe obserwowane były w Zakopanem zgodnie z oczekiwaniami. Maksymalna dawka dobowa (22,4 MED) w roku 2014 wystąpiła w lipcu na stacji w Zakopanem. Dodatkowo można zauważyć dla okresu letniego wyższe maksymalne dawki miesięczne promieniowania UV-B w Łebie w porównaniu z Legionowem.

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. Dawki mniejsze niż 0,25 MED zanotowano w 2014 roku na stacji w Łebie w grudniu (15 dni) i styczniu (3 dni) oraz na stacji w Legionowie, w styczniu (2 dni), listopadzie (3 dni) i w grudniu (12 dni).



Rysunek 19. Przebiegi roczne Indeksu UV z 2014 roku dla stacji w Łebie, Legionowie i Zakopanem na tle średniego oraz maksymalnego Indeksu UV od początku pomiarów do 2013 roku dla każdej stacji.



Rysunek 19 cd. Przebiegi roczne Indeksu UV z 2014 roku dla stacji w Łebie, Legionowie i Zakopanem na tle średniego oraz maksymalnego Indeksu UV od początku pomiarów do 2013 roku dla każdej 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 2014 roku na tle średniego oraz maksymalnego Indeksu UV z okresu od 1993 (Zakopane od 1995) do 2013 roku dla każdej ze stacji. W roku 2014 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 2014 roku zaobserwowano na stacji w Łebie w kilkunastu dniach od początku roku do marca, na stacji Legionowo w pojedynczych dniach na wiosnę, latem i jesienią oraz na stacji Zakopane na jesieni. Duża liczba dni z rekordowymi wartościami Indeksu UV dla Łeby, Legionowa w marcu oraz na jesieni w Zakopanem jest wynikiem znacznych ubytków ozonu całkowitego połączonych z utrzymującą się w tych okresach słoneczną pogodą.

6.2.4 Podsumowanie i wnioski

Polska jest stroną Konwencji Wiedeńskiej o ochronie warstwy ozonowej i Protokołu Montrealskiego (PM) 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. W ostatnich latach nad Polską i Europą pojawiają się epizody jednoczesnej adwekcji na różnych wysokościach mas subtropikalnej o naturalnie niskiej zawartości ozonu i polarnej masy z fotochemicznym ubytkiem ozonu. Podczas tych epizodów pojawiają się wysokie wartości Indeksu UV. 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 PM. Koncentracja N_2O systematycznie rośnie 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 kilkudziesięciu 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 SZWO, 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, sondaż ozonowy w Legionowie wykonuje się w systemie Światowego Monitoringu Ozonu WMO z podstawową częstotliwością 1 raz w tygodniu. Dodatkowe sondáže 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 bazy Globalnej Sieci Detekcji Zmian Składu Atmosfery (NDACC) w Maryland, USA, i do Światowej Bazy Danych Ozonu i UV (WOUDC) w Toronto, w Kanadzie, co potwierdza wykaz zawartości bazy (Rysunek 20).

GLOBAL ATMOSPHERE WATCH **GAW SIS** STATION INFORMATION SYSTEM **World Meteorological Organization**

[Home](#)
[Advanced Search](#)
[Edit/Add Information](#)
[Register a New Station](#)
[Feed-back](#)
[FAQs & Glossary](#)
[About](#)

Data Series Details Last update: 2015-06-08/0

Station Legionowo
Parameter Vertical ozone profile
Platform Height (m)
Inlet
Analytical Method ECC Sonde
Method Details
Data Series Start
Data Series End
Data Type Continuous
Data Level
Time Resolution 1 Day(s)
Data Submission Start 1993-06-09
Data Submission End 2014-09-24
Comments

Measurement Leader

Instrument	Serial number	Use start	Use end	Comments
ECC 5A		1993-06-09	2006-06-09	
ECC na		1993-06-16	2007-01-31	
ECC Z		1995-03-24	2001-04-06	
ECC 6A		1996-07-31	2014-09-24	

EMPA Materials Science & Technology

 Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun svizra

 Federal Department of Home Affairs FDHA
 Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss

Rysunek 20. Wykaz zawartość bazy WOUDC z pomiarami z Legionowa ze strony <http://gaw.empa.ch/gawsis/reports.asp?GAWID=LEG>

Od 1994 roku wyniki sondażu 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 sondażu 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.

Name	Ext	Size	Date	Attr
15052711	14s	157 571	2015-05-27 15:07	-644
15052711	14z	69 405	2015-05-27 15:07	-644
15052011	16s	151 315	2015-05-20 15:04	-644
15052011	16z	70 621	2015-05-20 15:04	-644
LN150520	P11	158 712	2015-05-20 15:04	-644
15051311	14s	147 037	2015-05-13 14:56	-644
15051311	14z	65 285	2015-05-13 14:56	-644
LN150513	P11	153 878	2015-05-13 14:56	-644
LN150506	P11	144 409	2015-05-06 14:59	-644
15050611	15s	138 665	2015-05-06 14:58	-644
15050611	15z	69 061	2015-05-06 14:58	-644
15042911	14s	140 827	2015-04-29 14:52	-644
15042911	14z	65 405	2015-04-29 14:52	-644
LN150429	P11	146 855	2015-04-29 14:52	-644
LN150422	P11	158 922	2015-04-22 15:04	-644
15042211	16s	151 499	2015-04-22 15:03	-644
15042211	16z	74 021	2015-04-22 15:03	-644
15041511	14s	154 811	2015-04-15 15:00	-644
15041511	14z	65 637	2015-04-15 15:00	-644
LN150415	P11	162 663	2015-04-15 15:00	-644
15040811	15s	148 049	2015-04-08 15:02	-644
15040811	15z	70 389	2015-04-08 15:02	-644
LN150408	P11	155 021	2015-04-08 15:02	-644
15040111	14s	162 861	2015-04-01 15:07	-644
15040111	14z	73 541	2015-04-01 15:07	-644
LN150401	P11	171 761	2015-04-01 15:07	-644
15032511	15s	142 989	2015-03-25 13:58	-644
15032511	15z	68 245	2015-03-25 13:58	-644
LN150325	P11	149 303	2015-03-25 13:58	-644
15031811	13s	146 255	2015-03-18 13:54	-644
15031811	13z	65 885	2015-03-18 13:54	-644
LN150318	P11	152 995	2015-03-18 13:54	-644
15031111	15z	72 021	2015-03-11 14:08	-644
LN150311	P11	164 899	2015-03-11 14:08	-644
15031111	15s	156 789	2015-03-11 14:07	-644
LN150304	P11	161 986	2015-03-04 14:02	-644
15030411	14s	154 213	2015-03-04 14:01	-644
15030411	14z	70 661	2015-03-04 14:01	-644
15022511	14s	158 583	2015-02-25 14:04	-644
15022511	14z	75 005	2015-02-25 14:04	-644
LN150225	P11	166 928	2015-02-25 14:04	-644
15021811	14s	152 097	2015-02-18 14:01	-644
15021811	14z	71 661	2015-02-18 14:01	-644
LN150218	P11	159 595	2015-02-18 14:01	-644
15021211	14s	145 611	2015-02-12 13:56	-644
15021211	14z	66 573	2015-02-12 13:56	-644
LN150212	P11	152 262	2015-02-12 13:56	-644

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 29 września 2014 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 15 lipca 2014 roku.

6.4 PODSUMOWANIE

W 2014 roku realizowano program monitorowania rozkładu pionowego ozonu, całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą oraz promieniowania UV-B w Polsce.

W roku 2014 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 roku 2014 program pomiarowy został wykonany w 100%.

We wrześniu 2014 r. zostało wykonane w centrum kalibracyjnym PMOD/WRC w Davos (Szwajcaria) laboratoryjne wzorowanie czujników Solar Light o numerach 1869 i 0936.

Sieć monitoringu operacyjnego UV-B, wykorzystująca mierniki OPTIX UVEM-6C pracujące na stacjach w Łebie, Legionowie, Katowicach, Zakopanem; przekazywała na bieżąco dane o promieniowaniu UV-B na stronę internetową IMGW-PIB (www.pogodynka.pl/indeksuv). Na kilku stacjach wystąpiły braki w danych pomiarowych, obejmujące jedynie 0,3% całego okresu. Niestety, mierniki firmy OPTIX zawyżają pomiary przy dużych wartościach promieniowania oraz przy wysokich temperaturach powietrza i nie istnieje prosta metoda korekcji tego efektu. Czujniki te nie są już produkowane i najlepszym rozwiązaniem będzie zastąpienie ich czujnikami Solar Light.

Satelitarny monitoring ozonu działa w oparciu o dane z czujnika ATOVS satelitów NOAA-16, 18, 19 i Metop-A. W roku 2014 monitoring ozonu przebiegł bezawaryjnie – uzyskano 100% danych. 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 2014 r. Prognoza była dostępna na stronie internetowej IMGW-PIB (www.pogodynka.pl/indeksuv/prognozyuv).

Wyniki sondáže ozonowych są regularnie przekazywane do Bazy Danych w NILU, w Norwegii gdzie są wykorzystywane do opracowania wyników kampanii MATCH, oraz do bazy Globalnej Sieci Detekcji Zmian Składu Atmosfery (NDACC) w Maryland, USA, oraz do Światowej Bazy Danych Ozonu i UV (WOUDC) w Toronto, Kanada.

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 2014, zostały dołączone do niniejszego sprawozdania na płycie CD.

6.5 LITERATURA

World Meteorological Organization (WMO), 2015, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 55, Geneva (http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/ozone_asst_report.html)

ZAŁĄCZNIKI

1. WYKAZ SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE OD 1.11.2014 DO 31.05.2015 R.
2. PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE 1.11.2014 DO 31.05.2015 R. I ODPOWIADAJĄCE IM SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU W ATMOSFERZE.
3. DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY LISTOPAD 2014 – MAJ 2015 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).
4. PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH W OKRESIE 1.01 DO 31.12.2014 R. I ODPOWIADAJĄCE IM SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU W ATMOSFERZE.
5. DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY STYCZEŃ - GRUDZIEŃ 2014 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE) ZMIERZONE ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU SOLAR LIGHT (ŁEBA, LEGIONOWO, ZAKOPANE).
6. INFORMACJE O BIEŻĄCYM I PROGNOZOWANYM INDEKSIE UV Z DNIA 27.06.2014 OPUBLIKOWNE NA STRONIE INTERNETOWEJ www.pogodynka.pl/indeksuv

ZAŁĄCZNIK 1

WYKAZ SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE OD 1.11.2014 DO 31.05.2015 R.

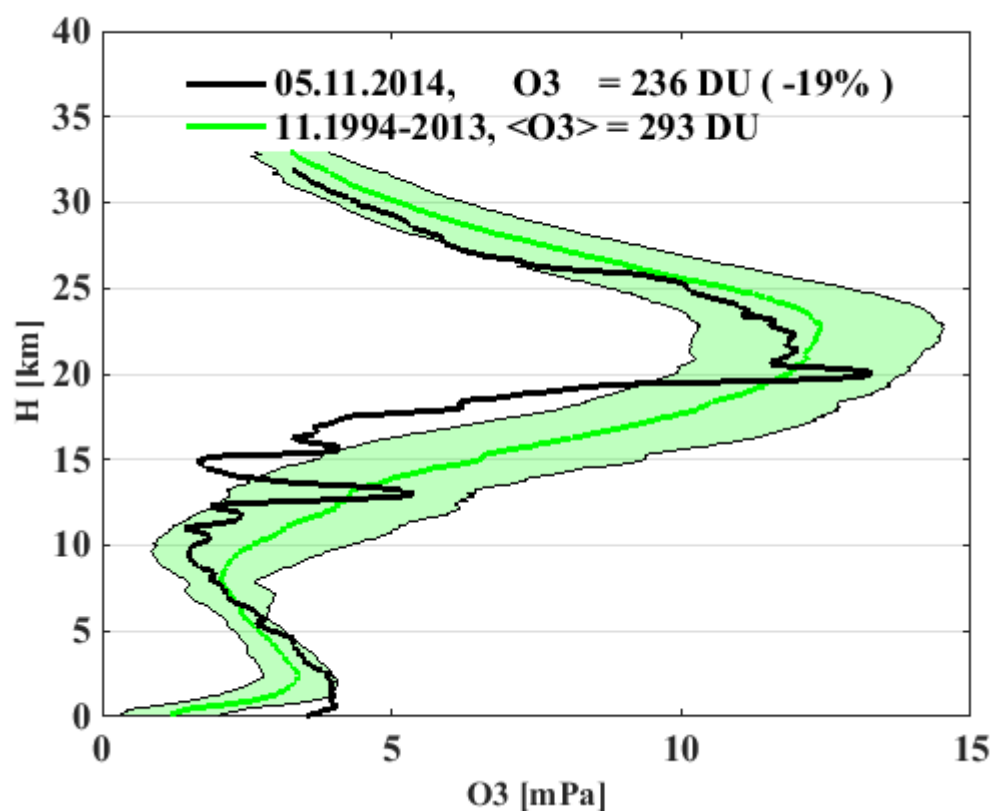
Wykaz sondaży ozonowych wykonanych w Legionowie w okresie od 01.11.2014 r. do 31.05.2015 r.

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	05.11	12	32,1	211	25	236	244	1,03	0	
2	12.11	12	33,2	221	19	240	255	1,06	8 St	
3	19.11	12	34,5	280	16	296	305	1,03	8 St	
4	26.11	12	33,3	257	20	277	294	1,03	8 St	
5	04.12	12	34,4	265	16	281	305	1,09	8 Sc	
6	10.12	12	34,1	311	24	335	324	0,97	8 St	
7	17.12	12	33,2	316	22	338	326	0,96	8 Sc	
8	24.12	12	19,4	-	-	-	-	-	8 Sc, As	Nieudany, niski pułap
9	25.12	12	32,7	303	22	325	-	-	6 Sc	
10	30.12	12	32,1	299	24	323	332	1,03	6 Ac, Ci	
11	07.01	12	28,5	260	41	301	288	0,96	7 Ac	
12	14.01	12	35,0	330	18	348	342	0,98	6 Sc, Ac, Ci	
13	21.01	12	14,5	-	-	-	400	-	8 St	Nieudany, niski pułap
14	22.01	12	32,0	327	30	357	380	1,06	8 St	
15	28.01	12	33,7	285	16	301	317	1,05	7 Sc	
16	04.02	12	34,6	401	17	418	430	1,02	6 Sc, Ac, Ci	
17	11.02	12	33,5	222	22	244	301	1,23	8 Sc	
18	12.02	12	31,5	267	33	300	317	1,06	8 Sc	
19	18.02	12	32,4	330	30	360	373	1,04	8 Sc	
20	25.02	12	34,3	382	26	408	406	1,00	8 Sc	
21	04.03	12	33,1	427	30	457	448	0,98	0	
22	11.03	12	34,3	337	26	363	403	1,11	8 Cu, Sc	
23	18.03	12	30,5	276	43	319	367	1,14	0	
24	25.03	12	32,4	348	30	378	392	1,04	8 Sc	
25	01.04	12	34,6	427	24	451	-	-	8 Sc, Cb	
26	08.04	12	33,0	282	30	312	315	1,01	8 Cu, Ac	
27	15.04	12	32,3	309	41	350	342	0,98	4 Cu,Ci	
28	22.04	12	32,0	309	45	354	358	1,01	6 Cu	
29	29.04	12	29,2	292	71	363	366	1,01	8 Cb, Cu	
30	06.05	12	31,7	271	53	324	343	1,06	4 Cu	
31	13.05	12	34,4	361	35	396	367	0,93	7 Cu, Sc	
32	20.05	12	35,3	328	31	359	368	1,03	8 Cu, As	
33	27.05	12	34,6	329	34	363	368	1,01	8 Cu, As	

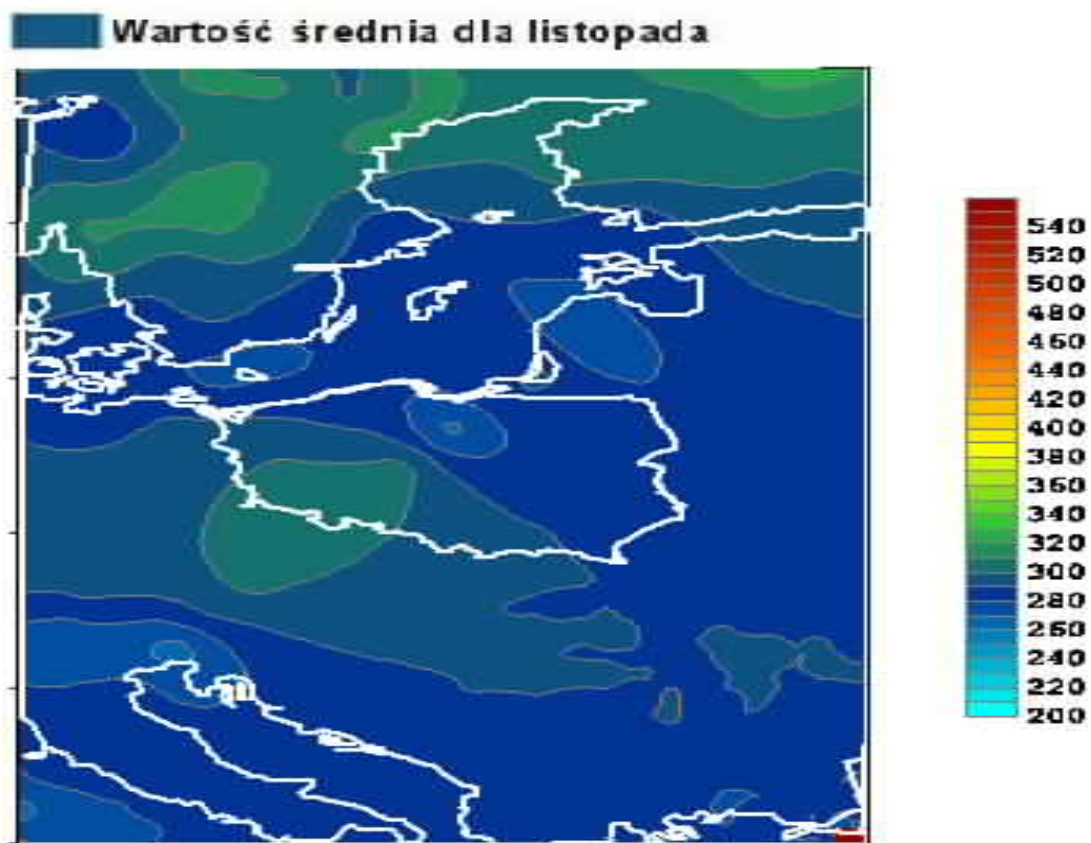
- 1 O₃S - Zawartość ozonu w jednostkach Dobsona [D], scałkowana do maksymalnej wysokości 35km.
2 O₃S - Zawartość ozonu obliczona z krzywej stałego stosunku zmieszania powyżej pułapu obliczeń O₃.
1+2 - O₃S - Całkowita zawartość ozonu w sondażu.
3 - O₃D - Całkowita zawartość ozonu zmierzona spektrofotometrem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

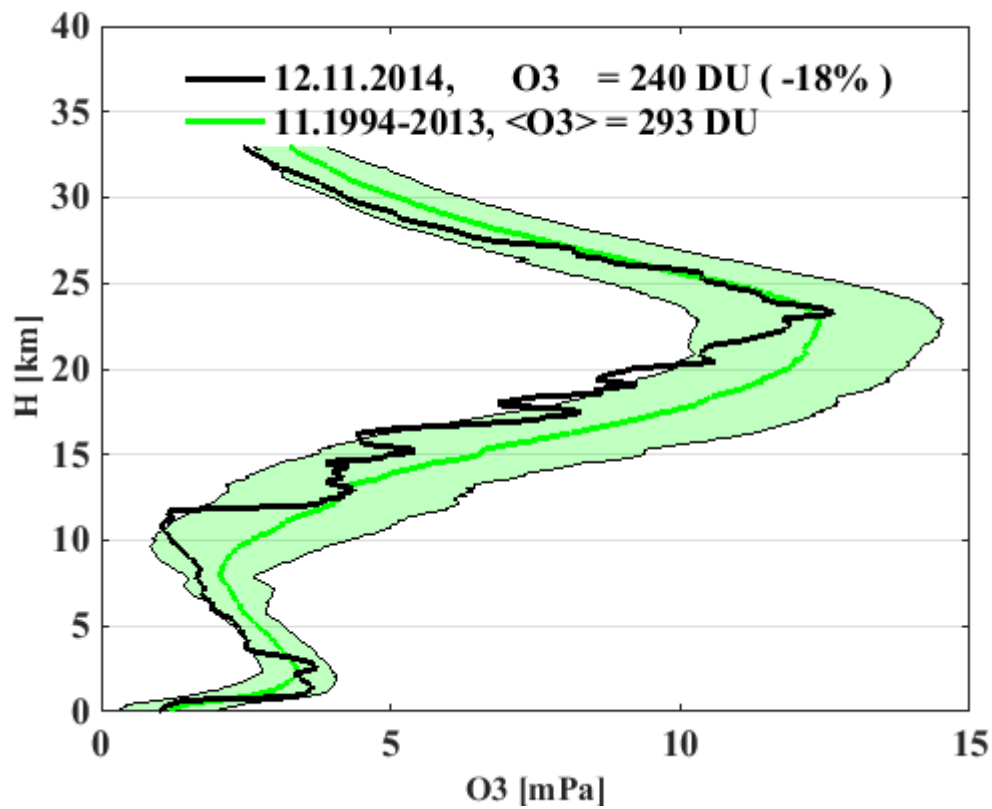
ZAŁĄCZNIK 2

PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE 1.11.2014 DO 31.05.2015 R. I ODPOWIADAJĄCE IM
SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU
W ATMOSFERZE.

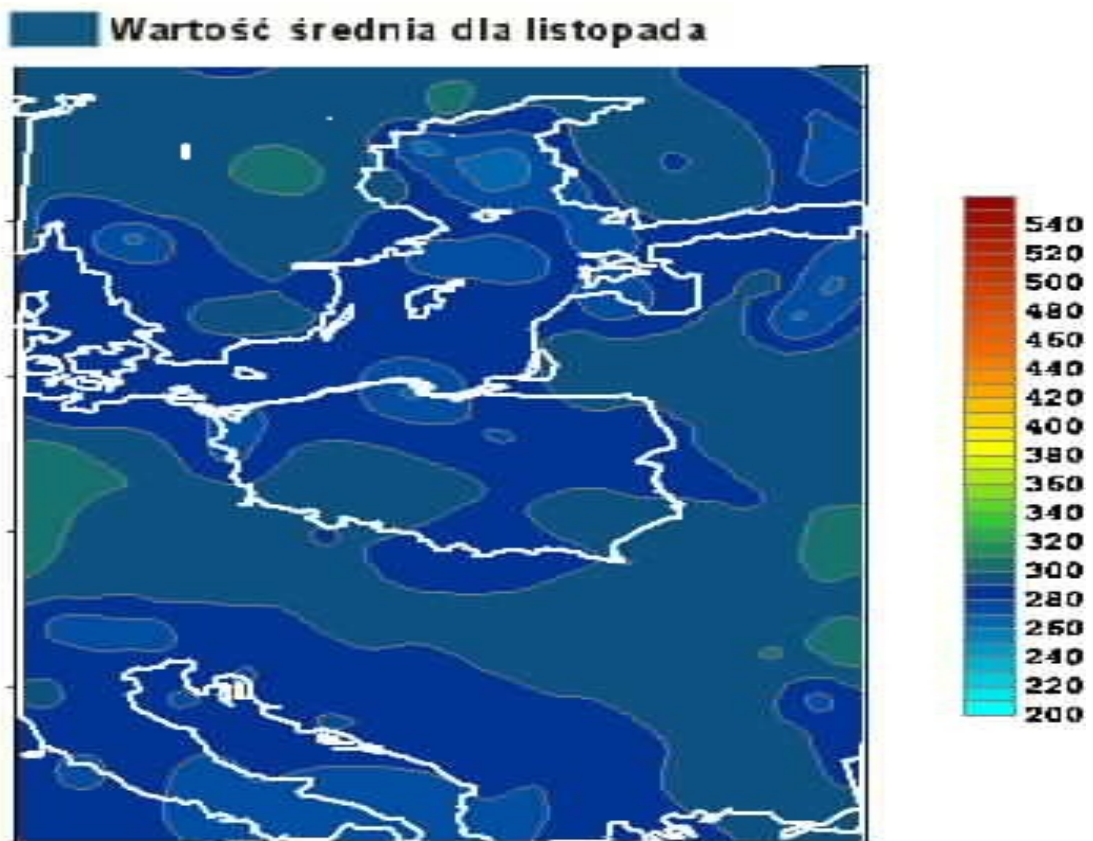


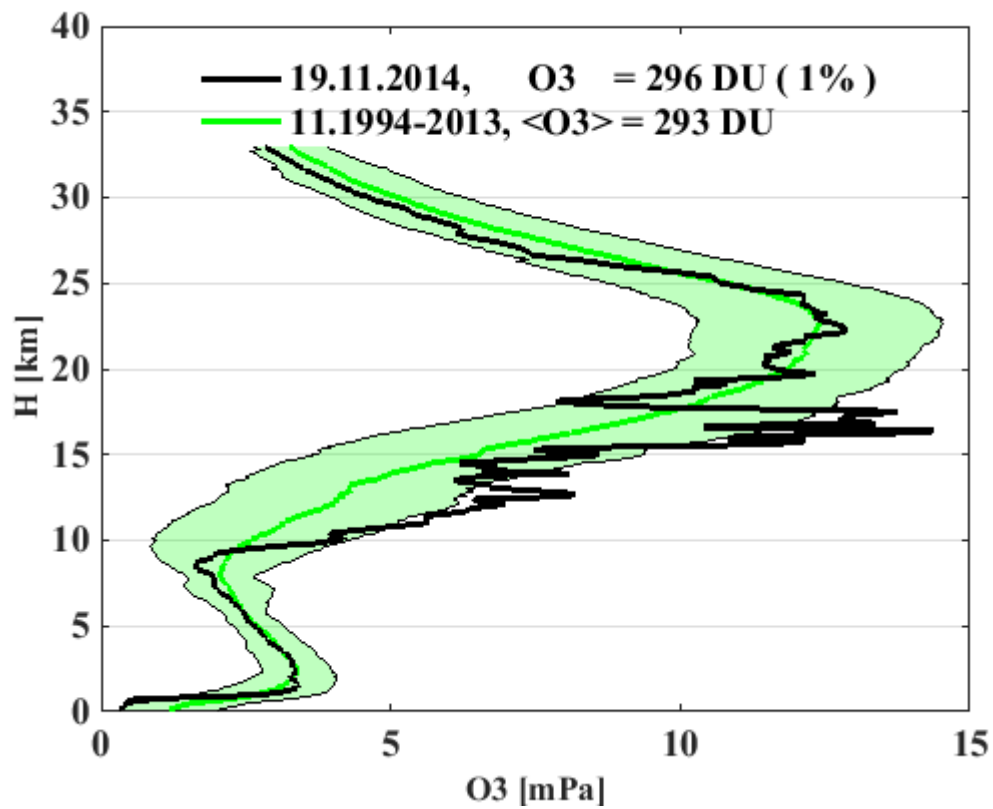
Całkowita zawartość ozonu, 05.11.2014 02:44 GMT



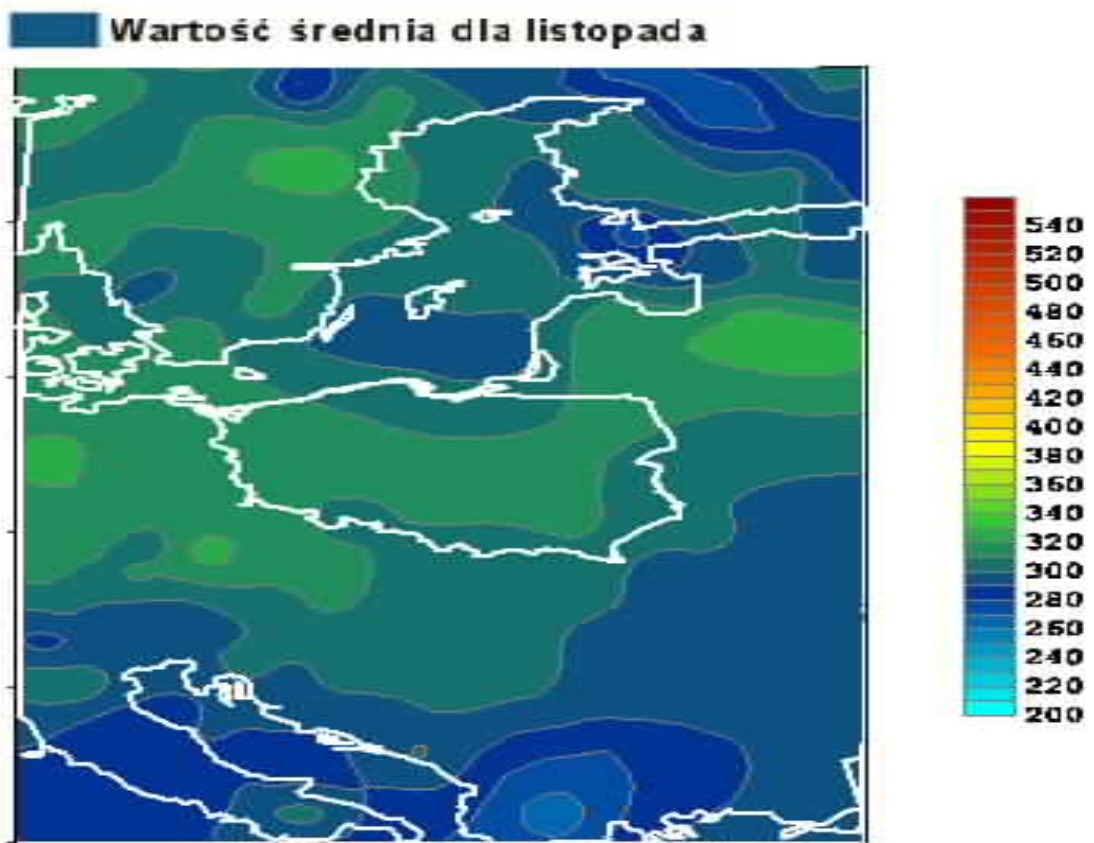


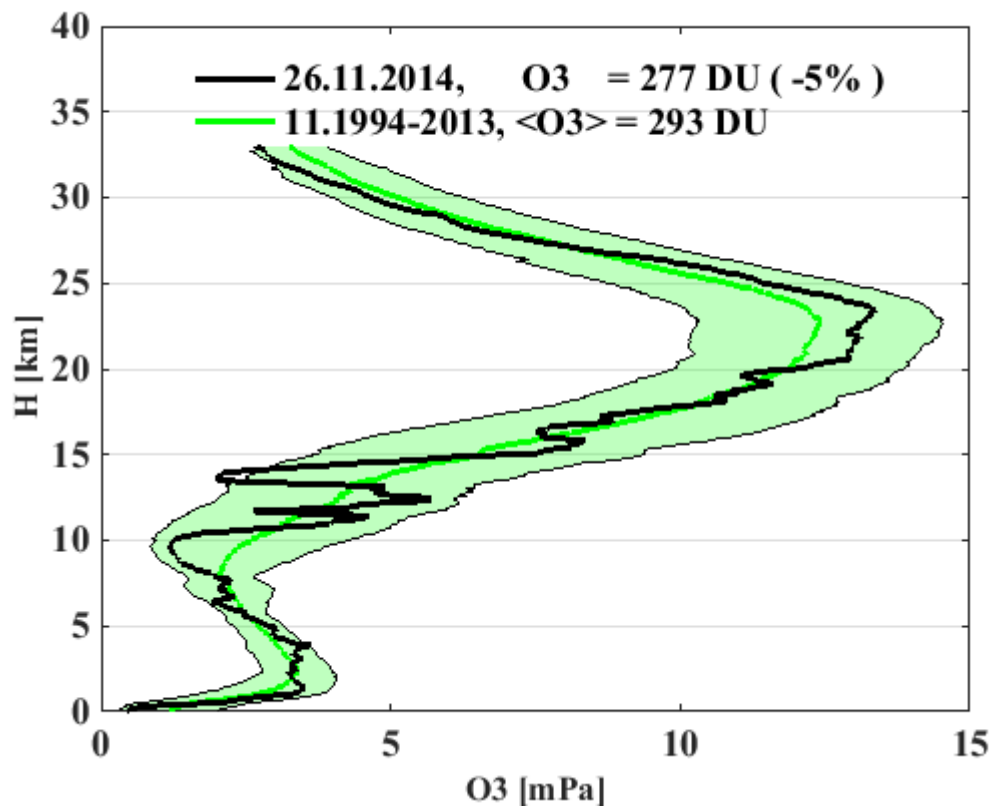
Całkowita zawartość ozonu, 12.11.2014 01:25 GMT



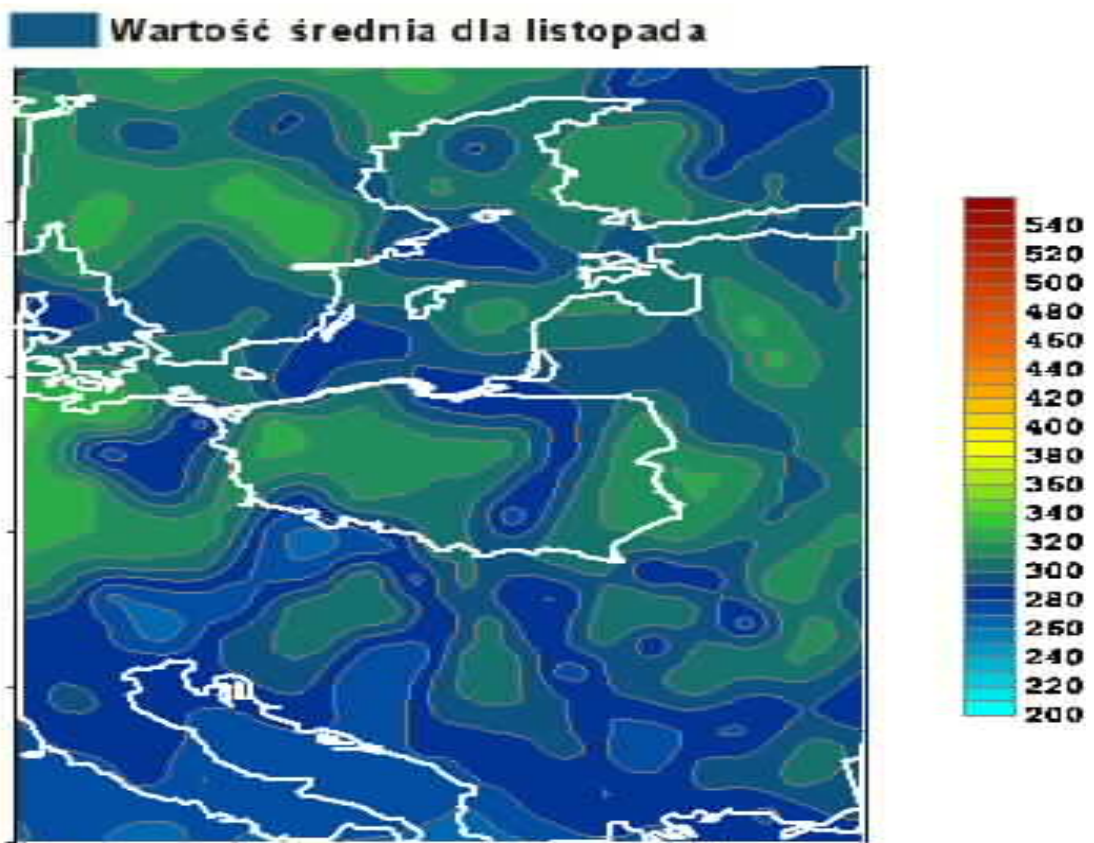


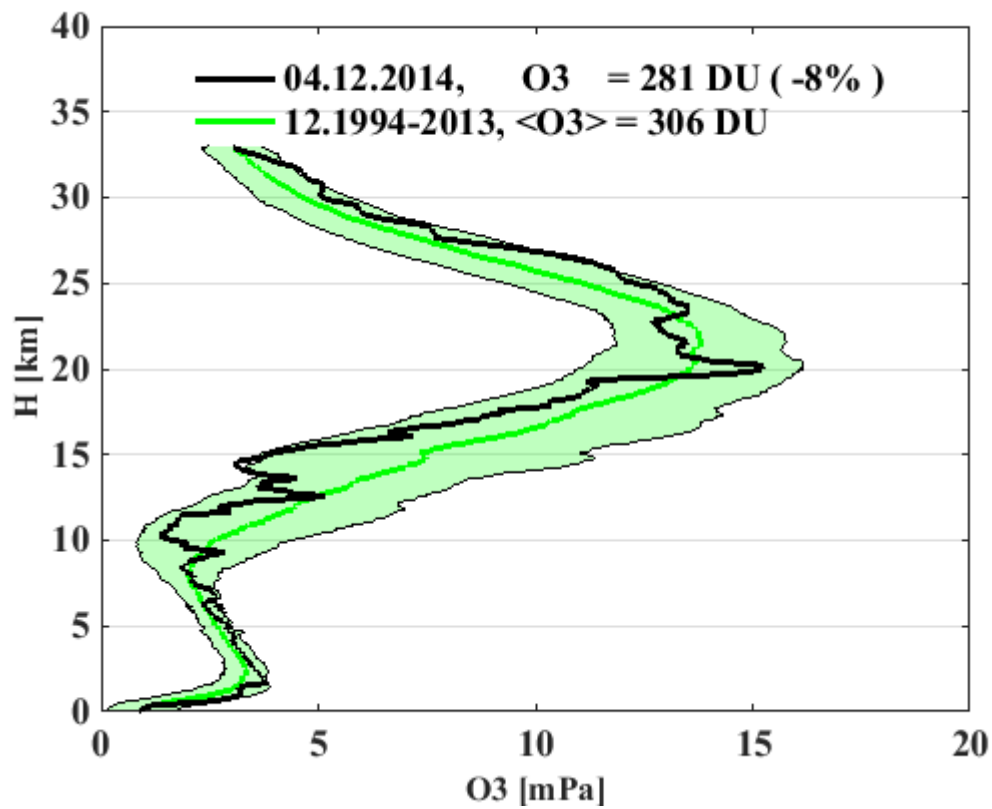
Całkowita zawartość ozonu, 19.11.2014 01:49 GMT



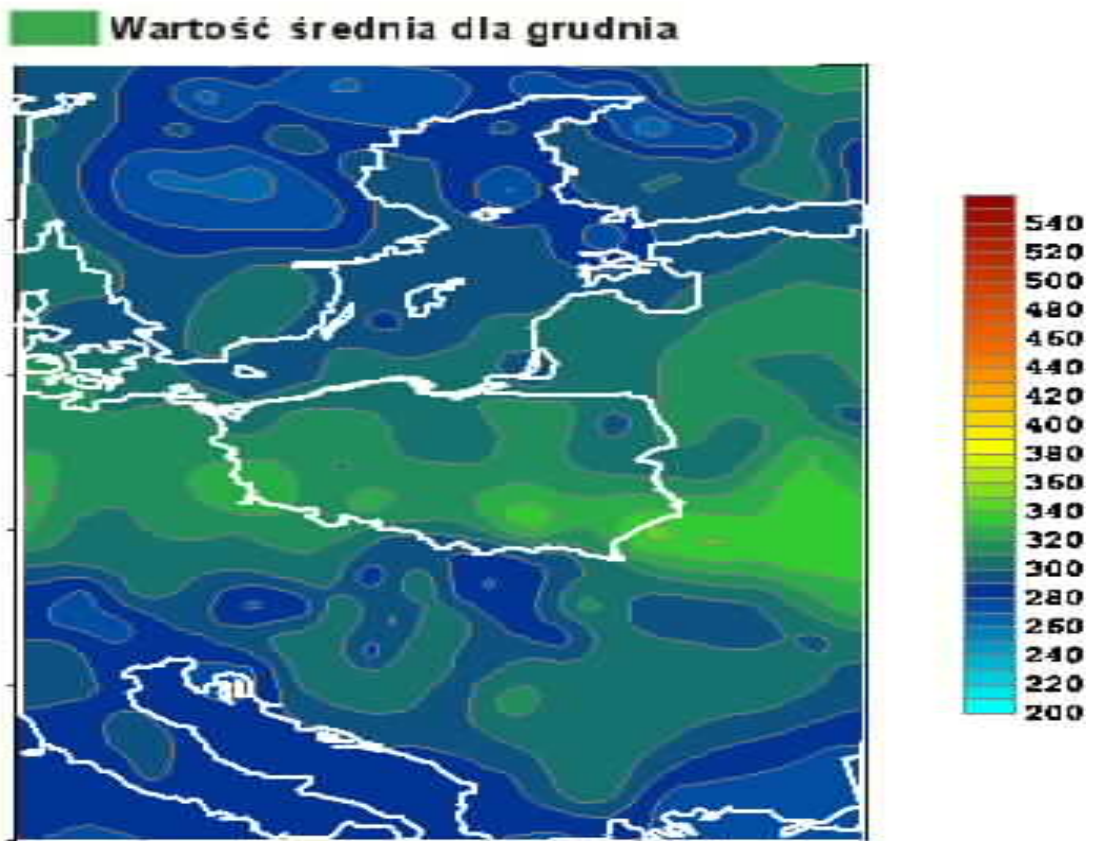


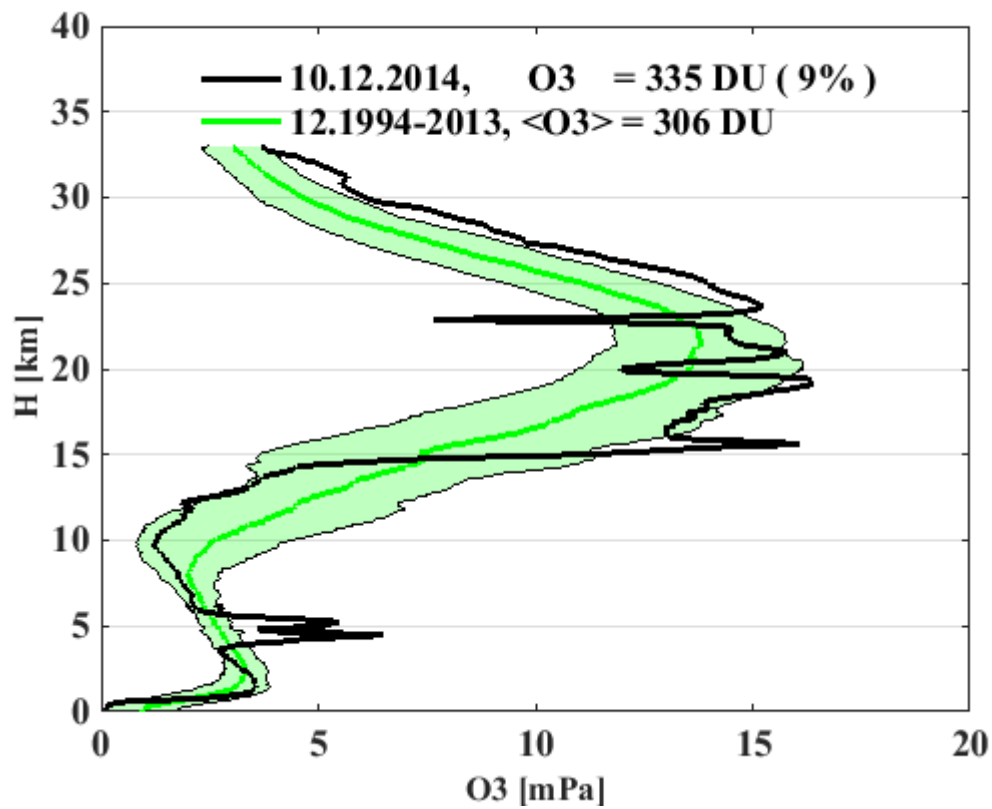
Calkowita zawartosc ozonu, 26.11.2014 04:04 GMT



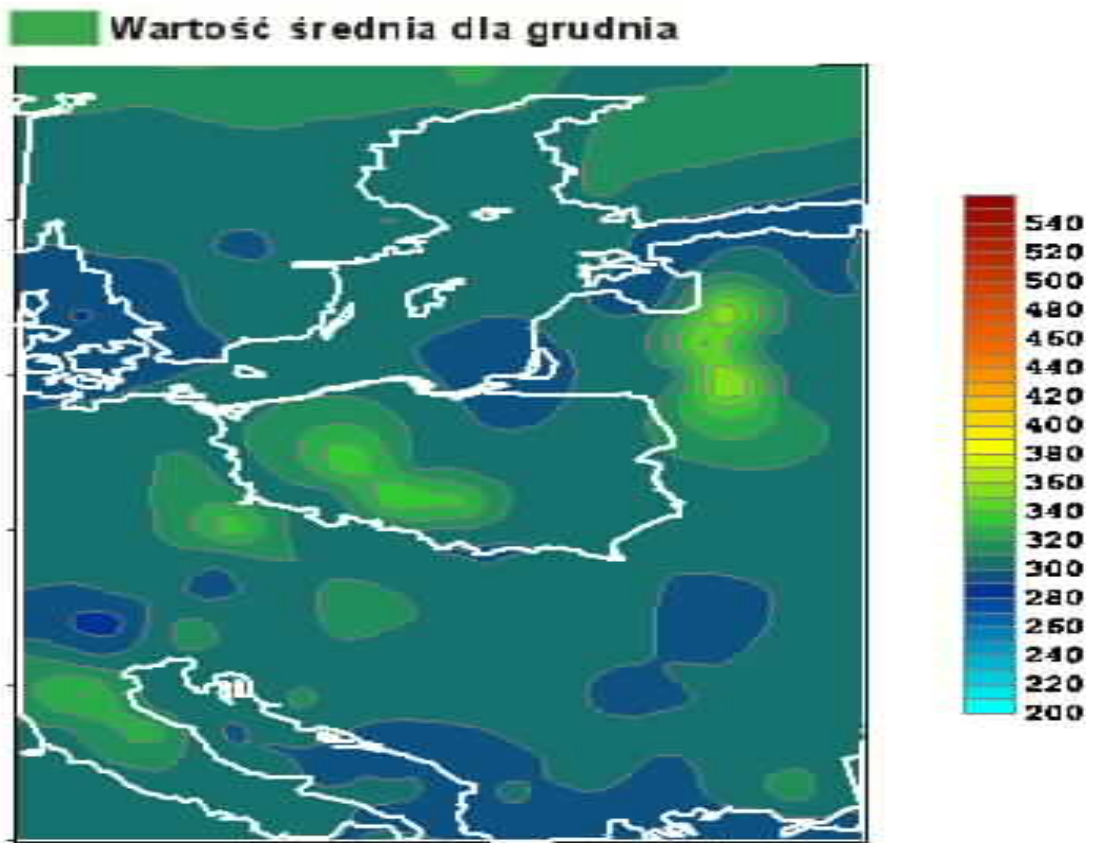


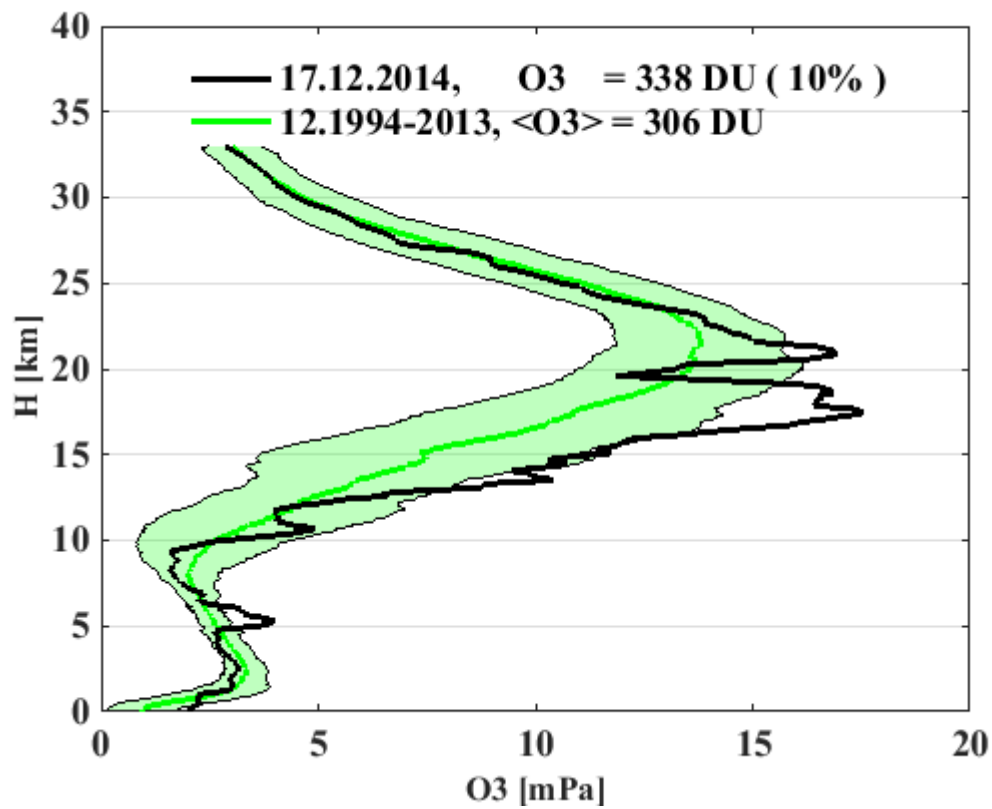
Całkowita zawartość ozonu, 04.12.2014 04:13 GMT



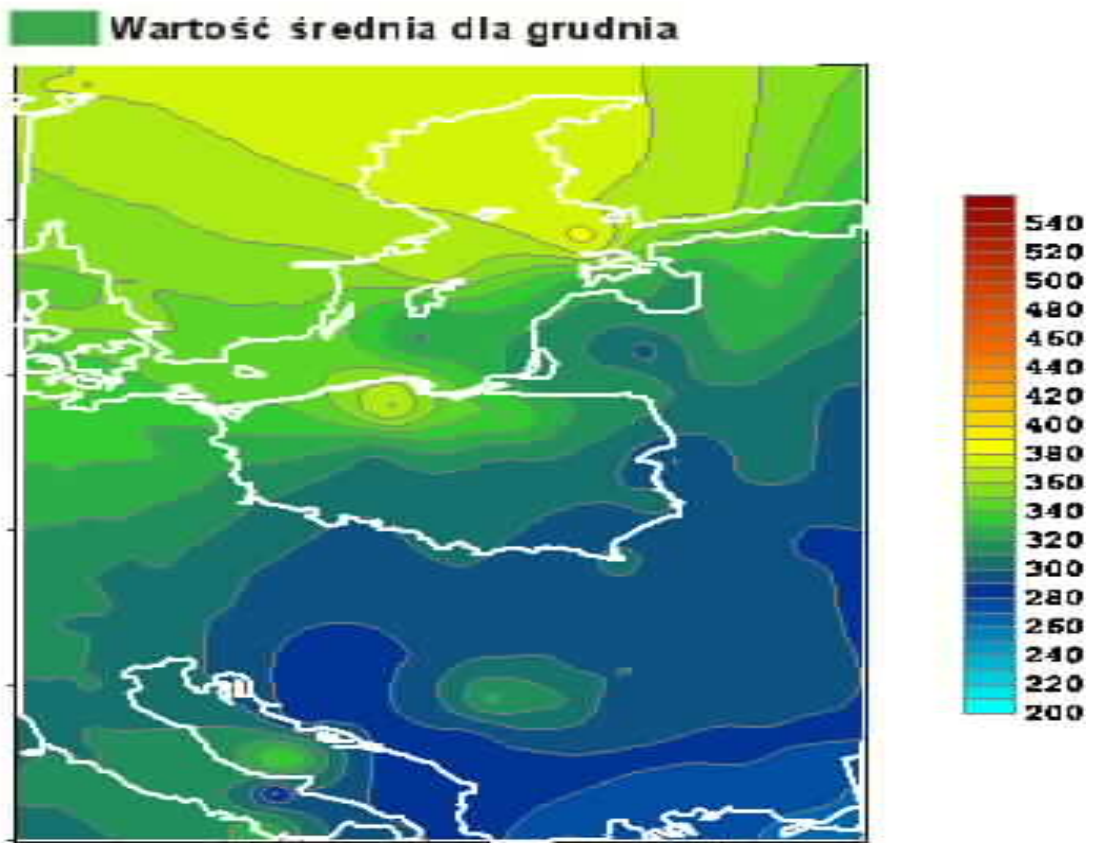


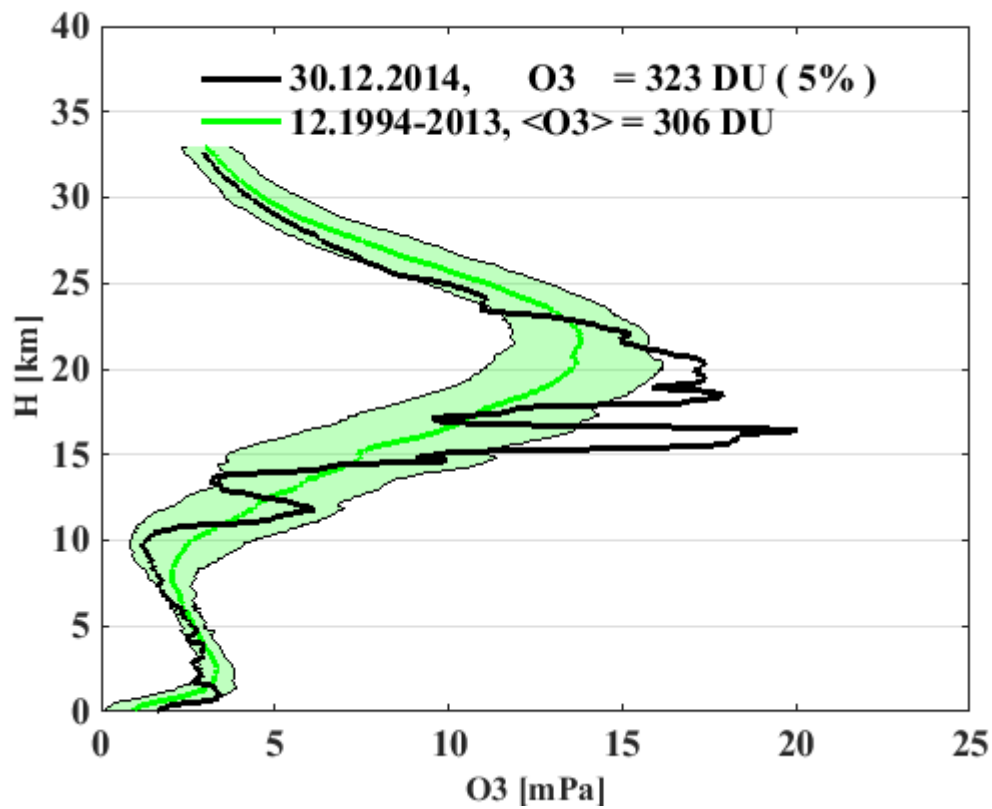
Calkowita zawartosc ozonu, 10.12.2014 01:16 GMT



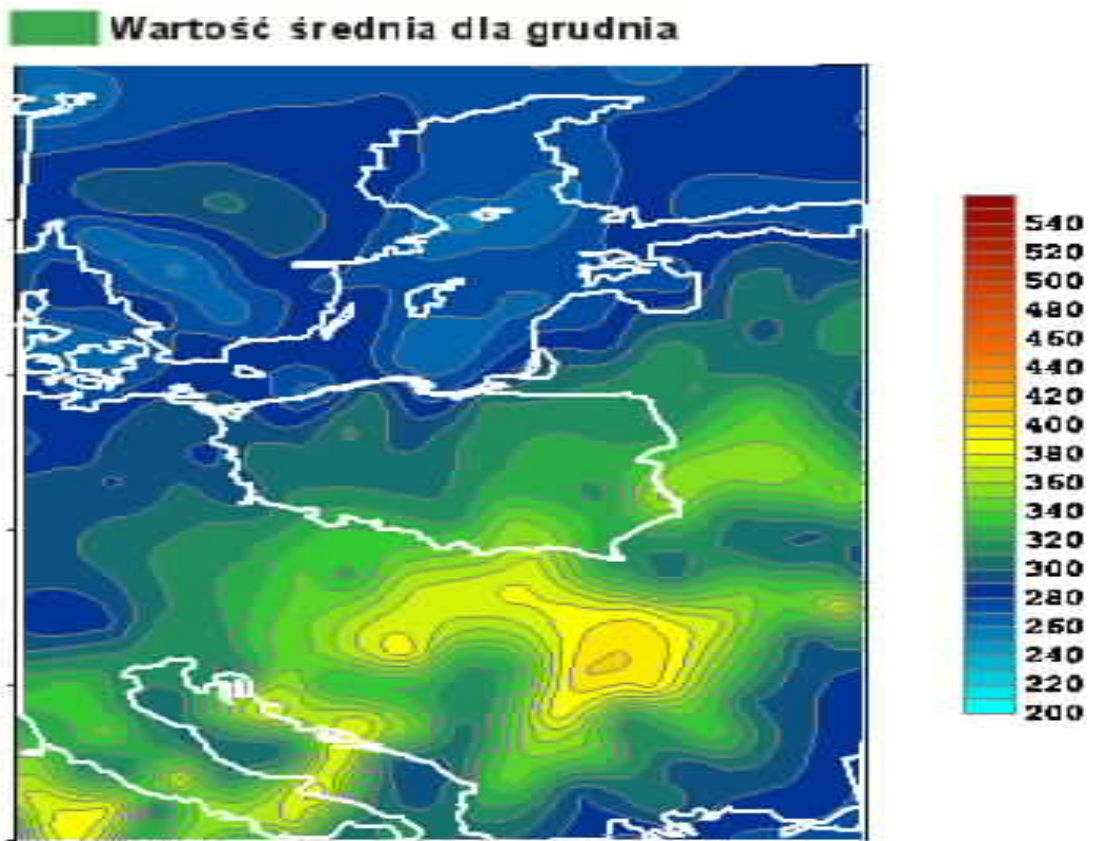


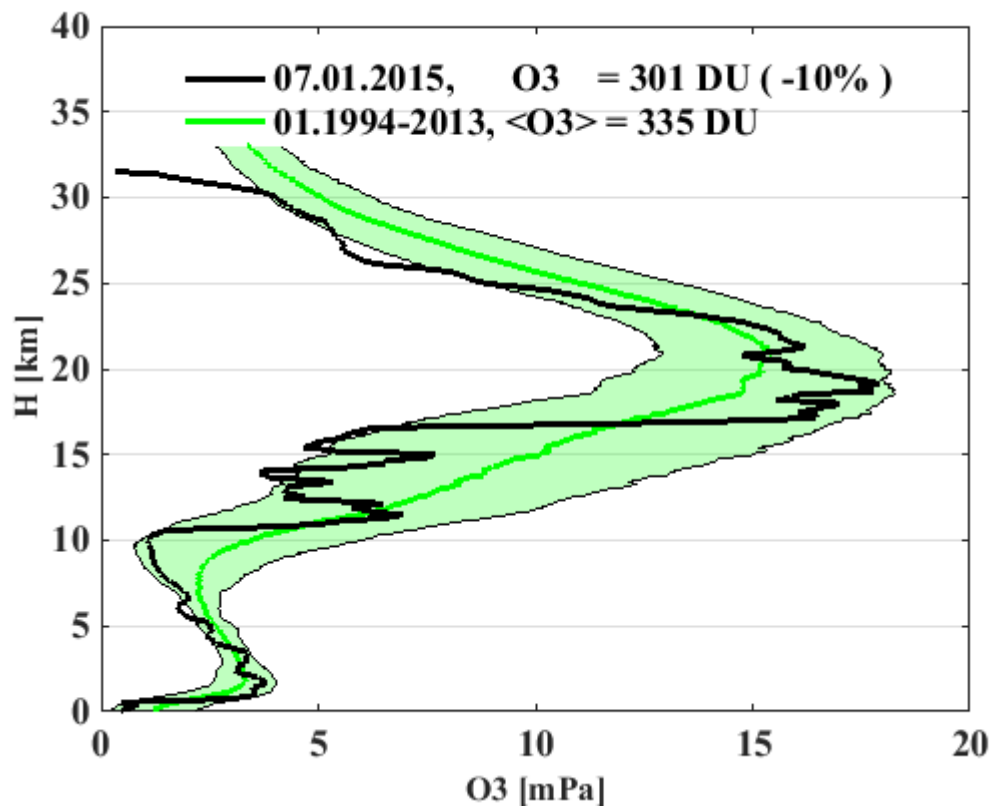
Całkowita zawartość ozonu, 17.12.2014 03:24 GMT



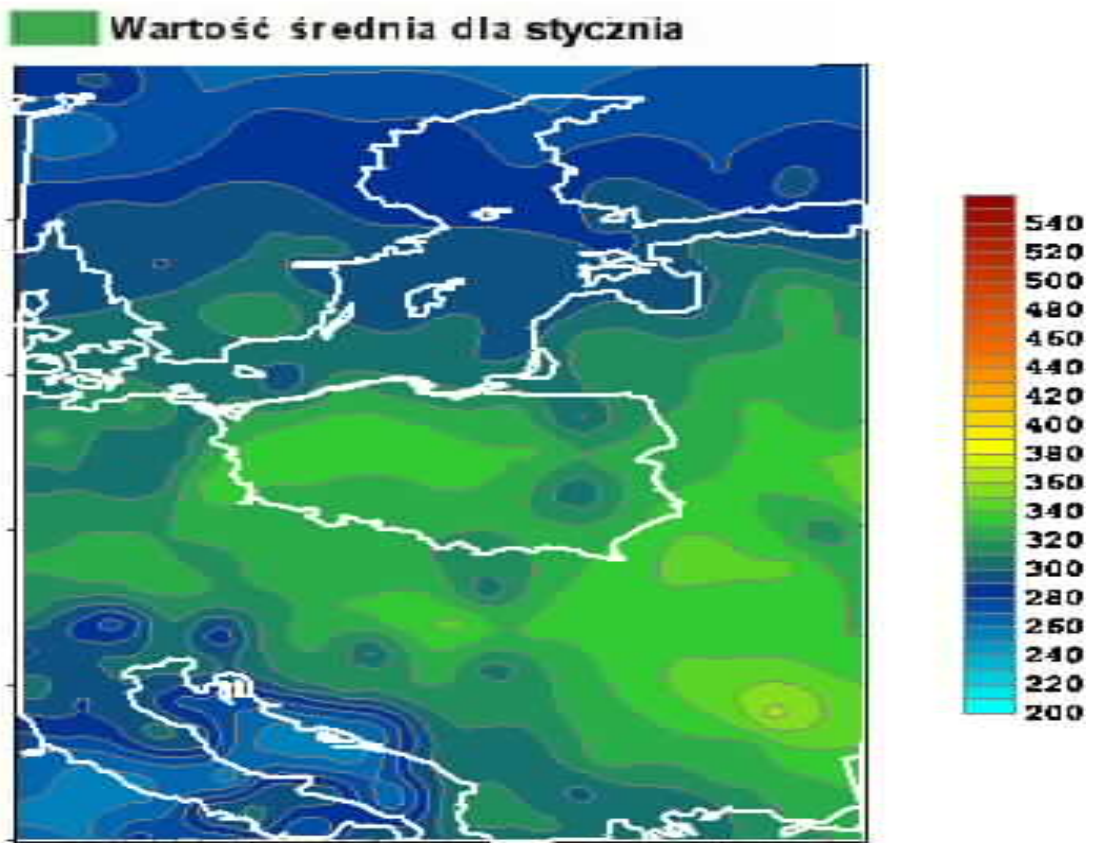


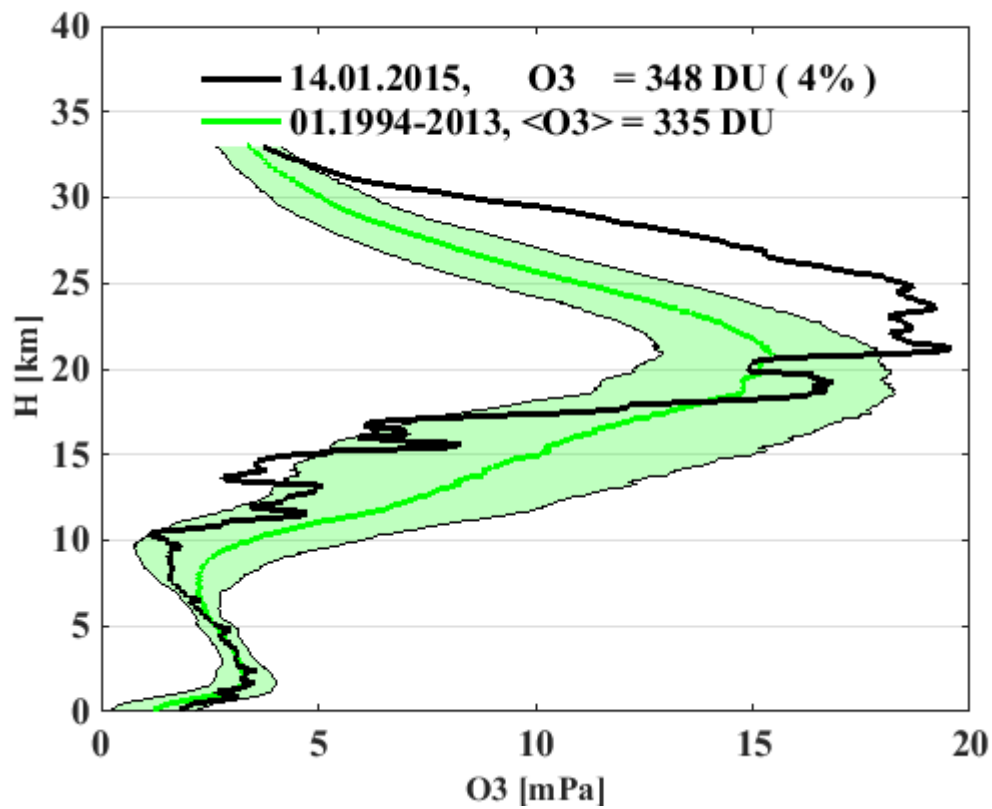
Całkowita zawartość ozonu, 30.12.2014 04:19 GMT



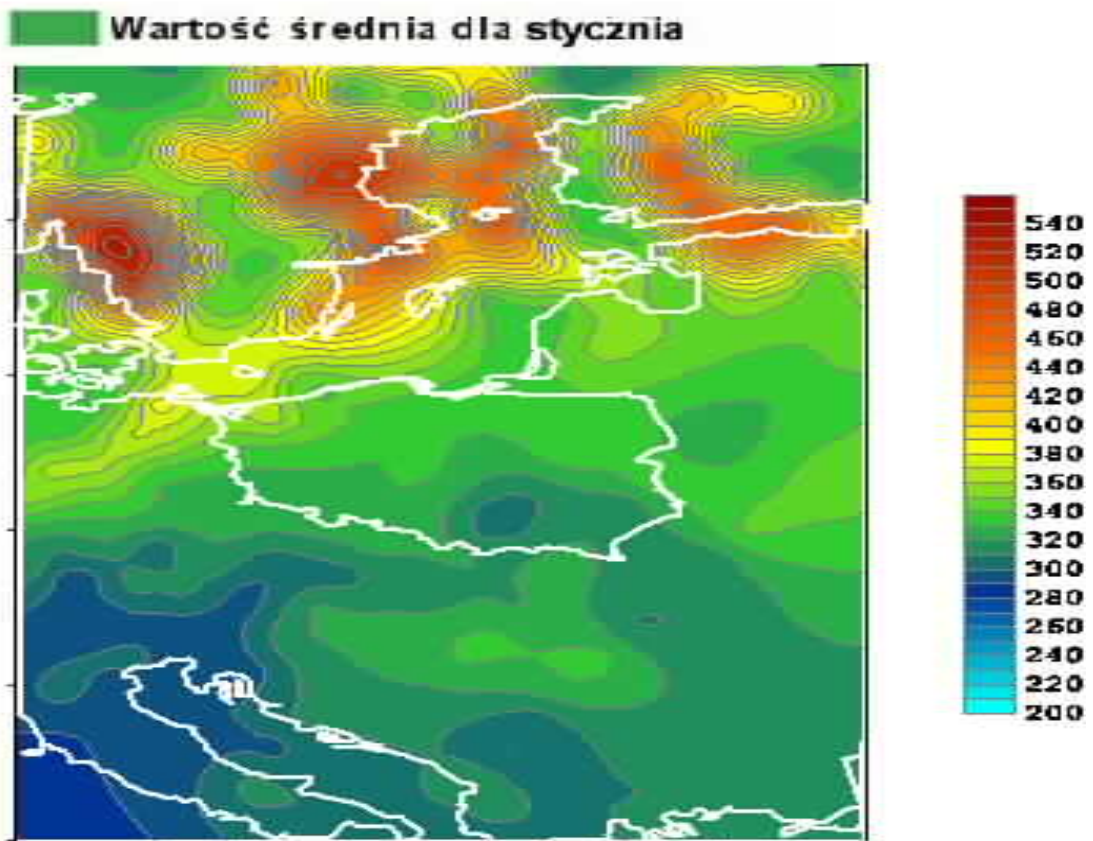


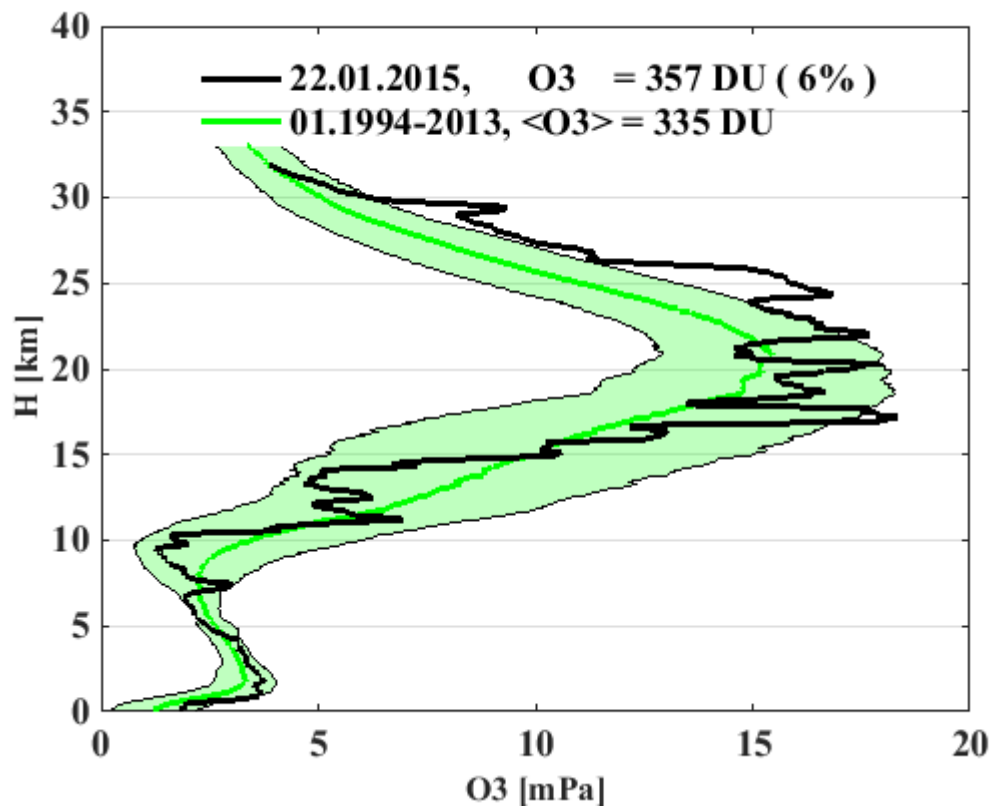
Całkowita zawartość ozonu, 07.01.2015 04:28 GMT



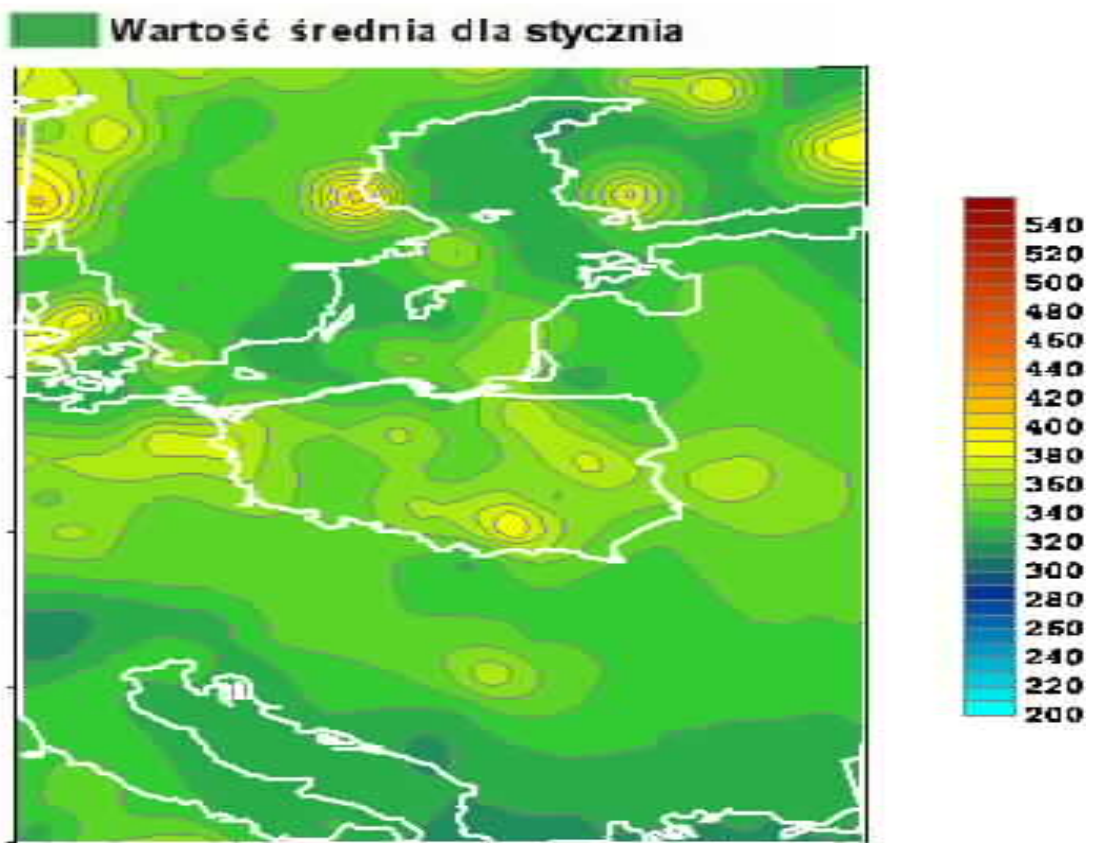


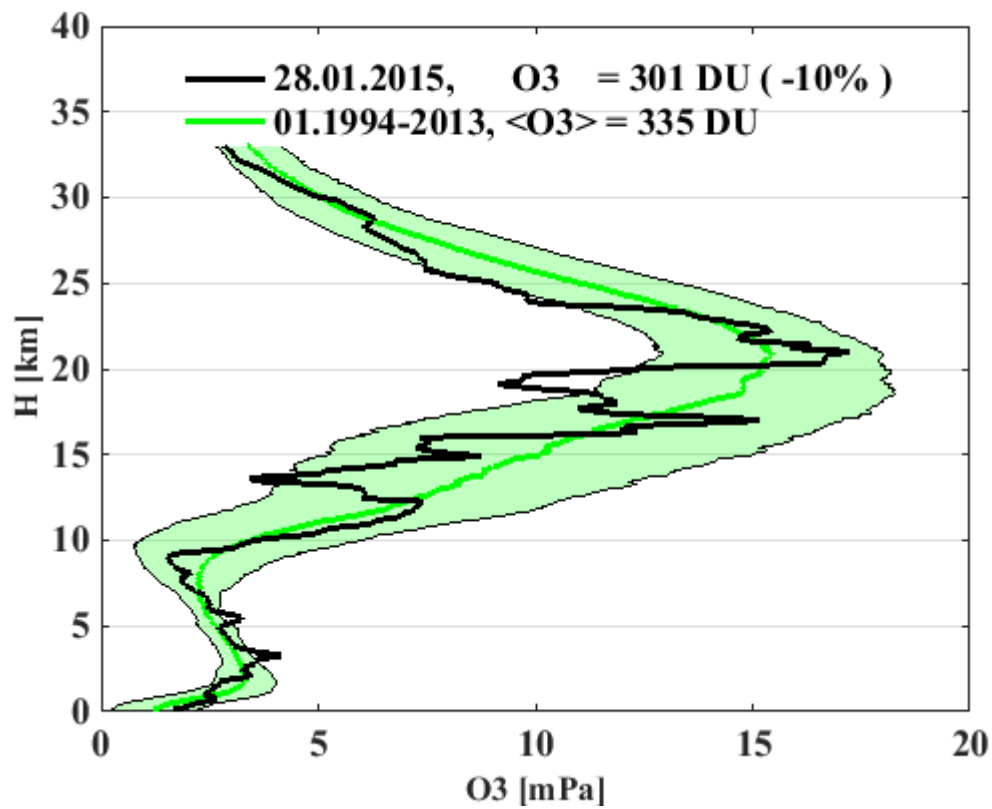
Całkowita zawartość ozonu, 14.01.2015 04:49 GMT



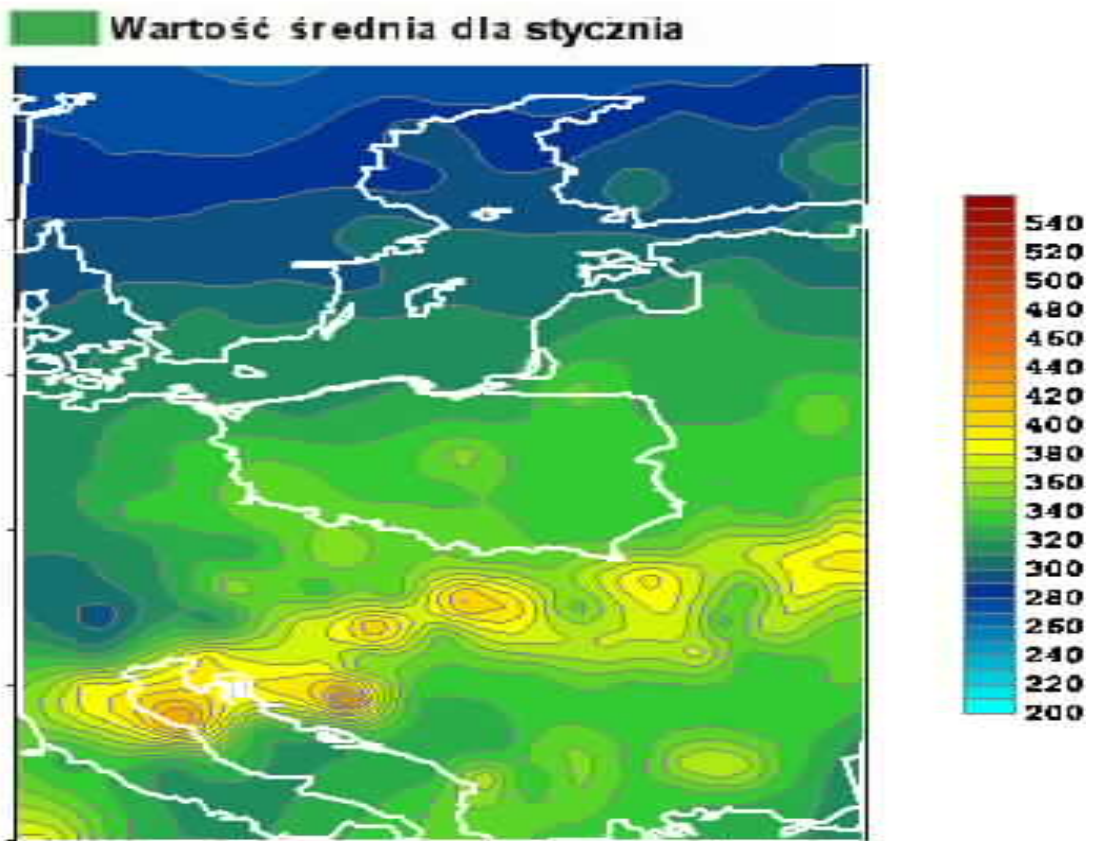


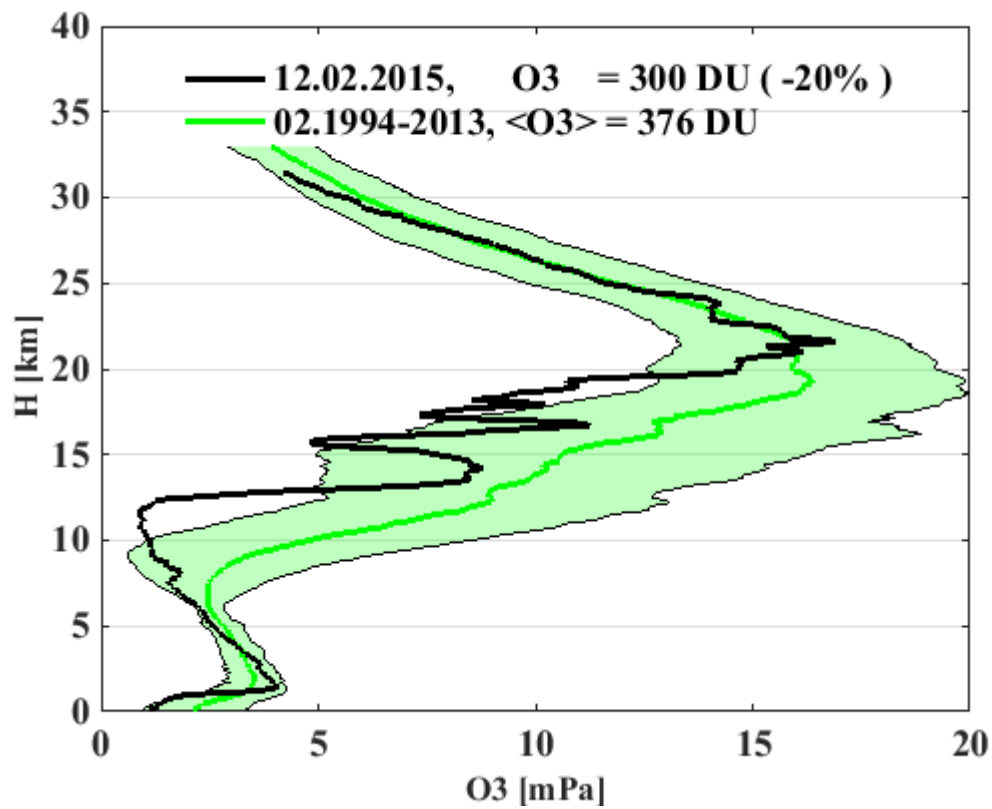
Całkowita zawartość ozonu, 22.01.2015 04:58 GMT



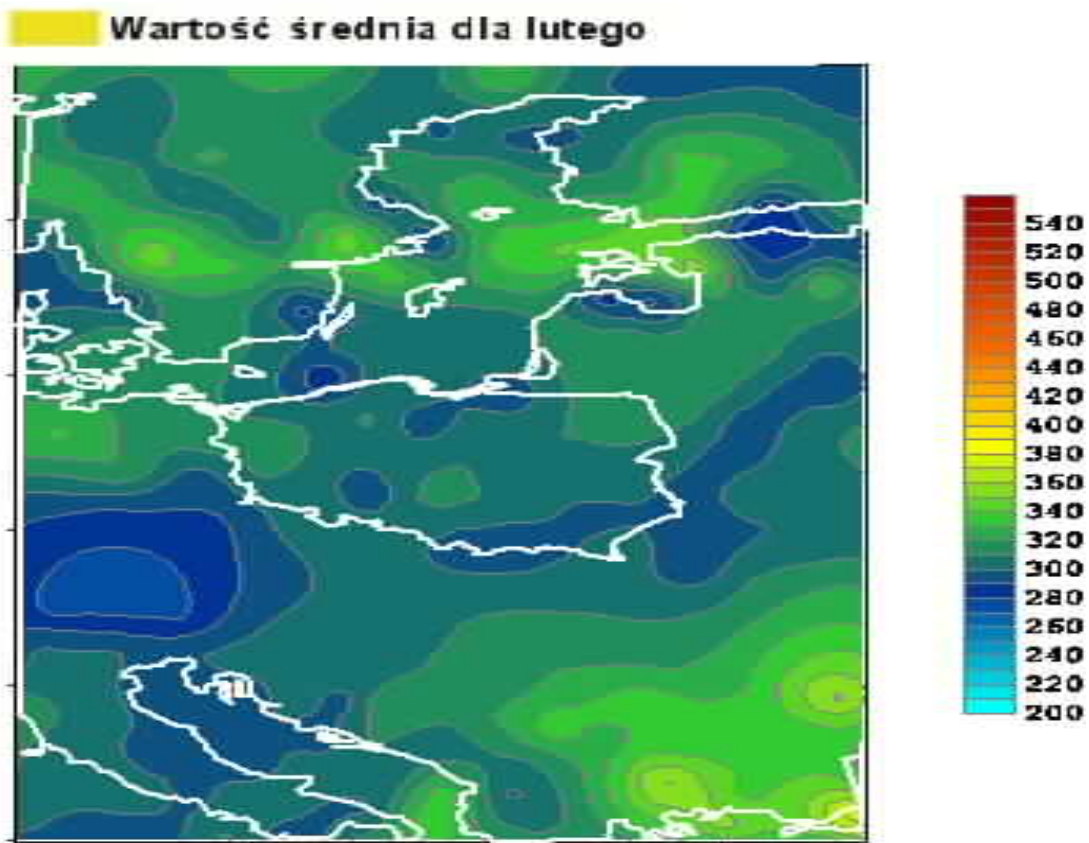


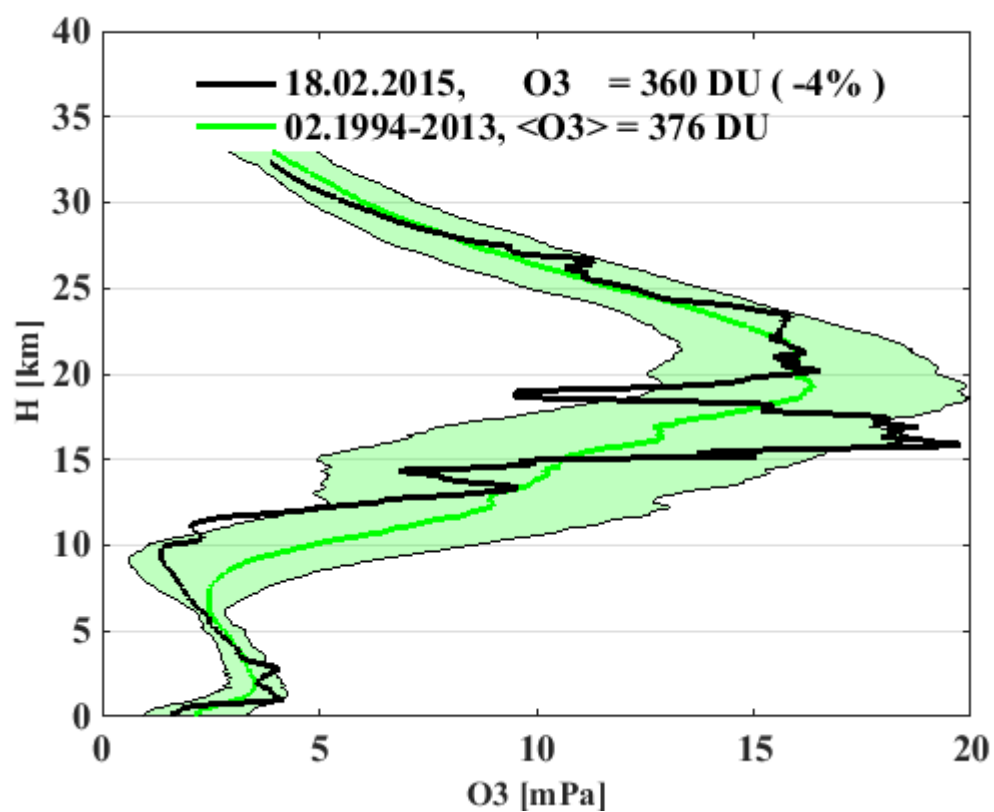
Całkowita zawartość ozonu, 28.01.2015 03:48 GMT





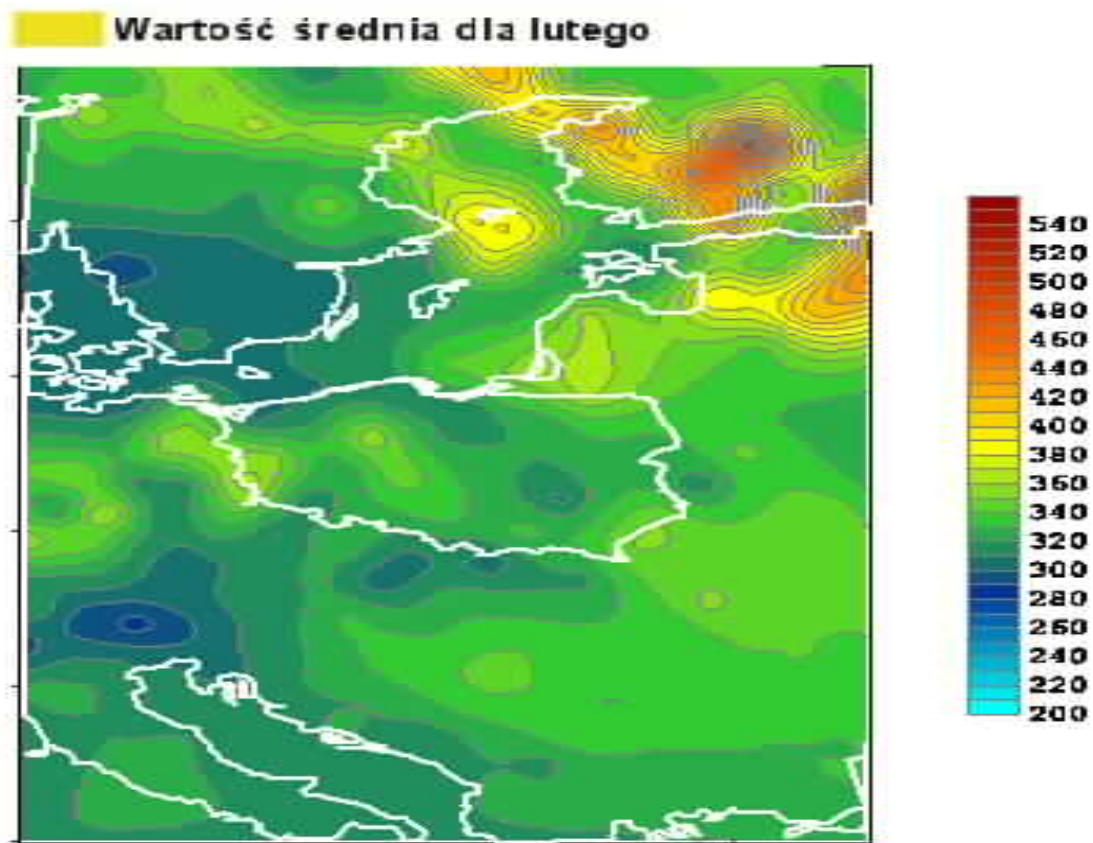
Calkowita zawartosc ozonu, 12.02.2015 04:19 GMT

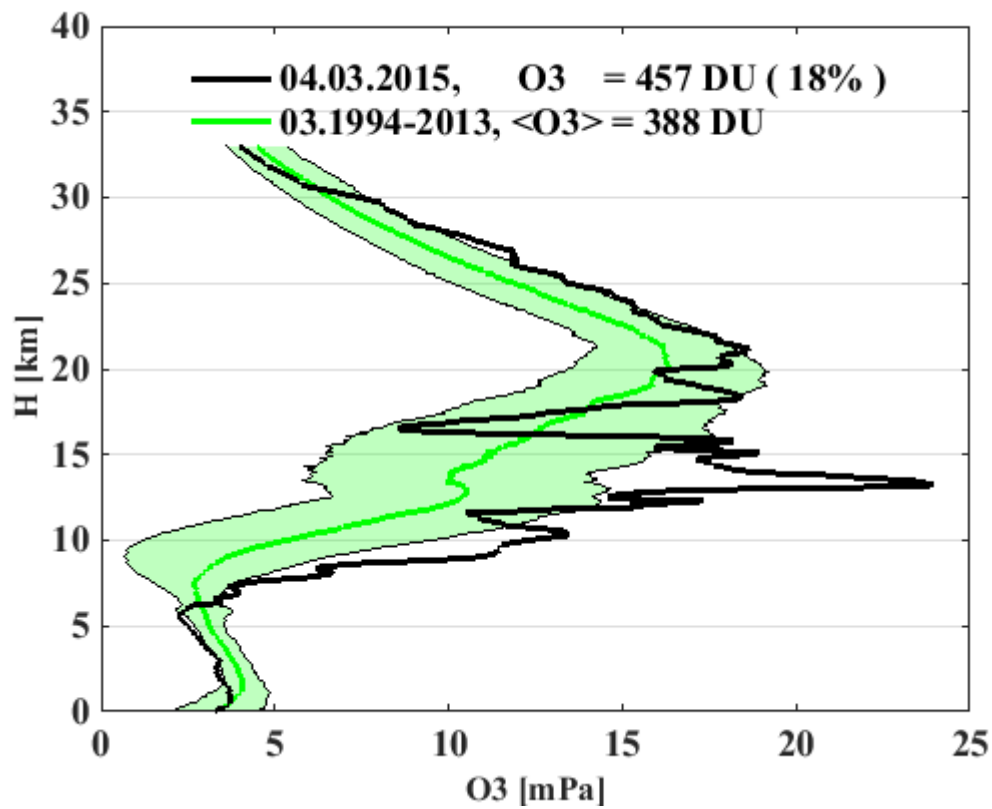




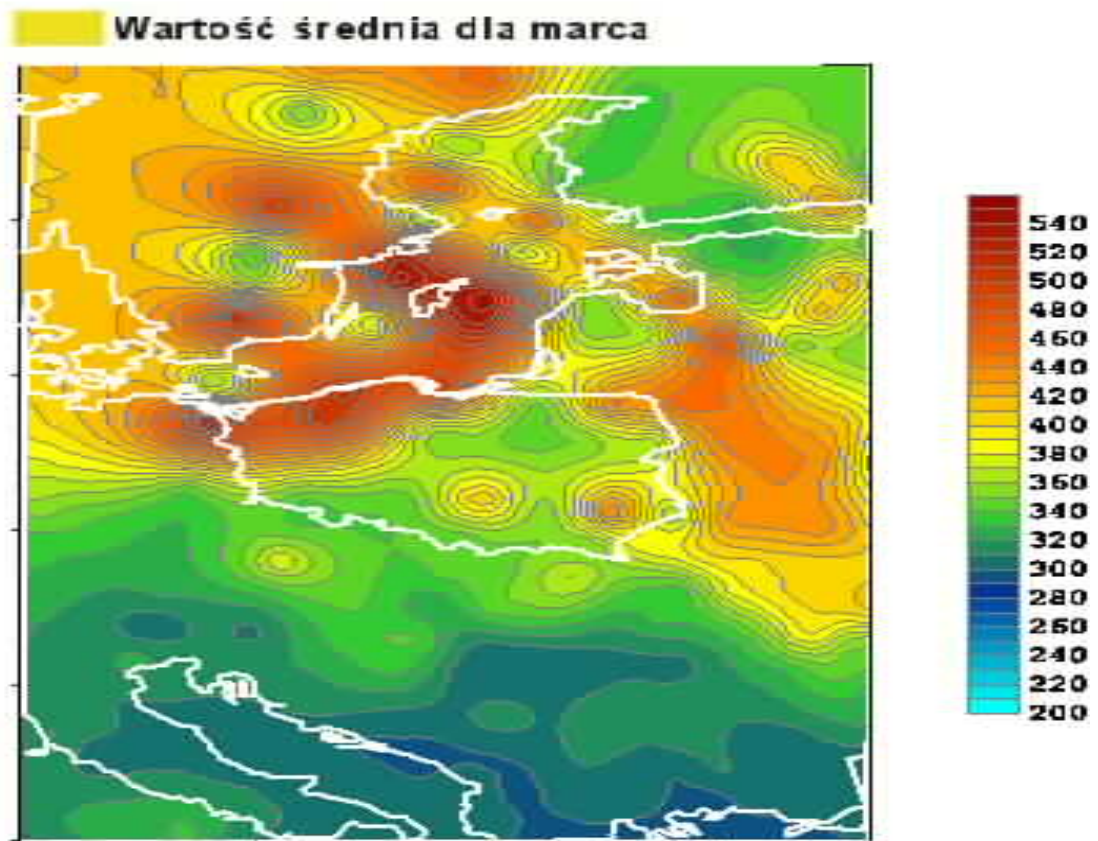
x

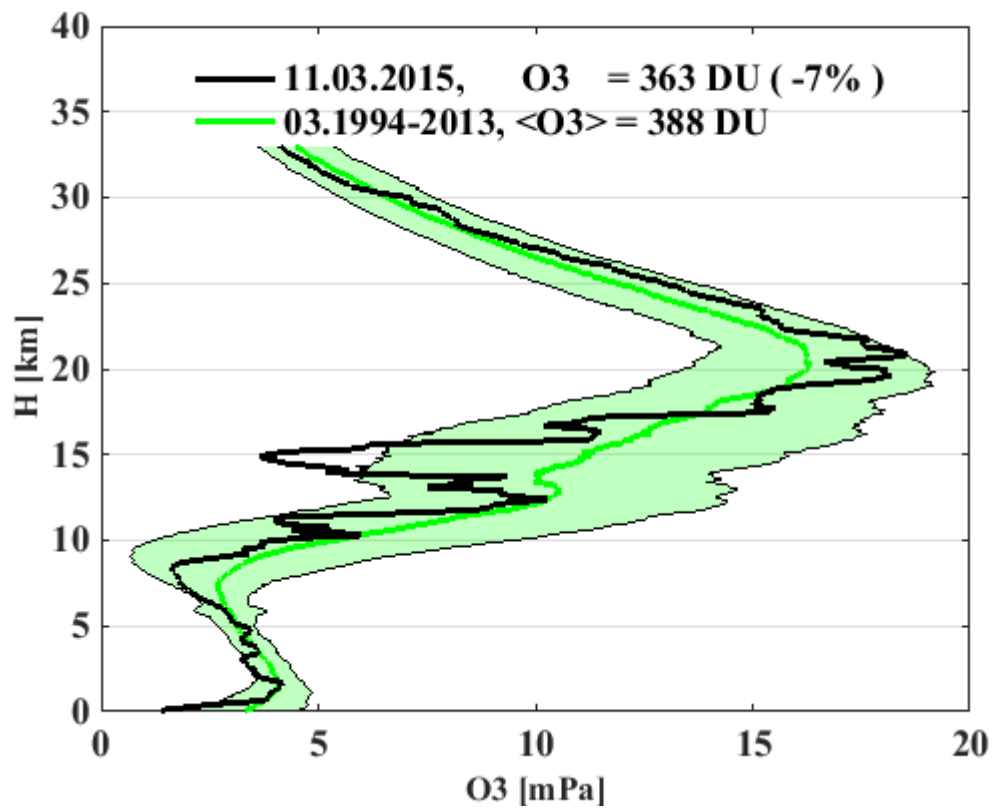
Całkowita zawartość ozonu, 18.02.2015 04:51 GMT



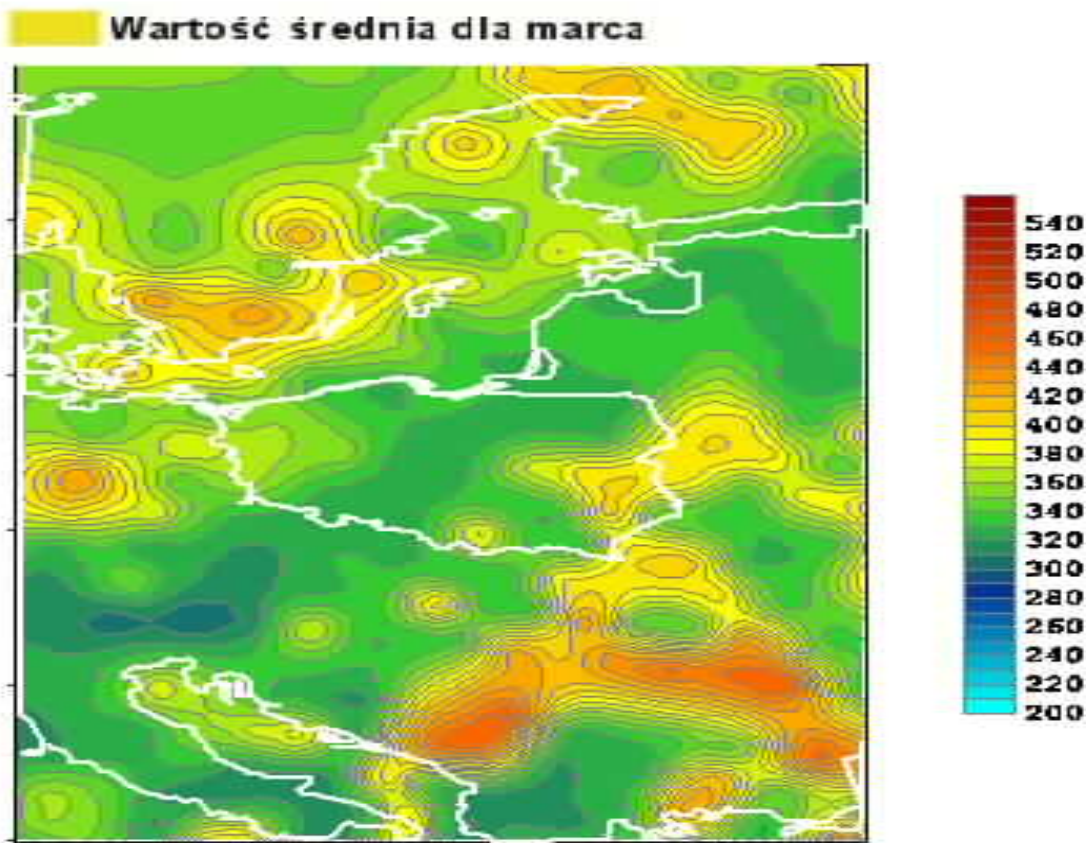


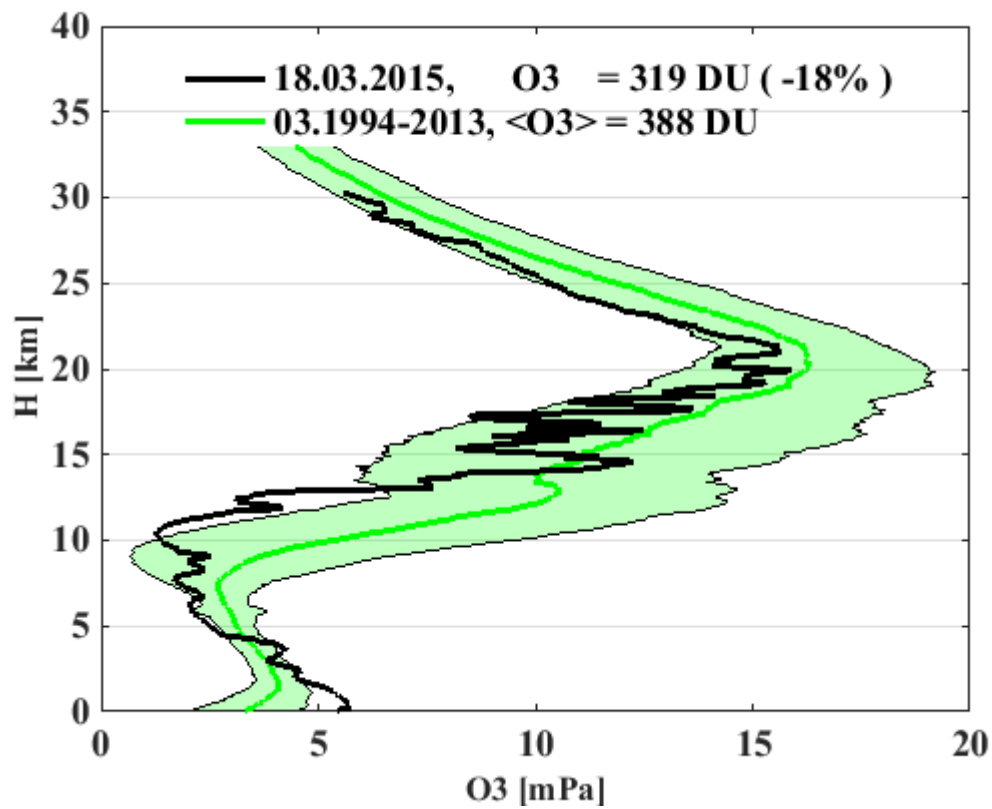
Calkowita zawartosc ozonu, 04.03.2015 03:50 GMT



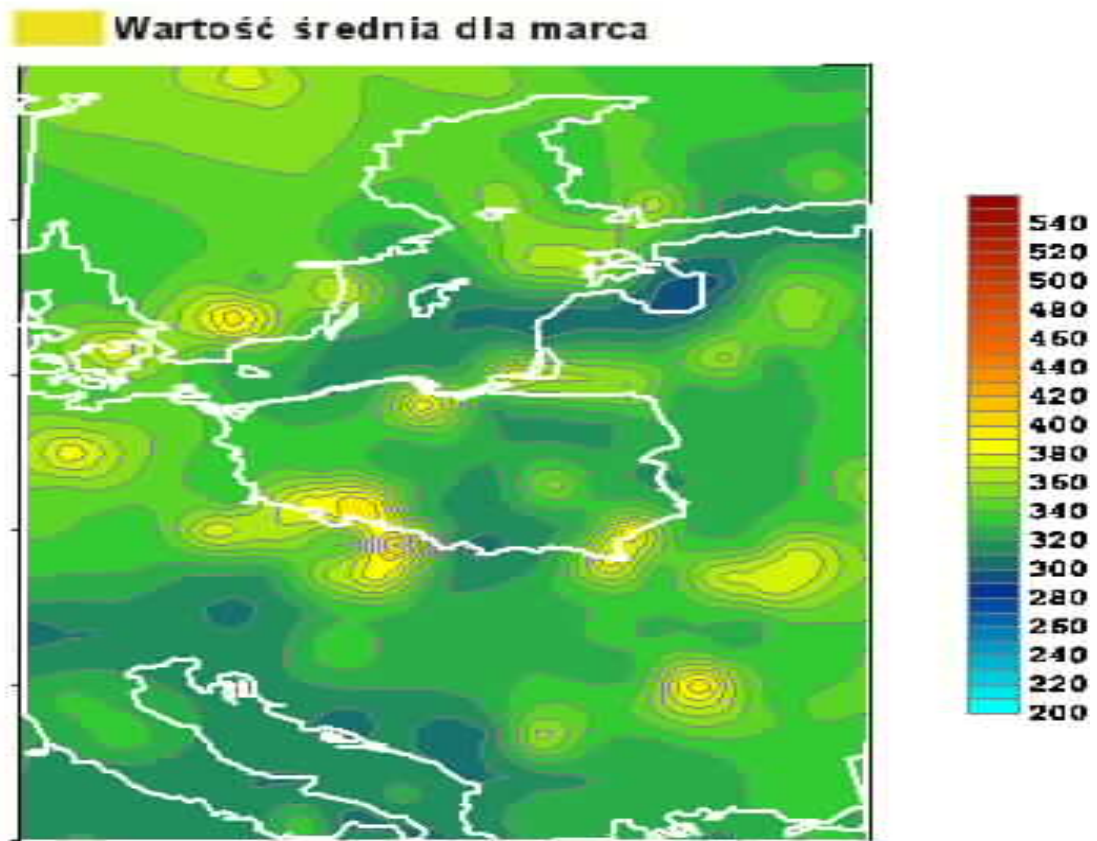


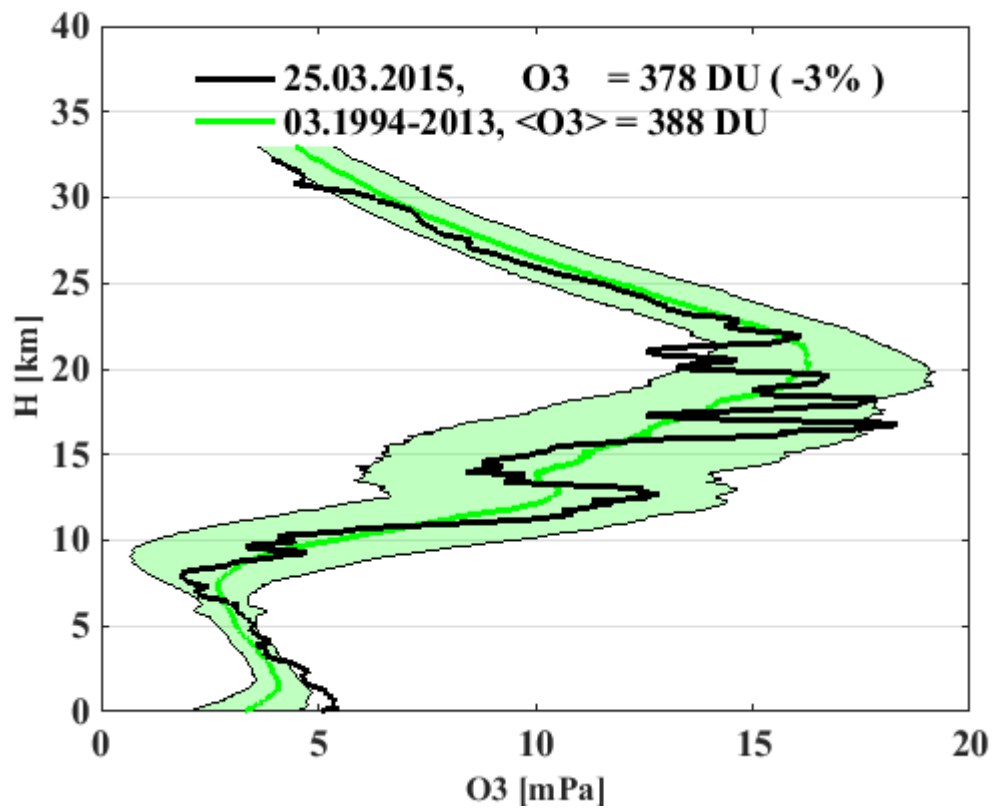
Całkowita zawartość ozonu, 11.03.2015 04:12 GMT



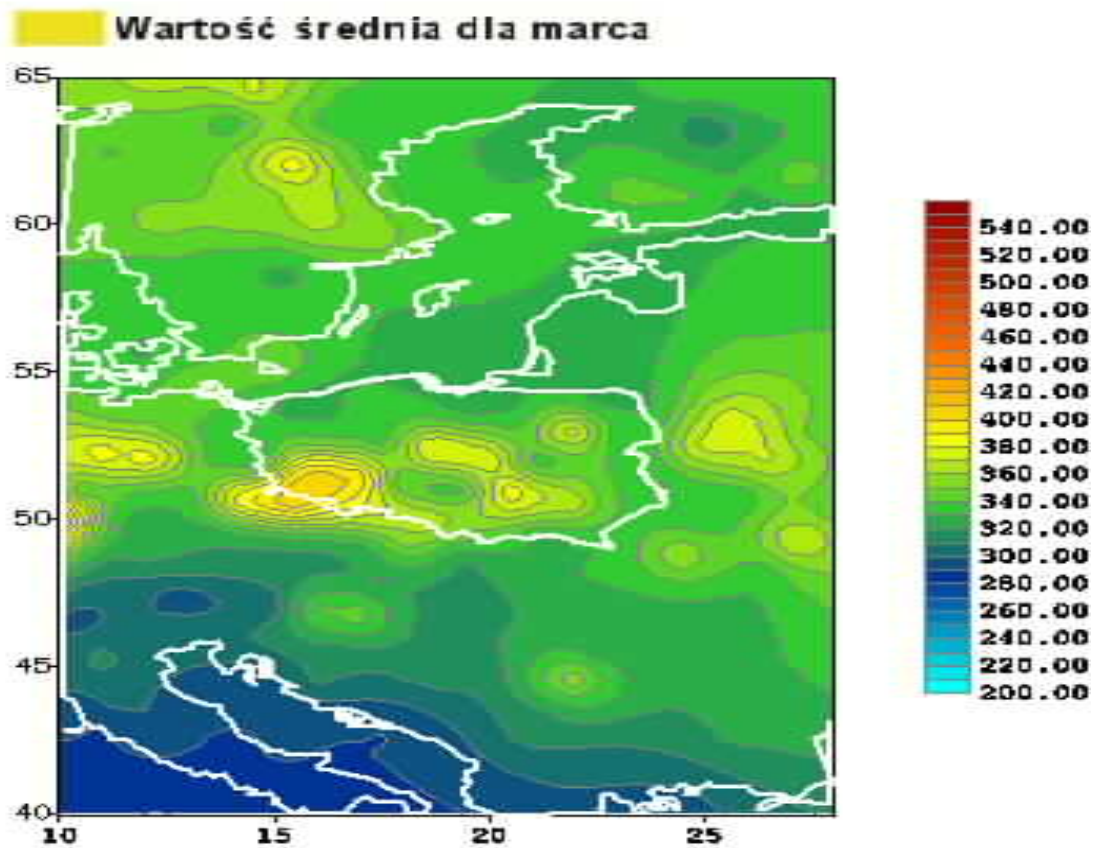


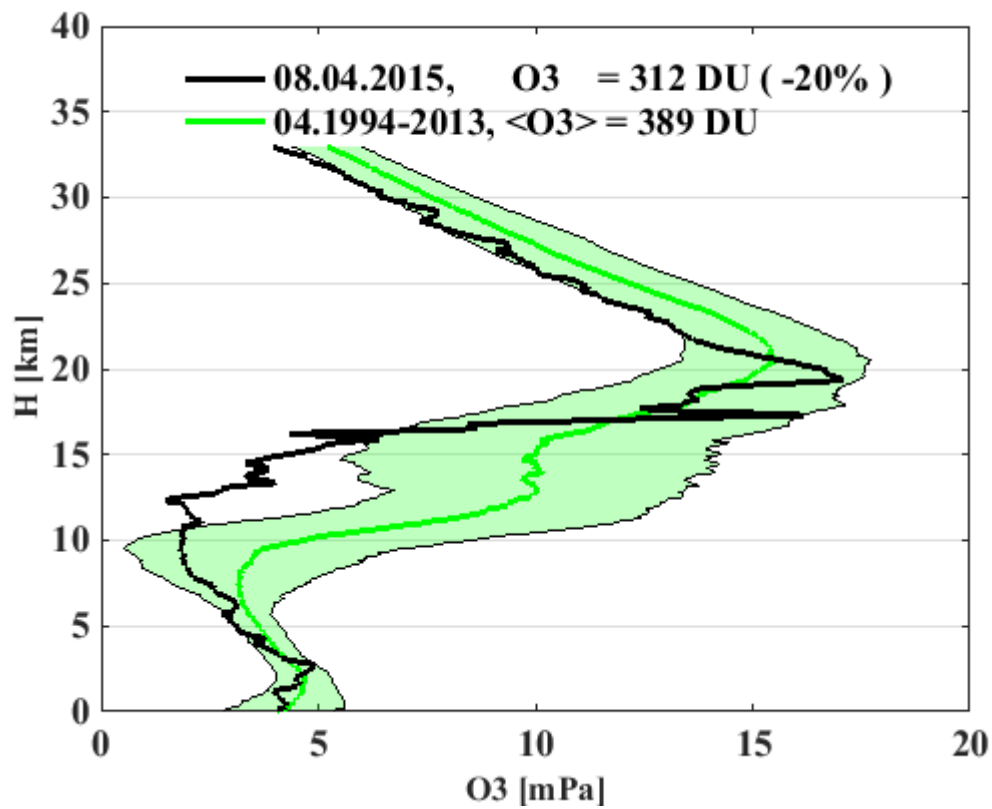
Całkowita zawartość ozonu, 18.03.2015 01:30 GMT



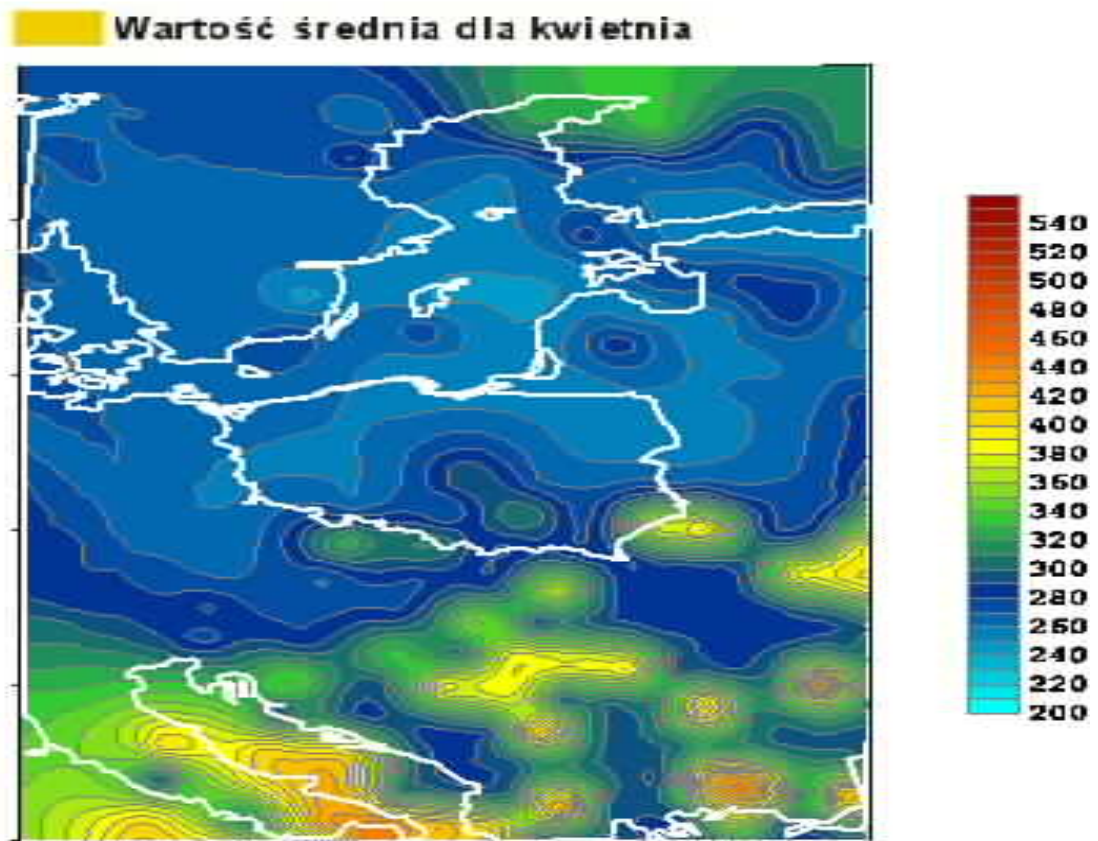


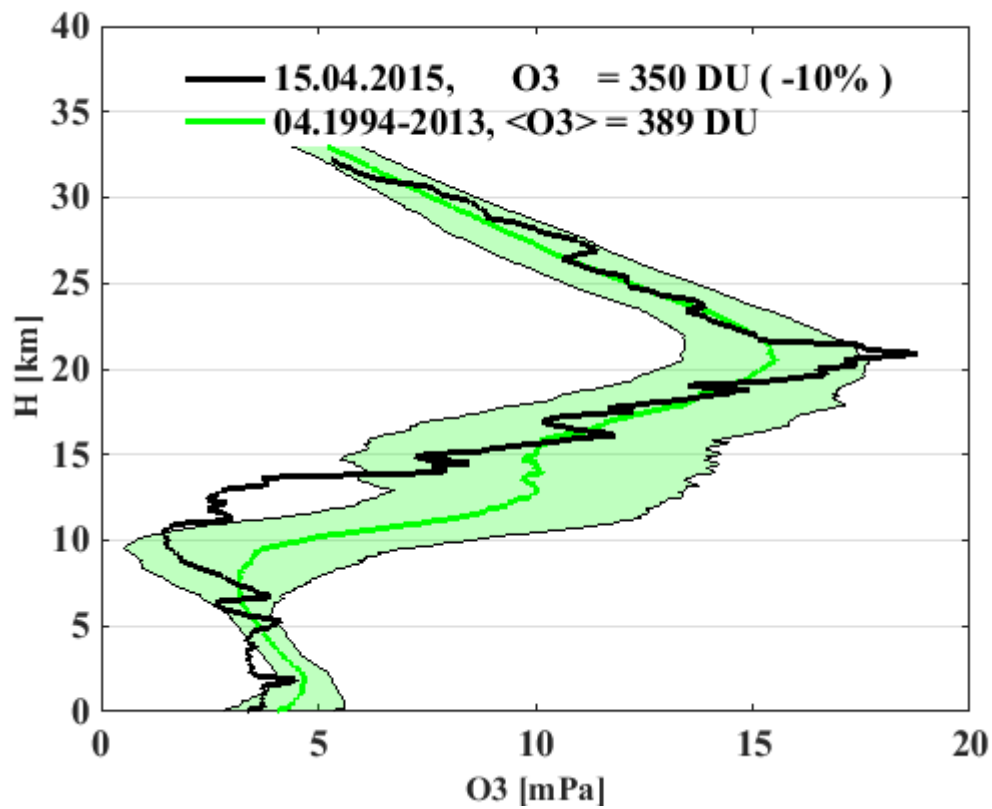
Calkowita zawartosc ozonu, 25.03.2015 01:53 GMT



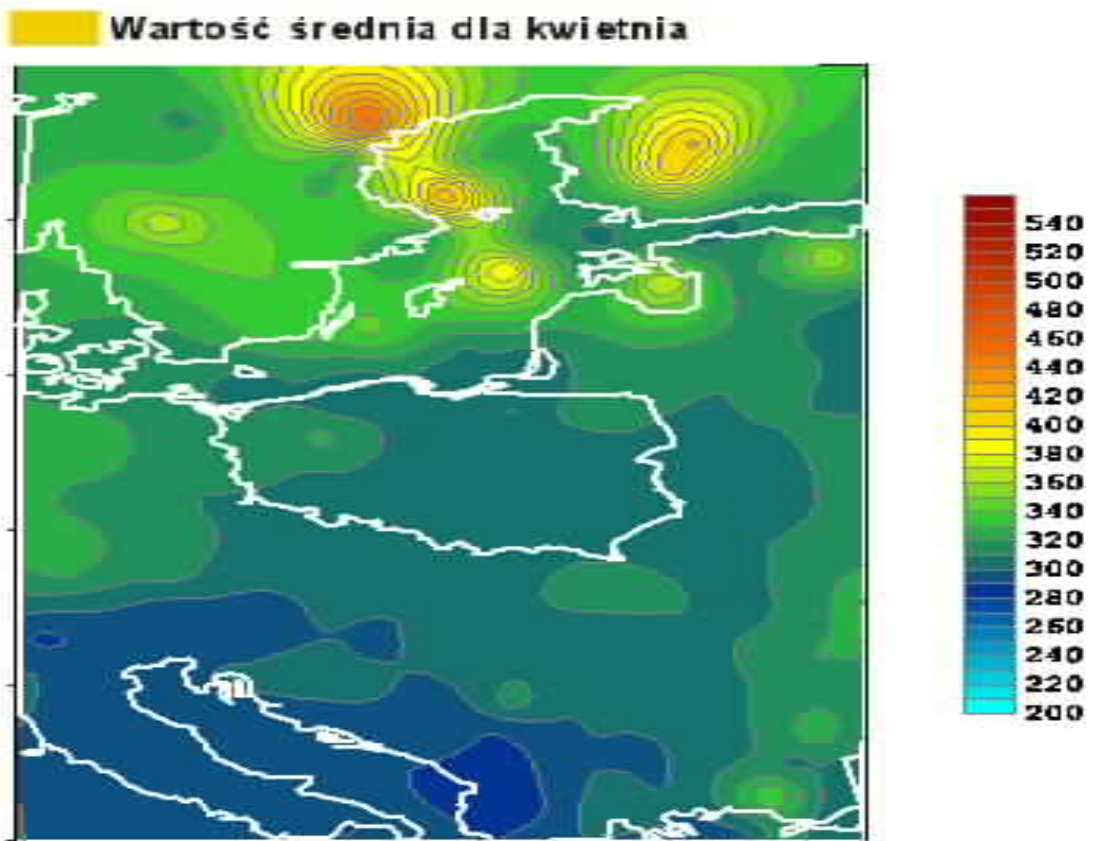


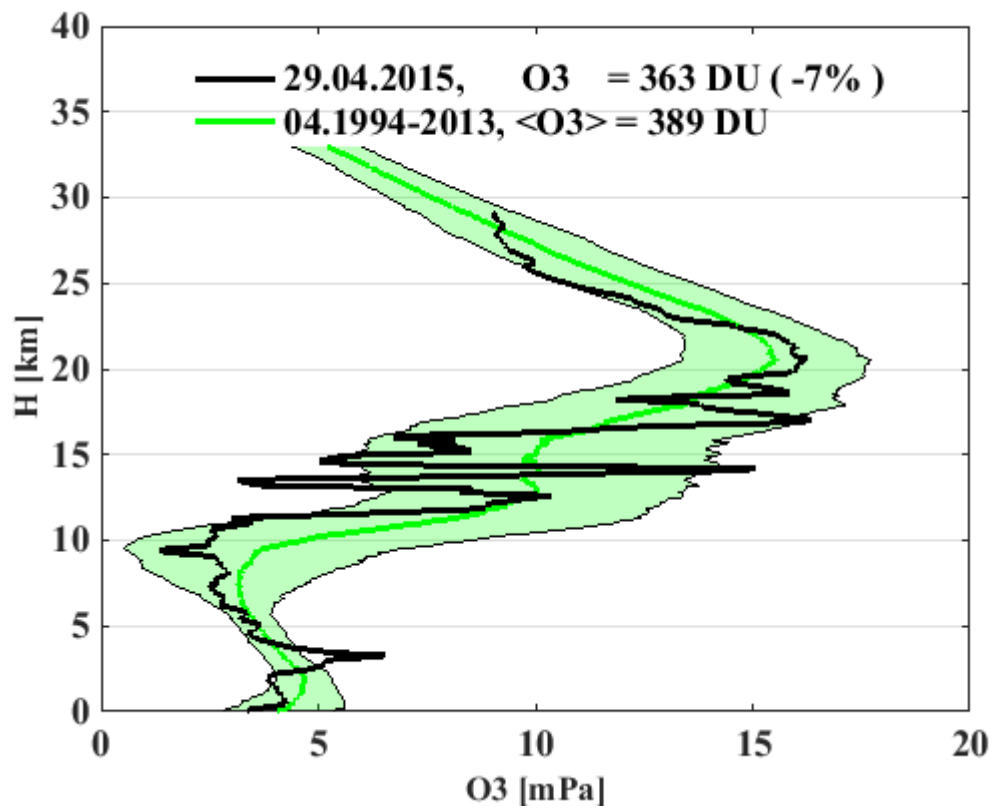
Całkowita zawartość ozonu, 08.04.2015 03:51 GMT



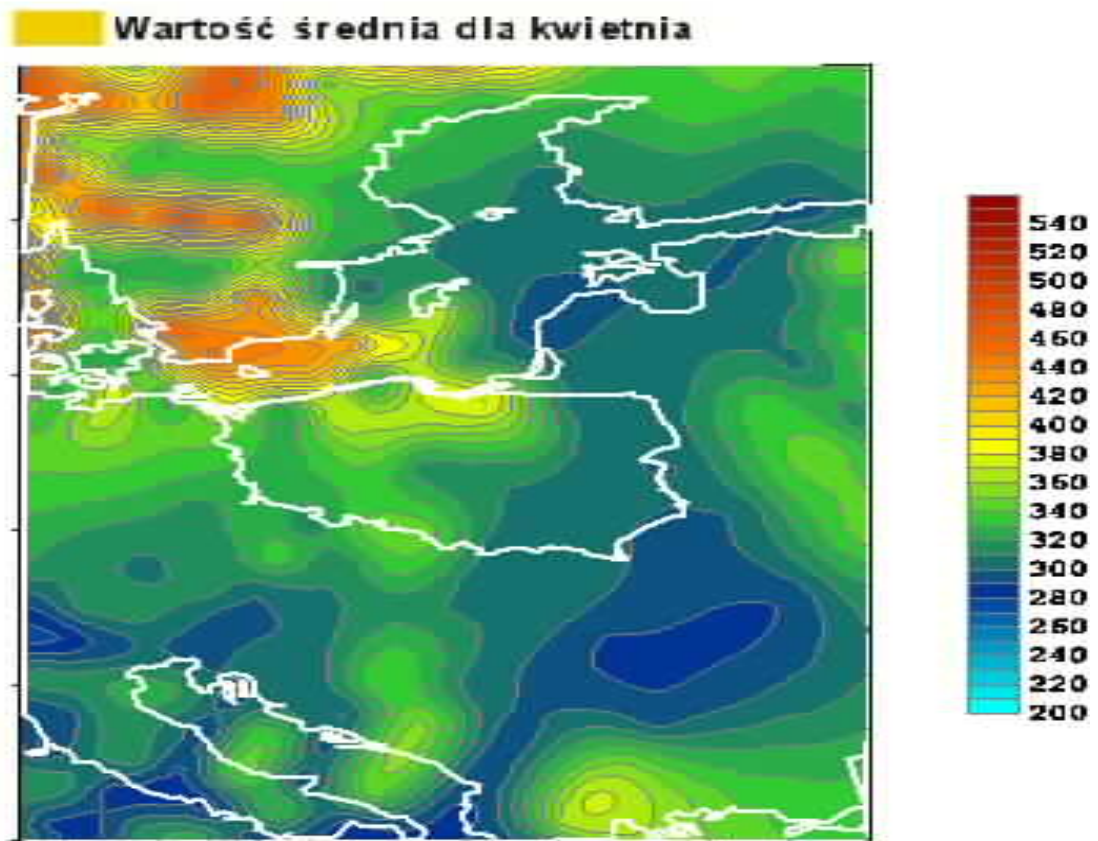


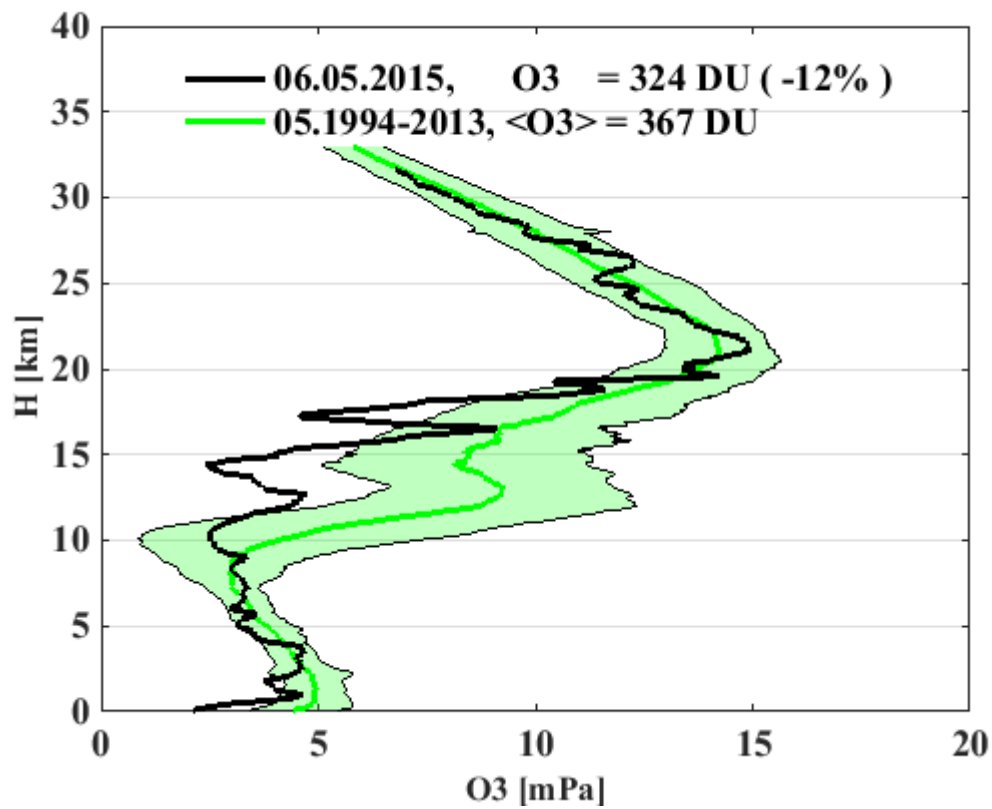
Całkowita zawartość ozonu, 15.04.2015 01:19 GMT



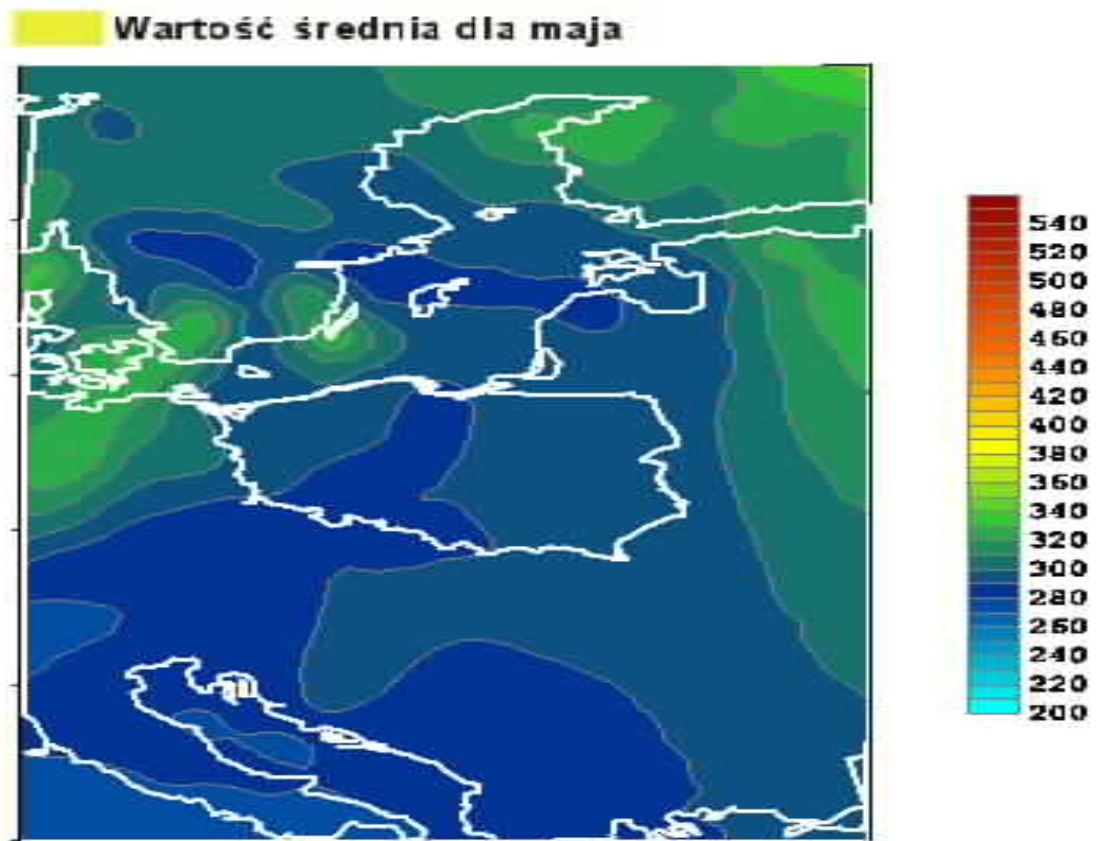


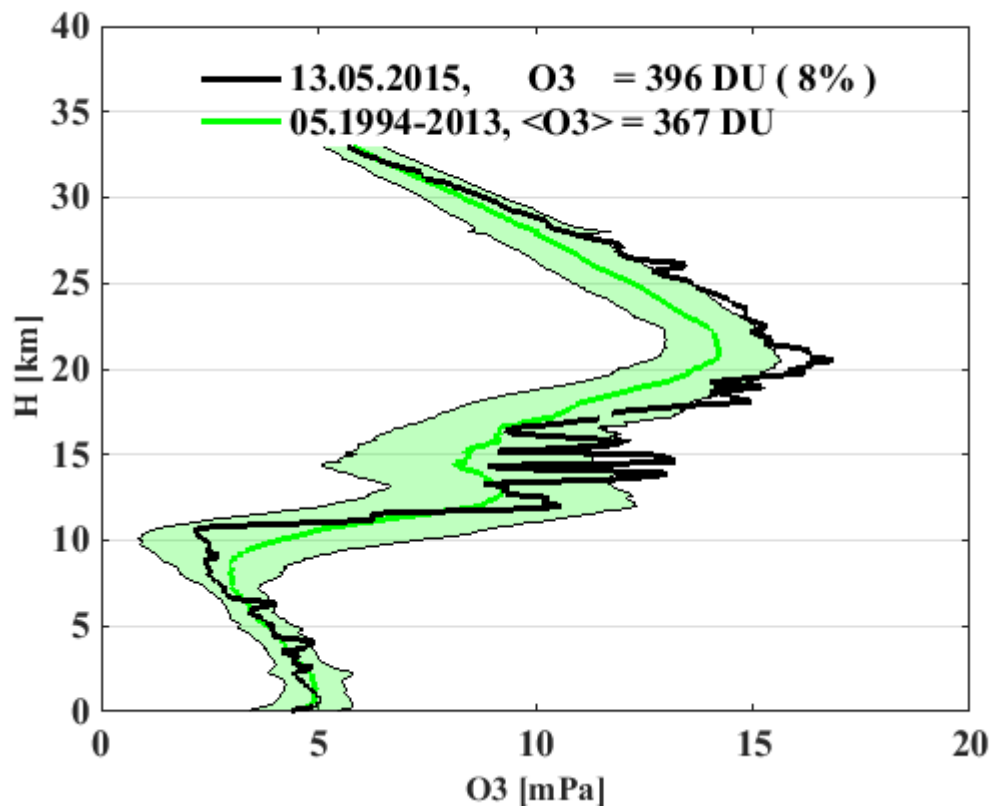
Całkowita zawartość ozonu, 29.04.2015 04:54 GMT



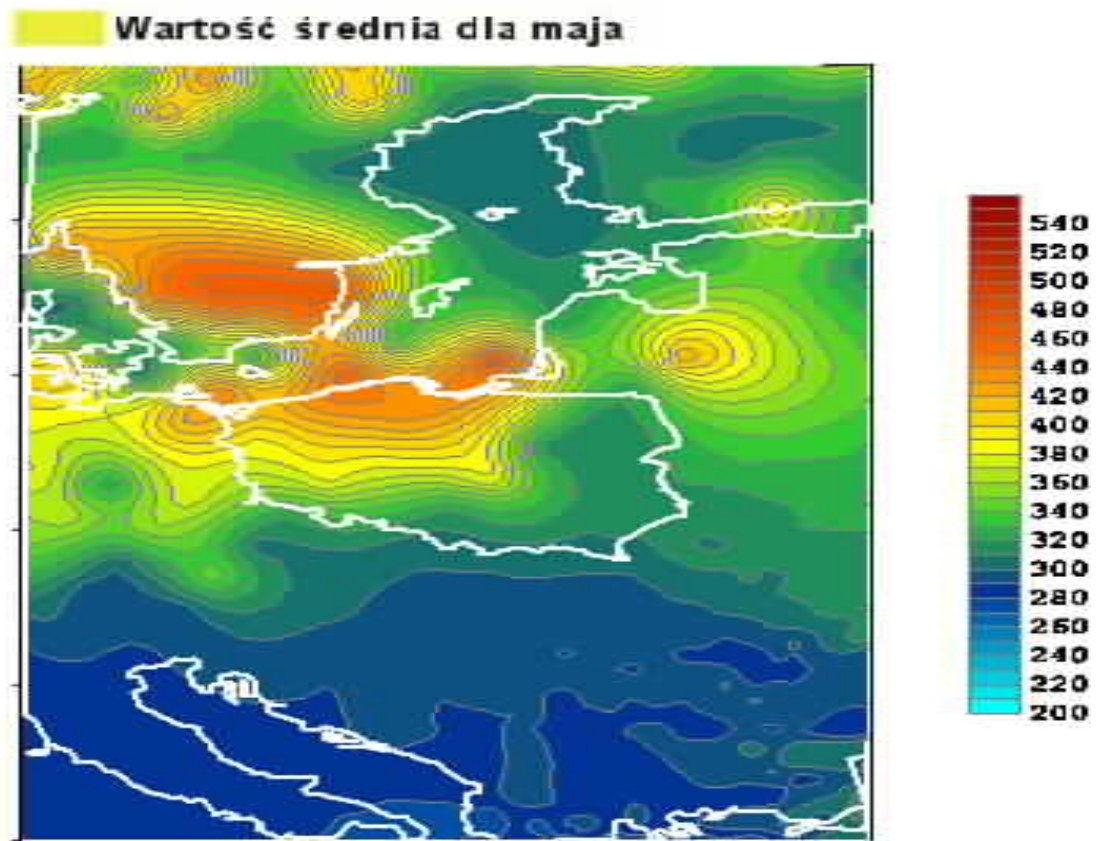


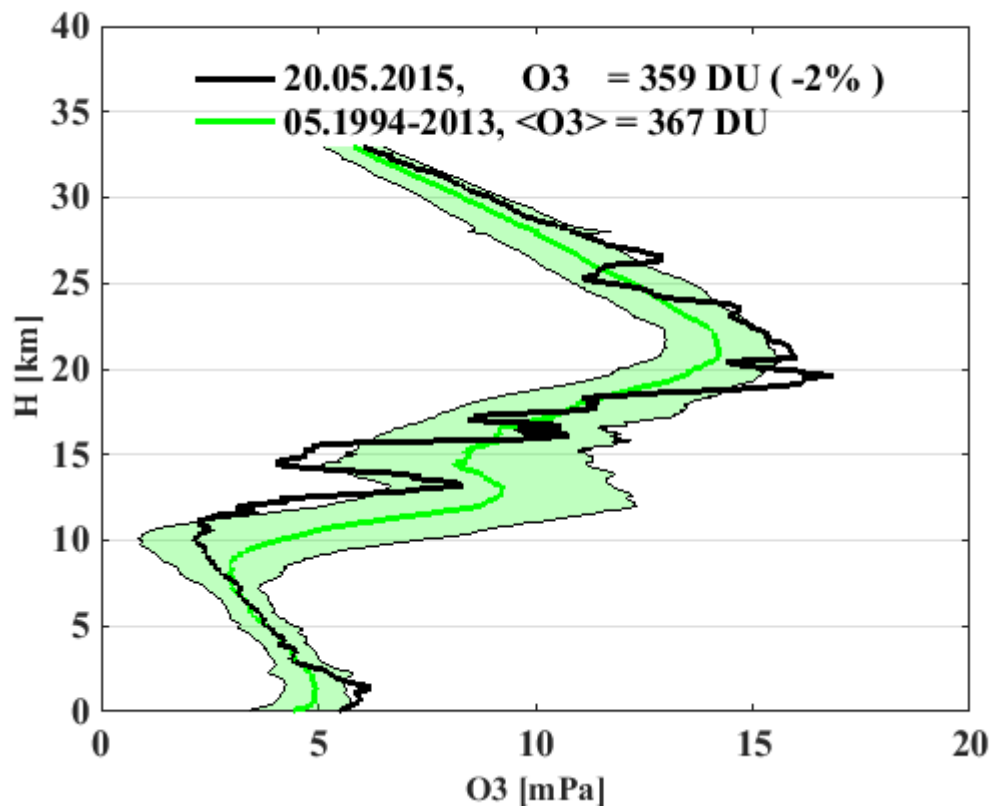
Calkowita zawartosc ozonu, 06.05.2015 02:27 GMT



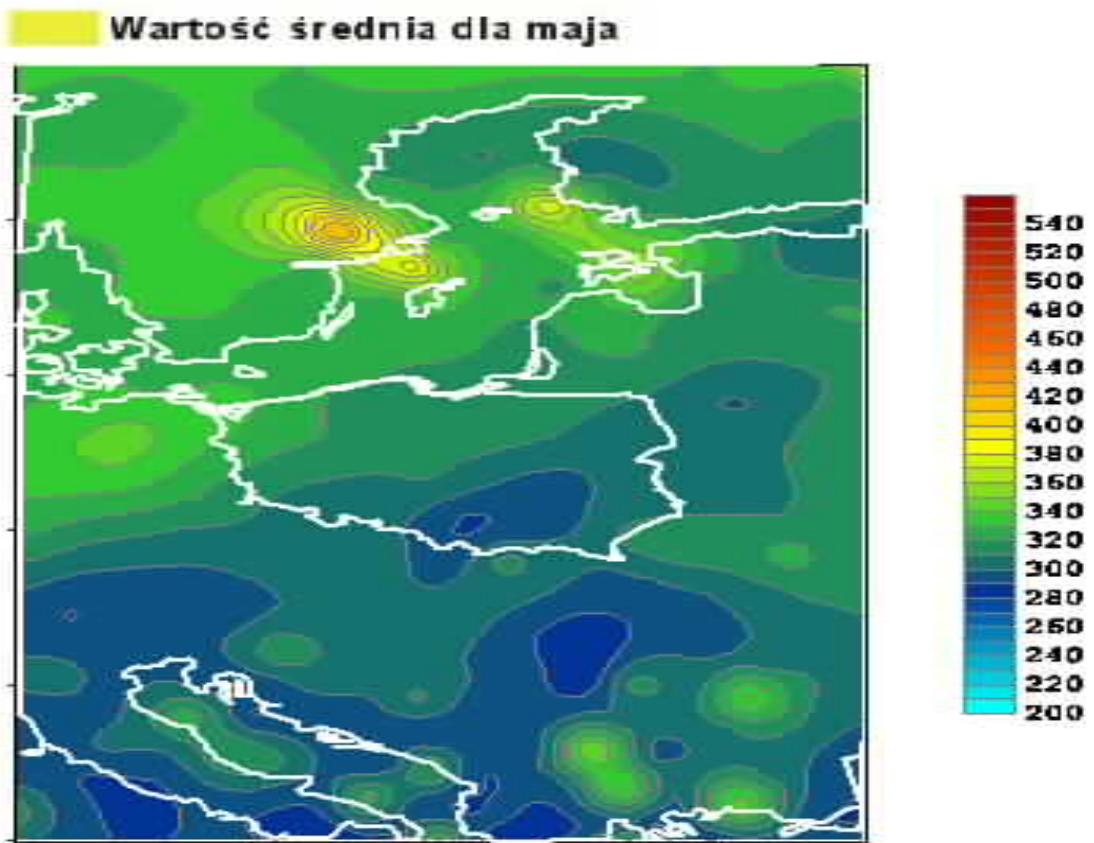


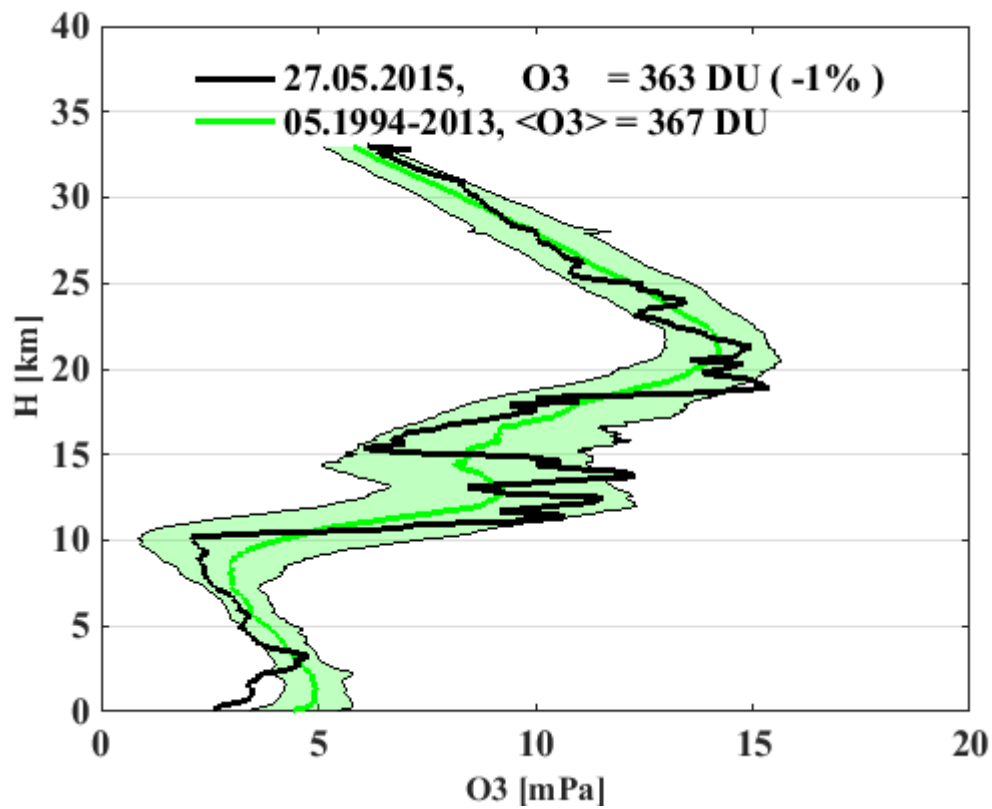
Calkowita zawartosc ozonu, 13.05.2015 05:35 GMT



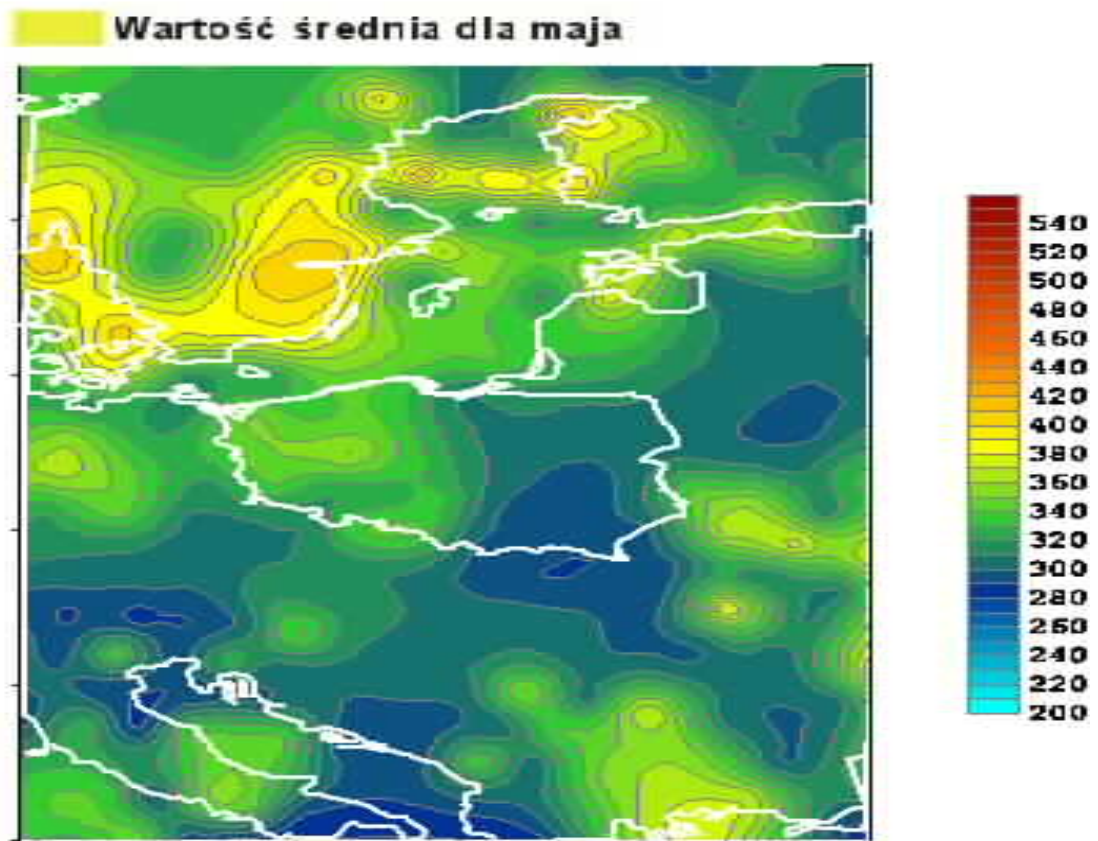


Calkowita zawartosc ozonu, 20.05.2015 01:30 GMT



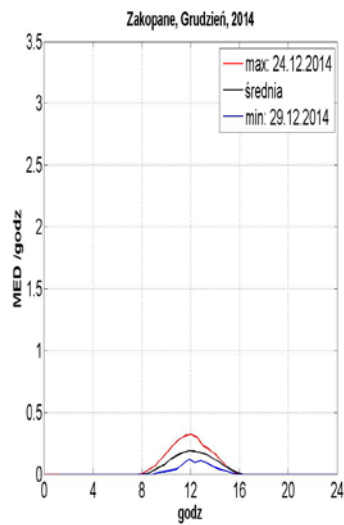
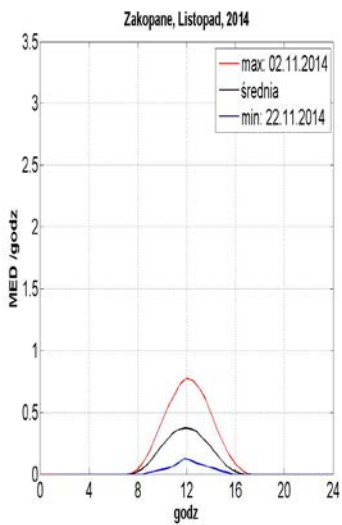
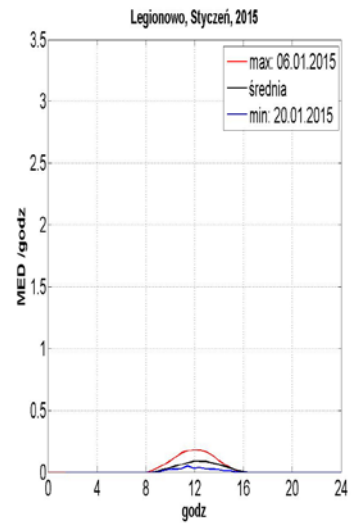
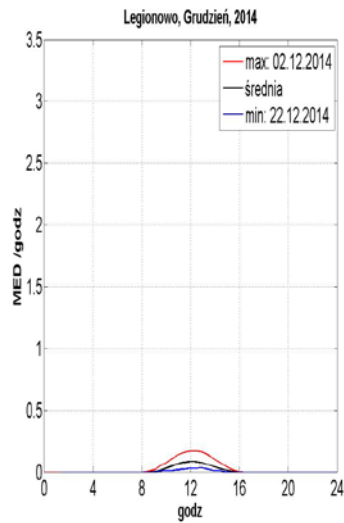
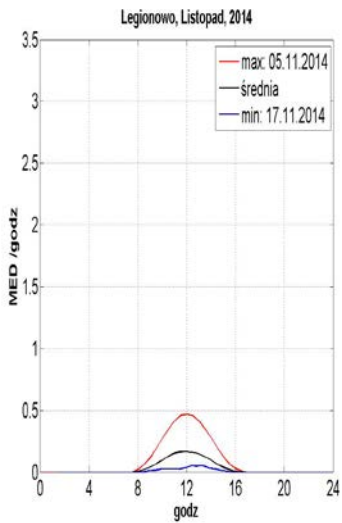
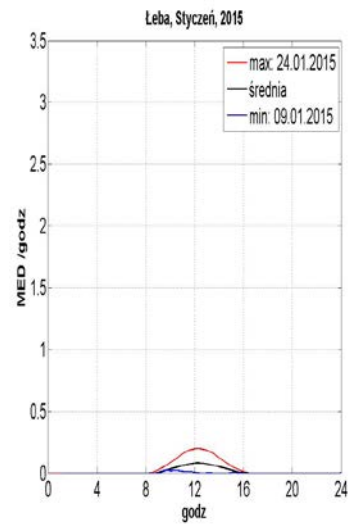
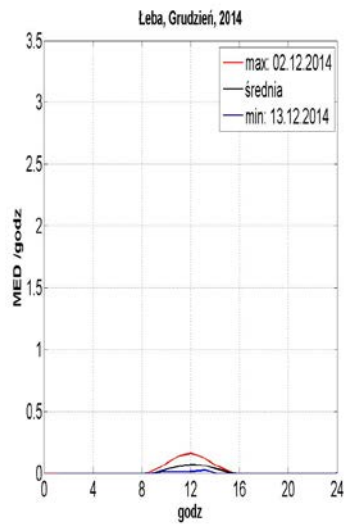
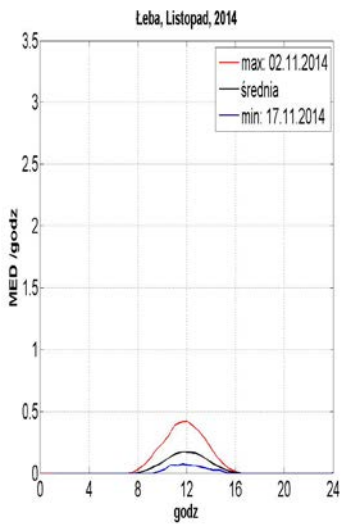


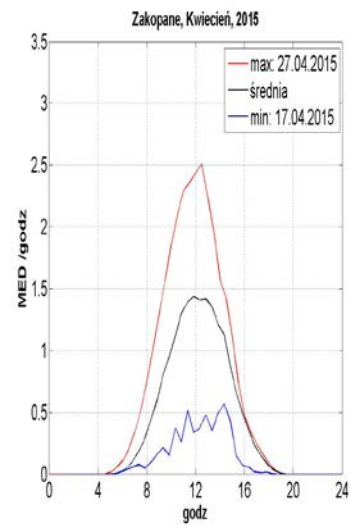
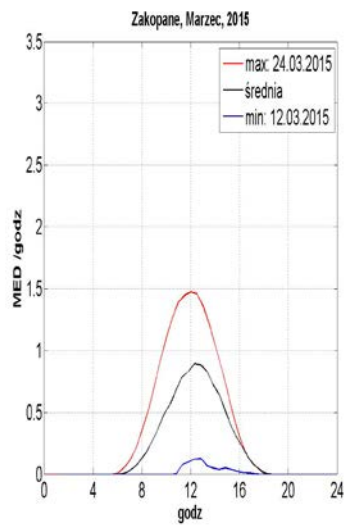
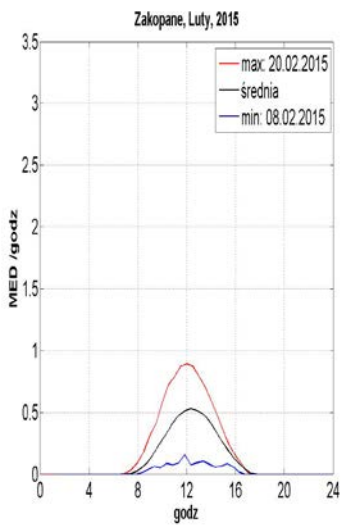
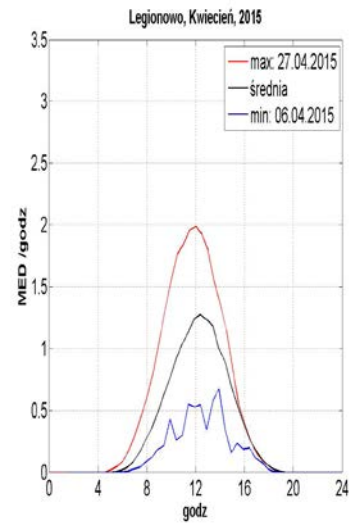
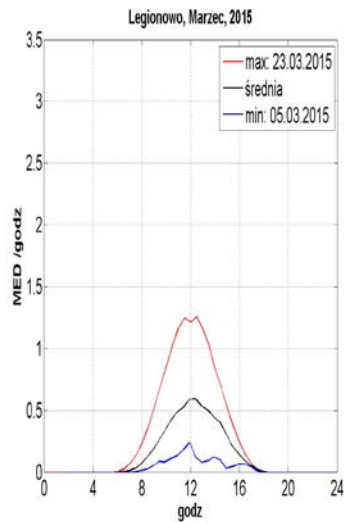
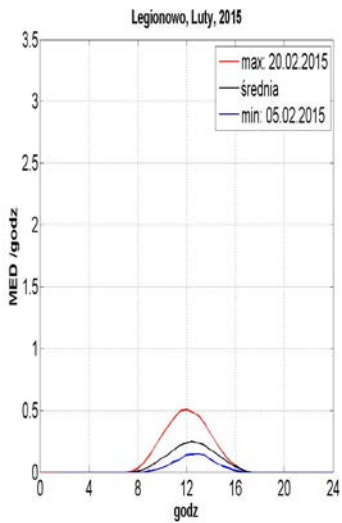
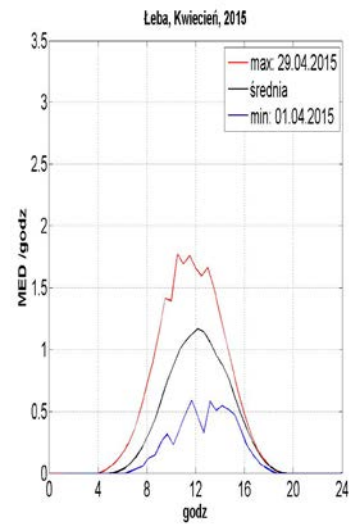
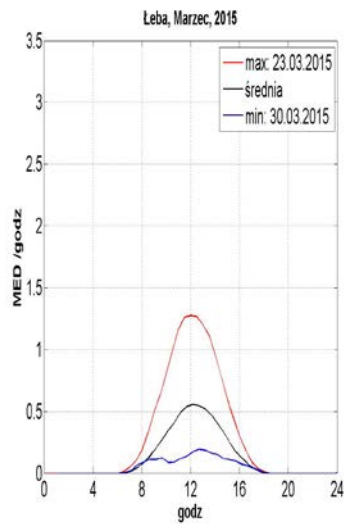
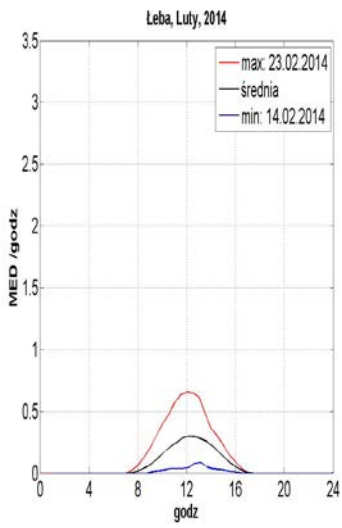
Calkowita zawartosc ozonu, 27.05.2015 04:34 GMT

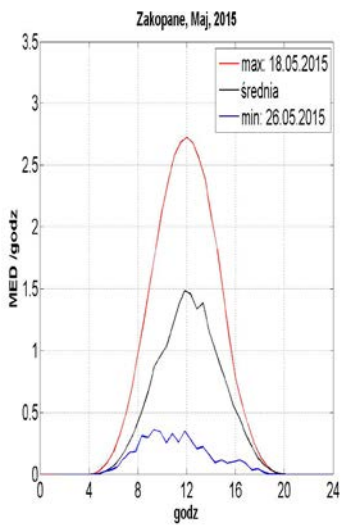
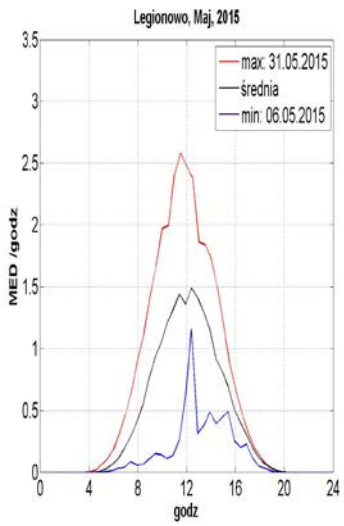
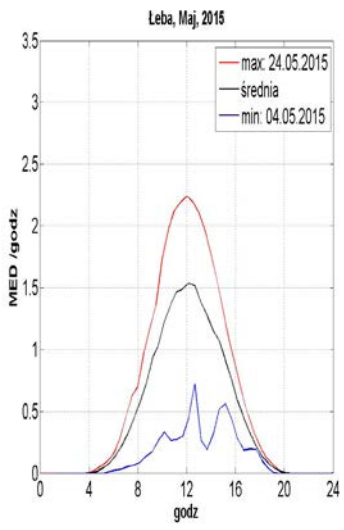


ZAŁĄCZNIK 3

DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY
LISTOPAD 2014 R. – MAJ 2015 R.
(ŚREDNIE, MAKSYMALNE I MINIMALNE).

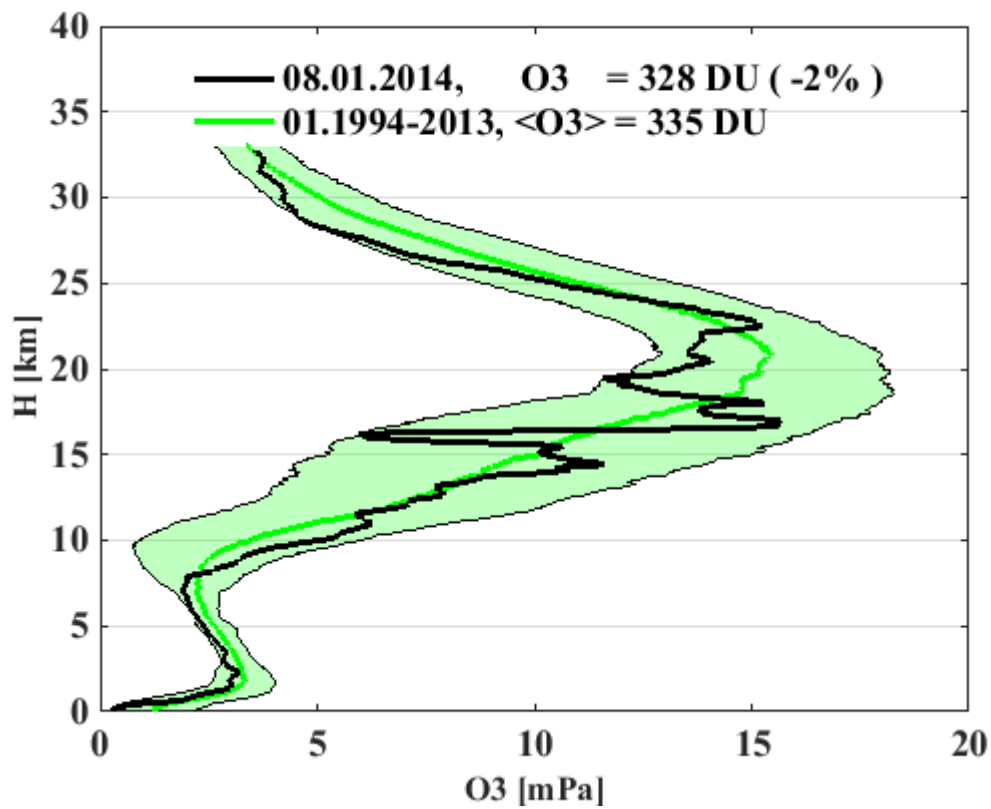






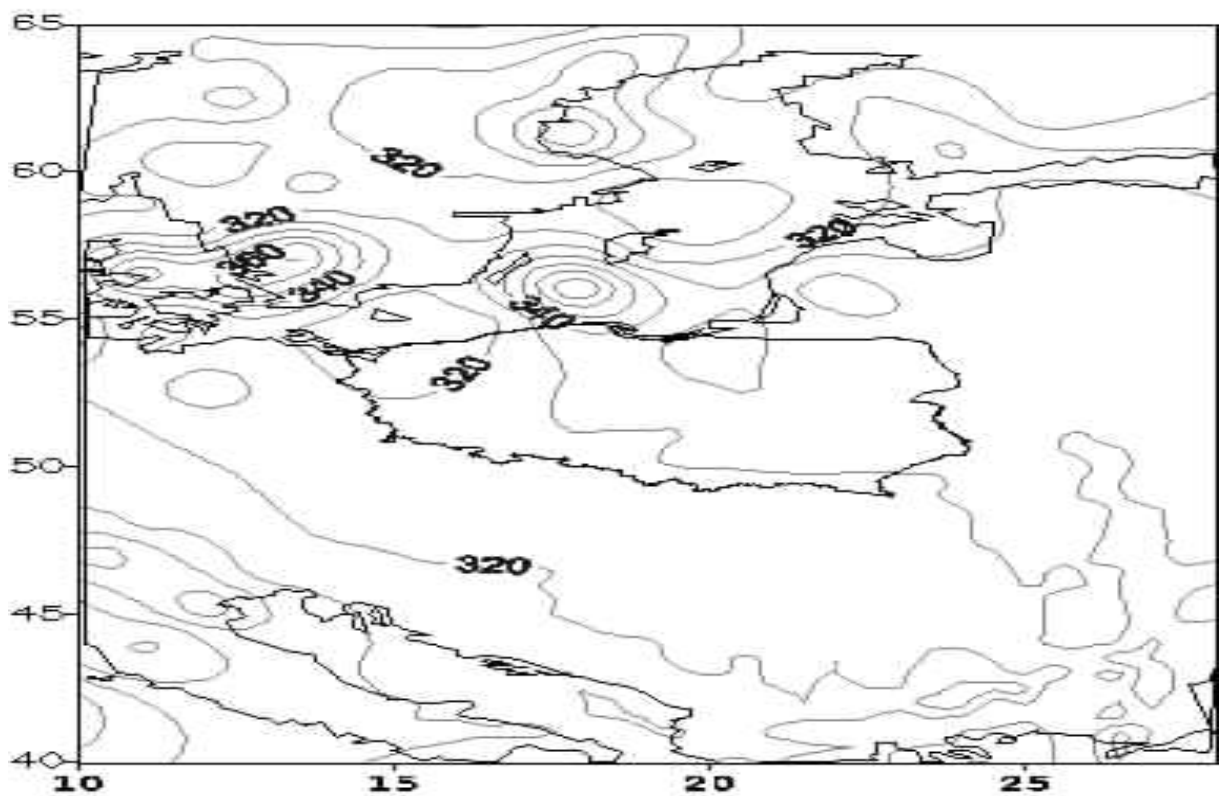
ZAŁĄCZNIK 4

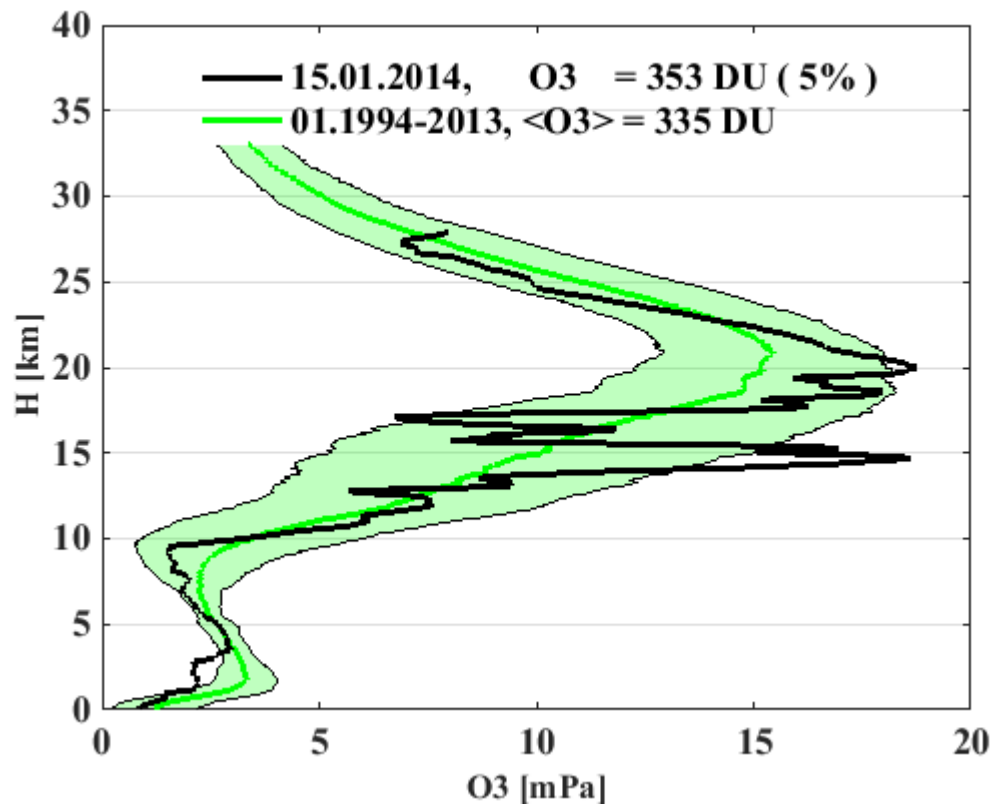
PROFILE OZONU Z SONDAŻY OZONOWYCH WYKONANYCH
W OKRESIE 1.01 DO 31.12.2014 R. I ODPOWIADAJĄCE IM
SATELITARNE MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OZONU
W ATMOSFERZE.



Calkowita zawartosc ozonu [D]

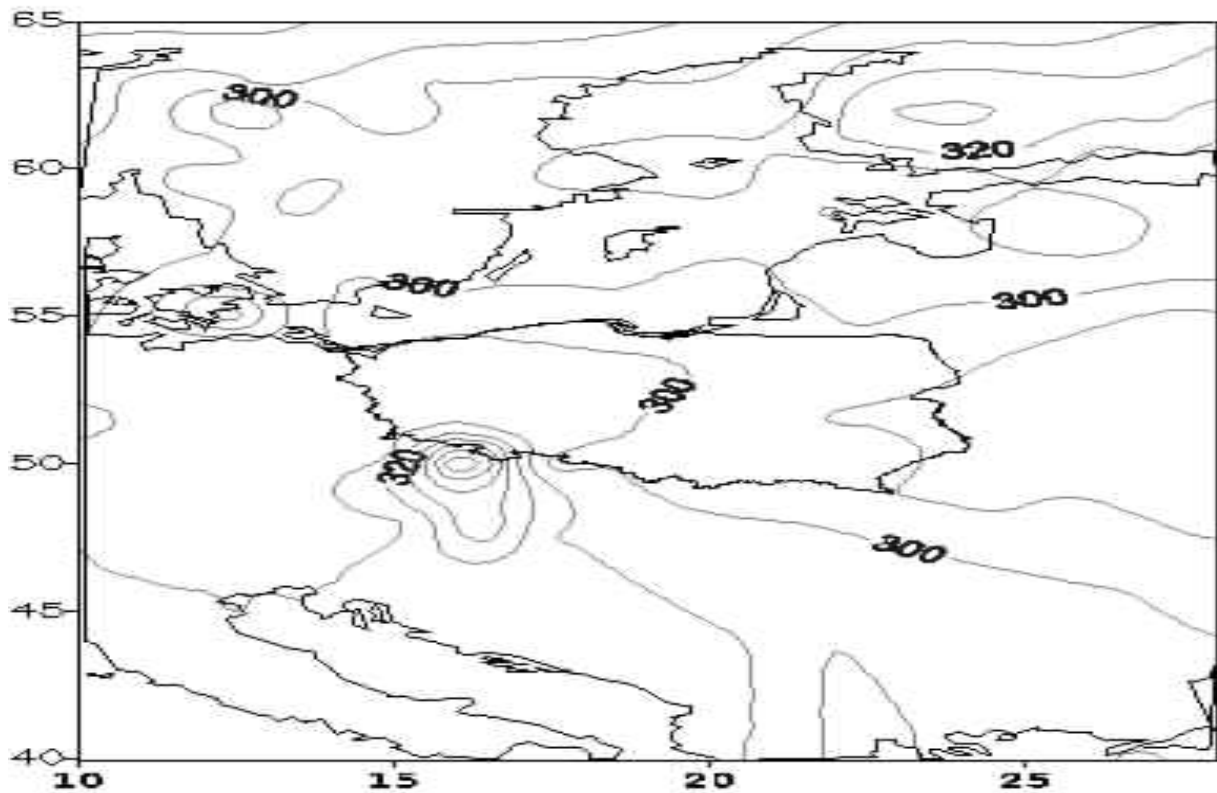
08.01.14 02:33 GMT

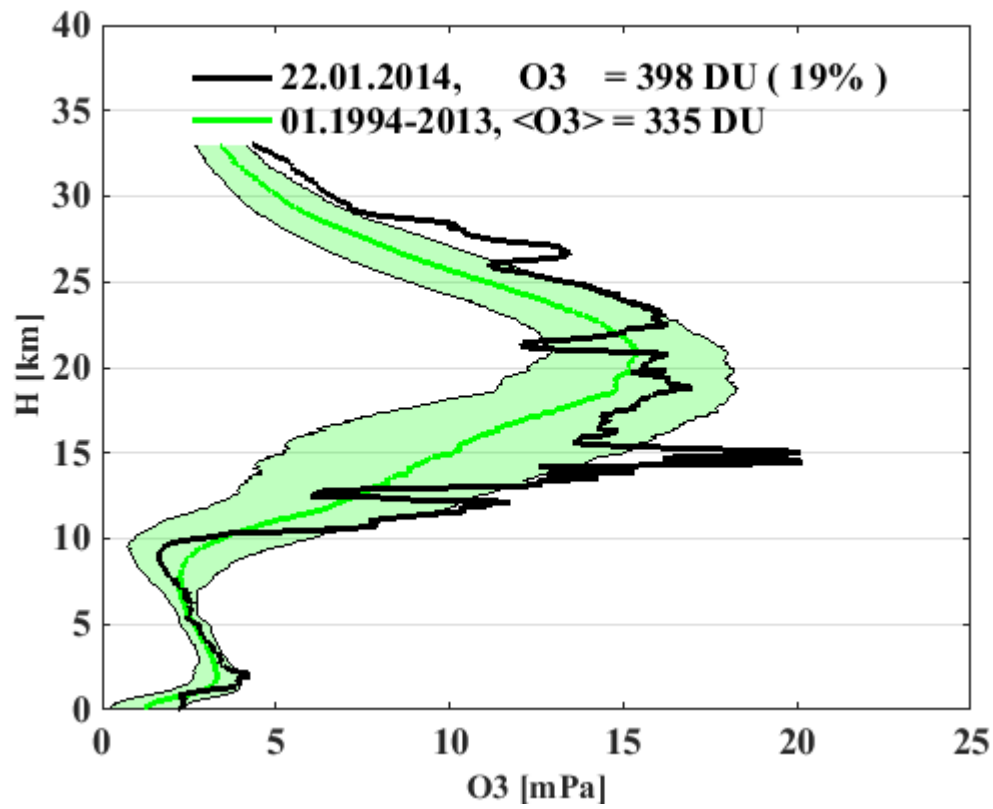




Calkowita zawartosc ozonu [D]

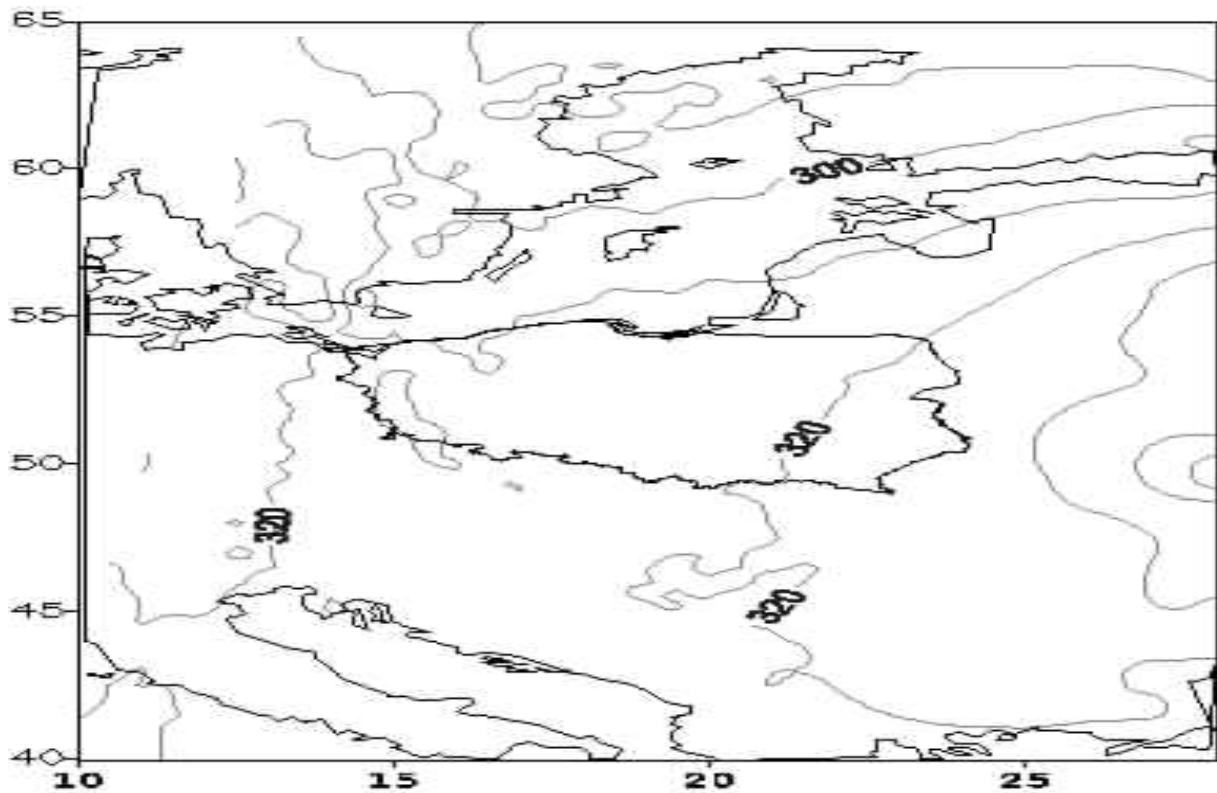
15.01.2014 08:52 GMT

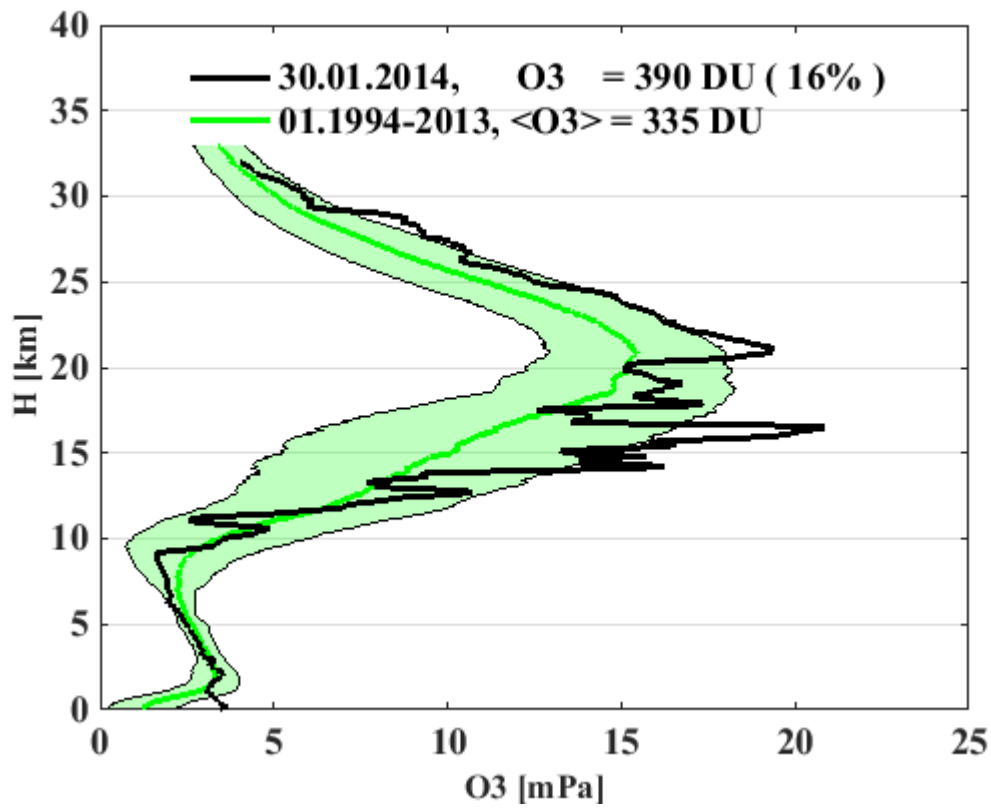




Calkowita zawartosc ozonu [D]

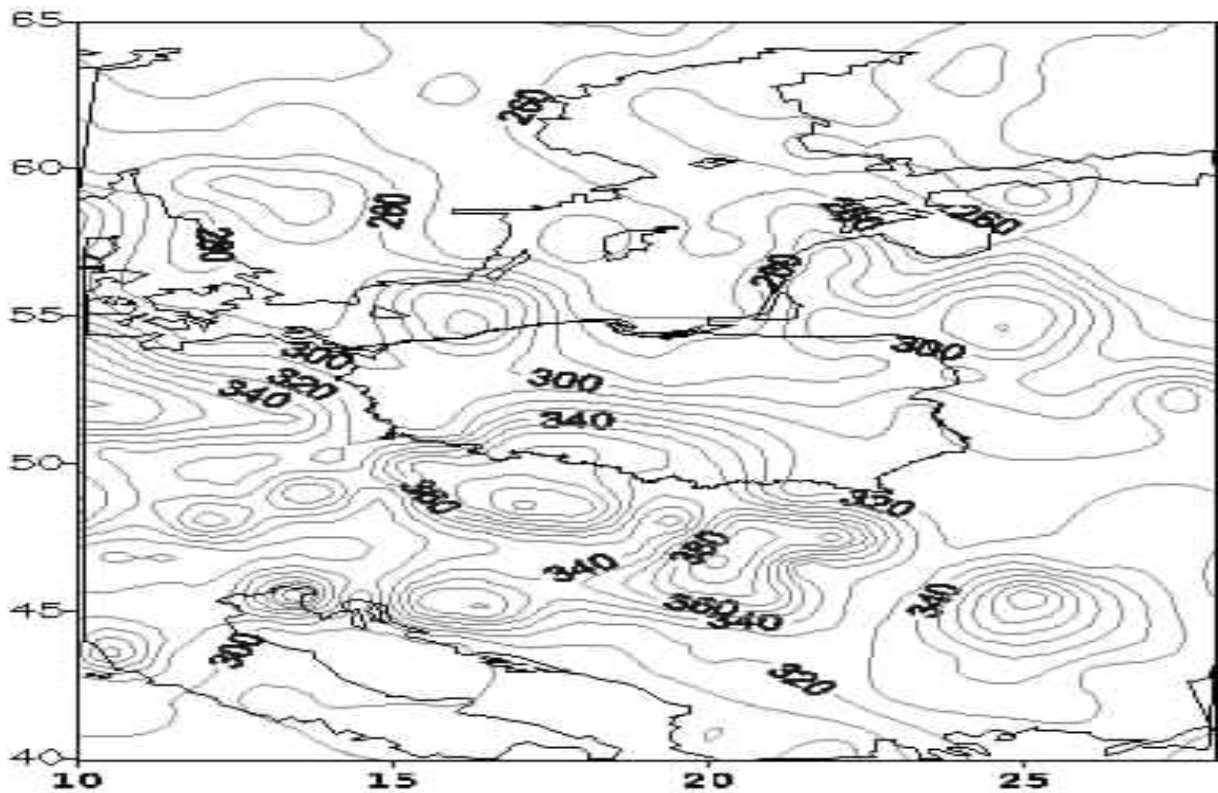
22.01.14 07:30 GMT

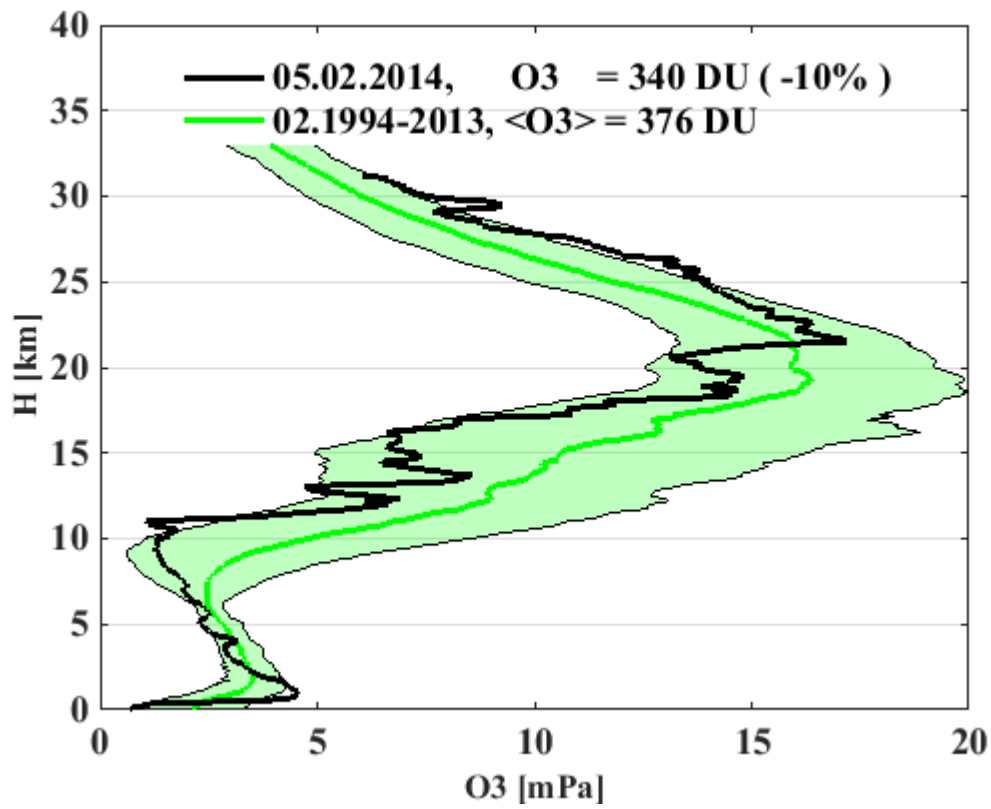




Calkowita zawartosc ozonu [D]

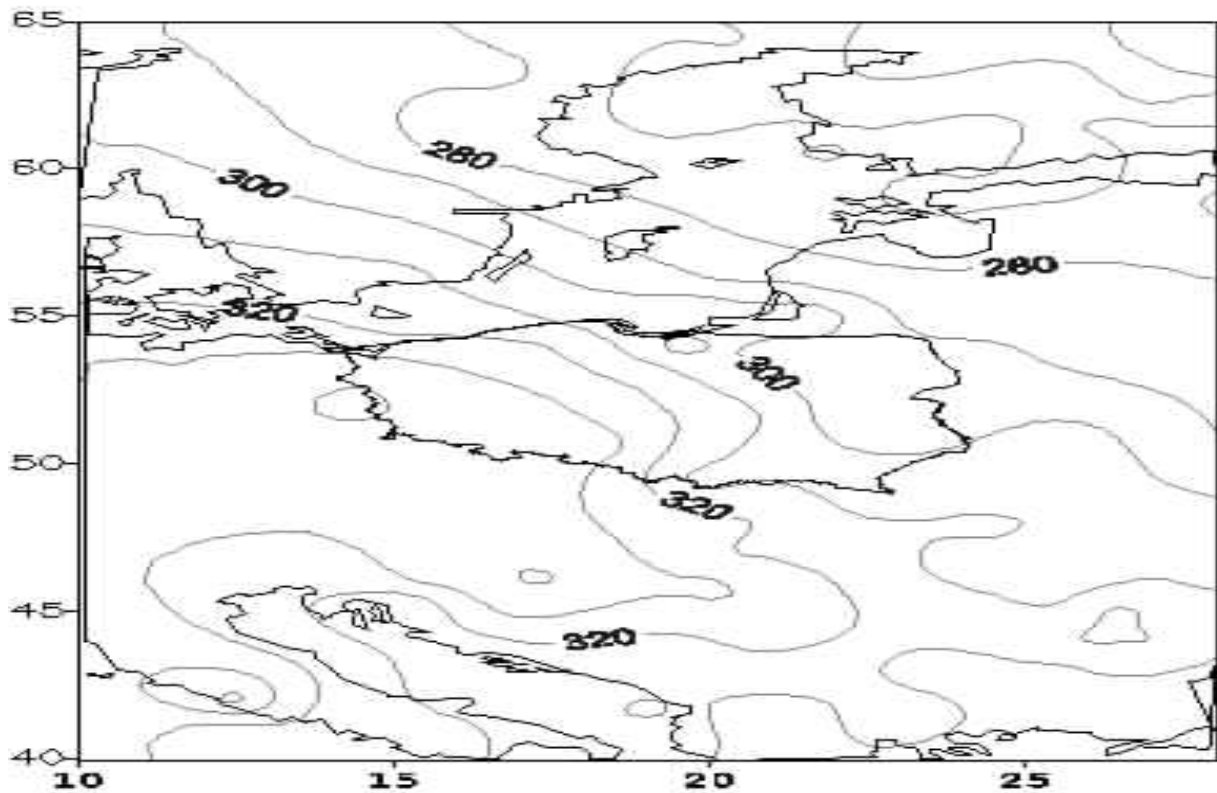
30.01.14 03:37 GMT

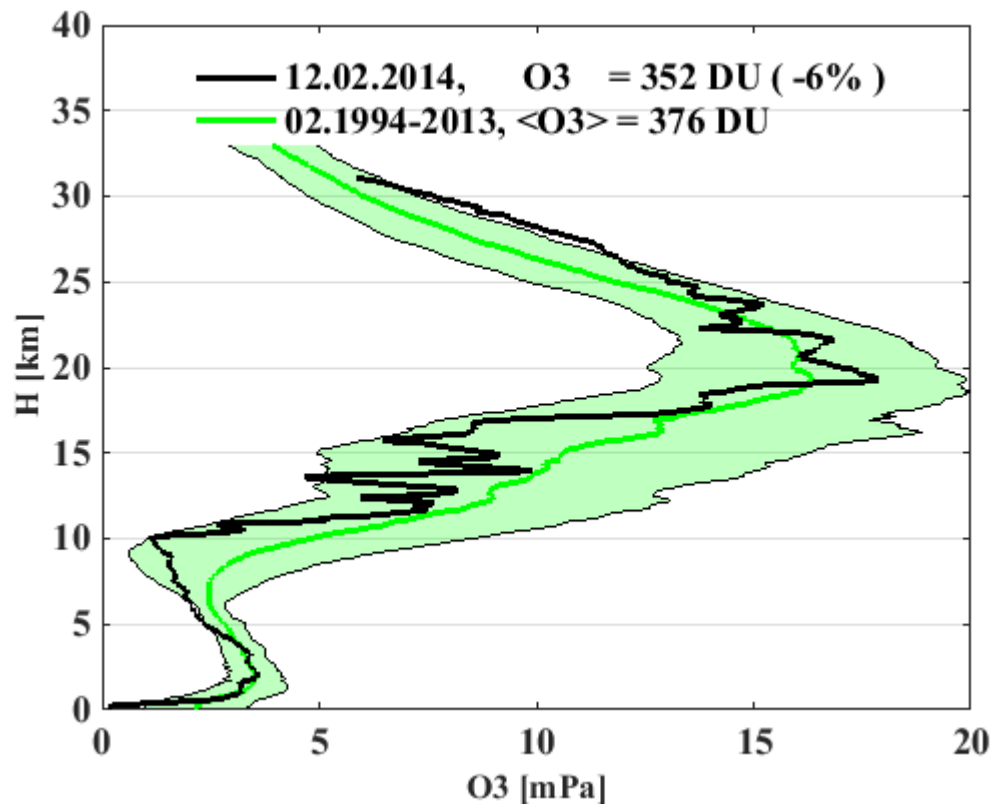




Calkowita zawartosc ozonu [D]

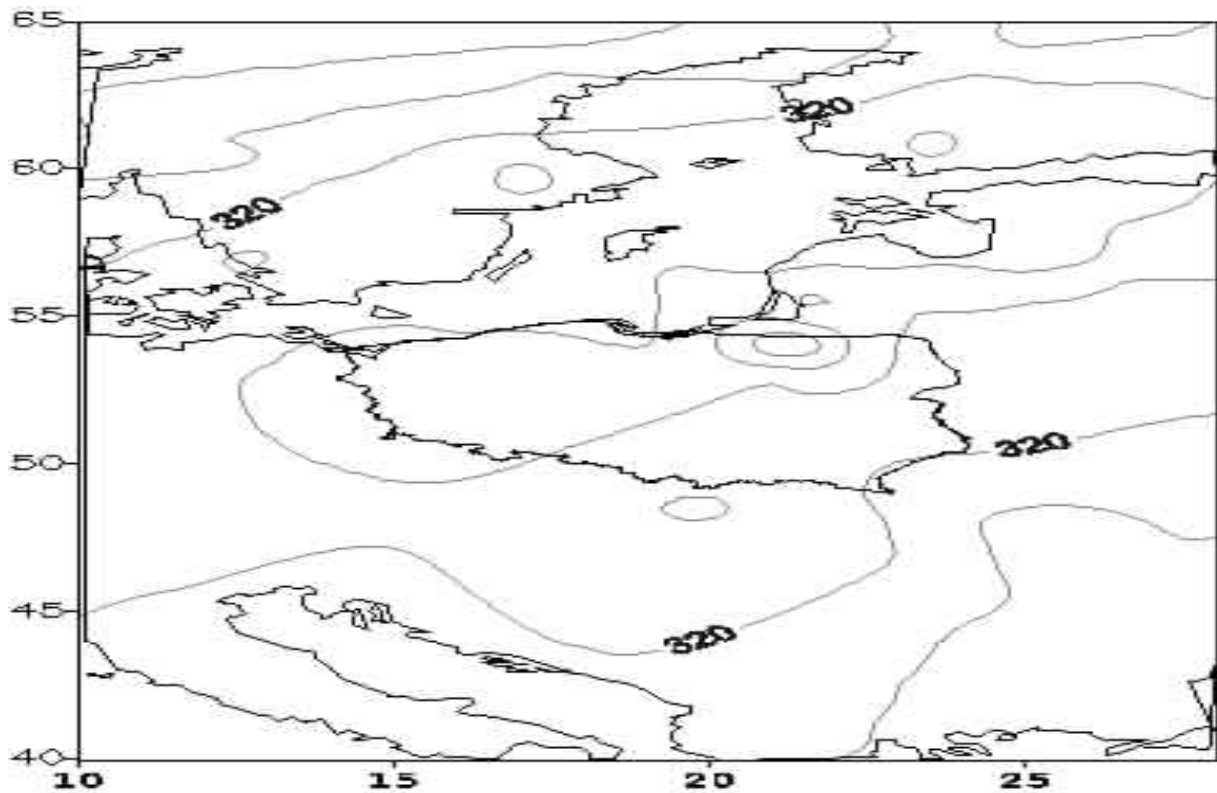
05.02.14 00:48 GMT

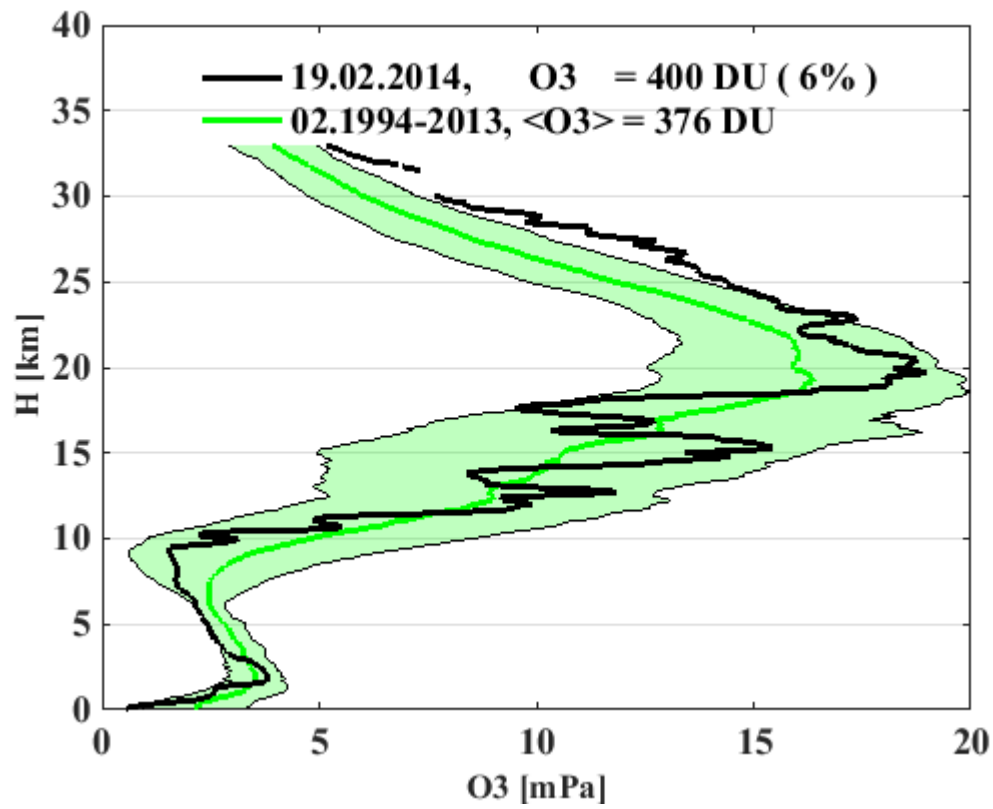




Calkowita zawartosc ozonu [D]

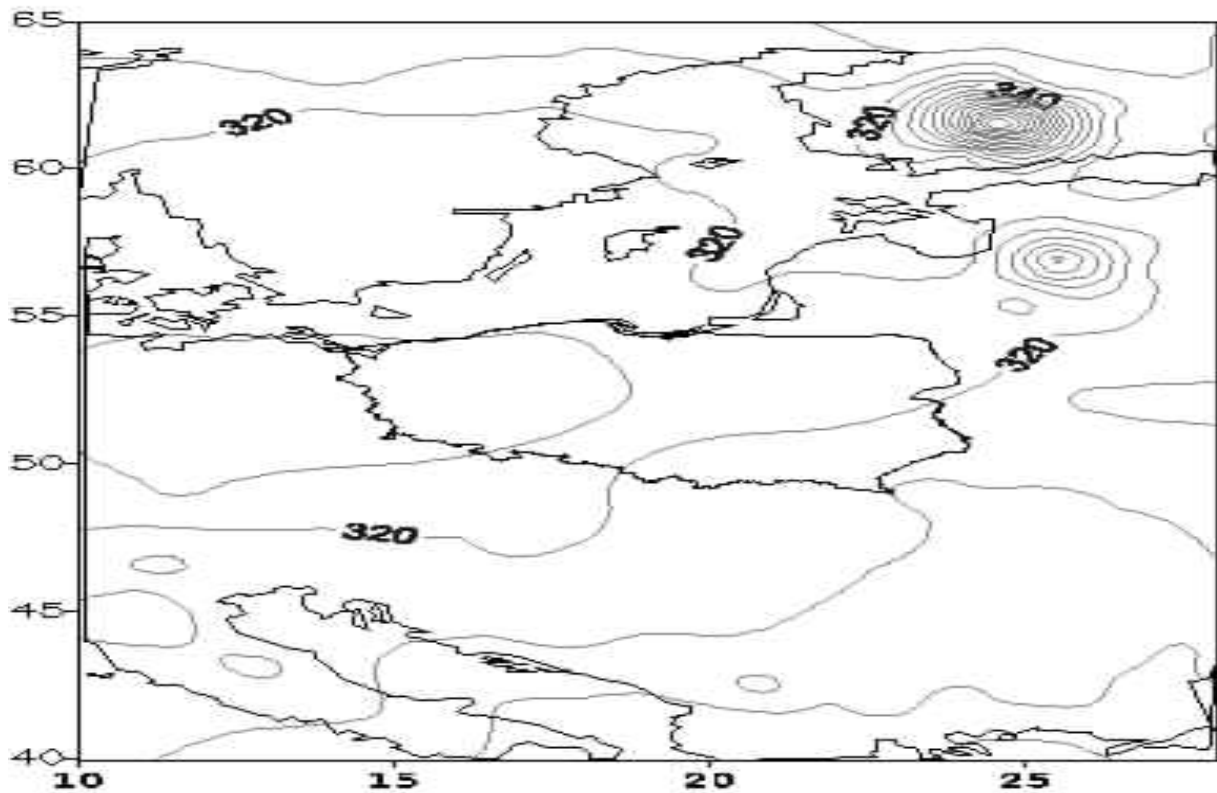
12.02.14 08:11 GMT

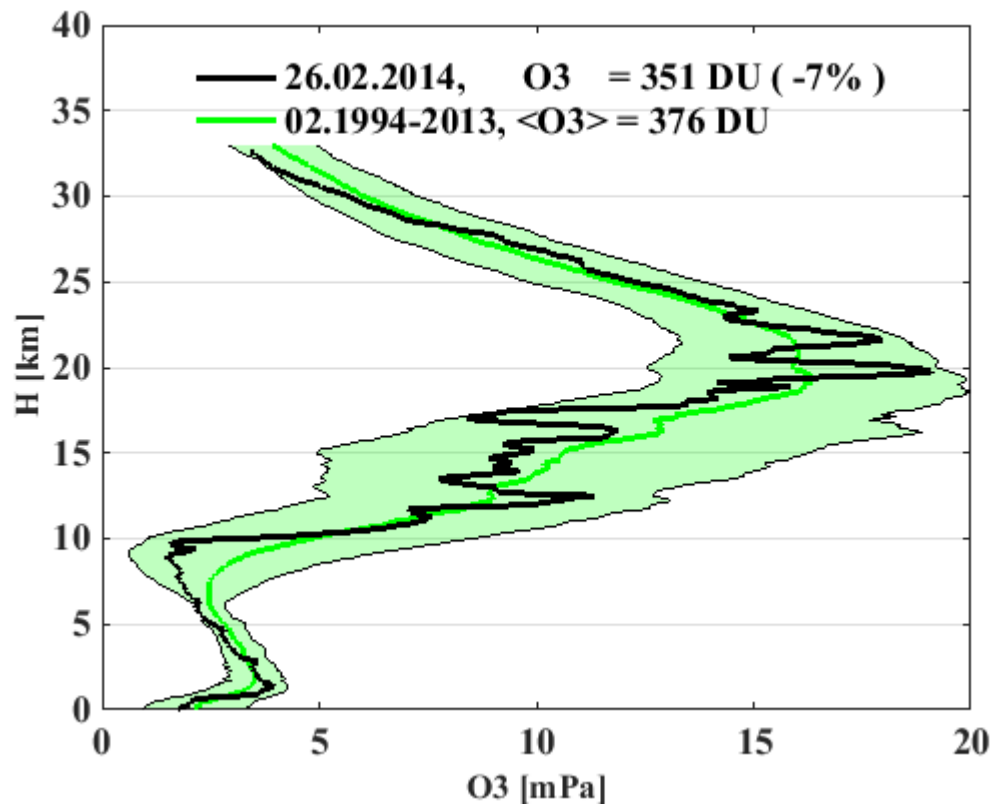




Calkowita zawartosc ozonu [D]

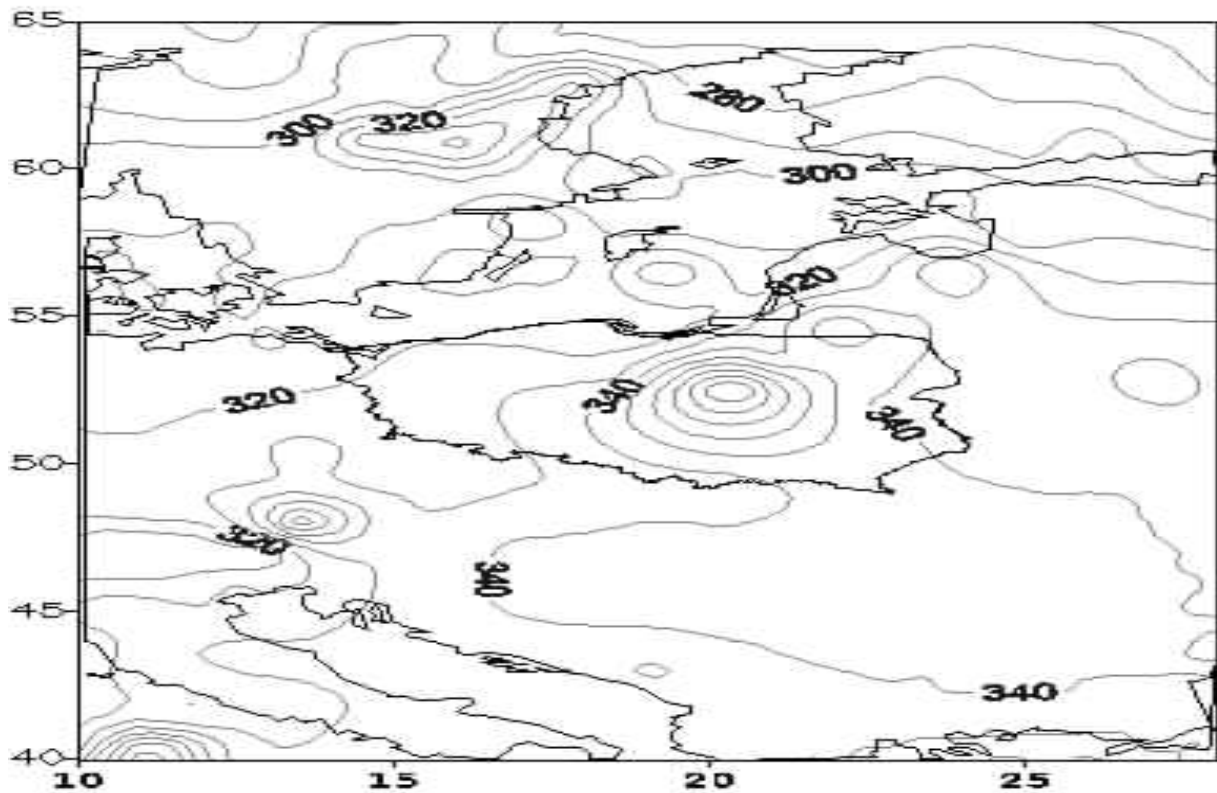
19.02.14 08:28 GMT

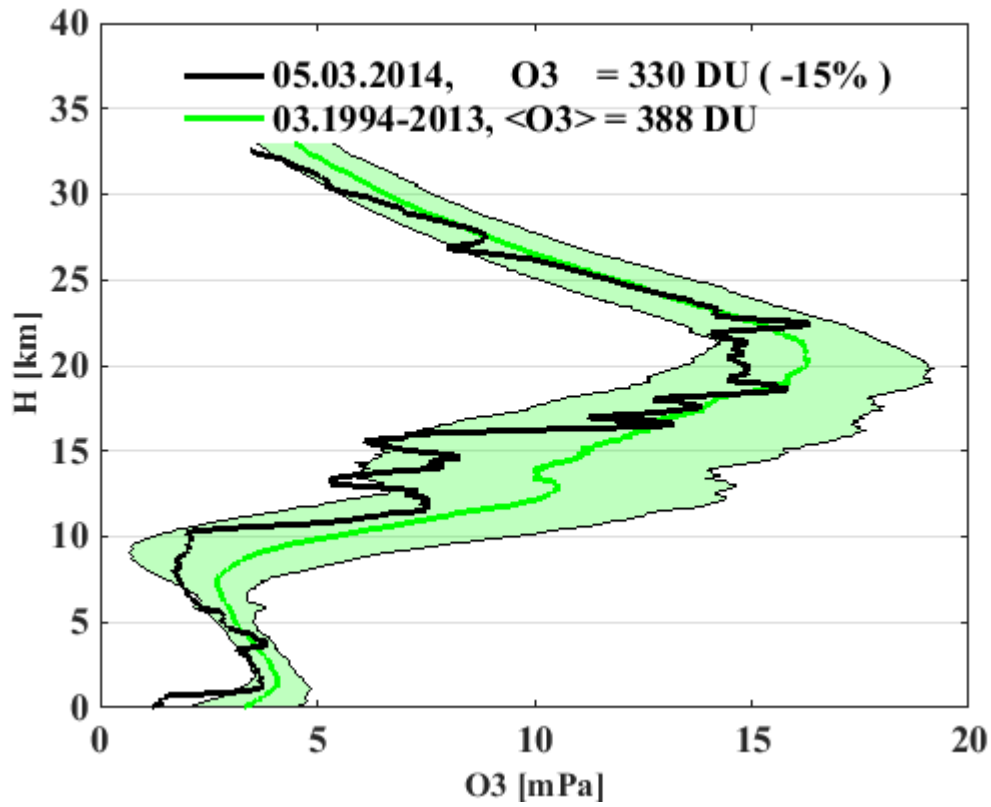




Calkowita zawartosc ozonu [D]

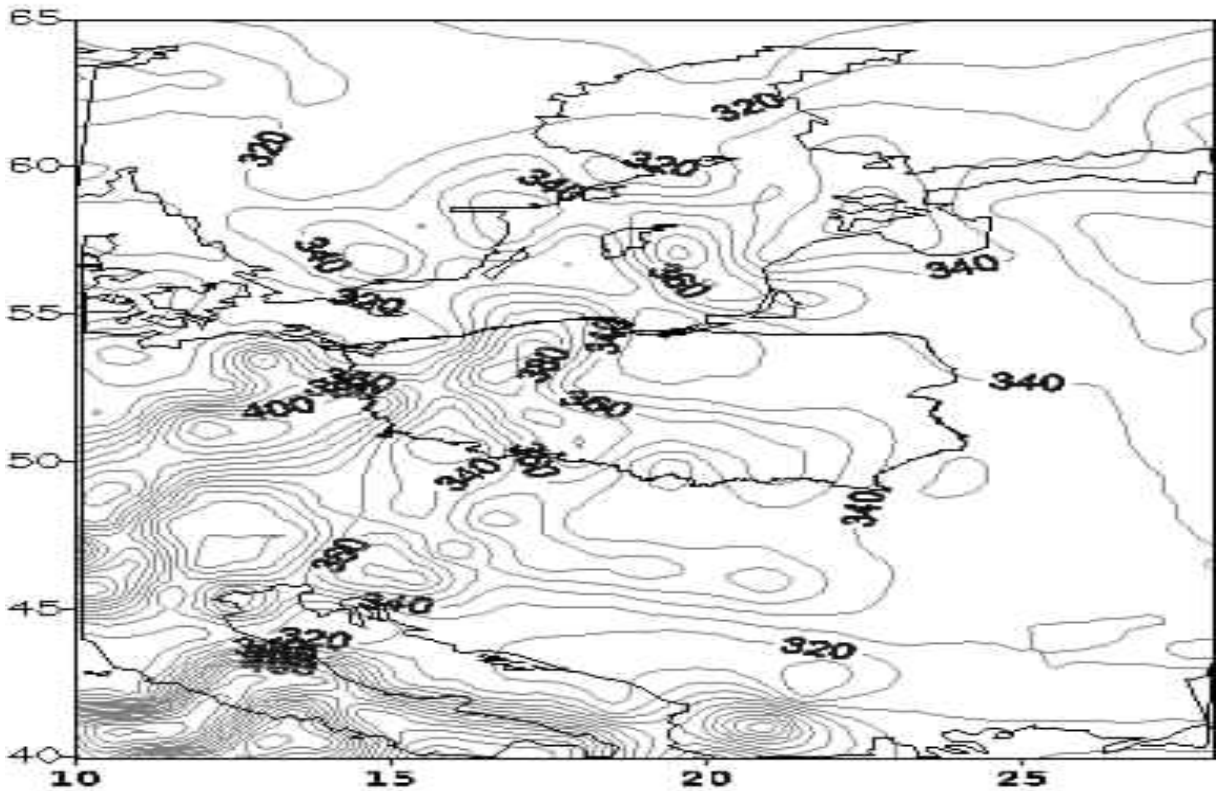
26.02.14 02:01 GMT

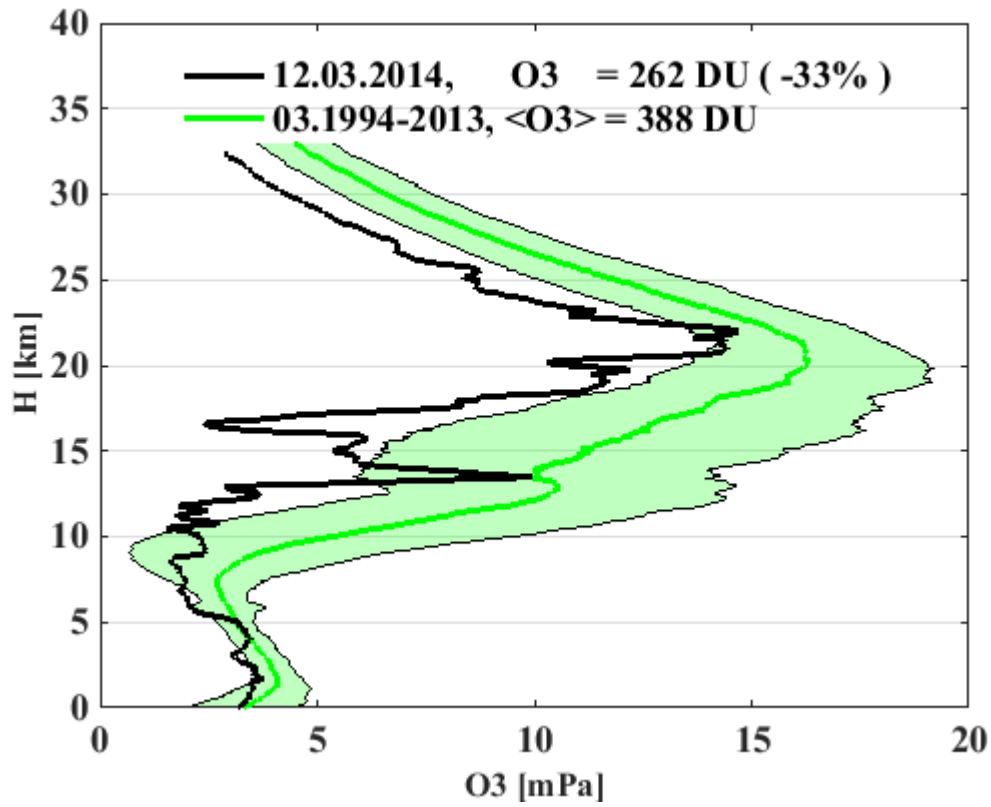




Calkowita zawartosc ozonu [D]

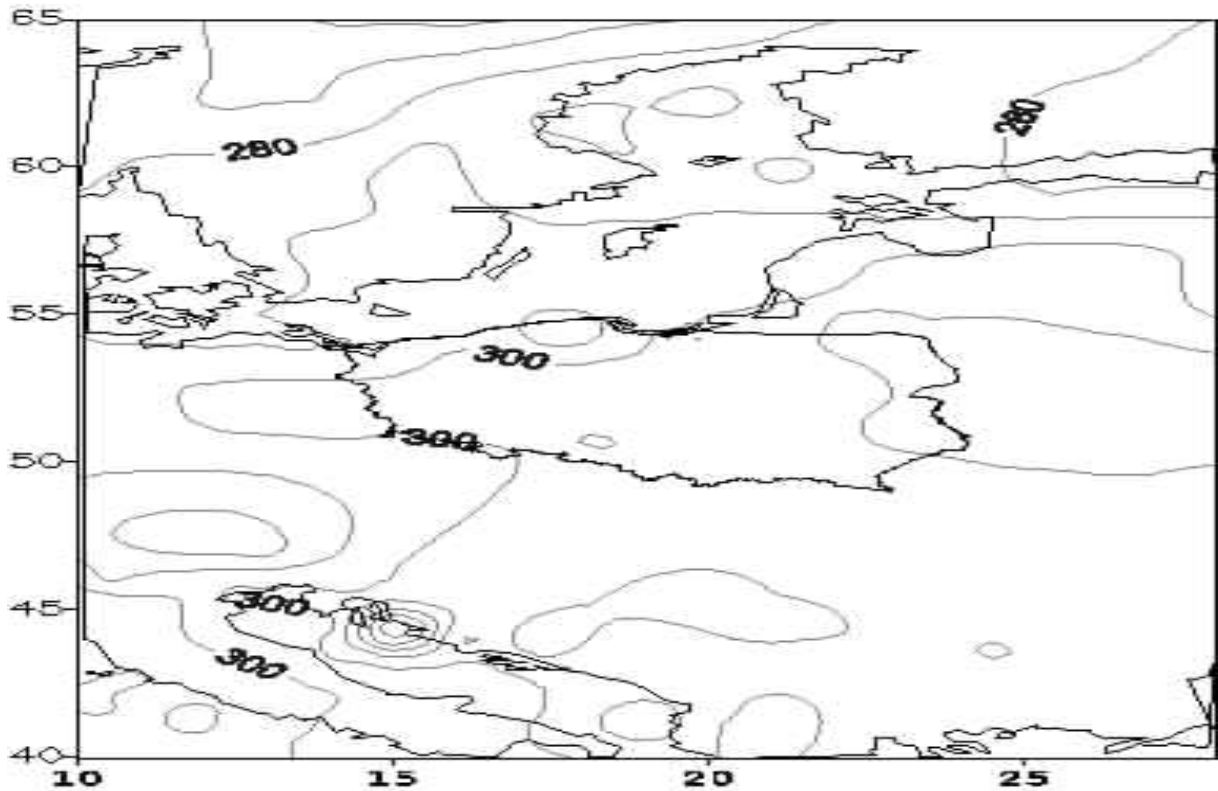
05.03.14 03:58 GMT

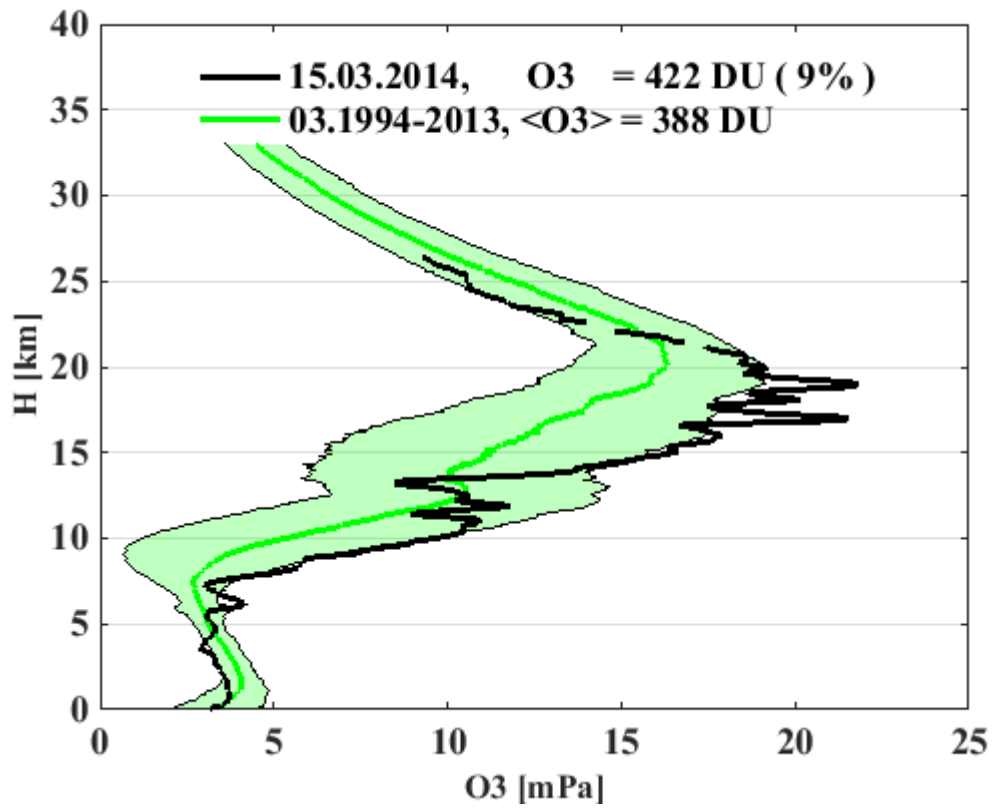




Calkowita zawartosc ozonu [D]

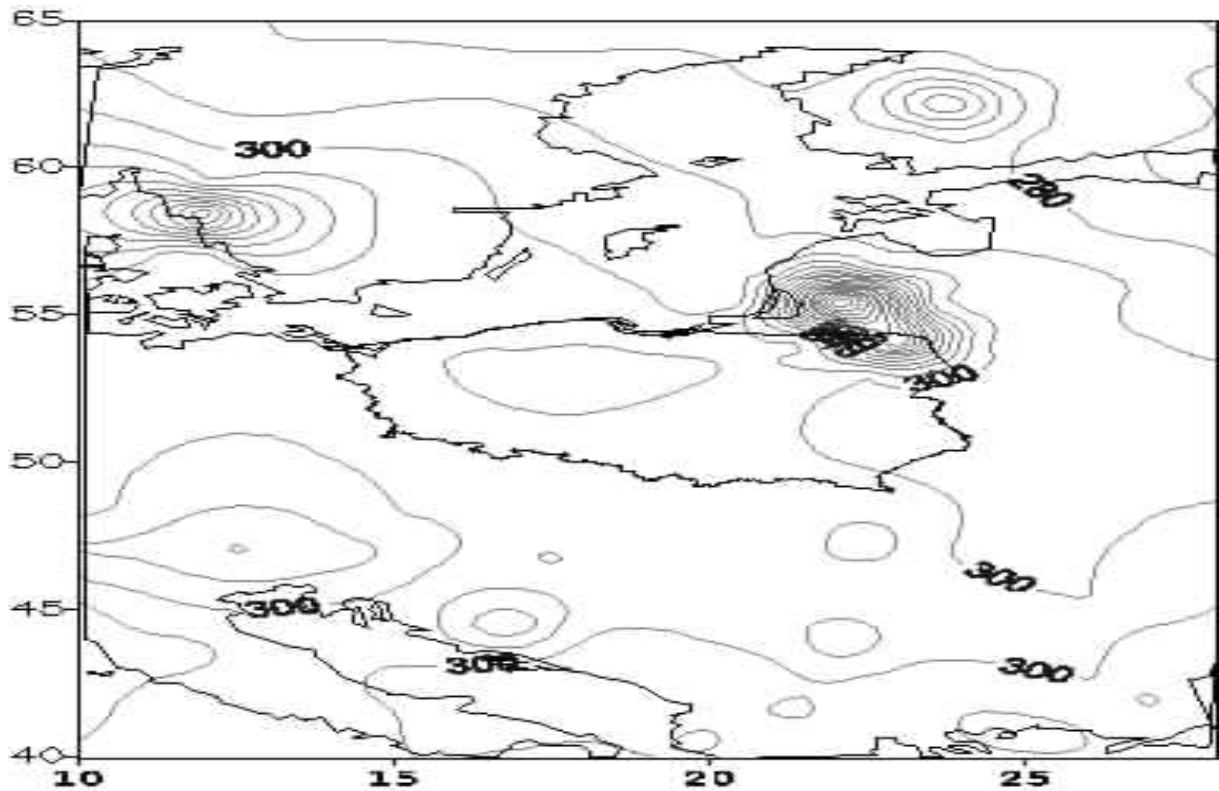
12.03.14 09:12 GMT

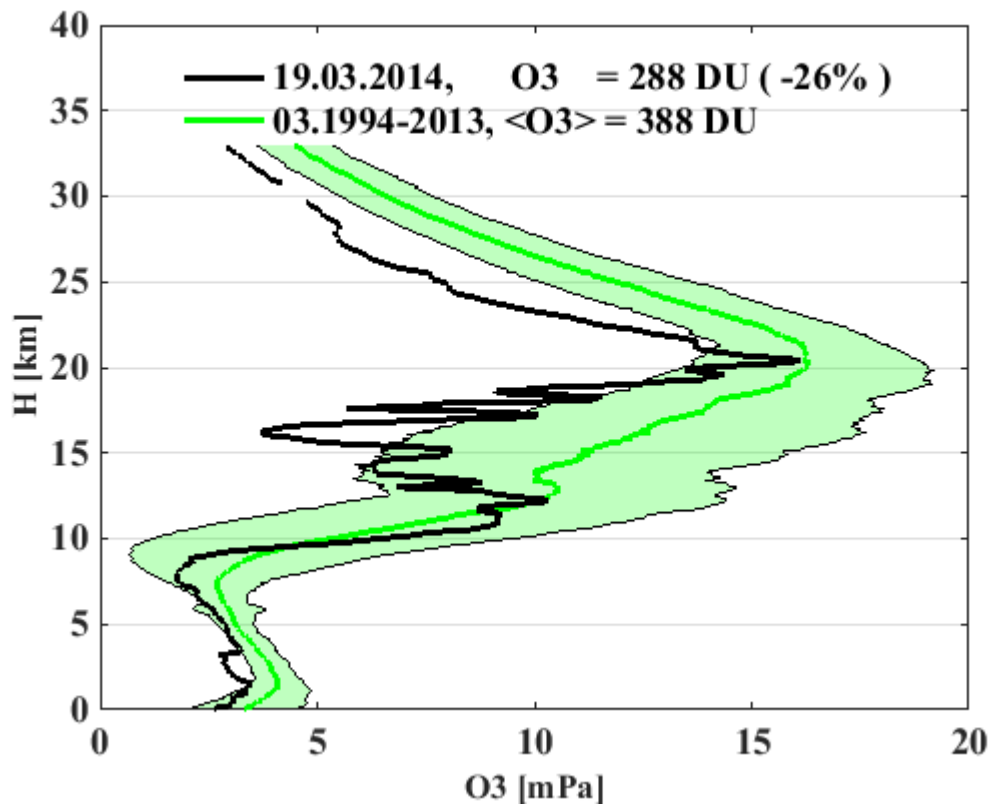




Calkowita zawartosc ozonu [D]

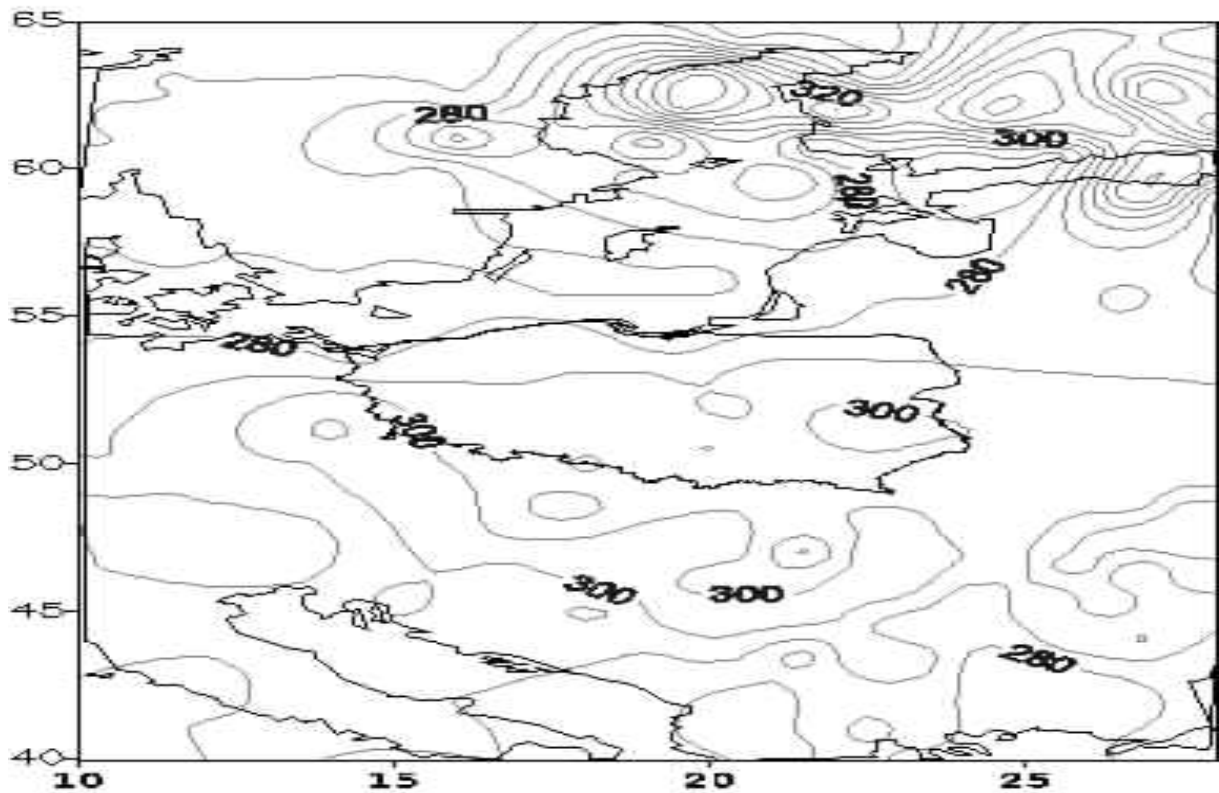
15.03.14 08:34 GMT

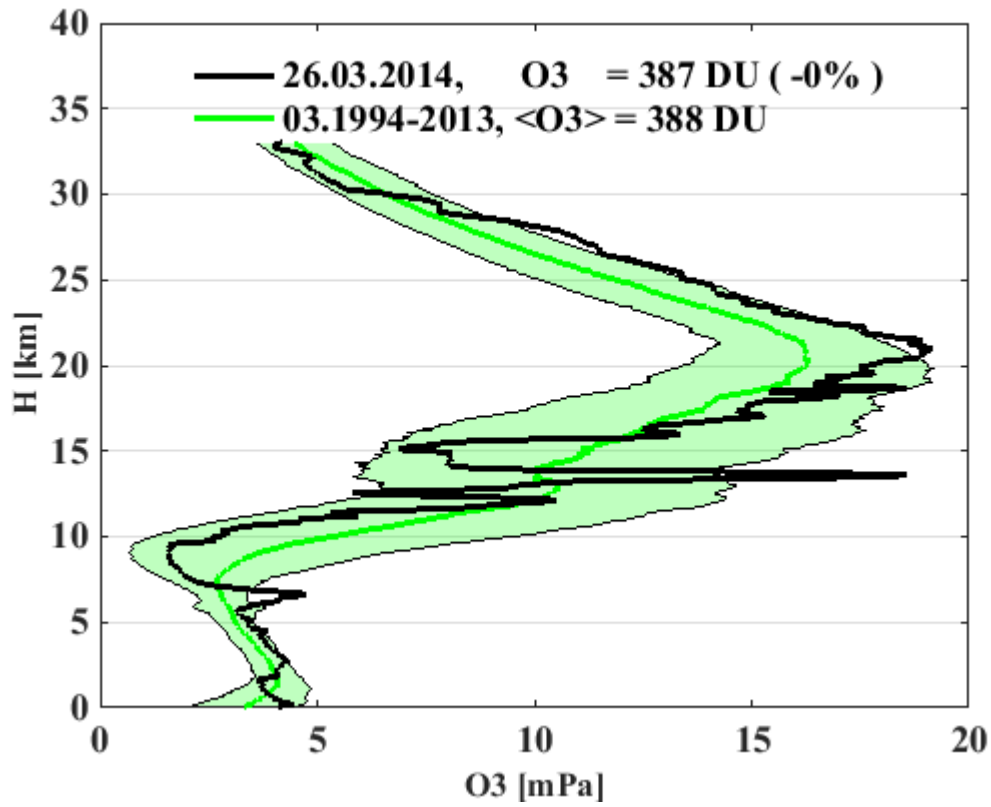




Calkowita zawartosc ozonu [D]

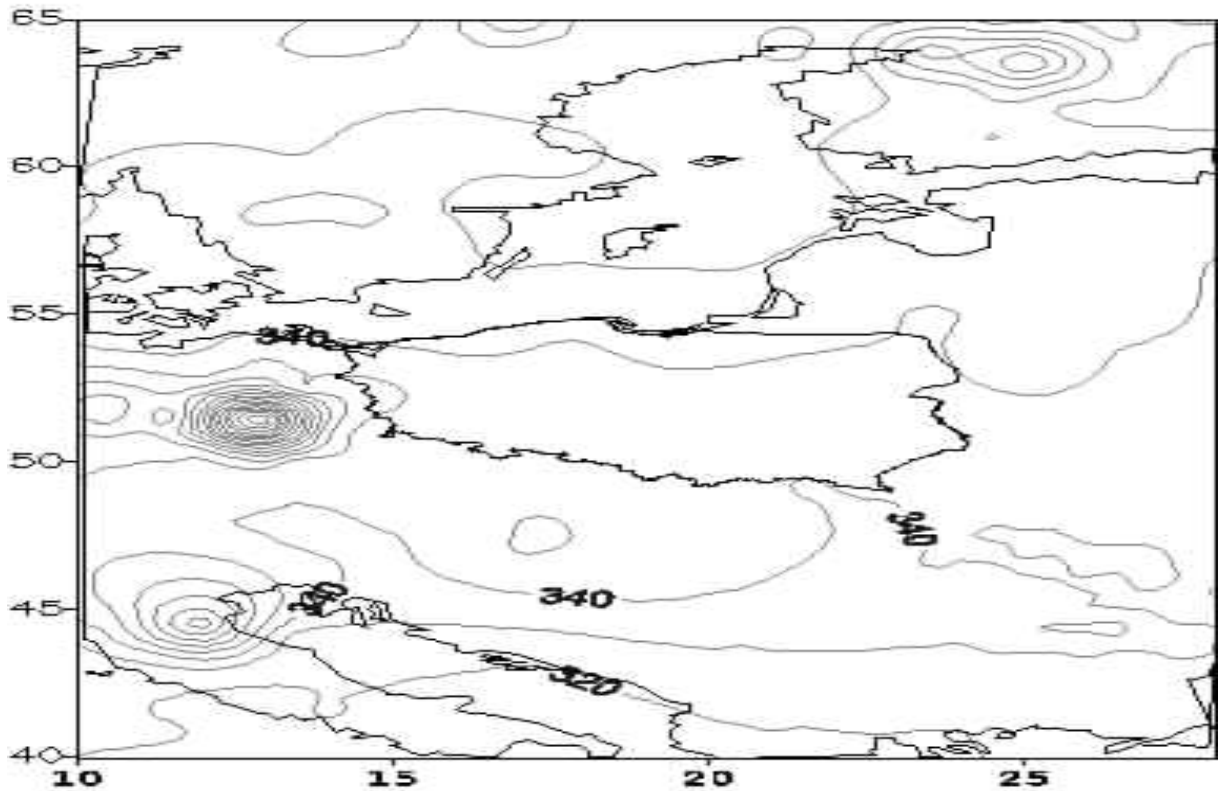
19.03.14 03:00 GMT

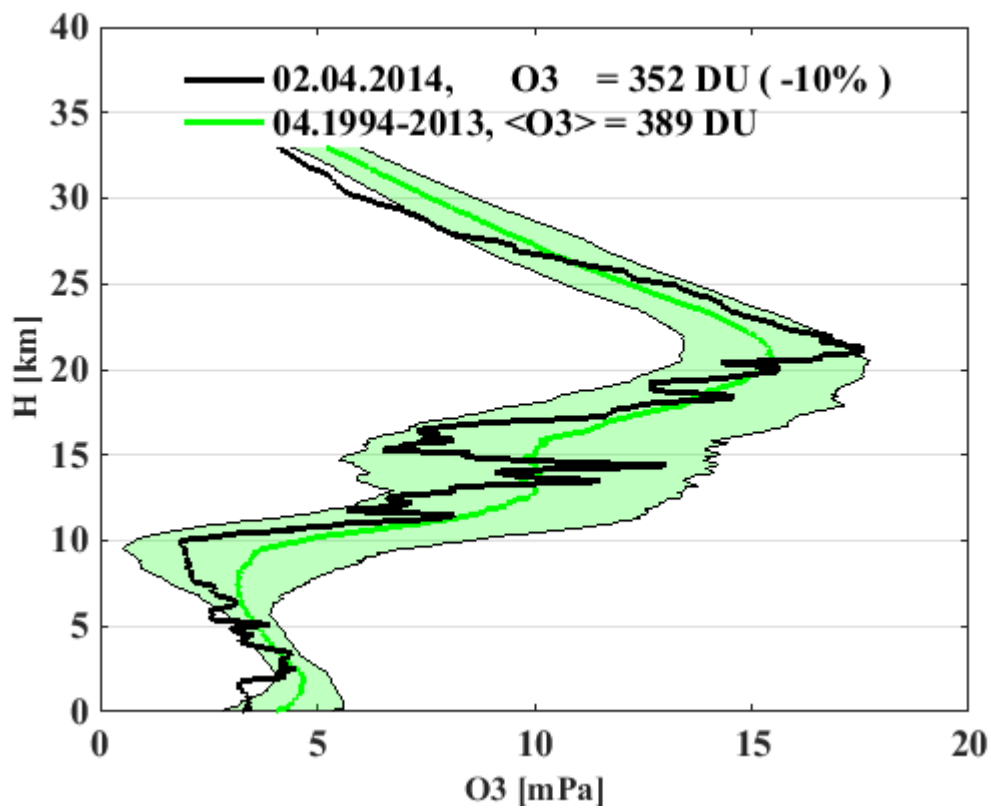




Calkowita zawartosc ozonu [D]

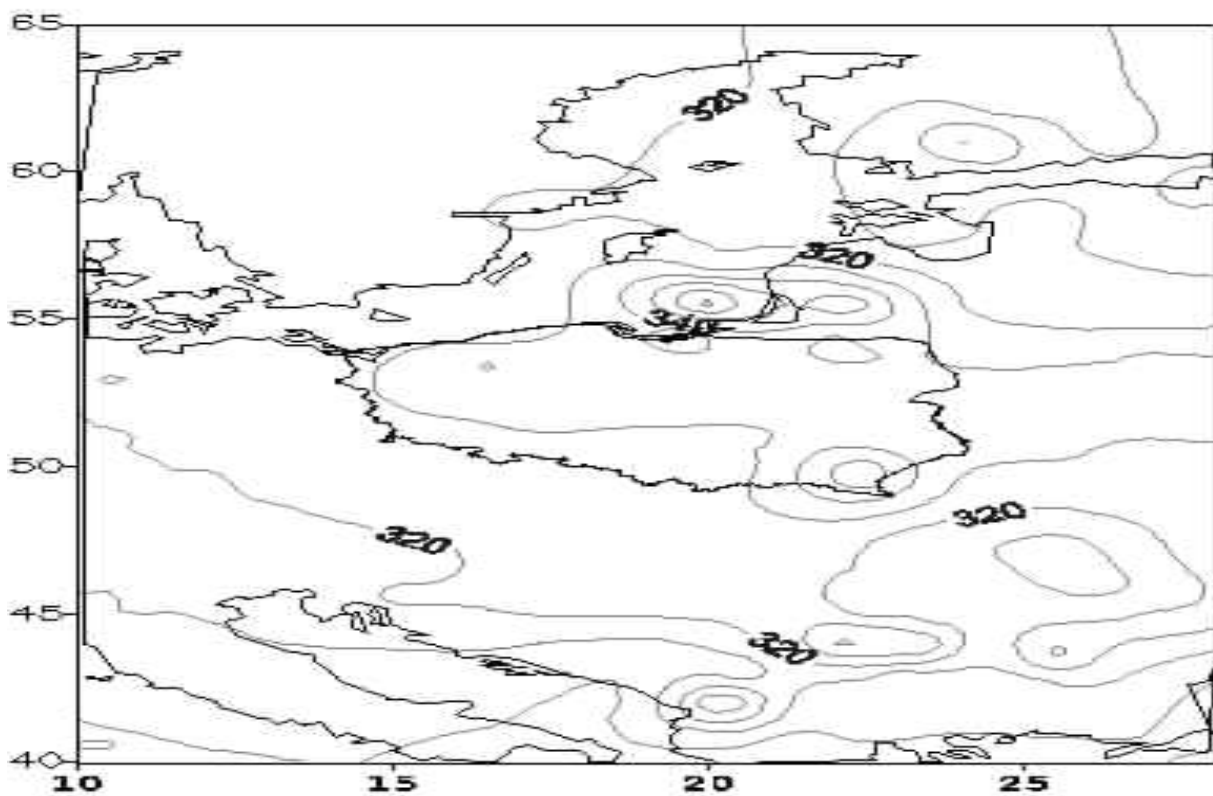
26.03.14 09:41 GMT

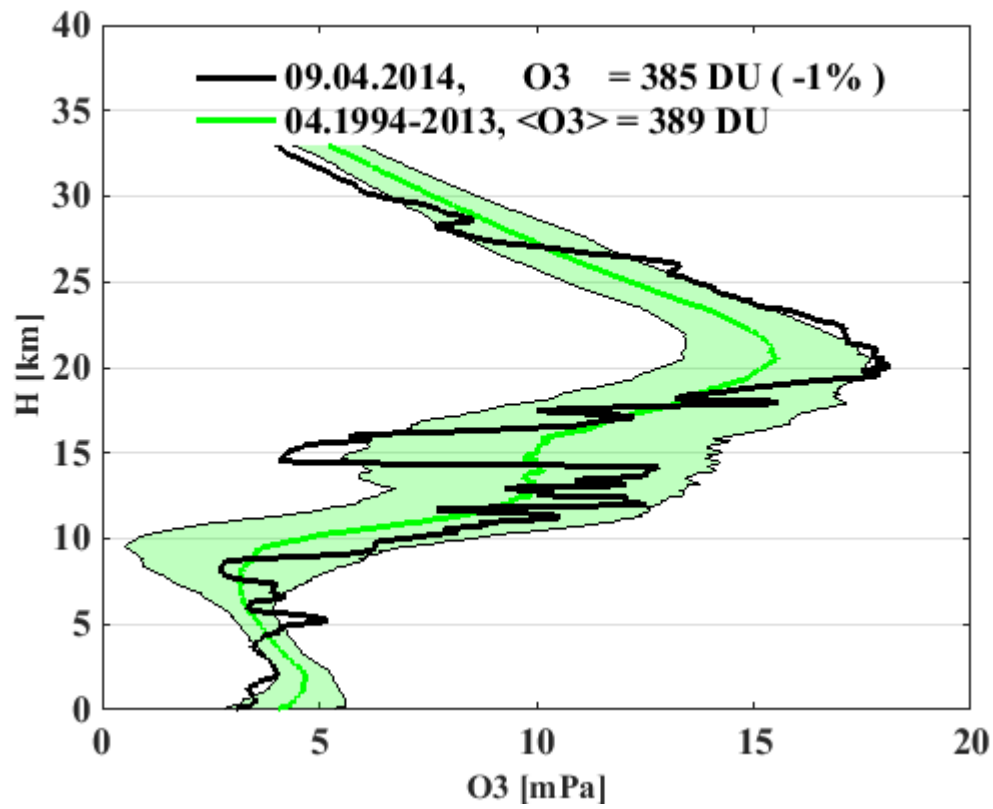




Calkowita zawartosc ozonu [D]

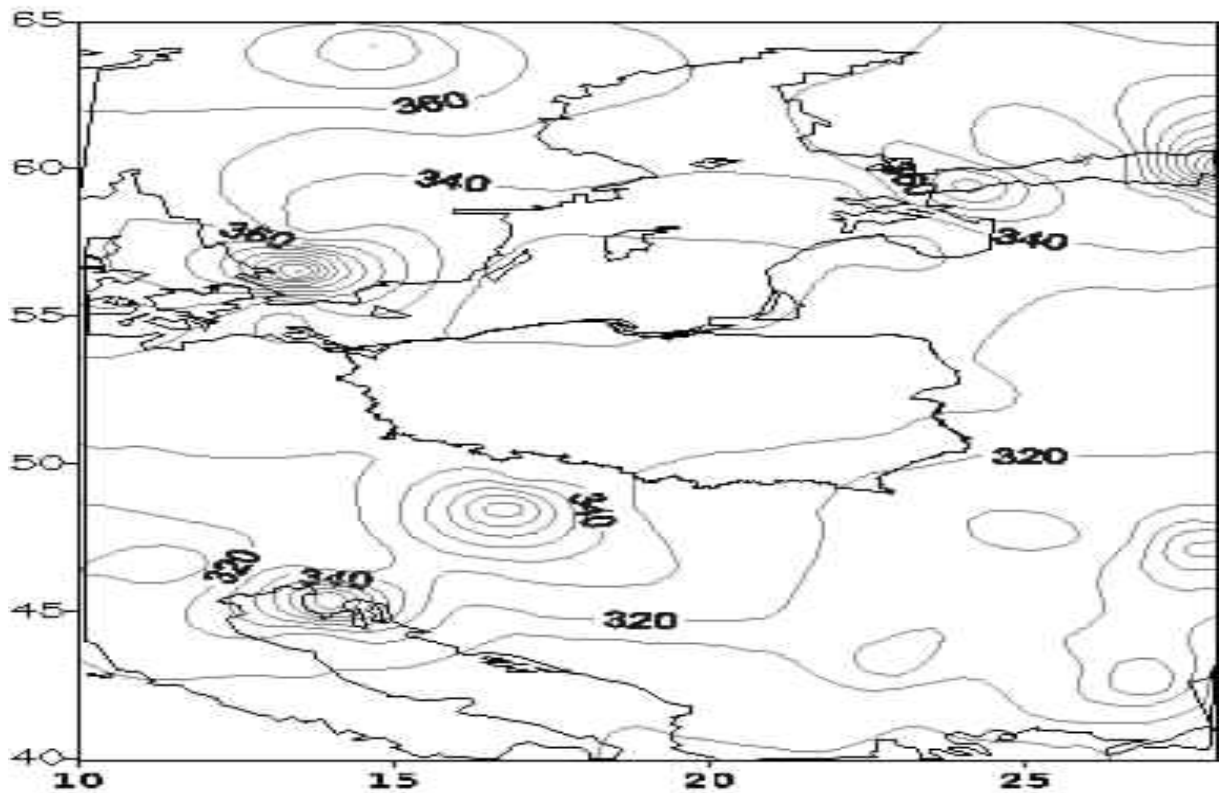
02.04.14 08:15 GMT

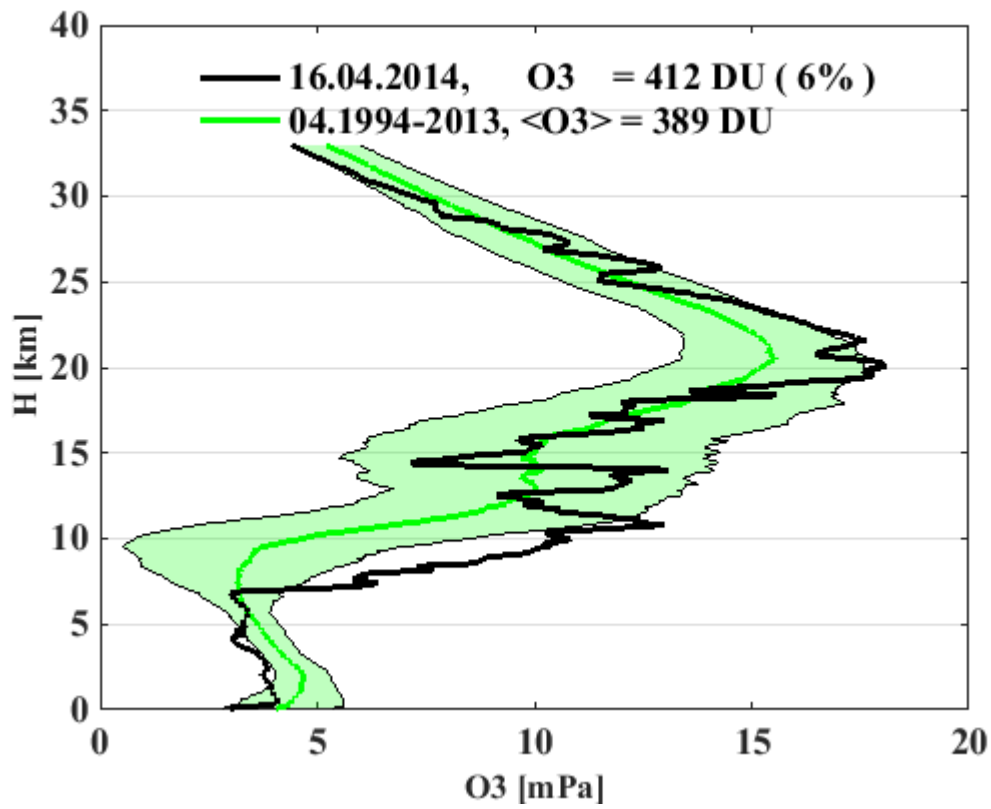




Calkowita zawartosc ozonu [D]

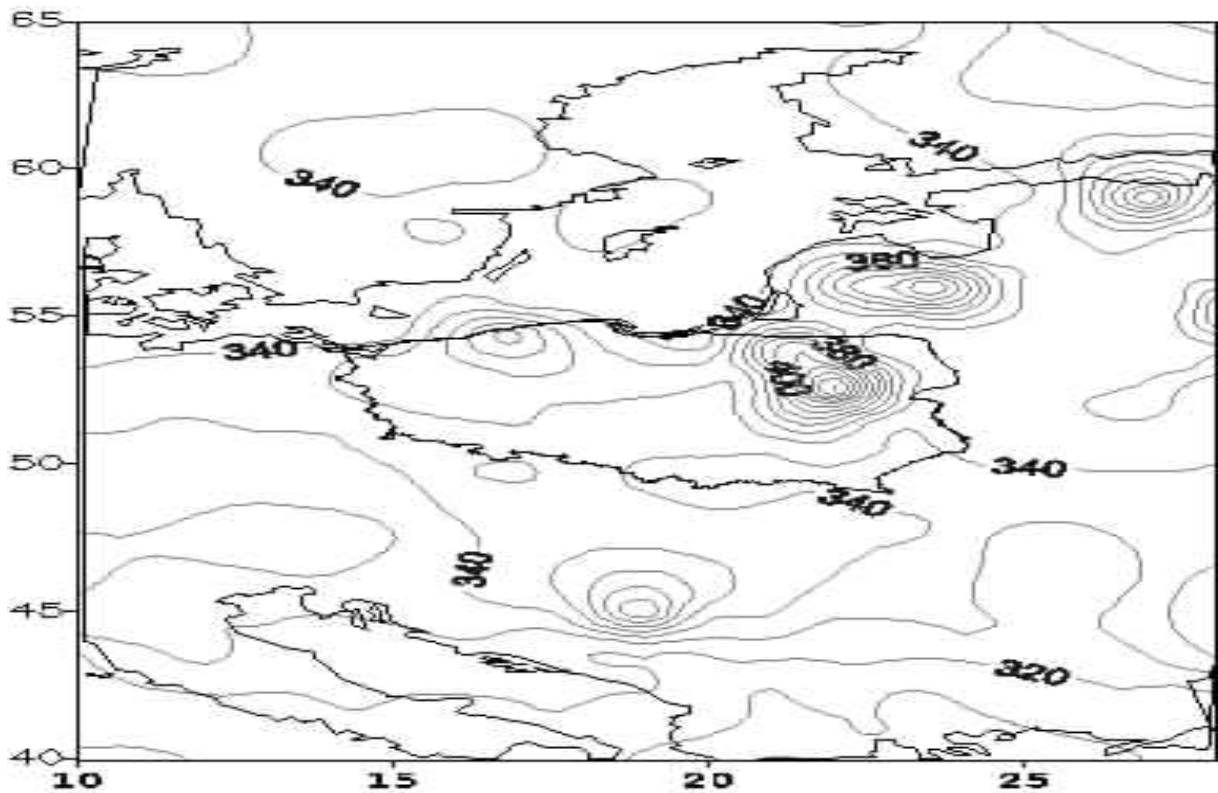
09.04.14 08:29 GMT

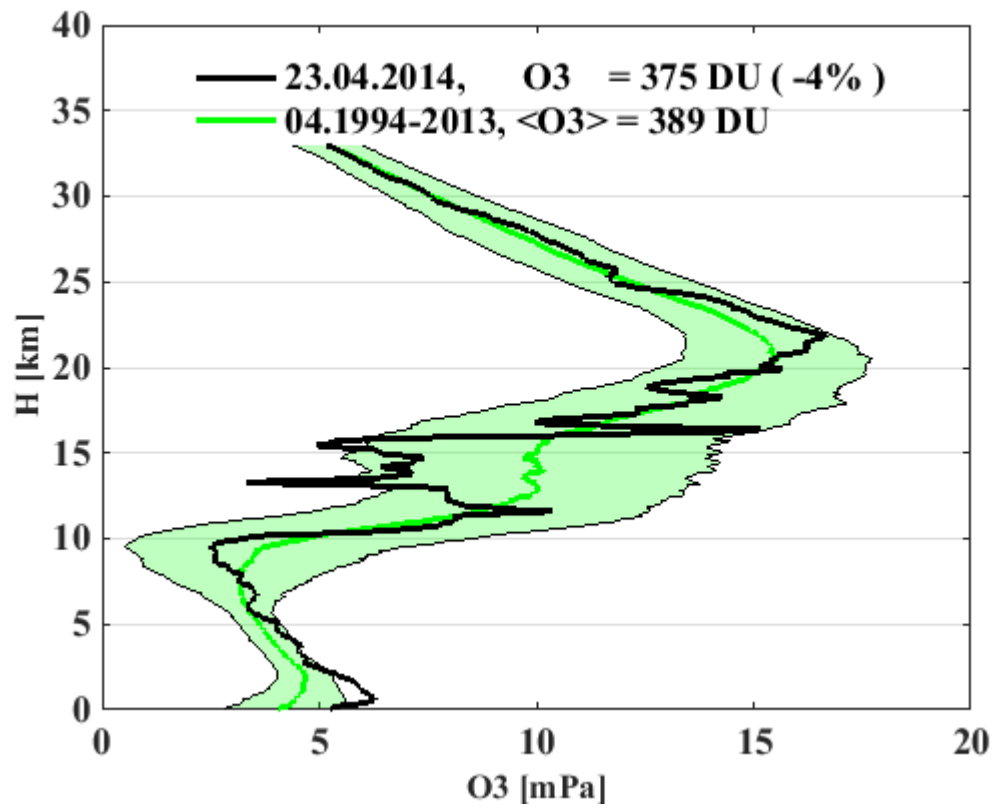




Calkowita zawartosc ozonu [D]

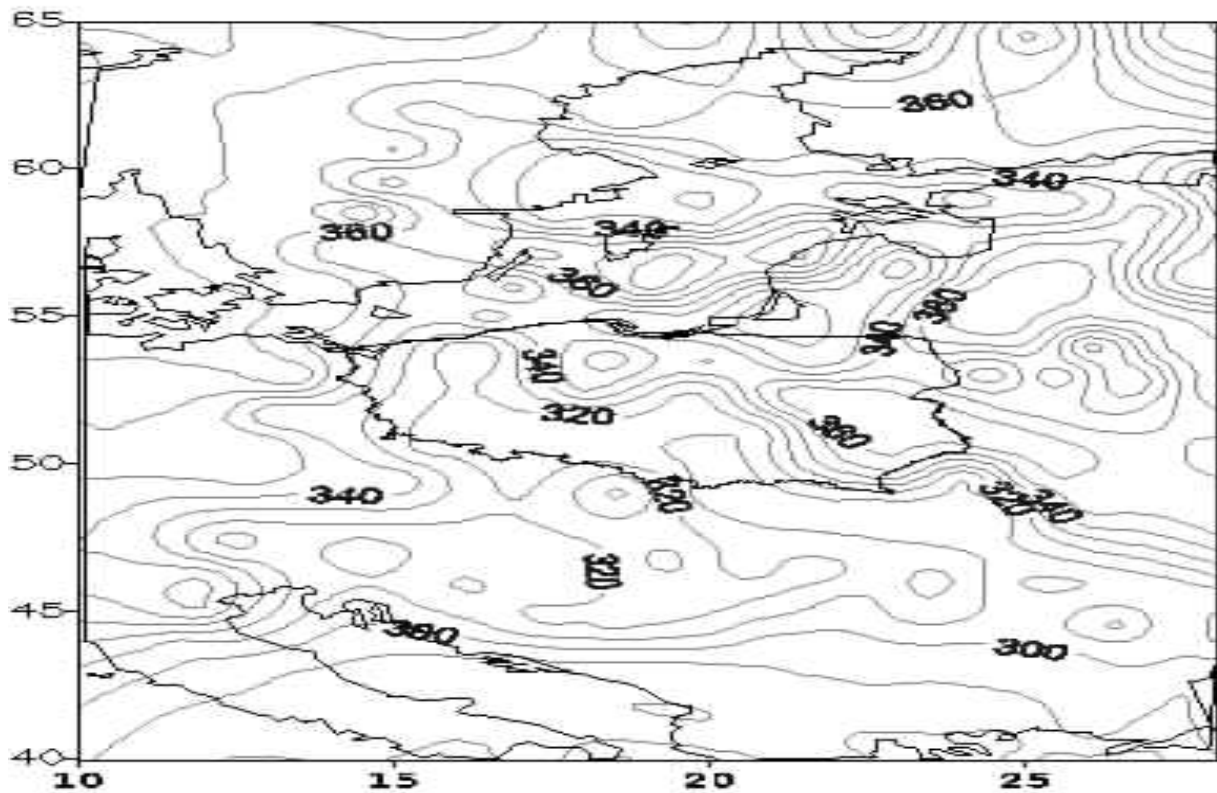
16.04.14 08:44 GMT

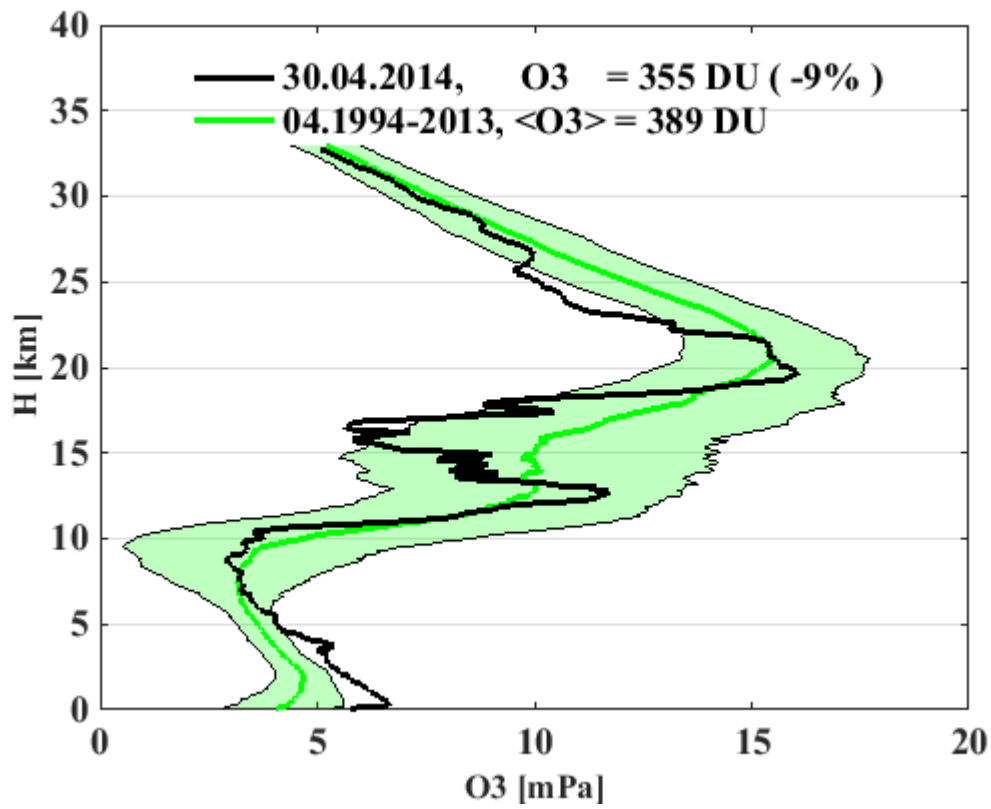




Calkowita zawartosc ozonu [D]

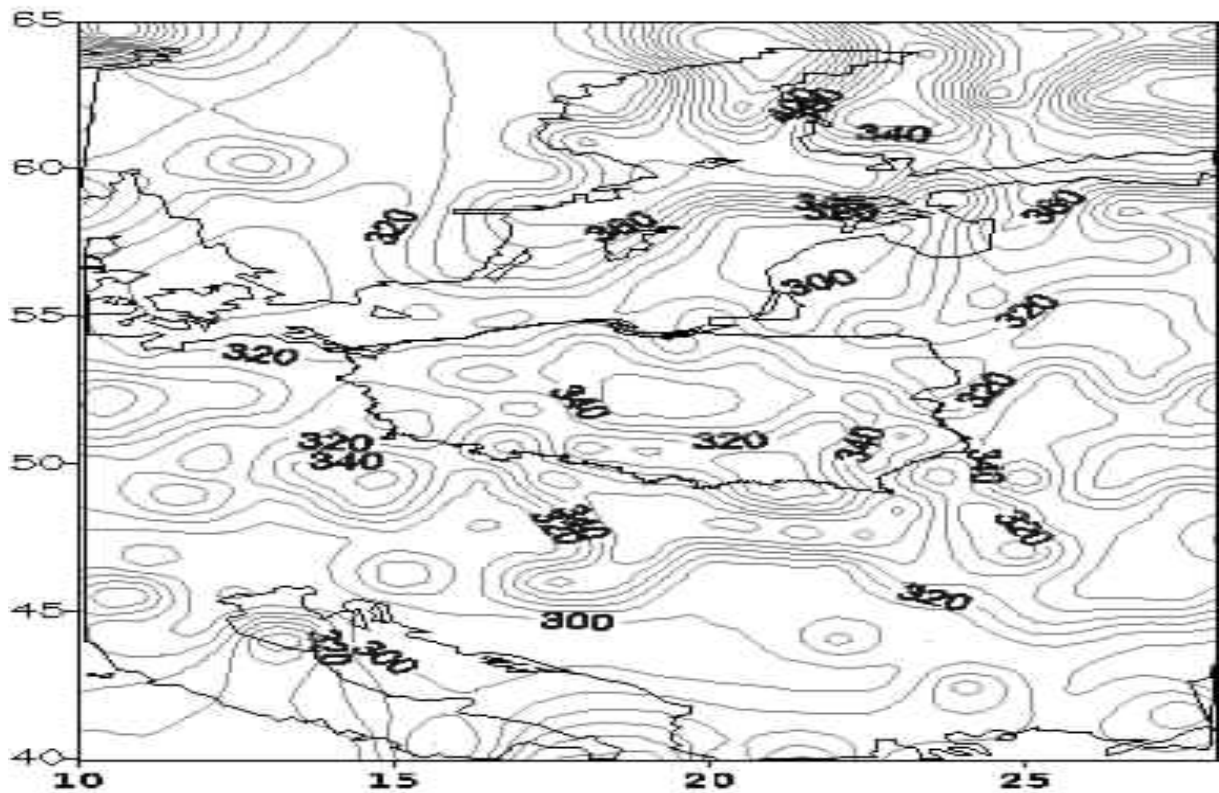
23.04.14 03:08 GMT

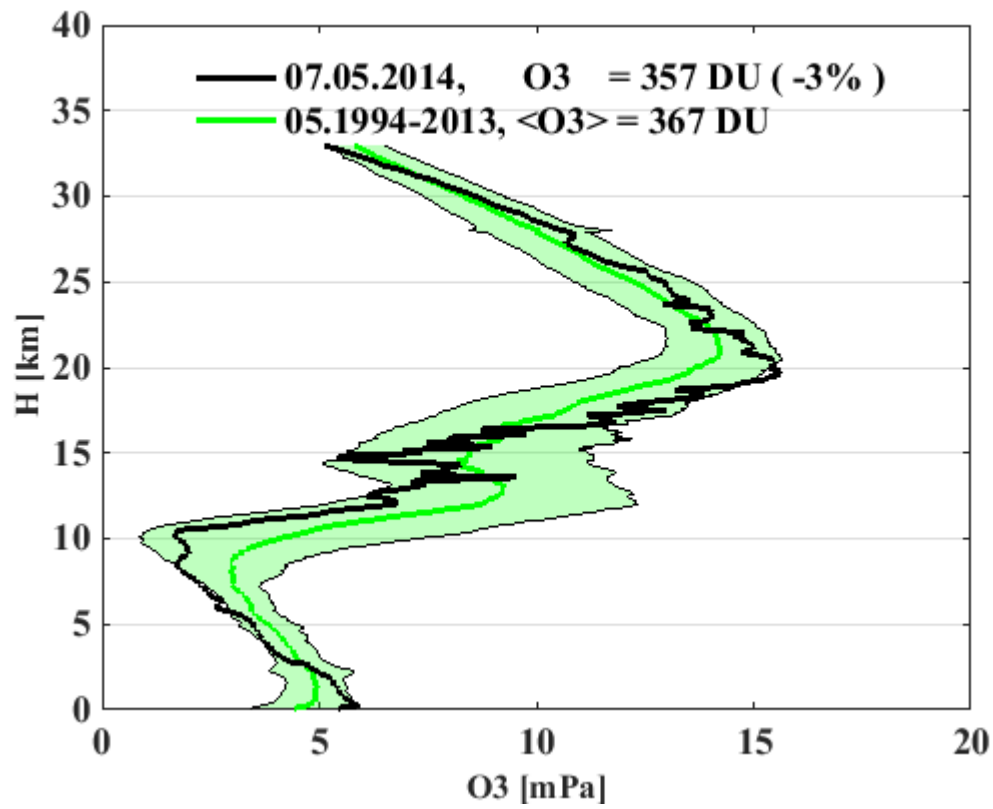




Calkowita zawartosc ozonu [D]

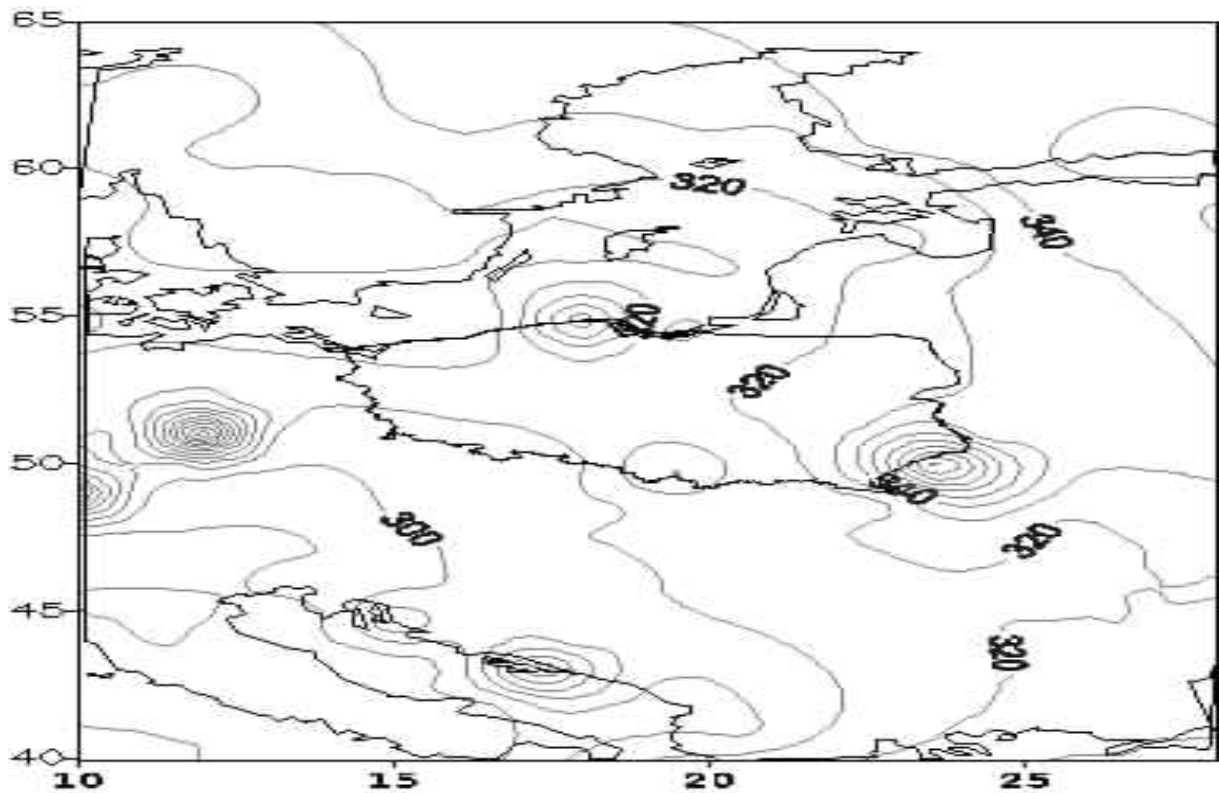
30.04.14 03:30 GMT

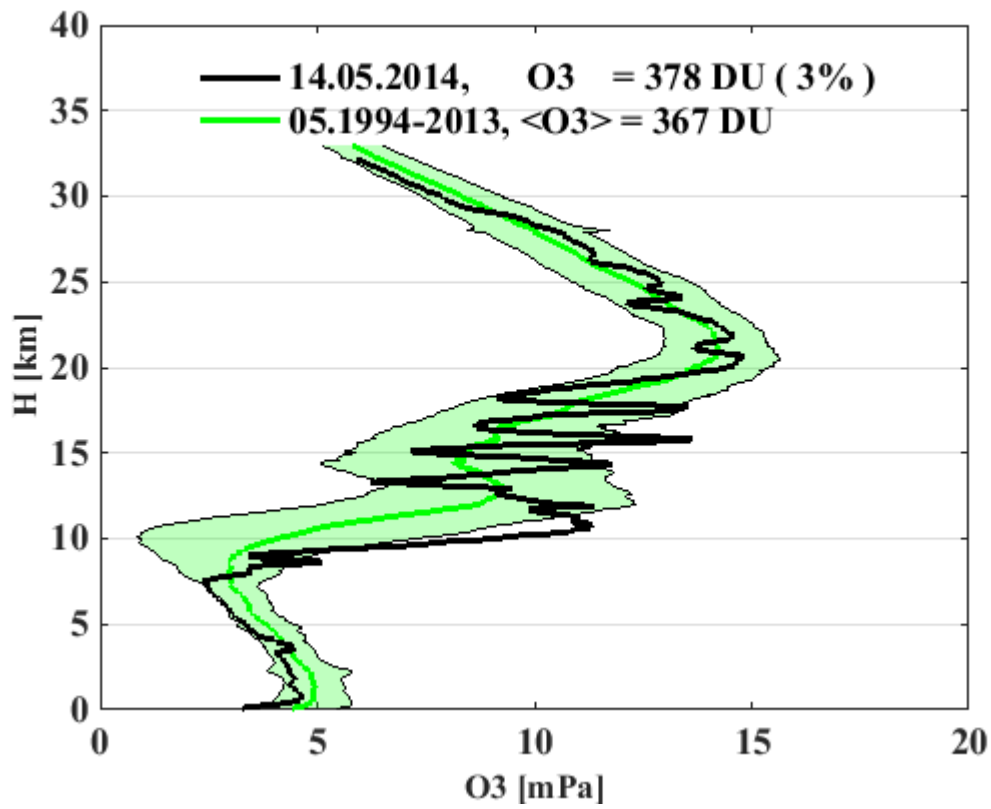




Calkowita zawartosc ozonu [D]

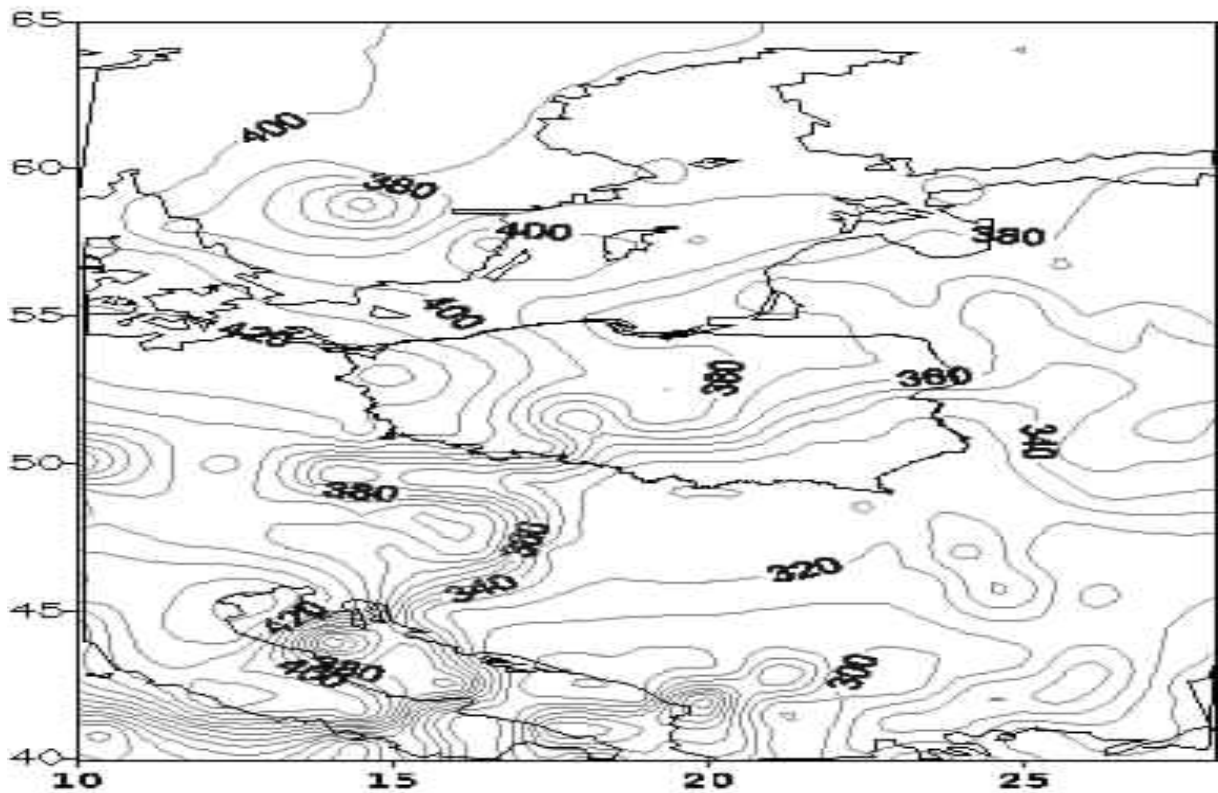
07.05.14 09:29 GMT

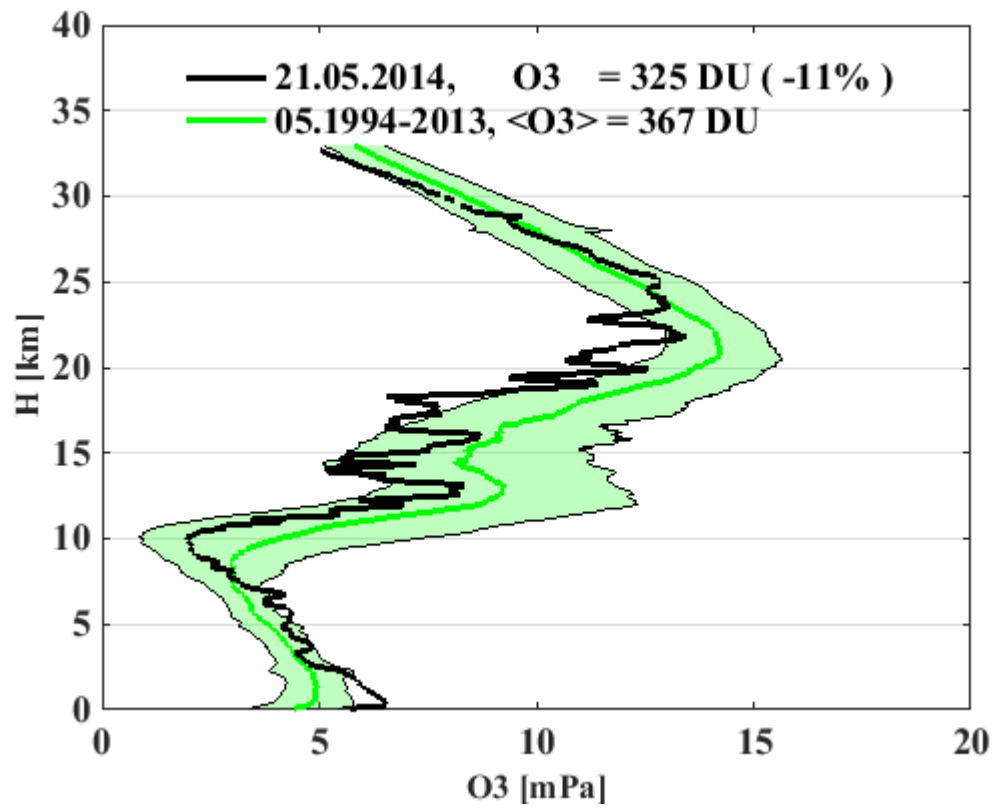




Calkowita zawartosc ozonu [D]

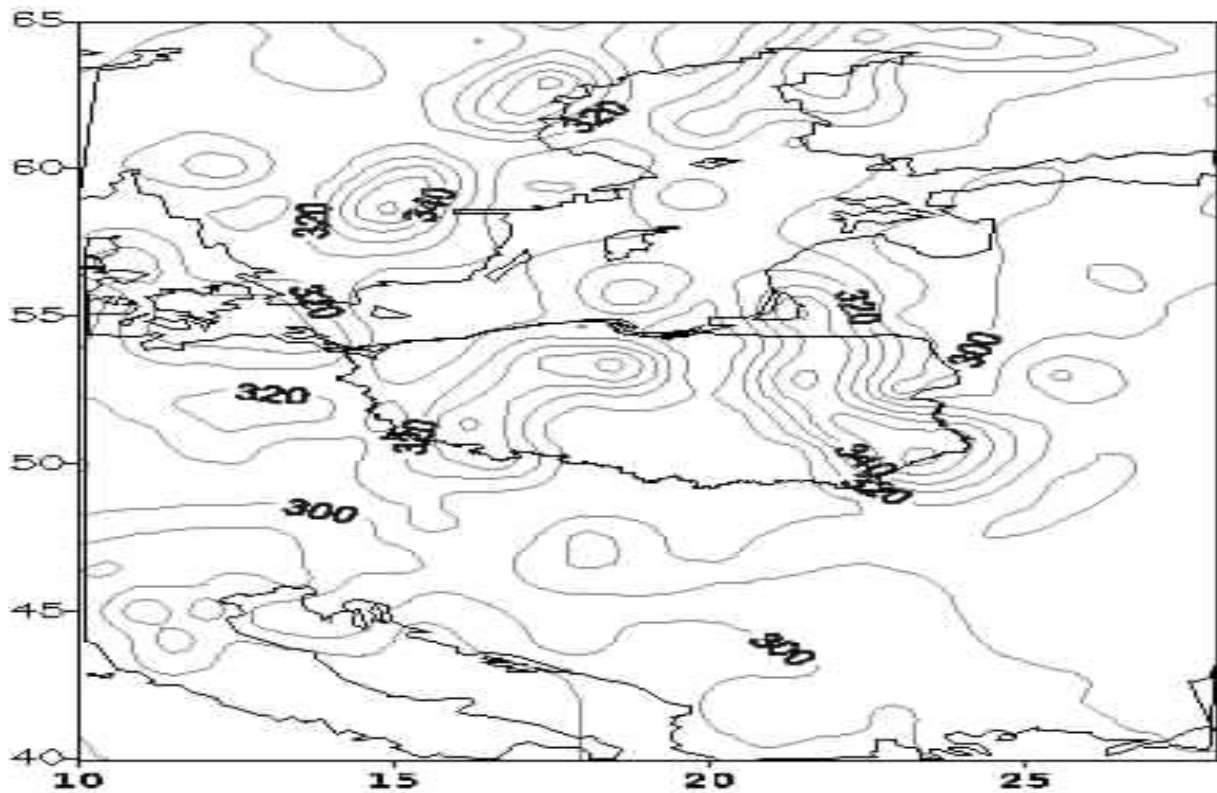
14.05.14 08:48 GMT

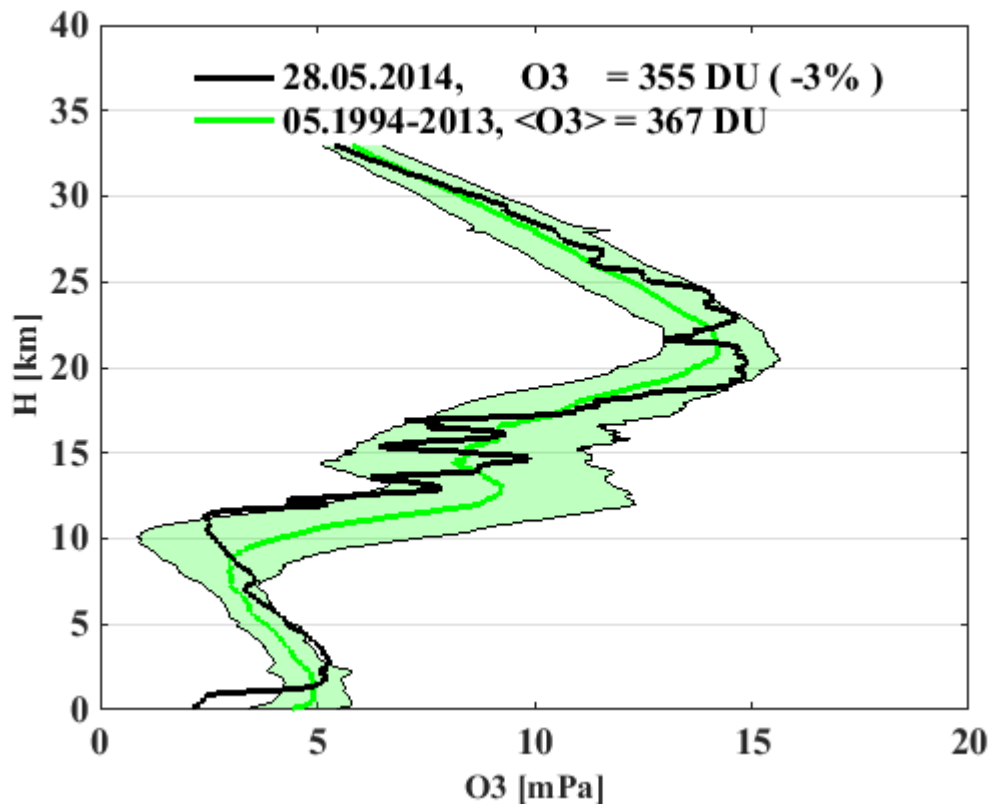




Calkowita zawartosc ozonu [D]

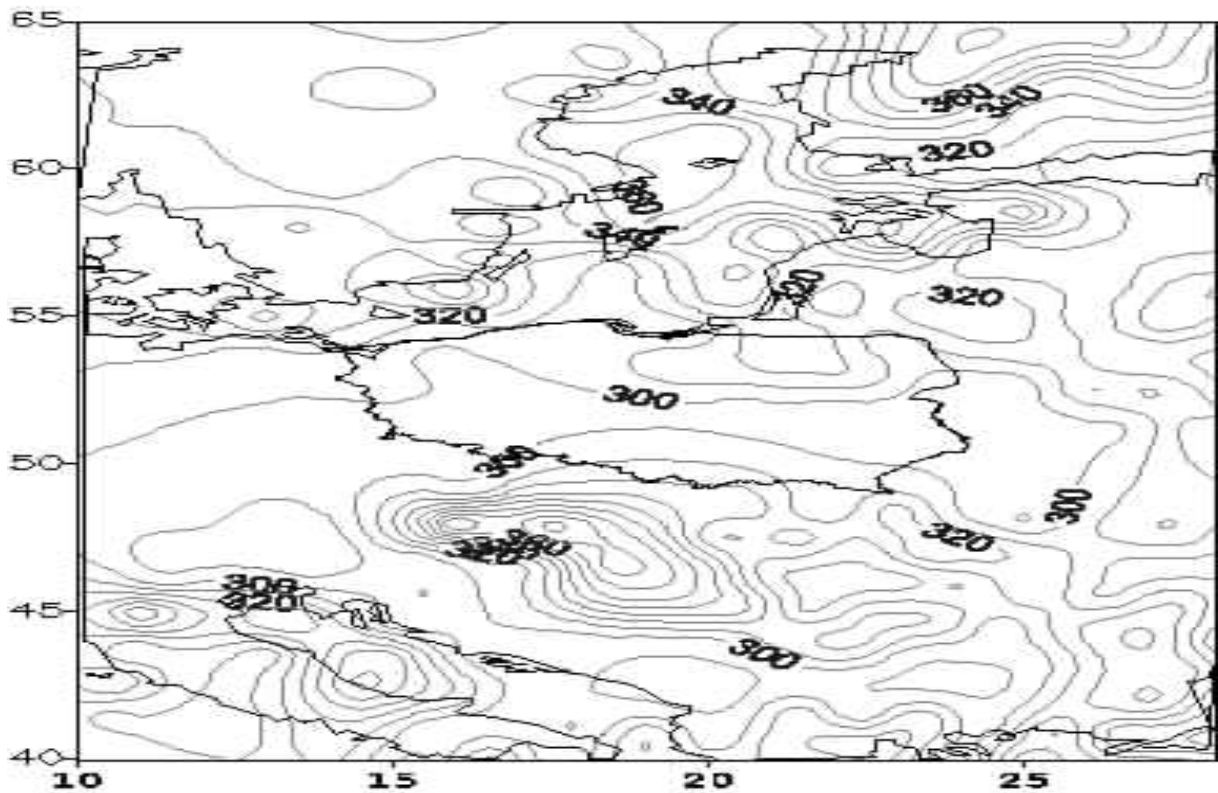
21.05.14 01:41 GMT

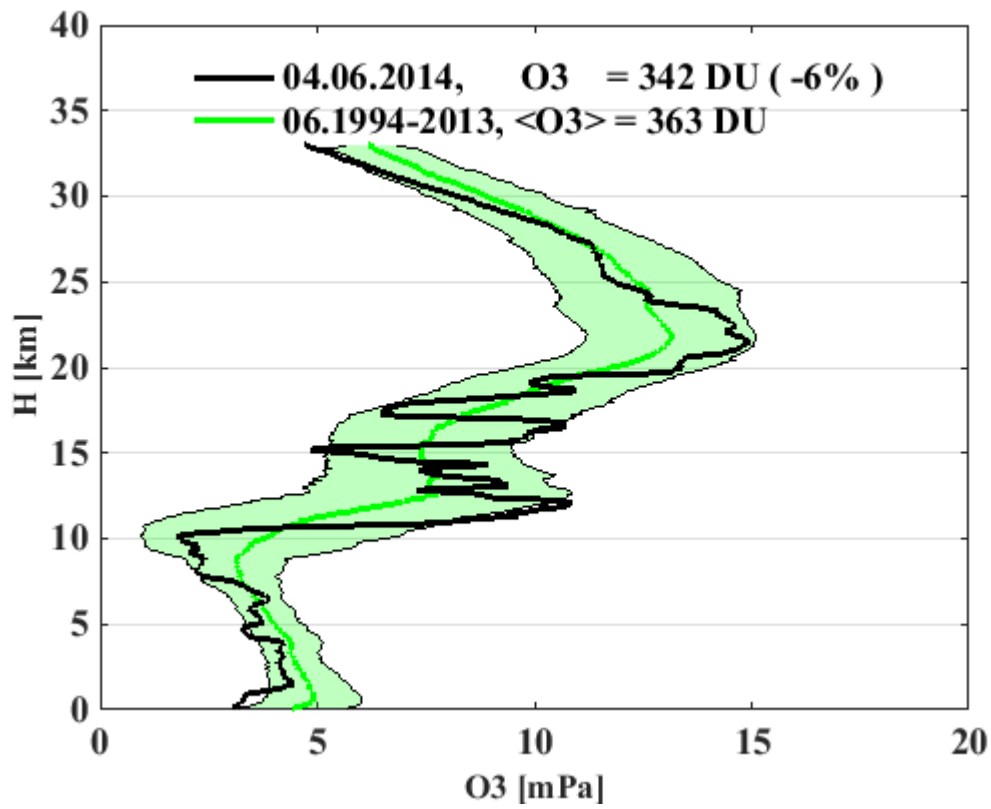




Calkowita zawartosc ozonu [D]

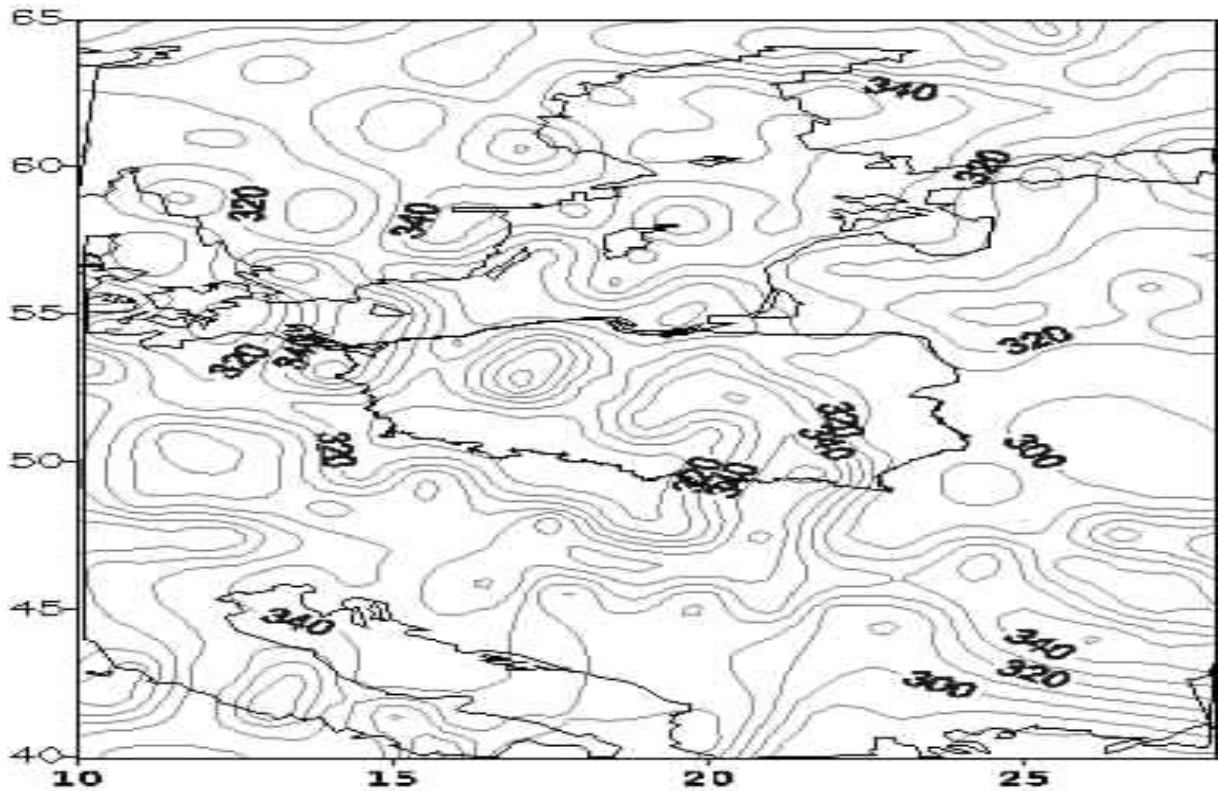
28.05.14 03:15 GMT

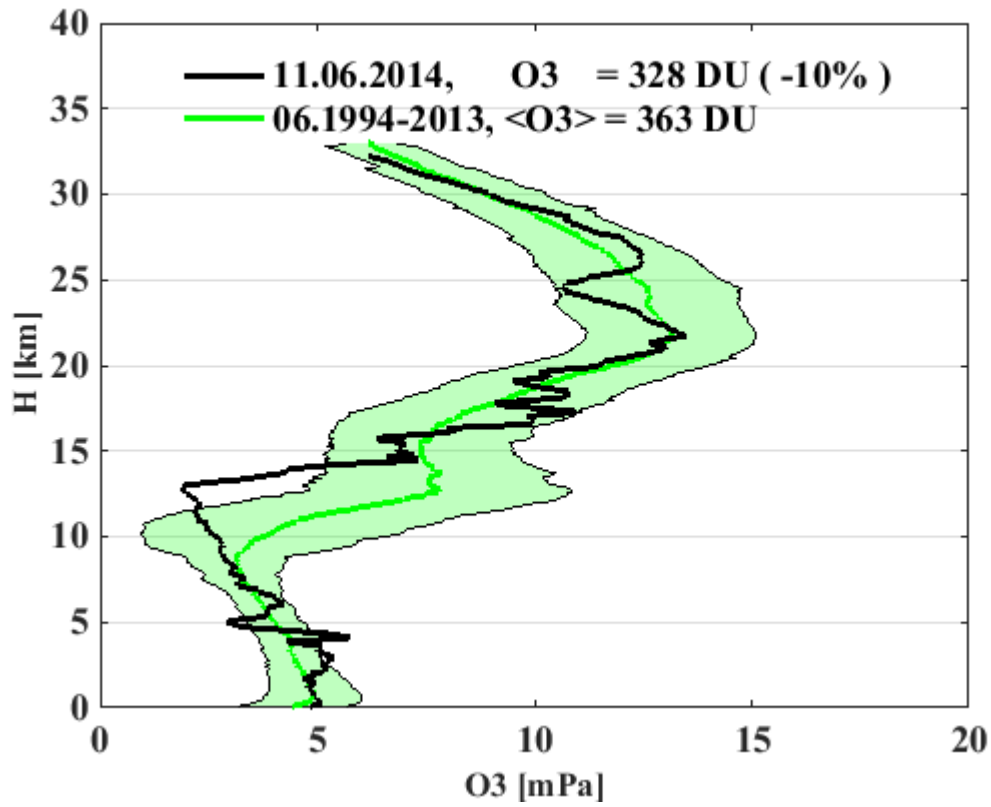




Calkowita zawartosc ozonu [D]

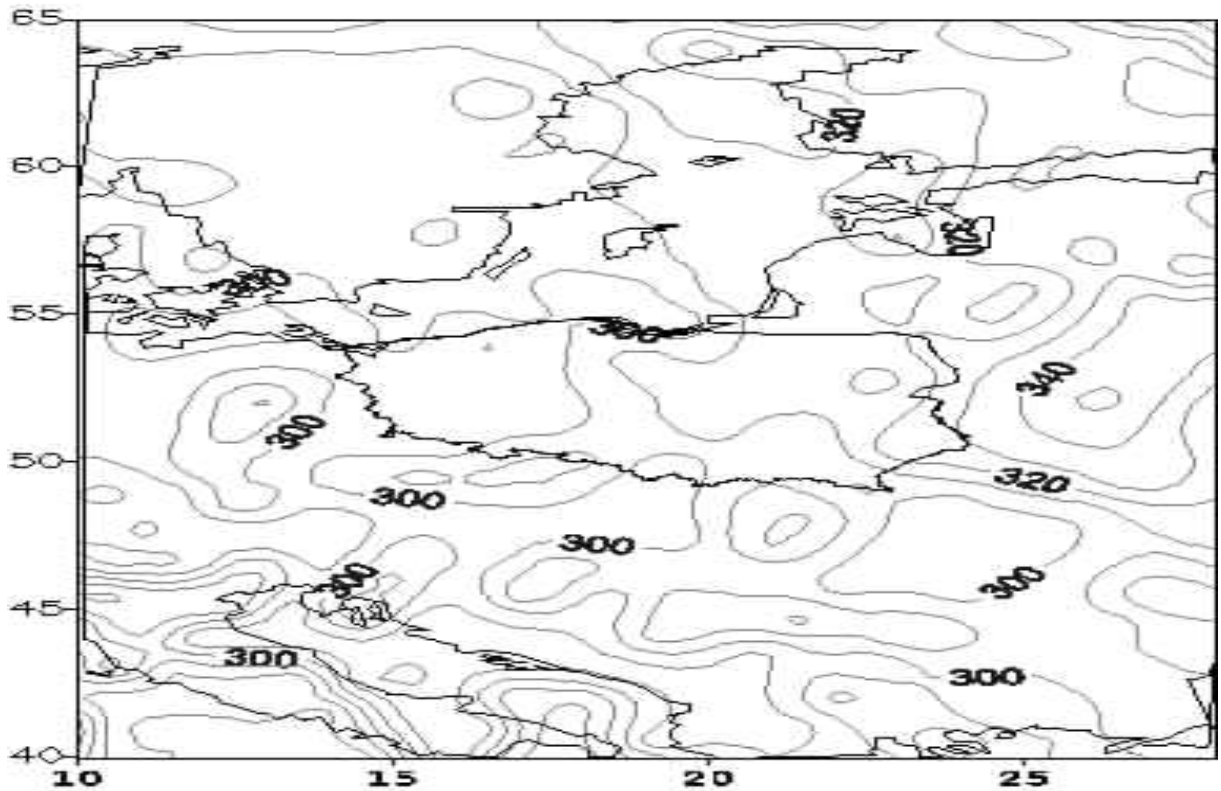
04.08.14 03:37 GMT

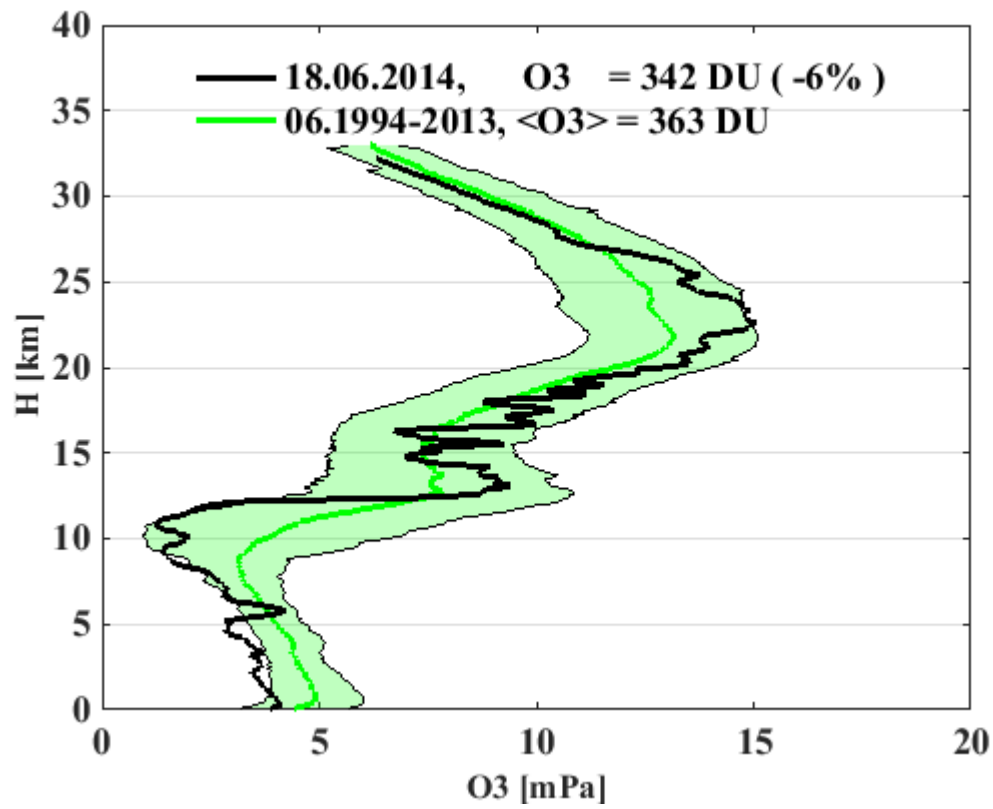




Calkowita zawartosc ozonu [D]

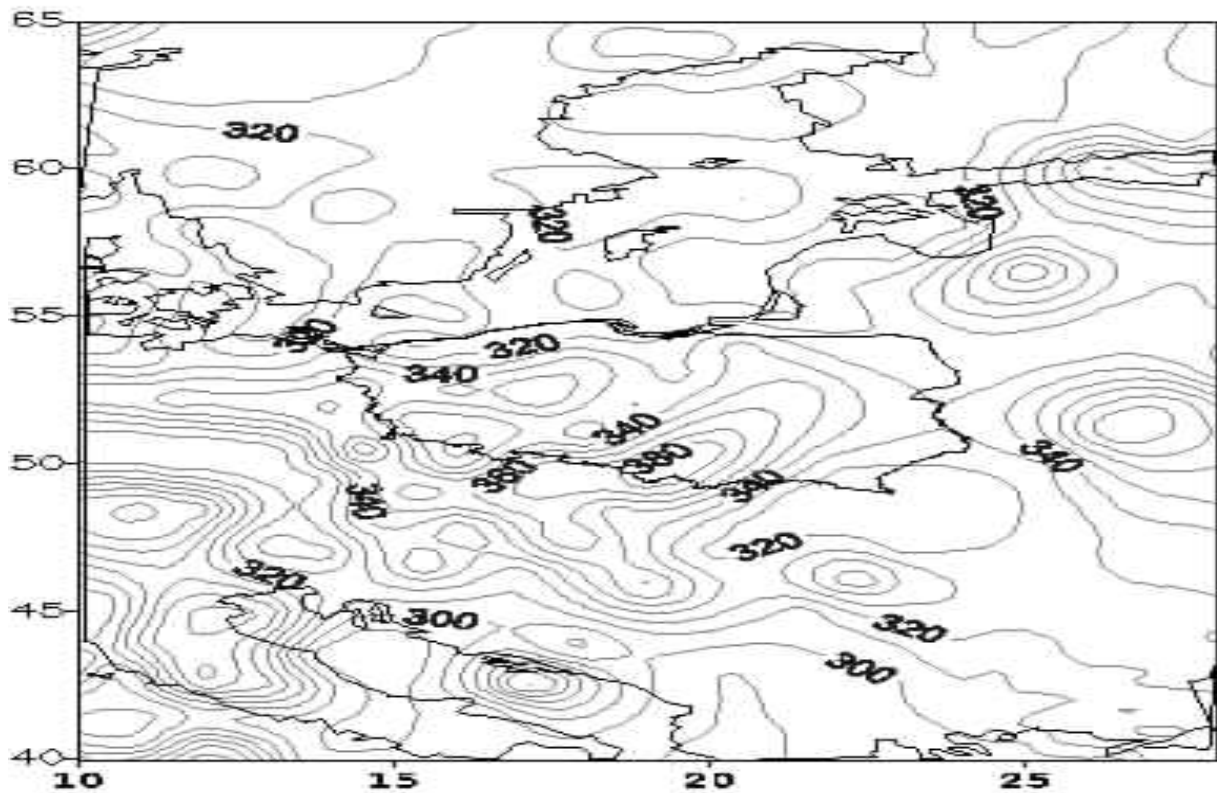
11.08.14 03:59 GMT

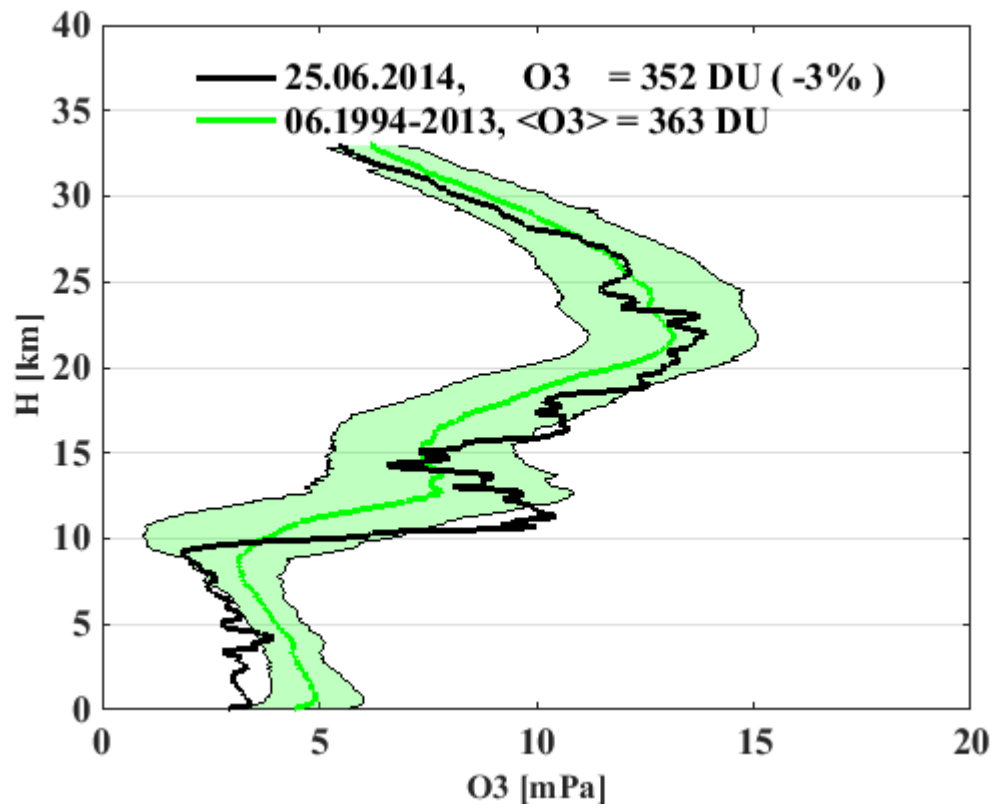




Calkowita zawartosc ozonu [D]

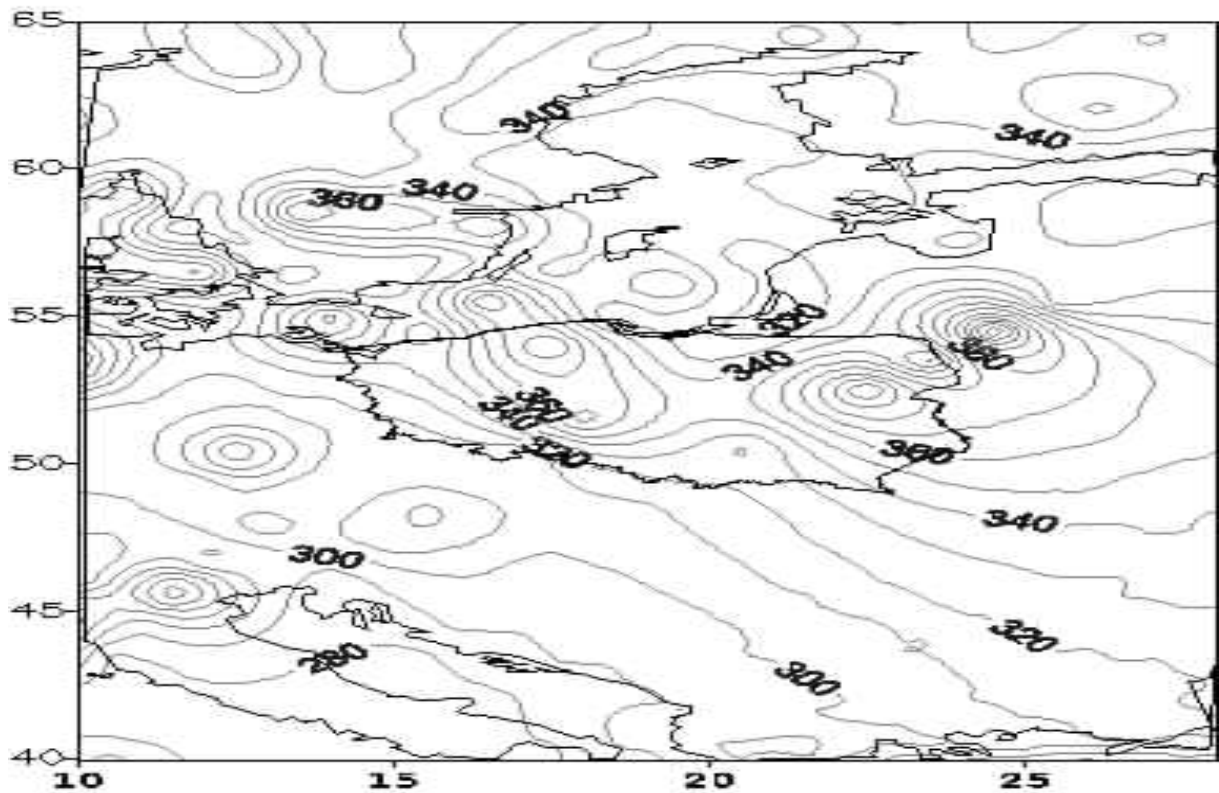
18.08.14 04:21 GMT

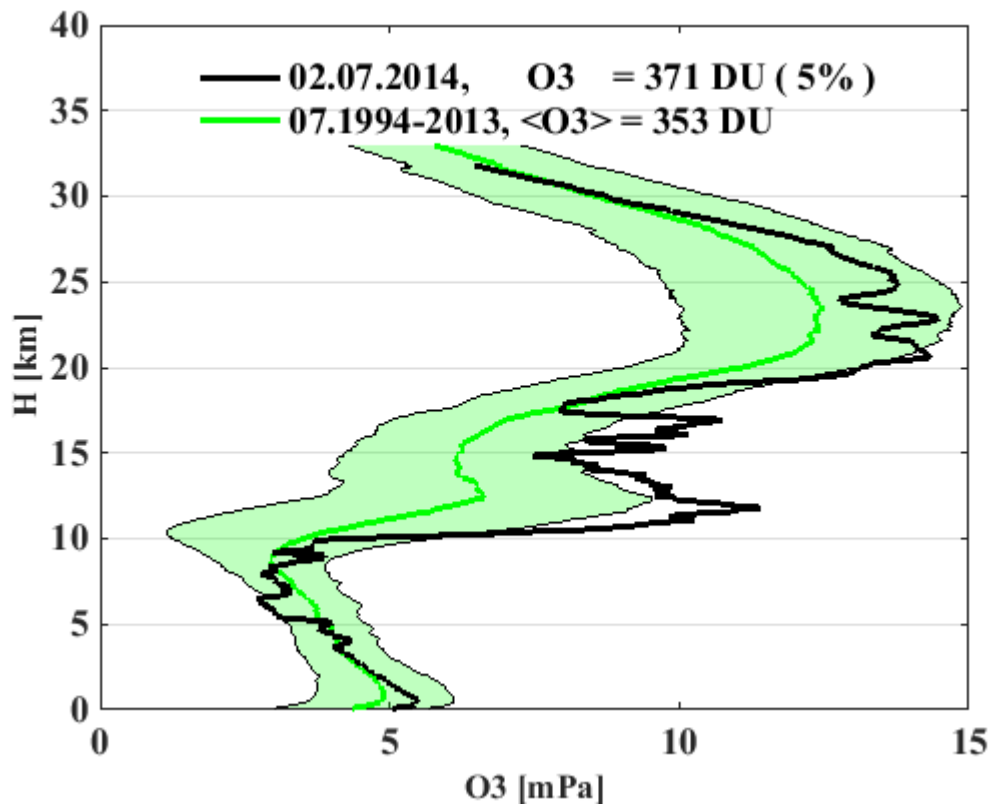




Calkowita zawartosc ozonu [D]

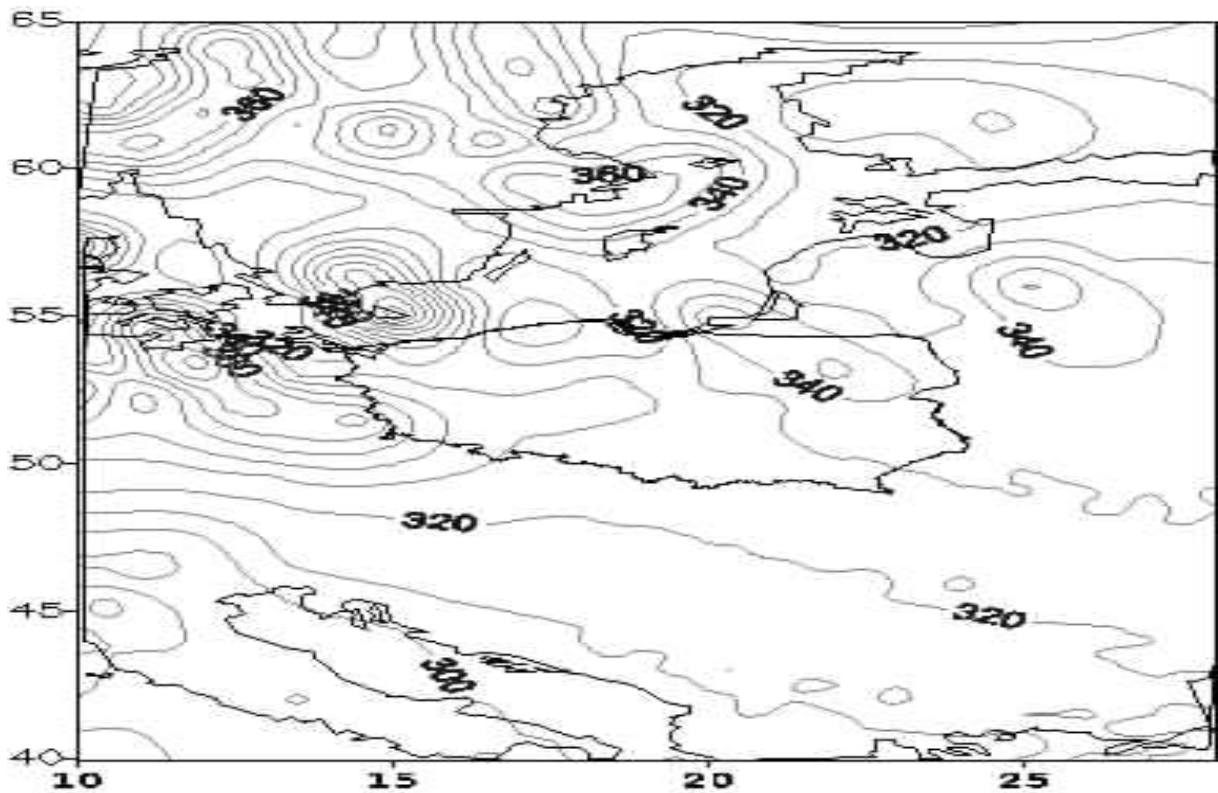
25.08.14 04:42 GMT

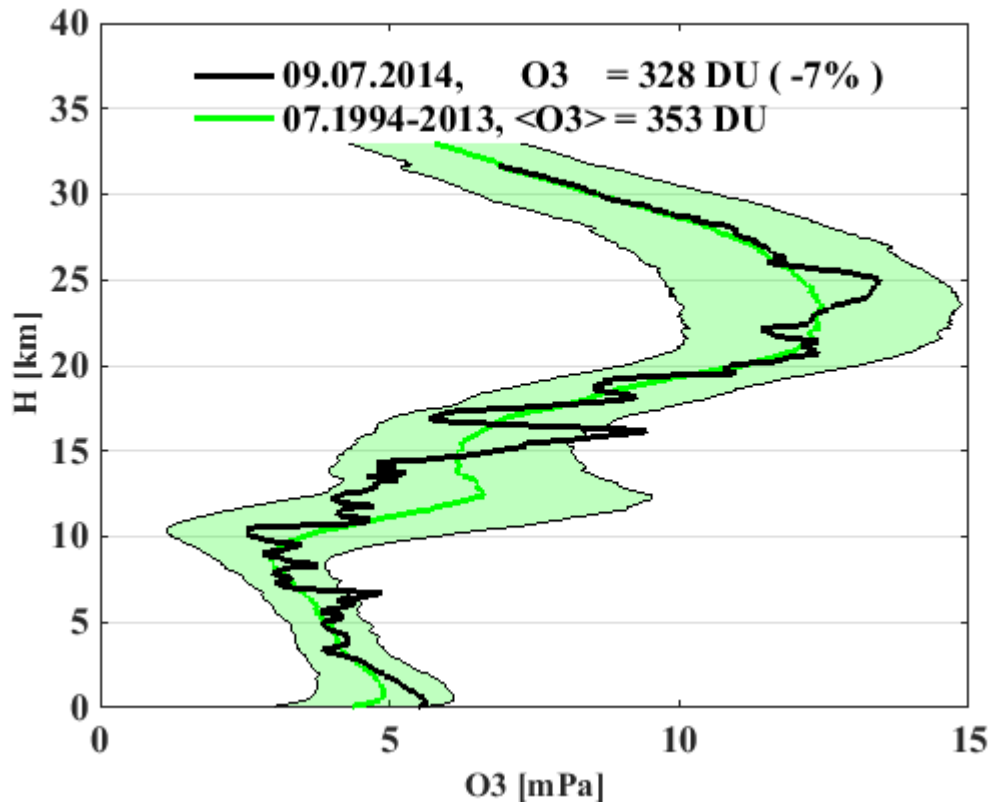




Calkowita zawartosc ozonu [D]

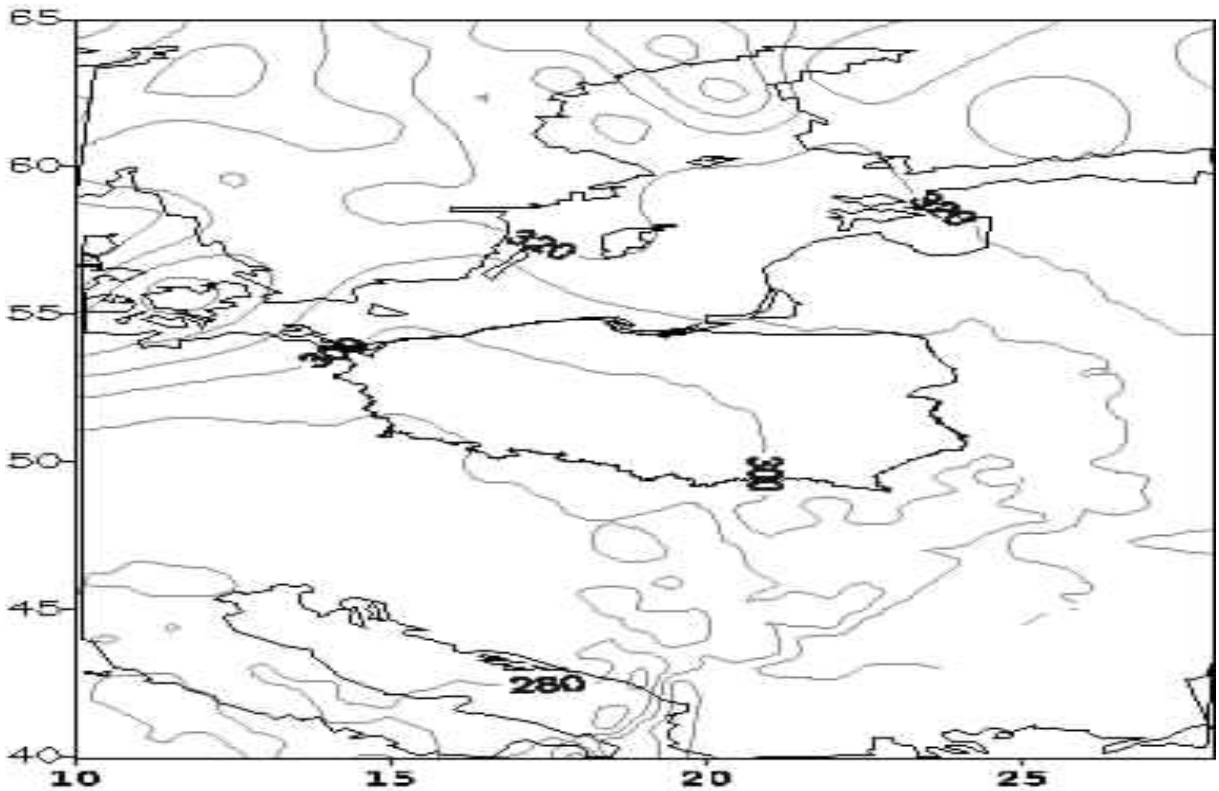
02.07.14 02:27 GMT

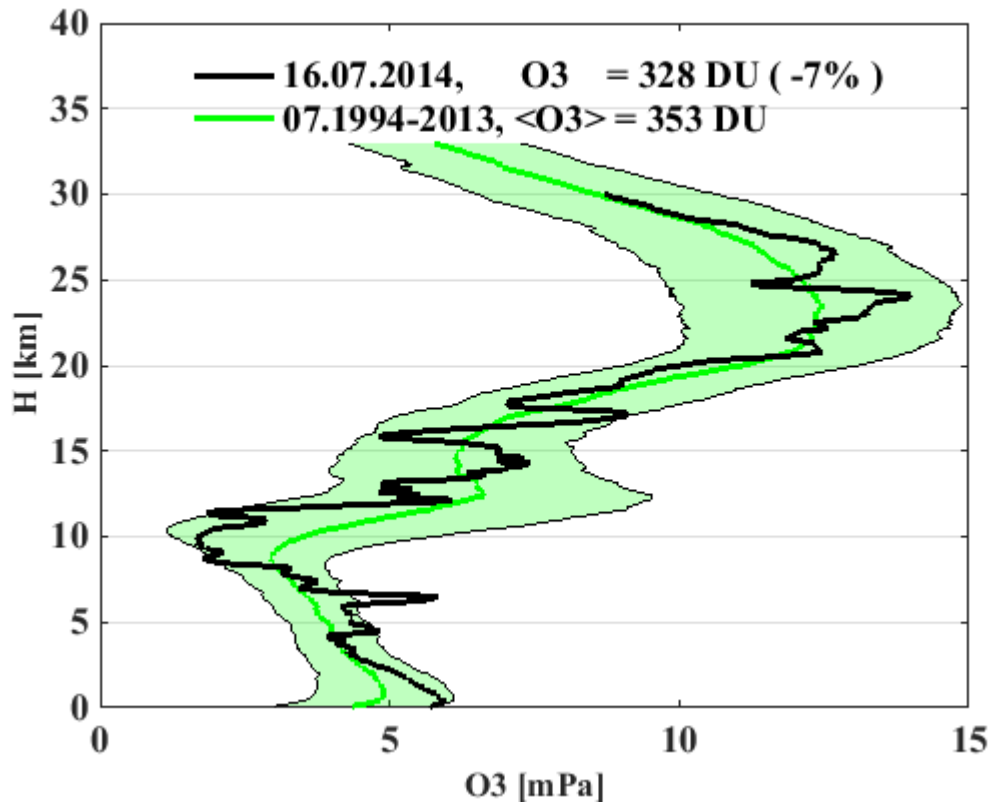




Calkowita zawartosc ozonu [D]

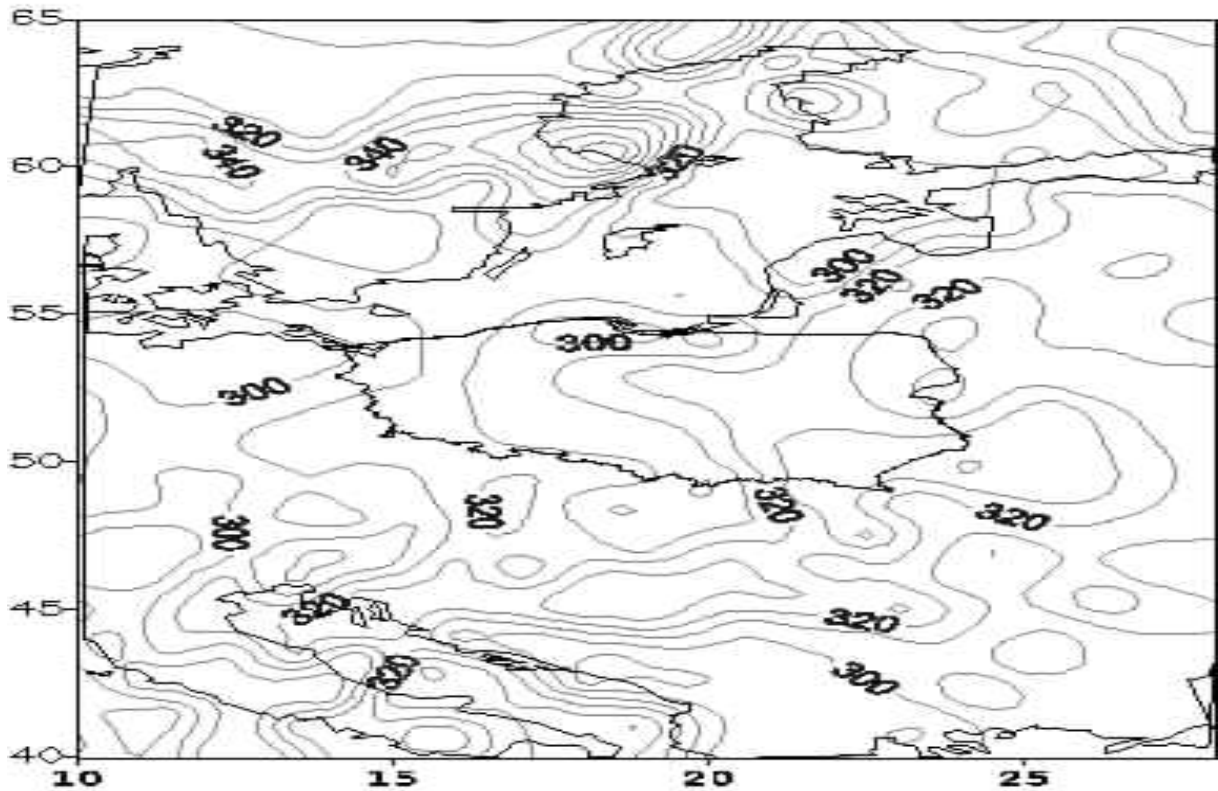
09.07.14 05:25 GMT

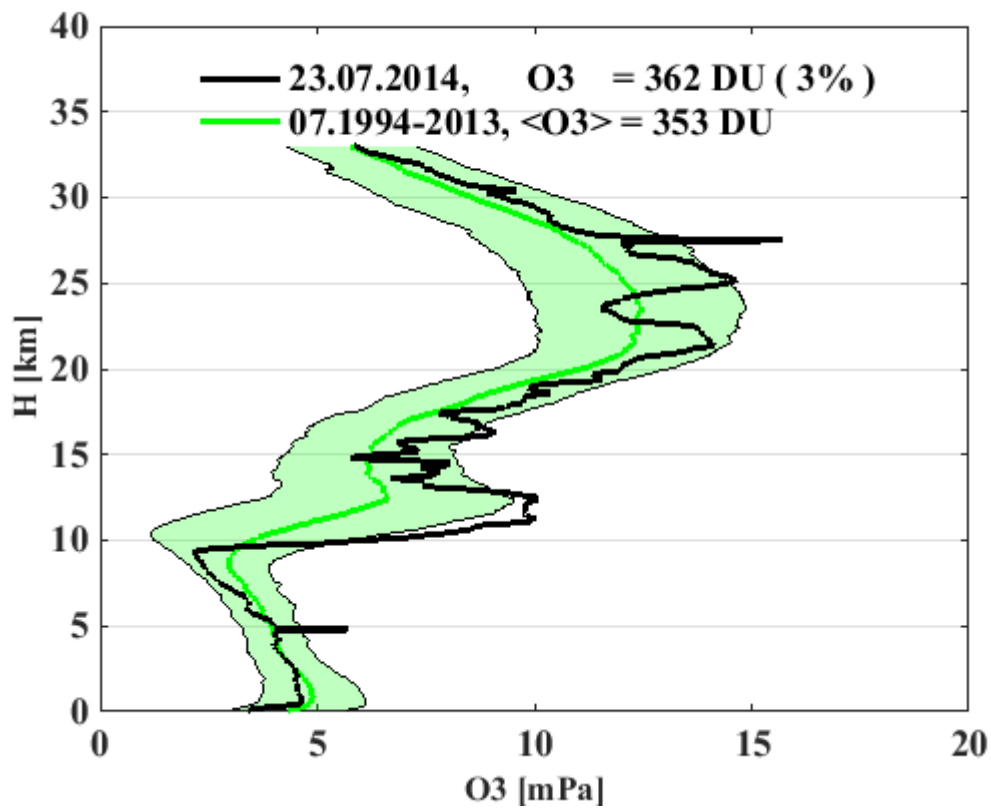




Calkowita zawartosc ozonu [D]

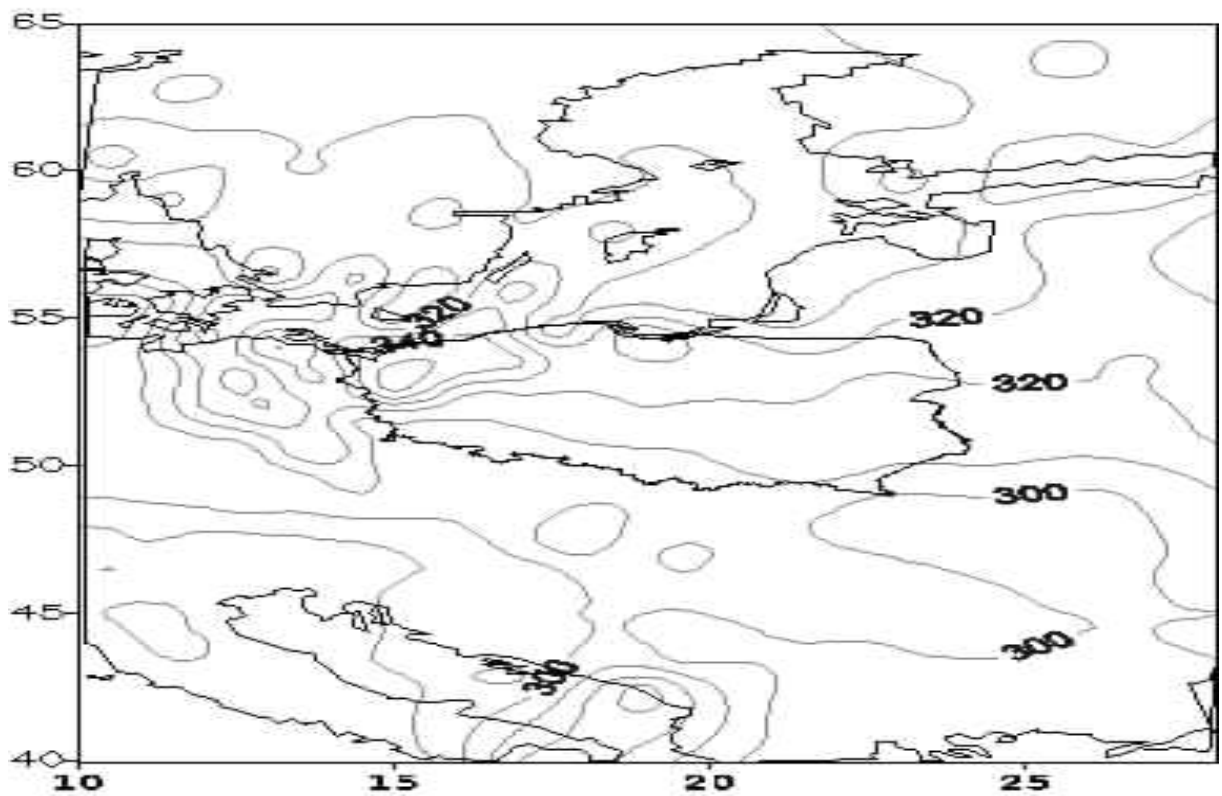
16.07.14 04:08 GMT

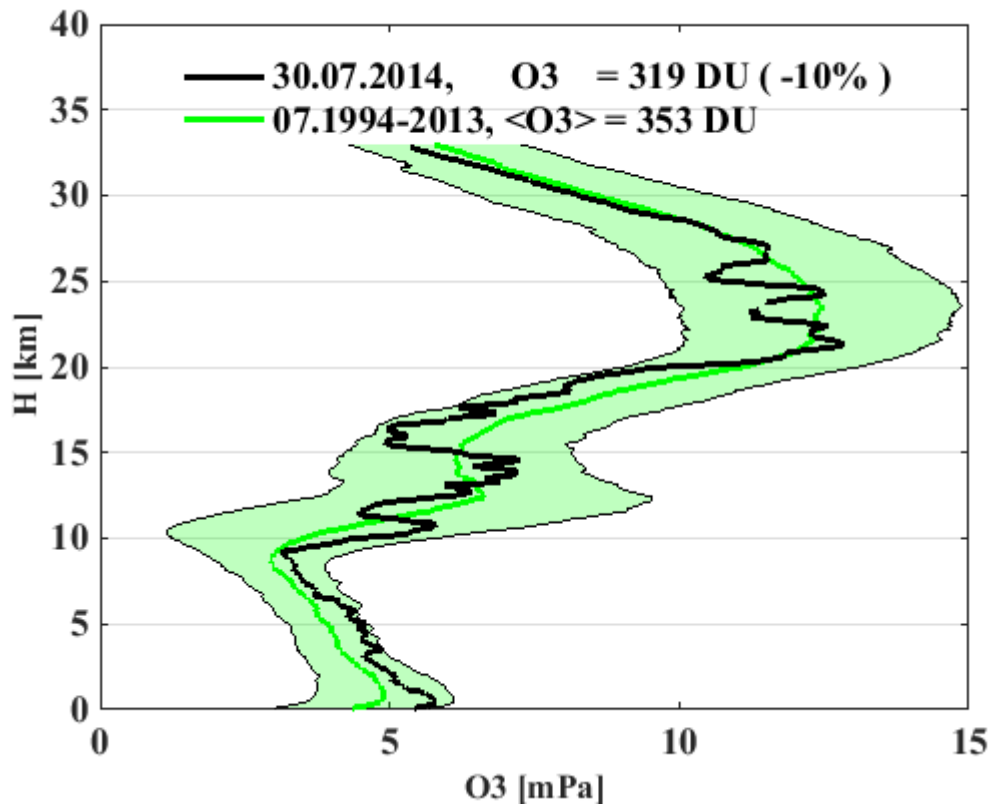




Calkowita zawartosc ozonu [D]

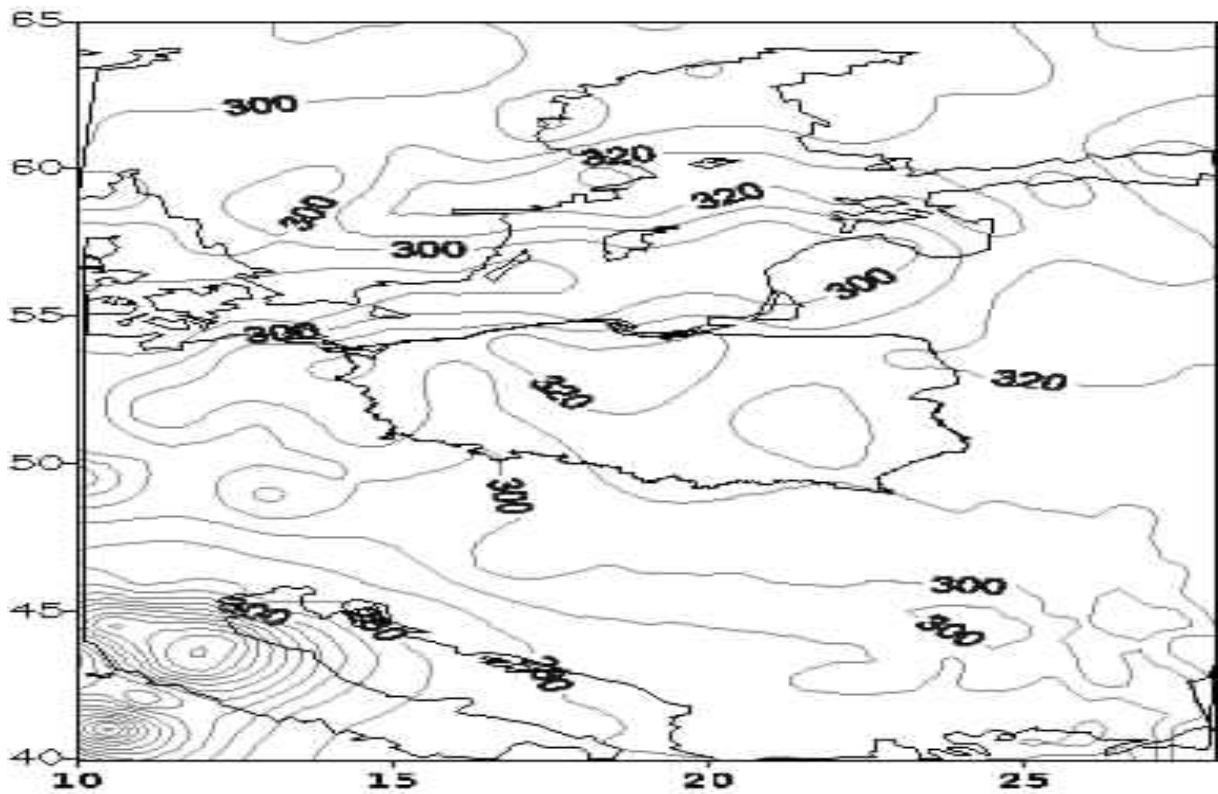
23.07.14 01:58 GMT

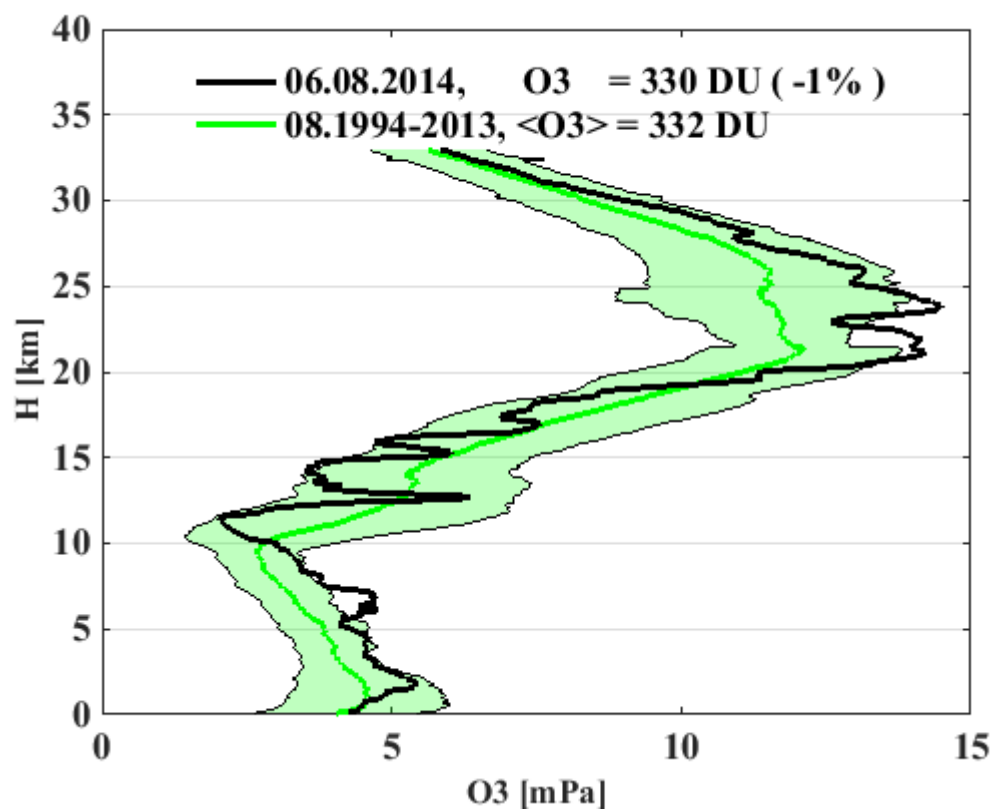




Calkowita zawartosc ozonu [D]

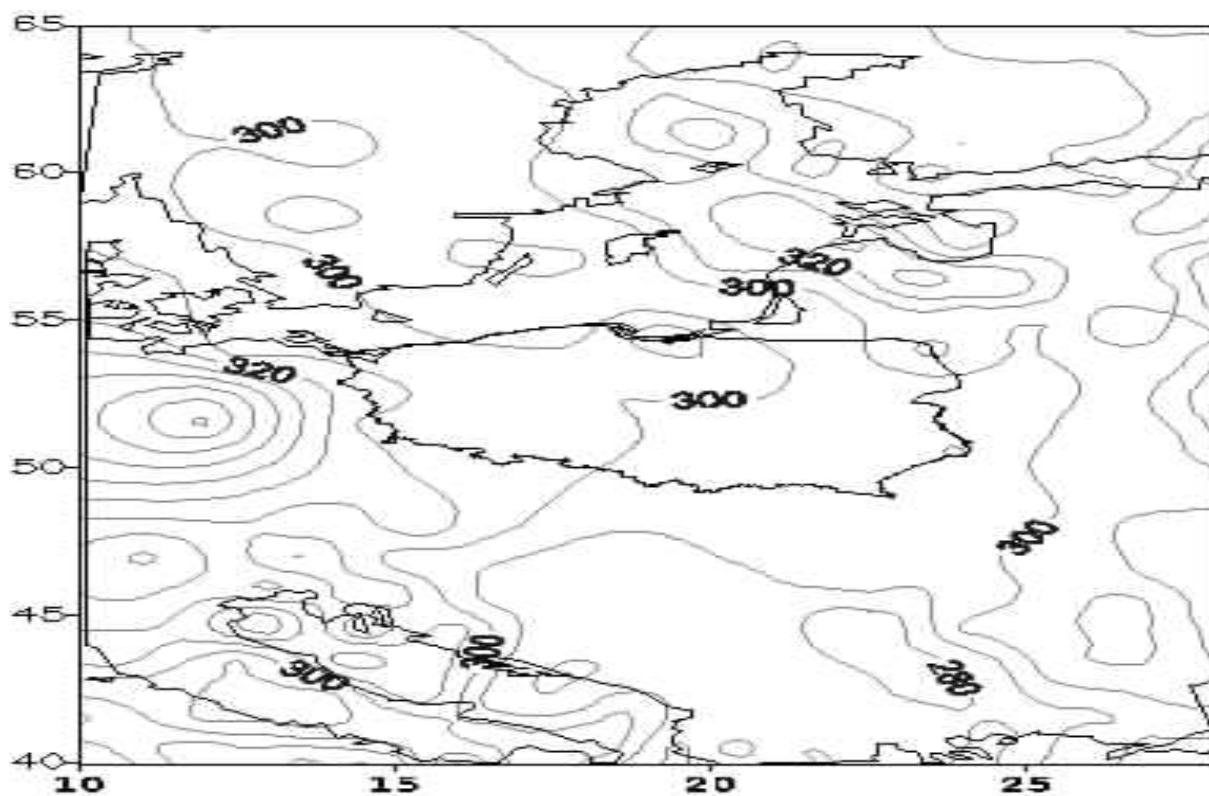
30.07.14 04:48 GMT

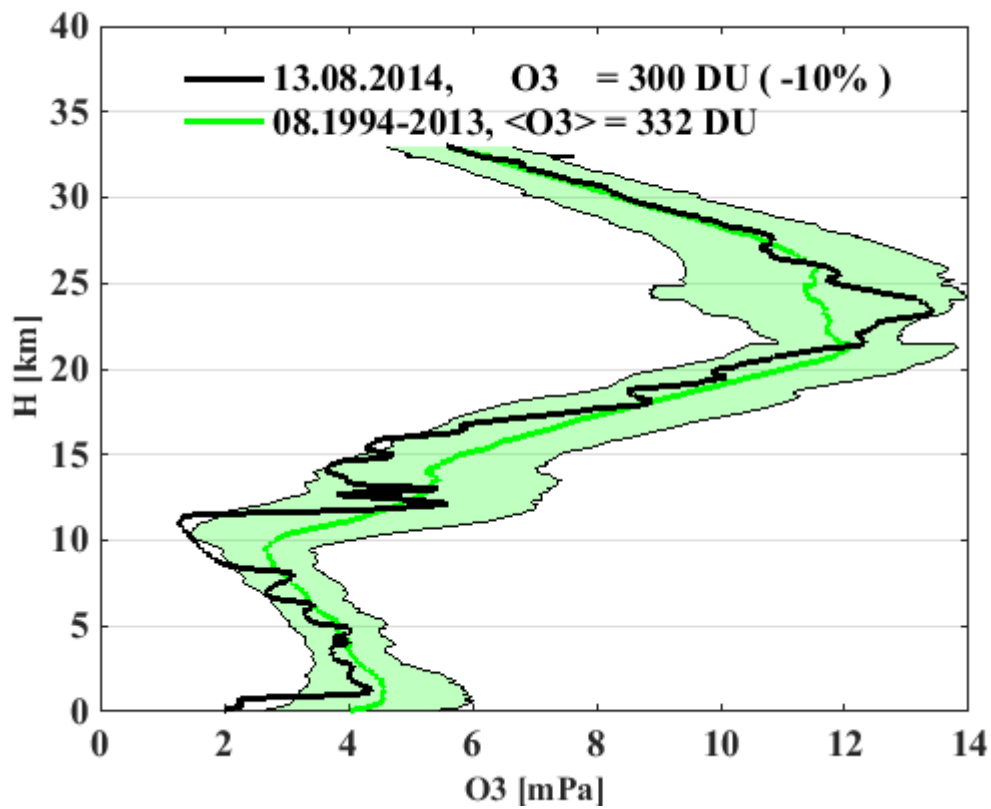




Calkowita zawartosc ozonu [D]

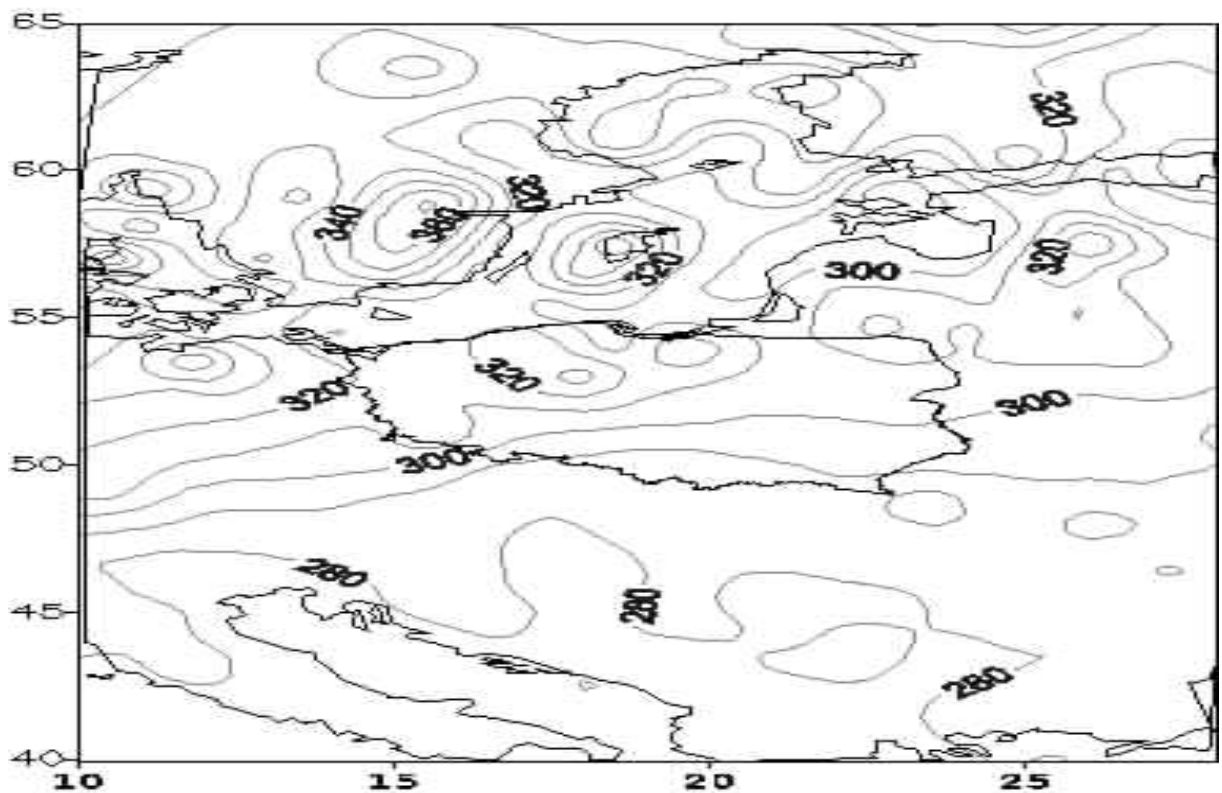
06.08.14 03:27 GMT

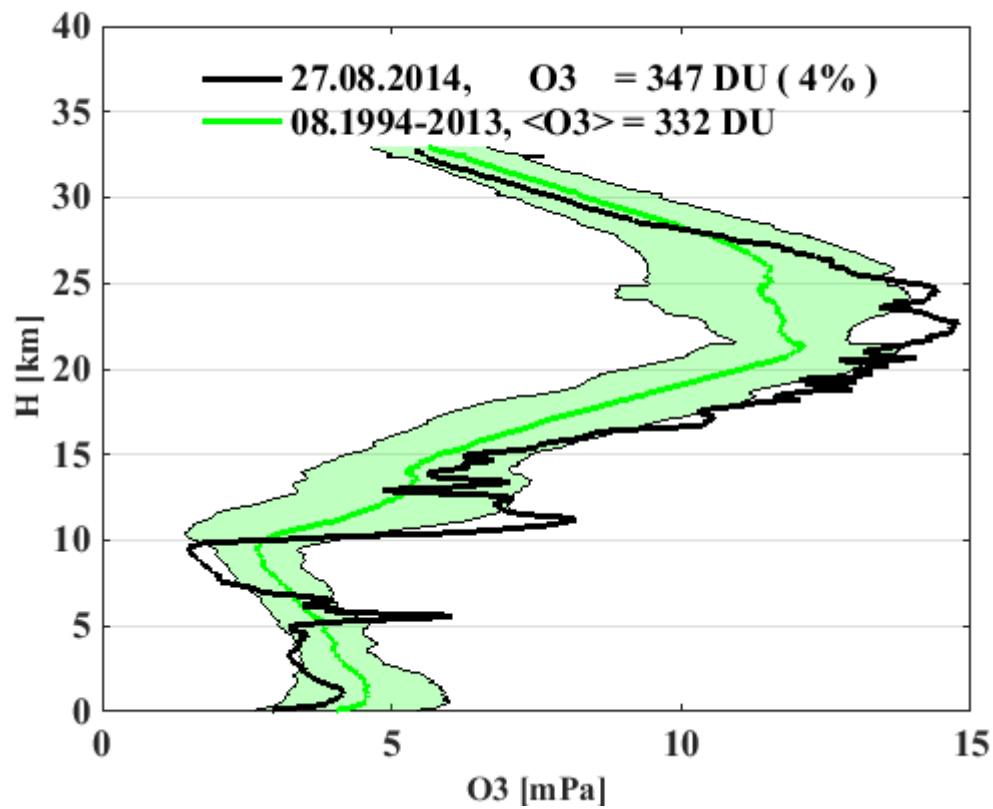




Calkowita zawartosc ozonu [D]

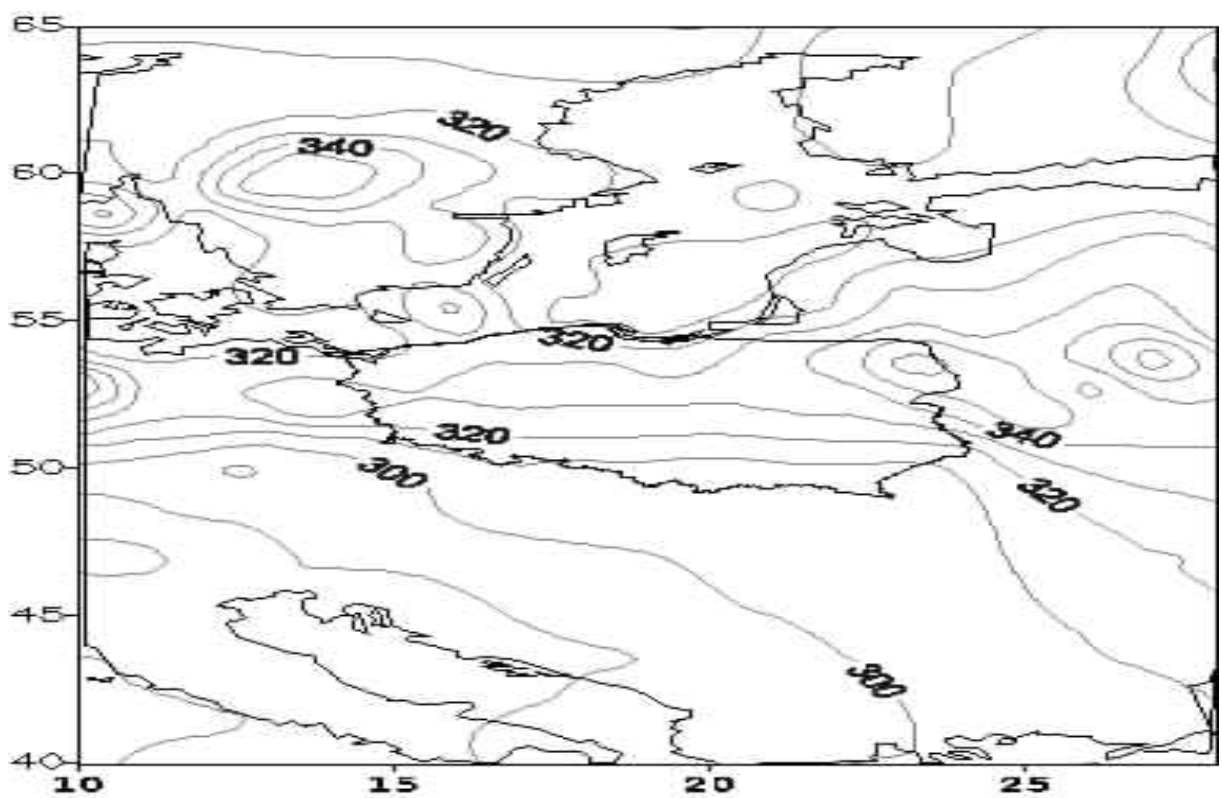
13.08.14 01:25 GMT

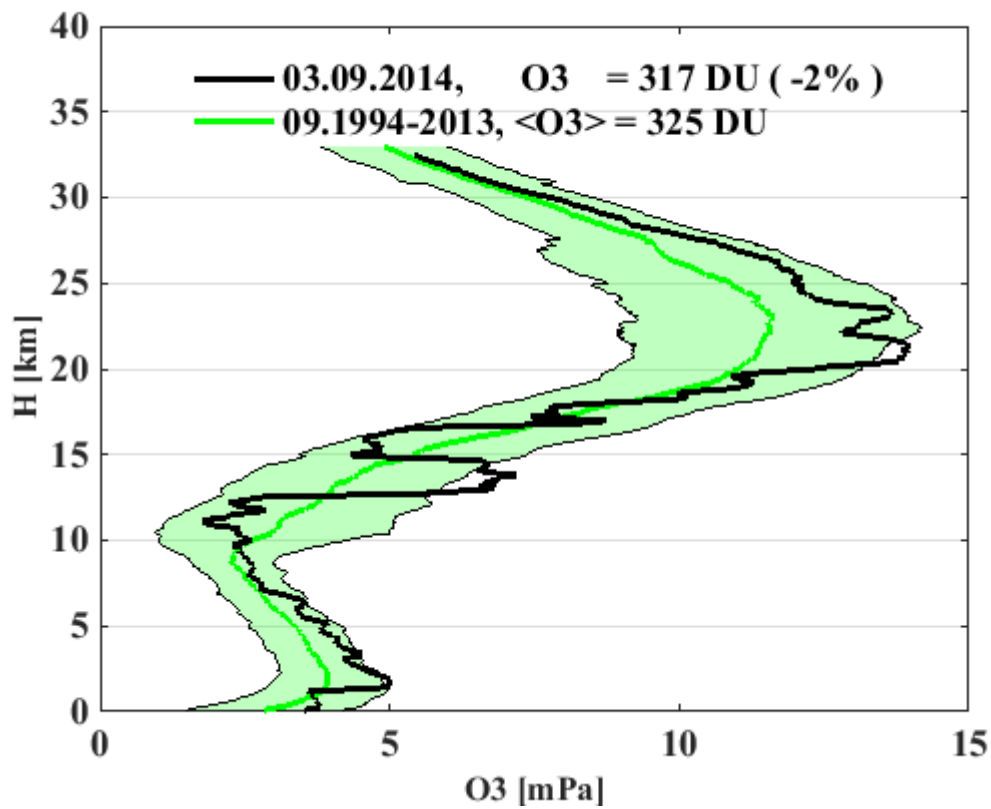




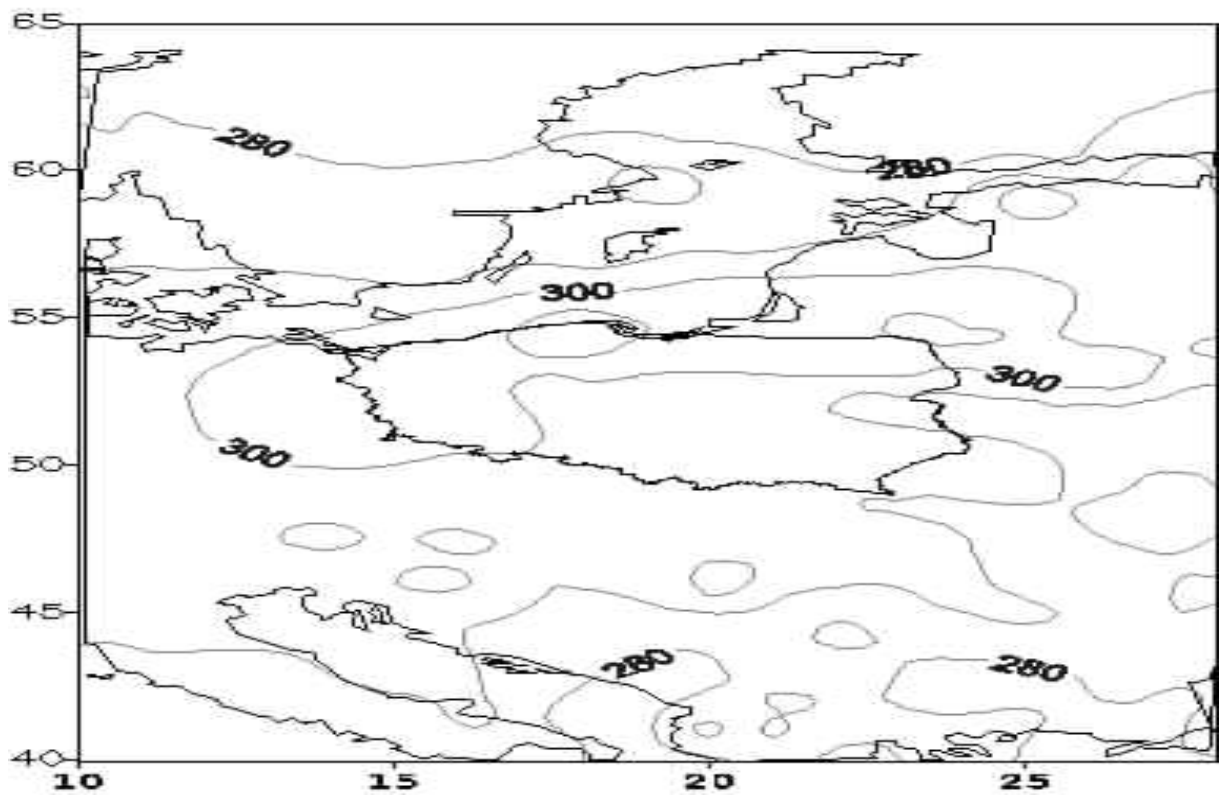
Calkowita zawartosc ozonu [D]

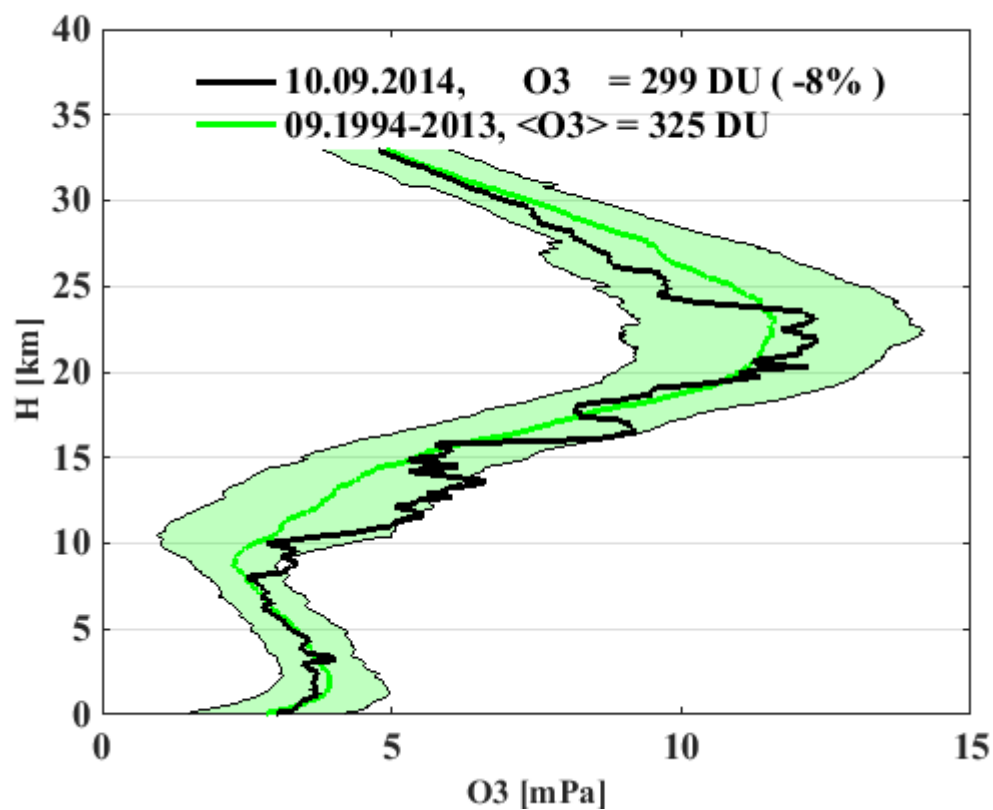
27.08.14 02:13 GMT





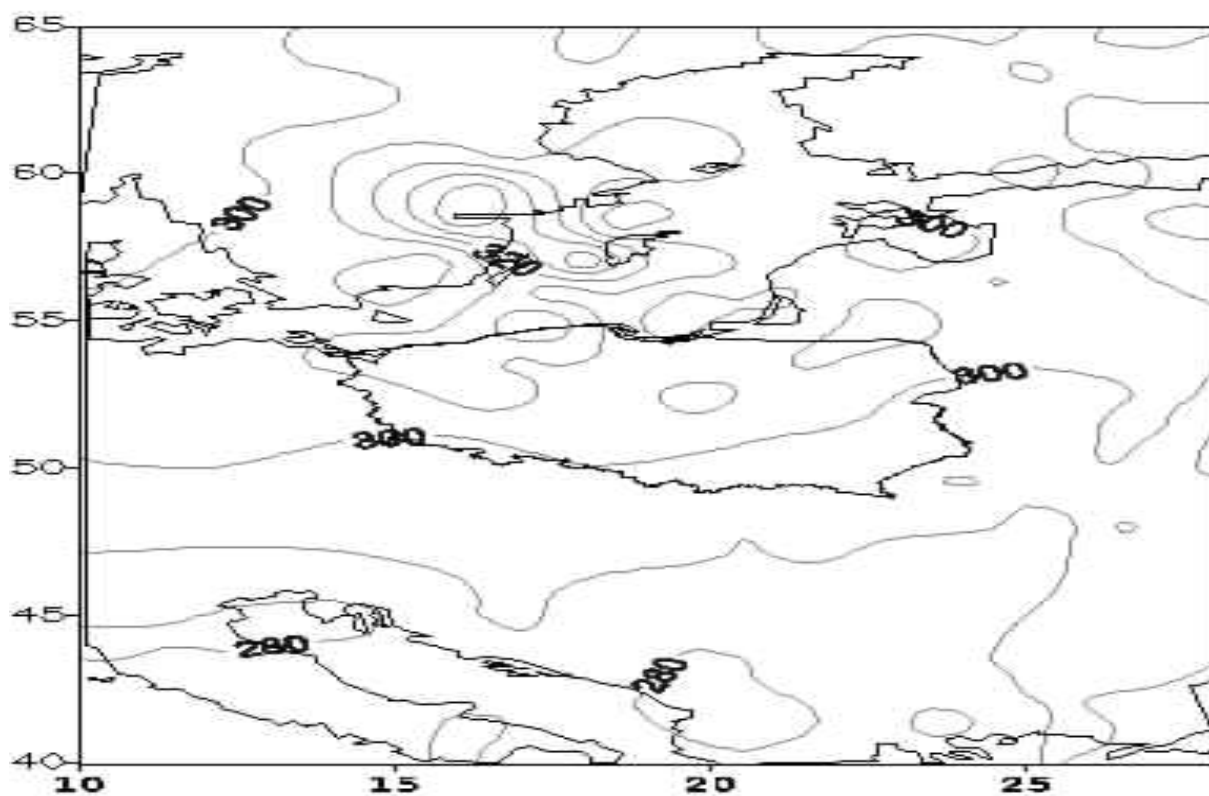
Calkowita zawartosc ozonu [D]
03.09.14 08:30 GMT

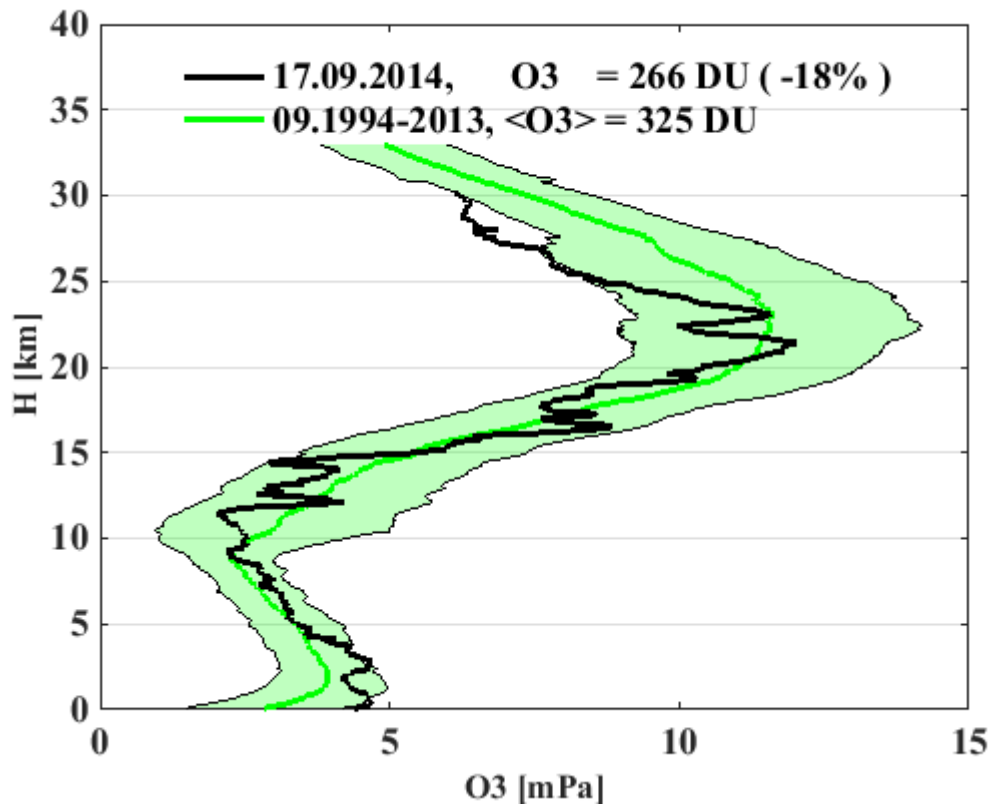




Calkowita zawartosc ozonu [D]

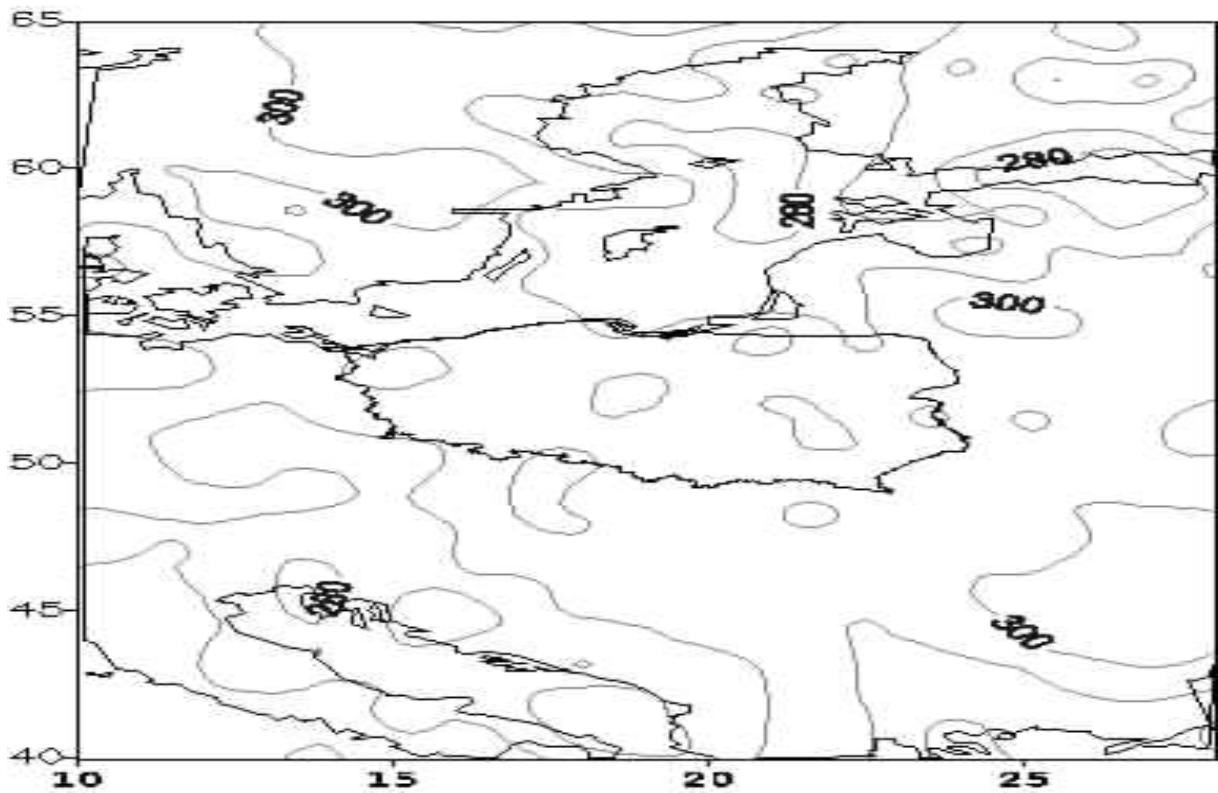
10.09.14 03:33 GMT

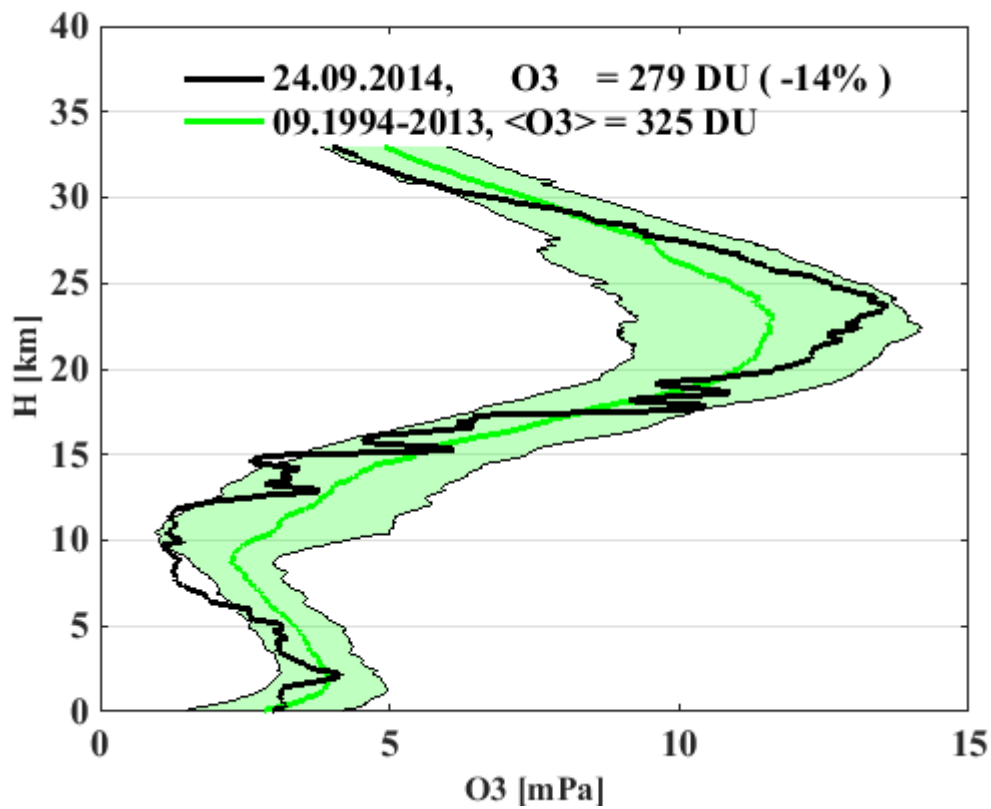




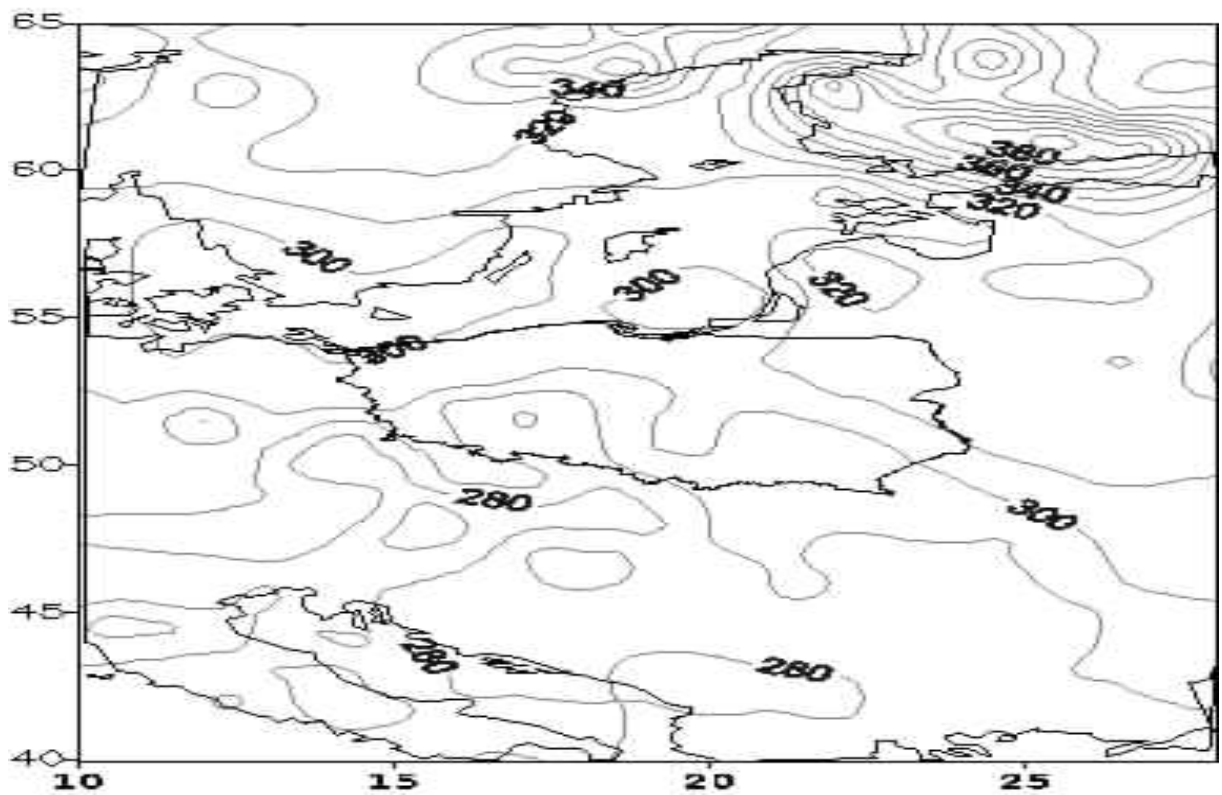
Calkowita zawartosc ozonu [D]

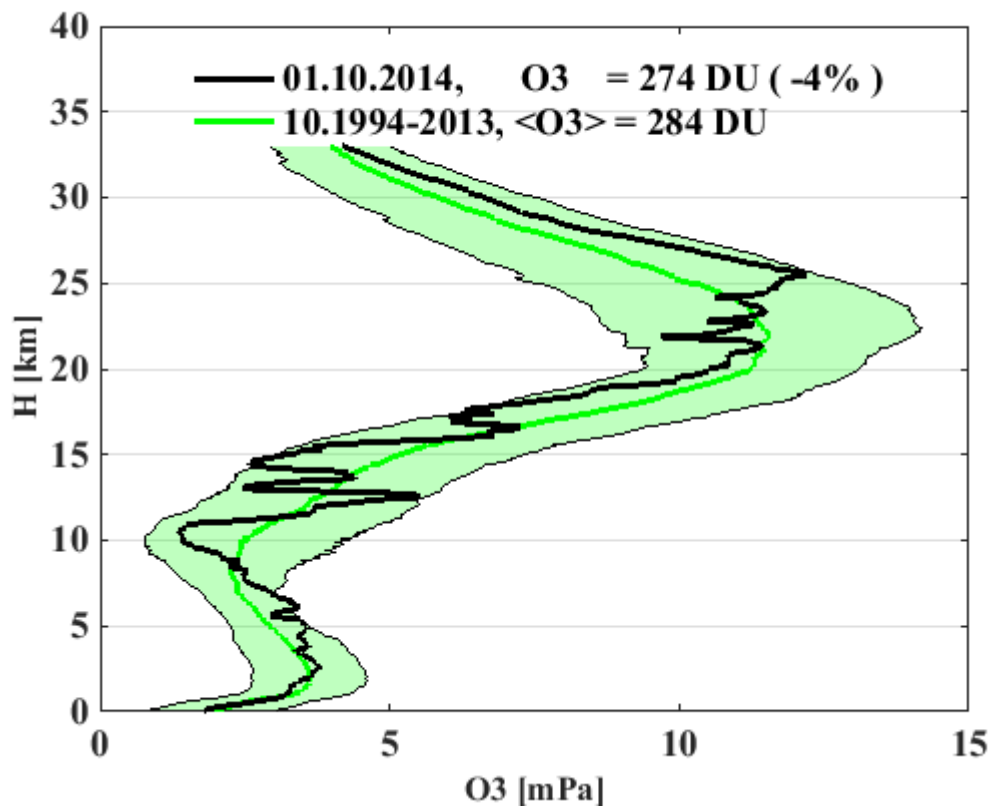
17.09.14 03:55 GMT



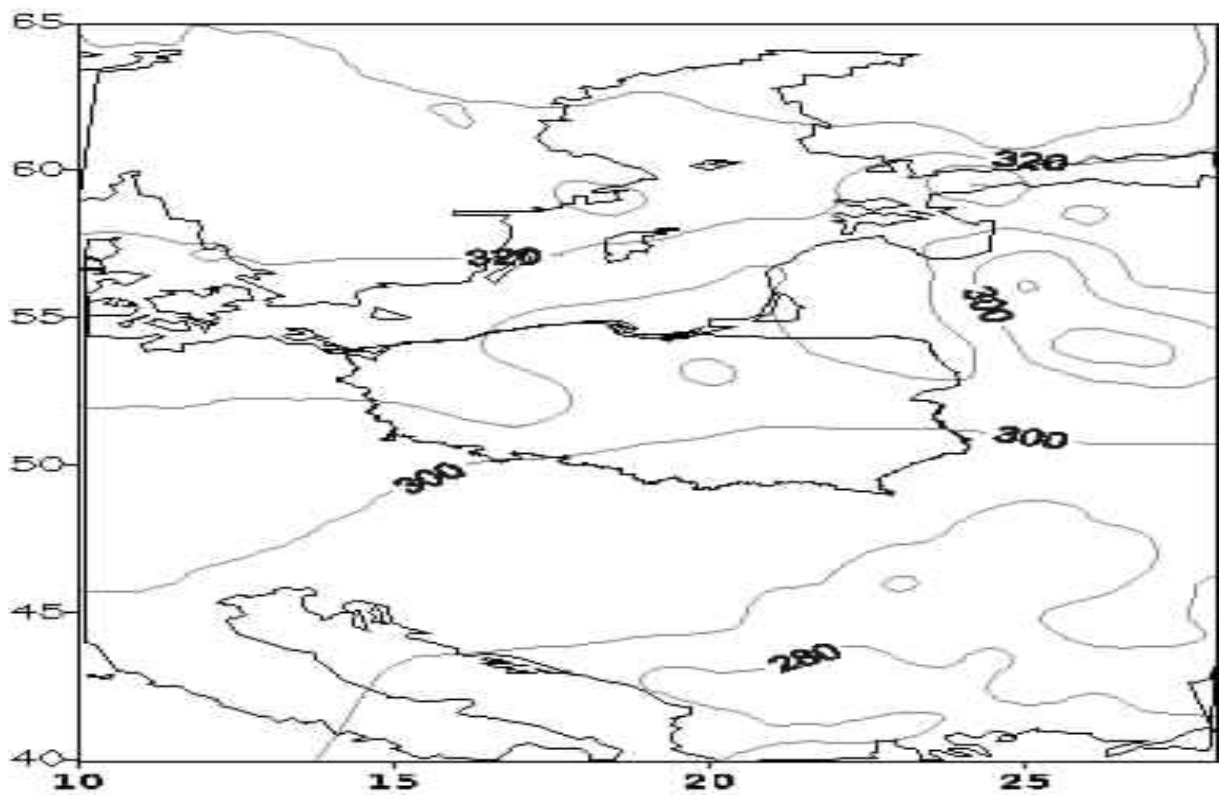


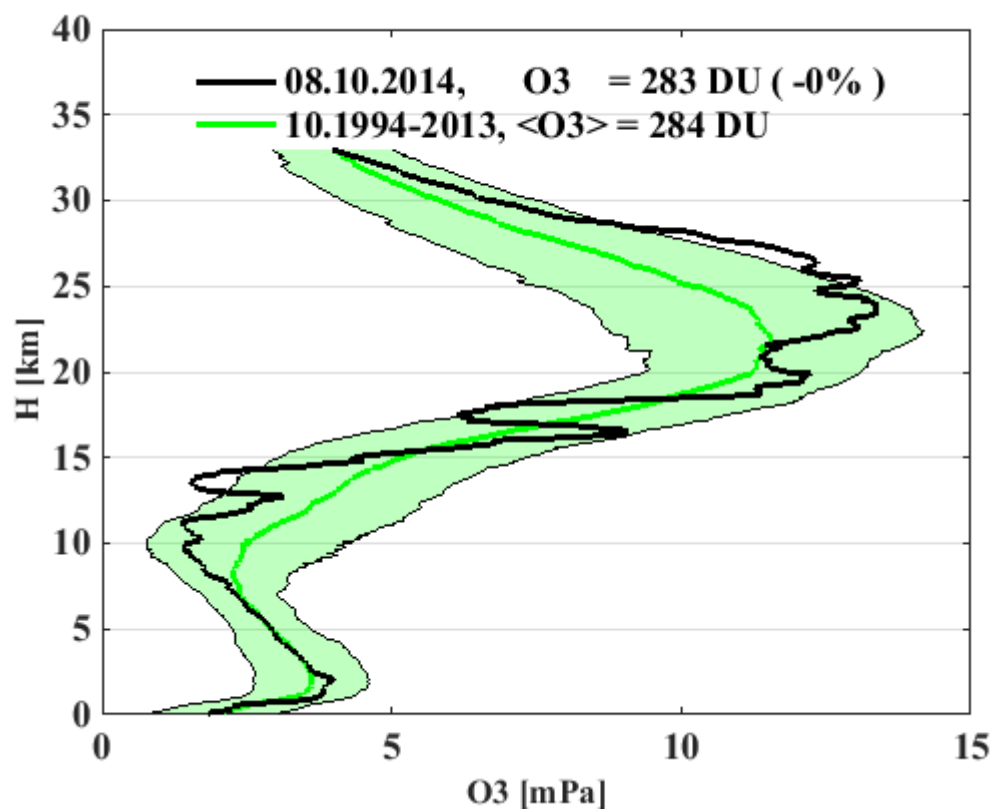
Calkowita zawartosc ozonu [D]
24.09.14 04:16 GMT





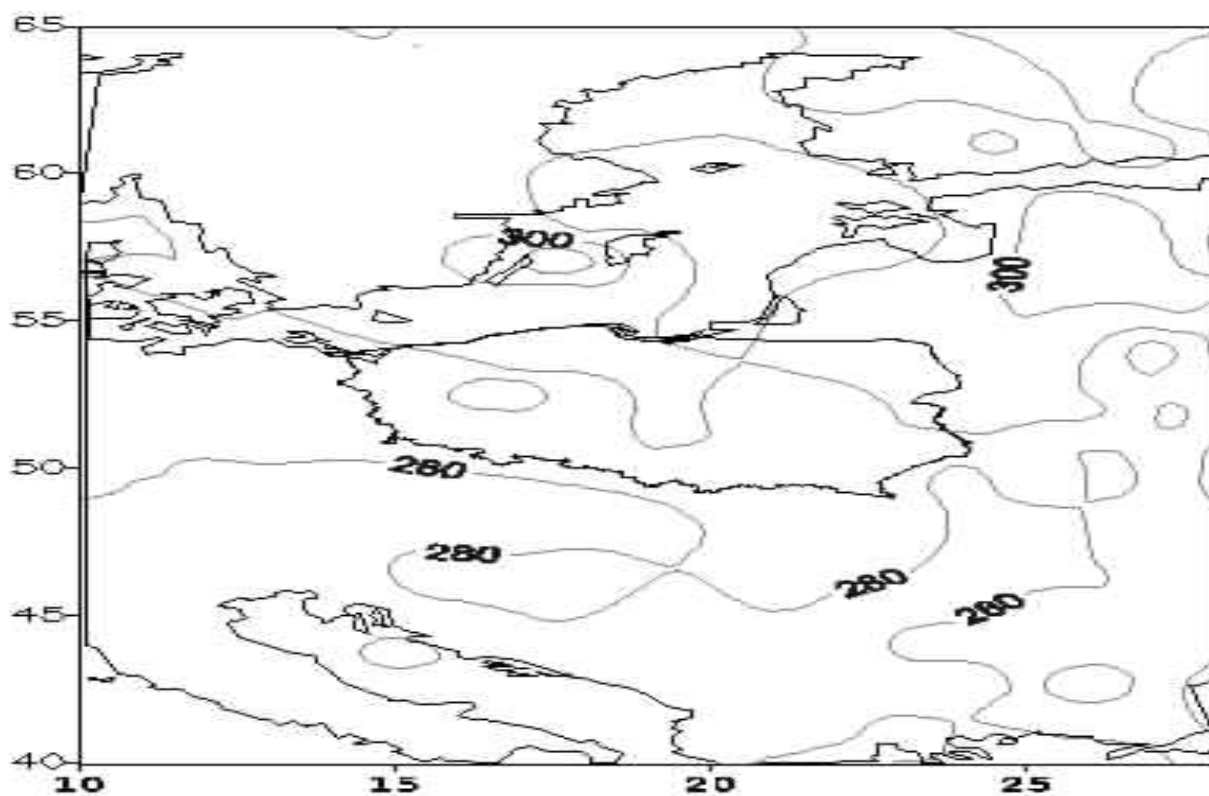
Calkowita zawartosc ozonu [D]
01.10.14 00:45 GMT

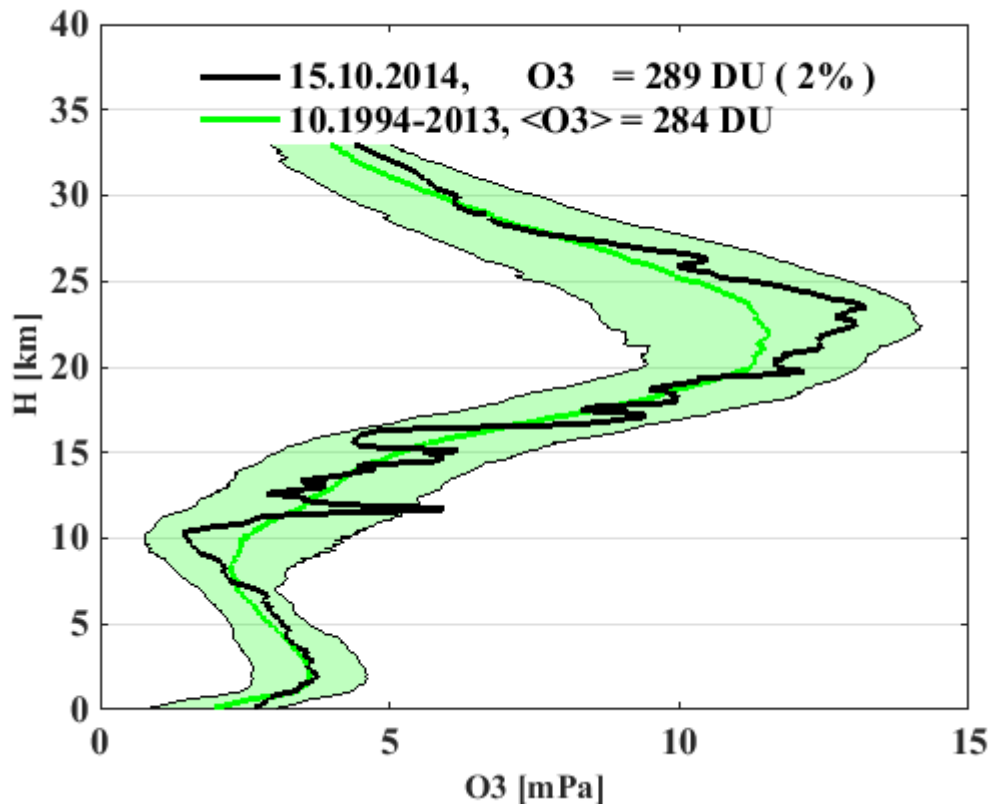




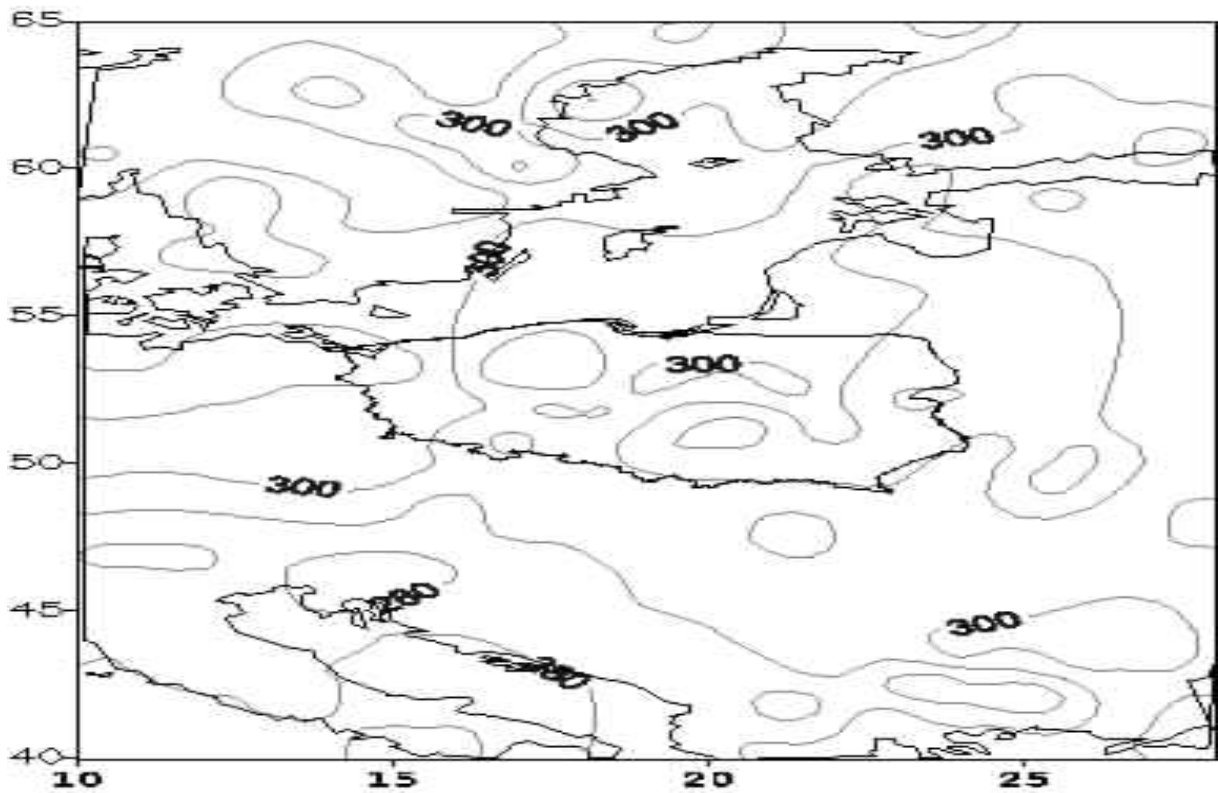
Calkowita zawartosc ozonu [D]

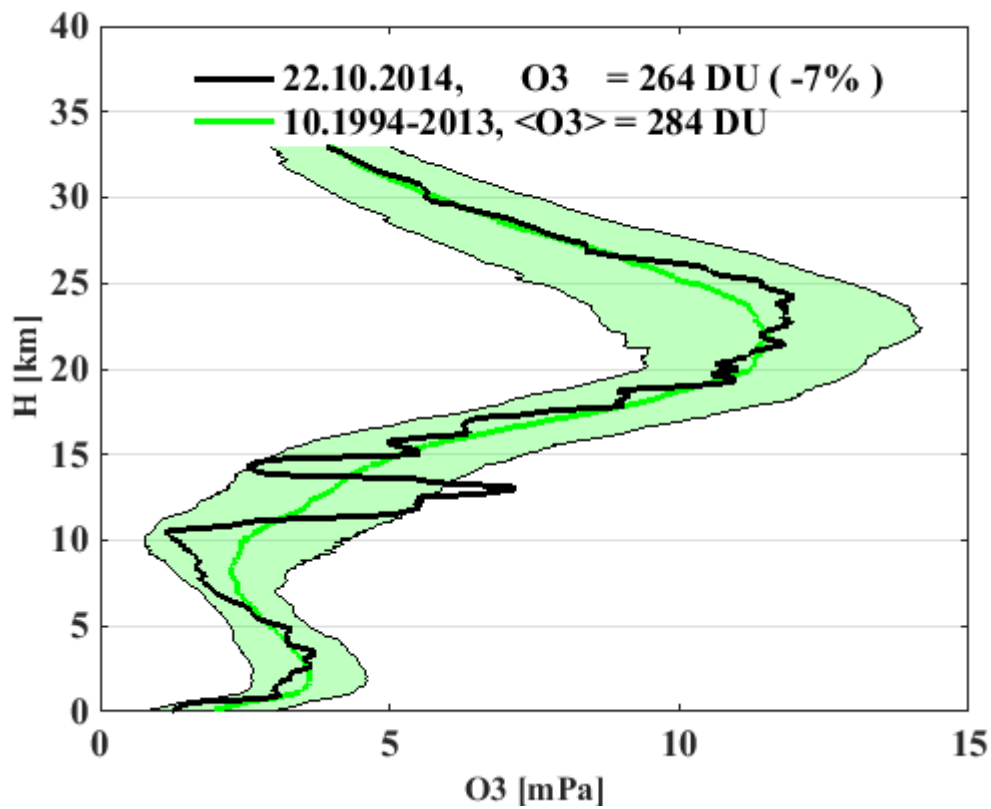
08.10.14 03:16 GMT





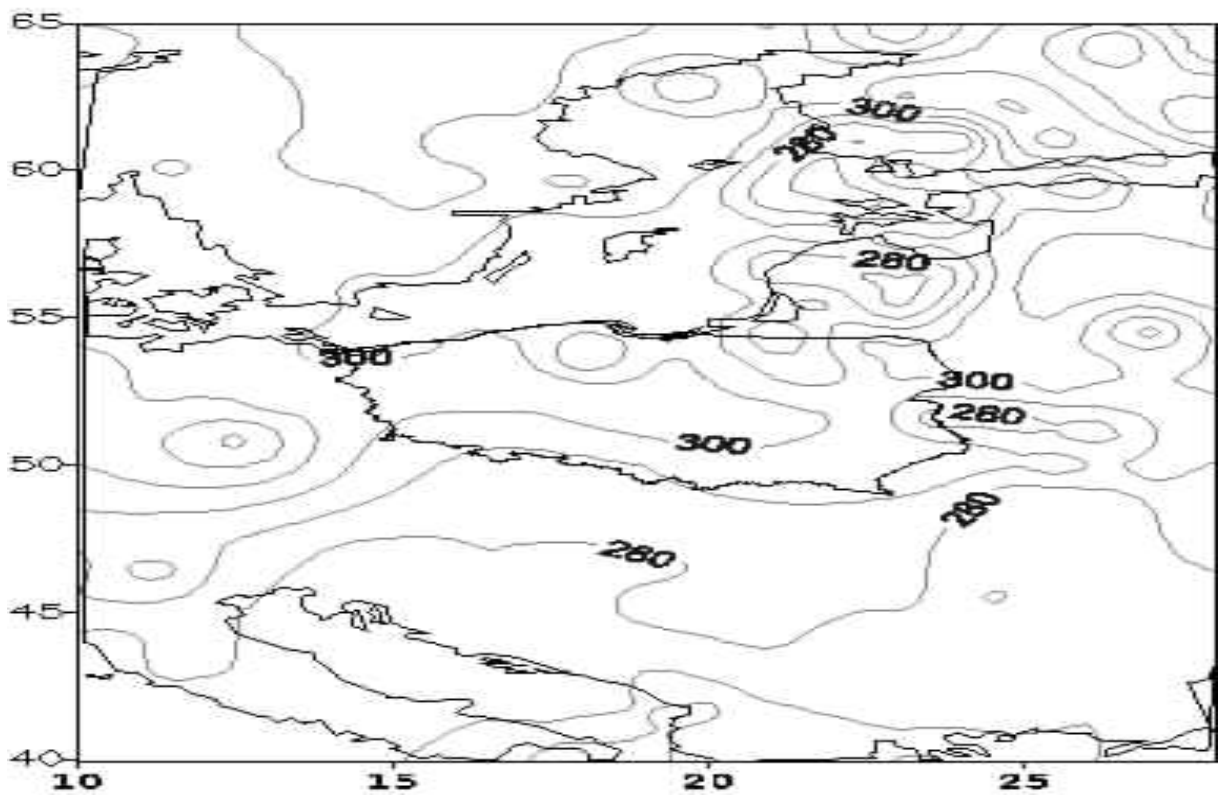
Całkowita zawartość ozonu [D]
15.10.14 01:34 GMT

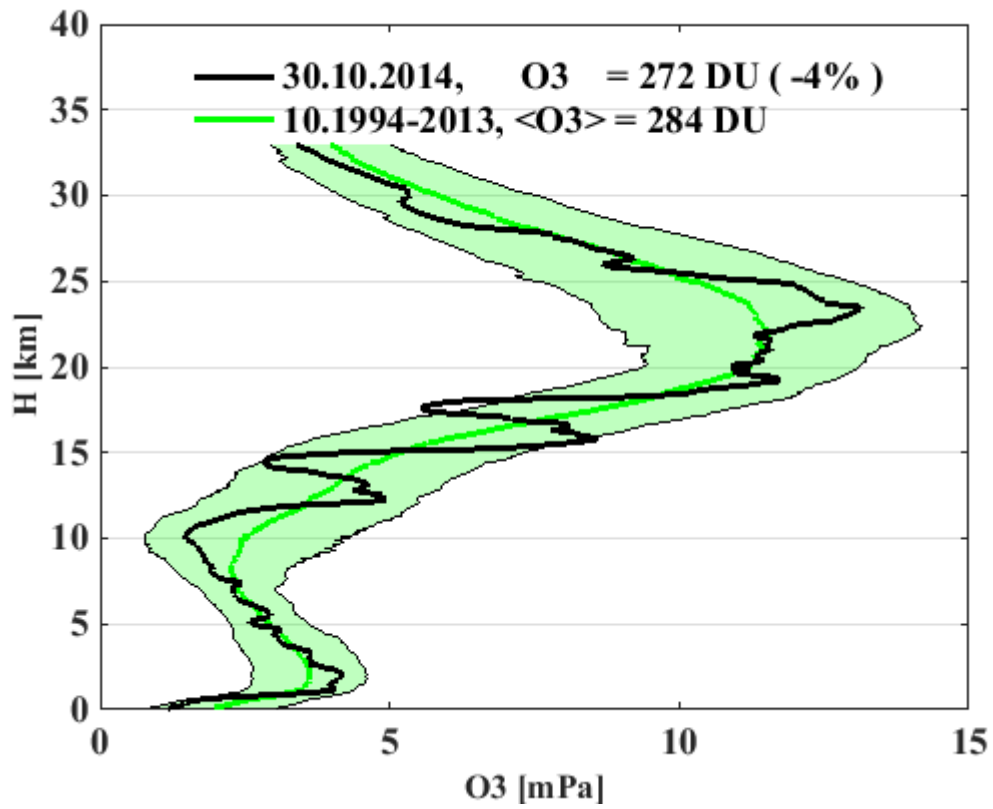




Calkowita zawartosc ozonu [D]

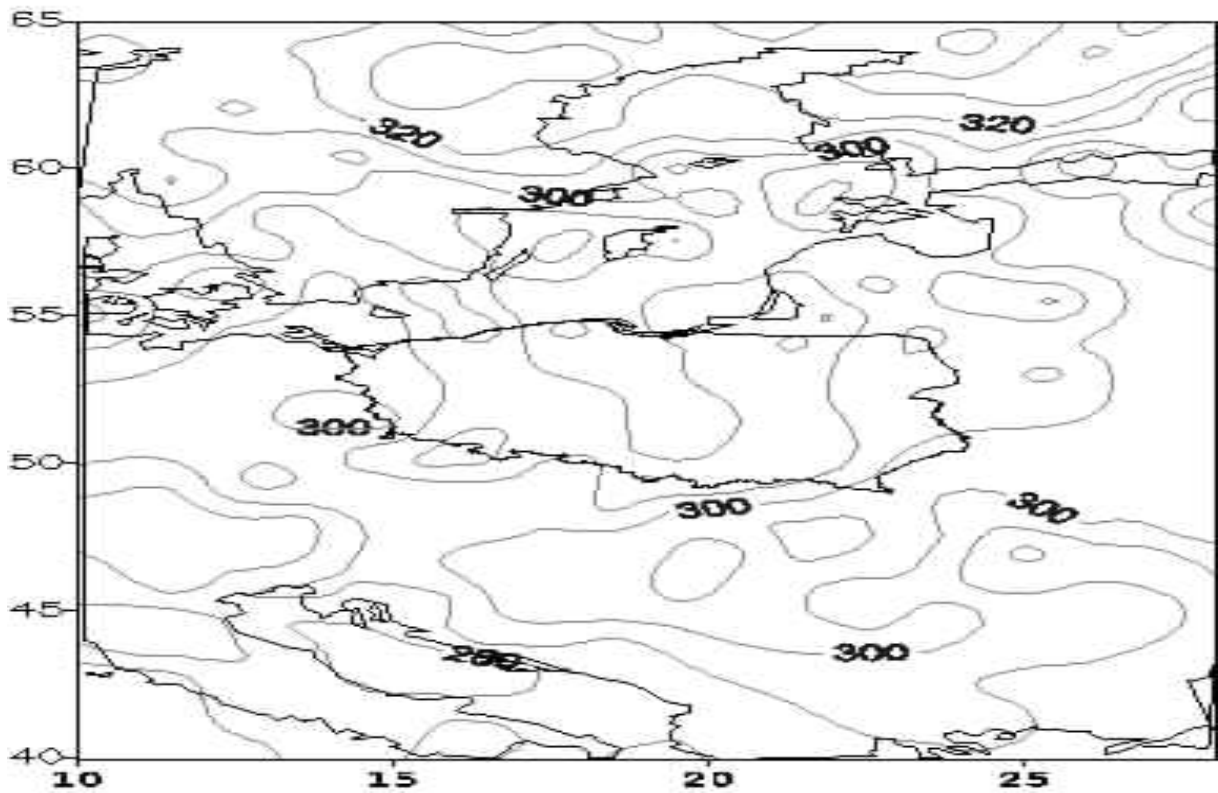
22.10.14 04:00 GMT

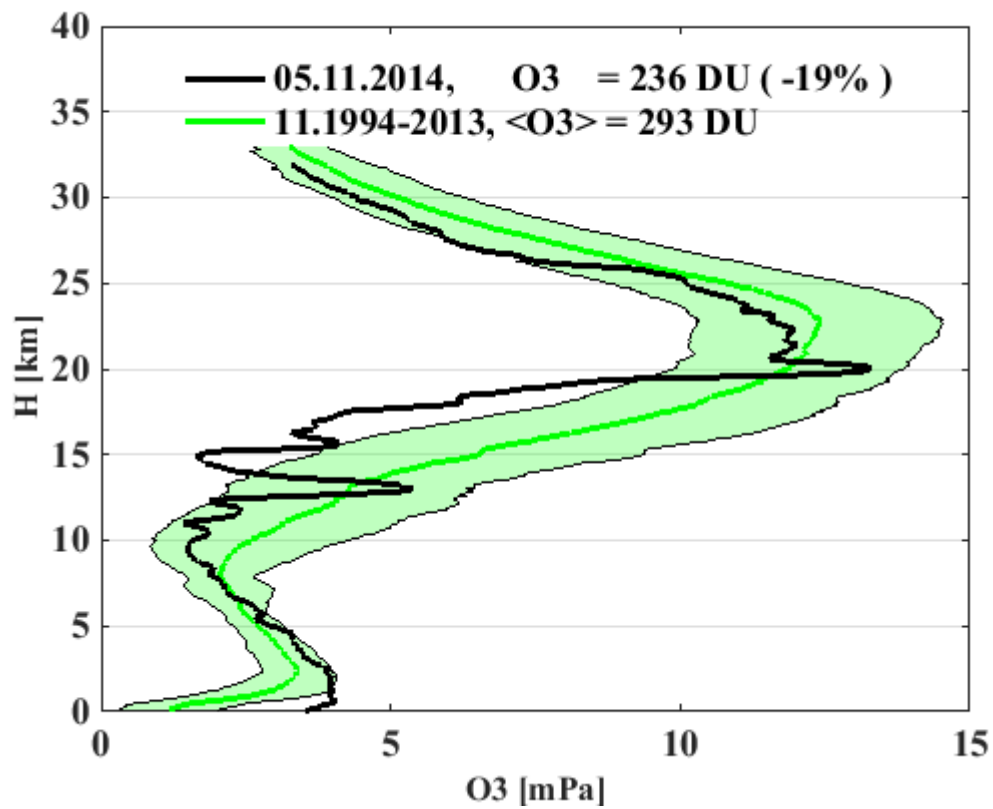




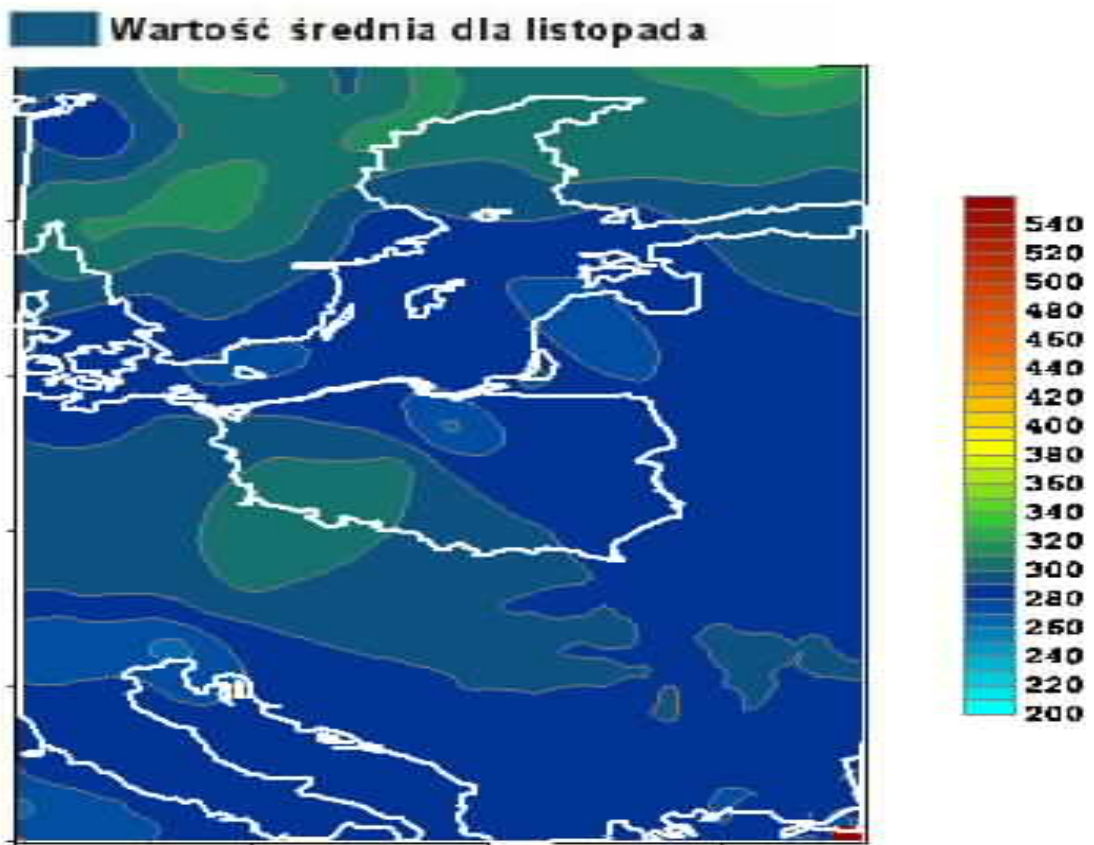
Calkowita zawartosc ozonu [D]

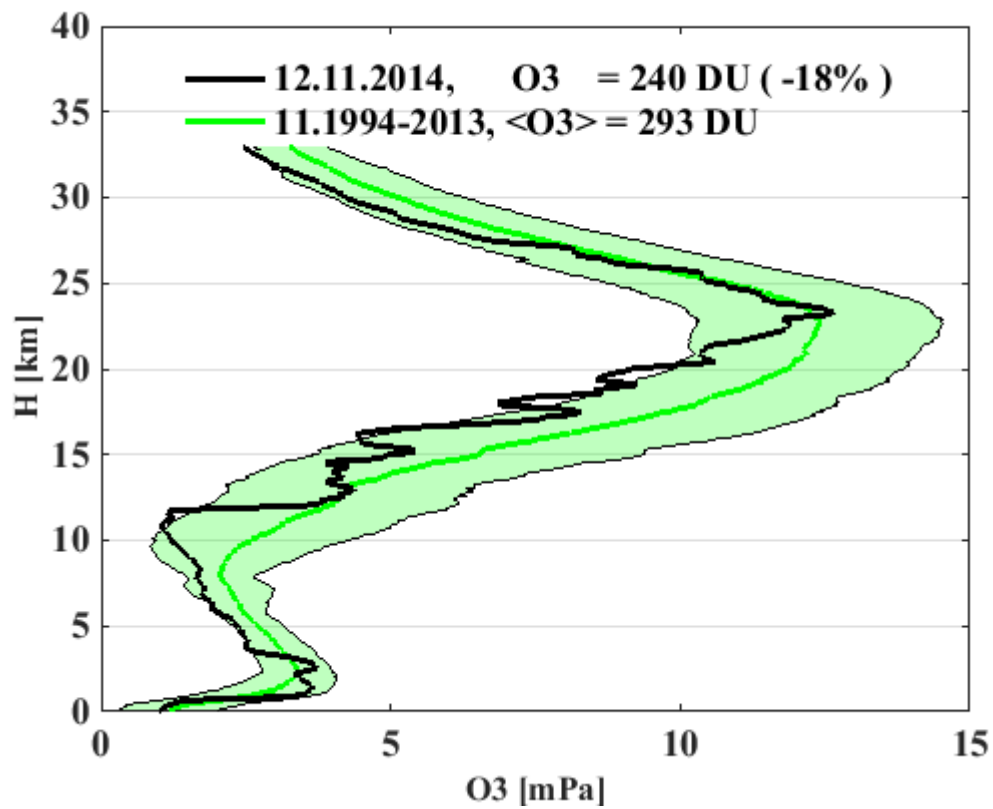
30.10.14 04:09 GMT



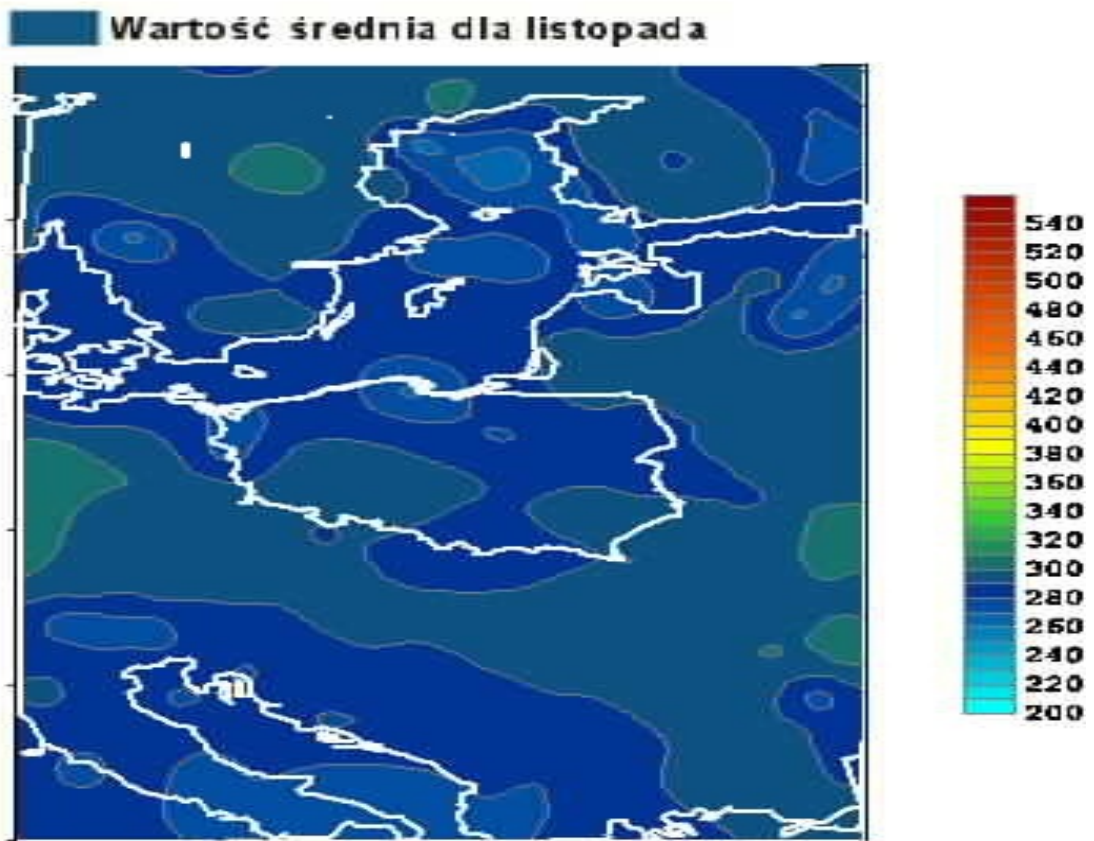


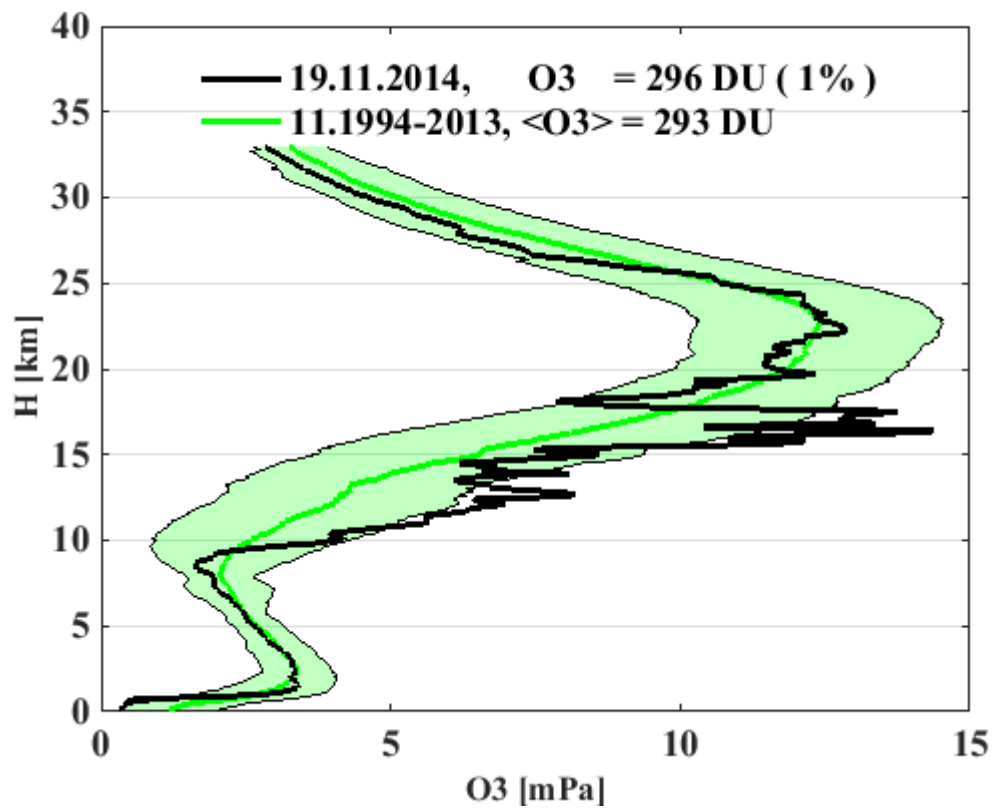
Całkowita zawartość ozonu, 05.11.2014 02:44 GMT



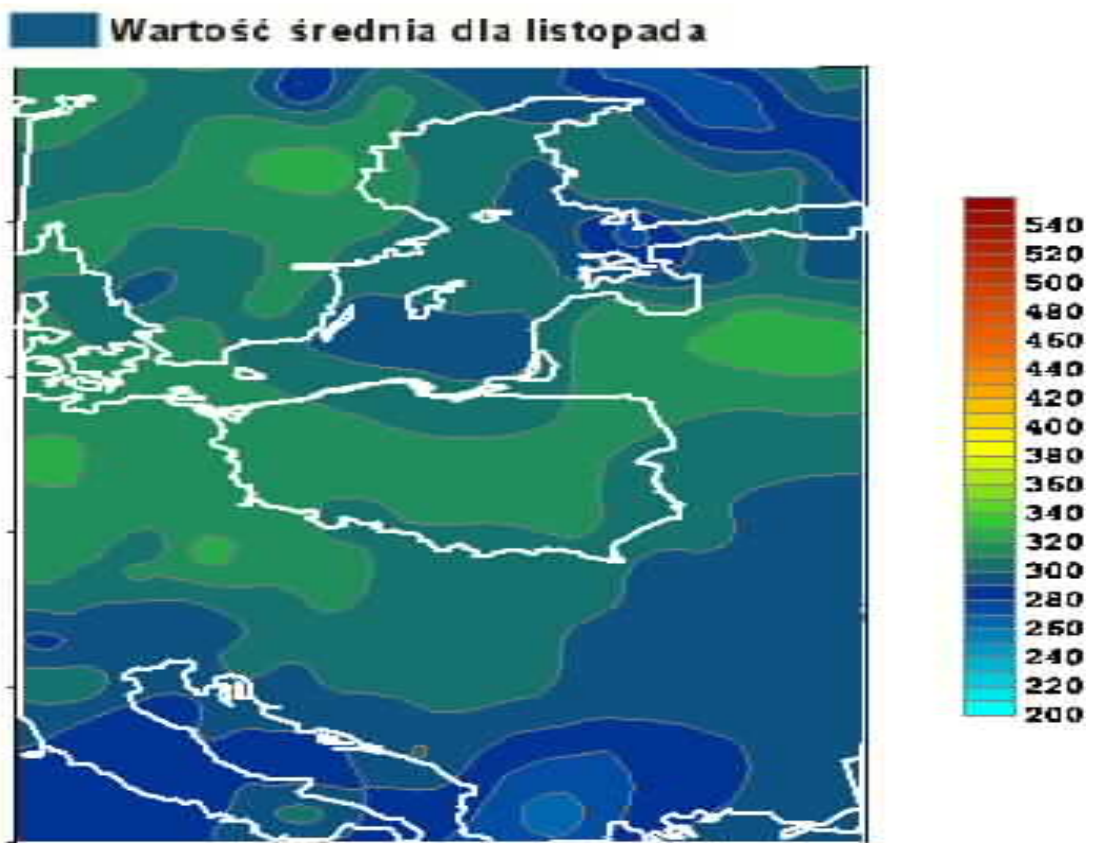


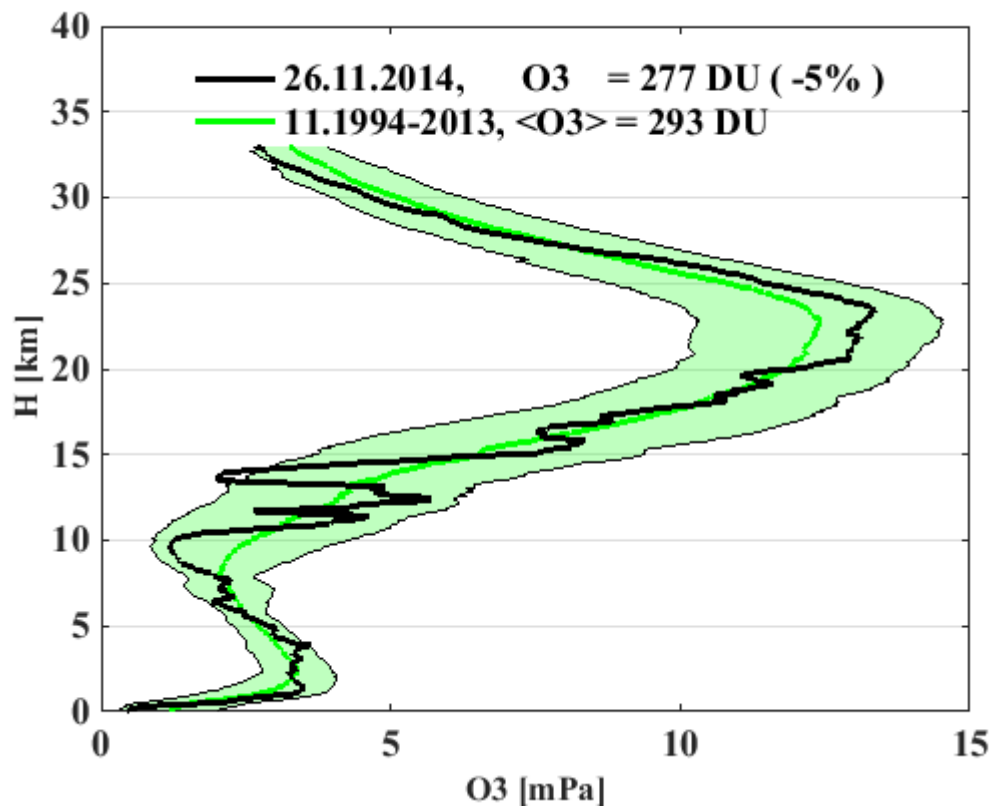
Całkowita zawartość ozonu, 12.11.2014 01:25 GMT



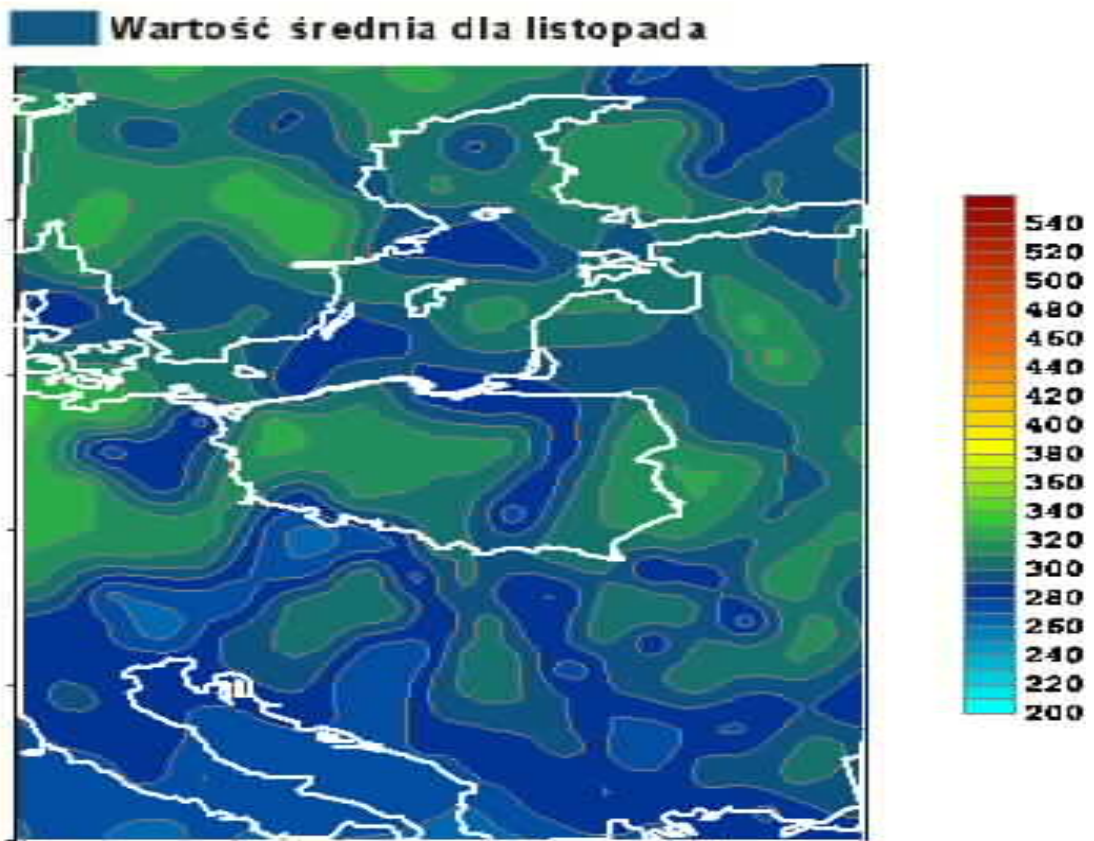


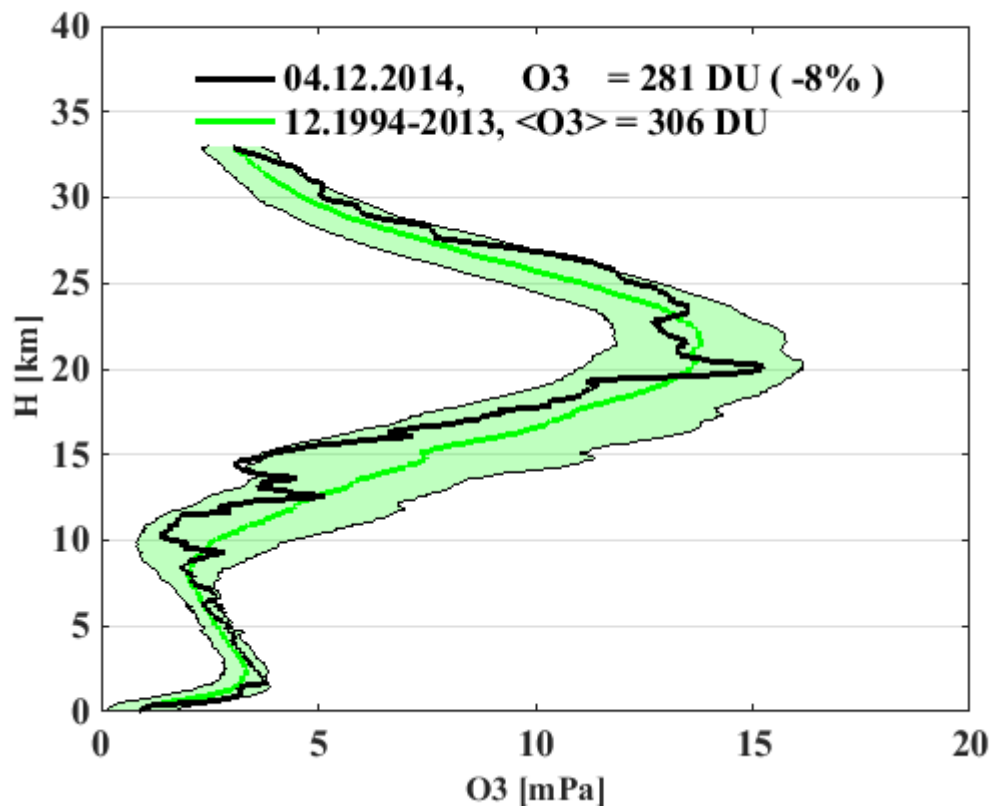
Całkowita zawartość ozonu, 19.11.2014 01:49 GMT



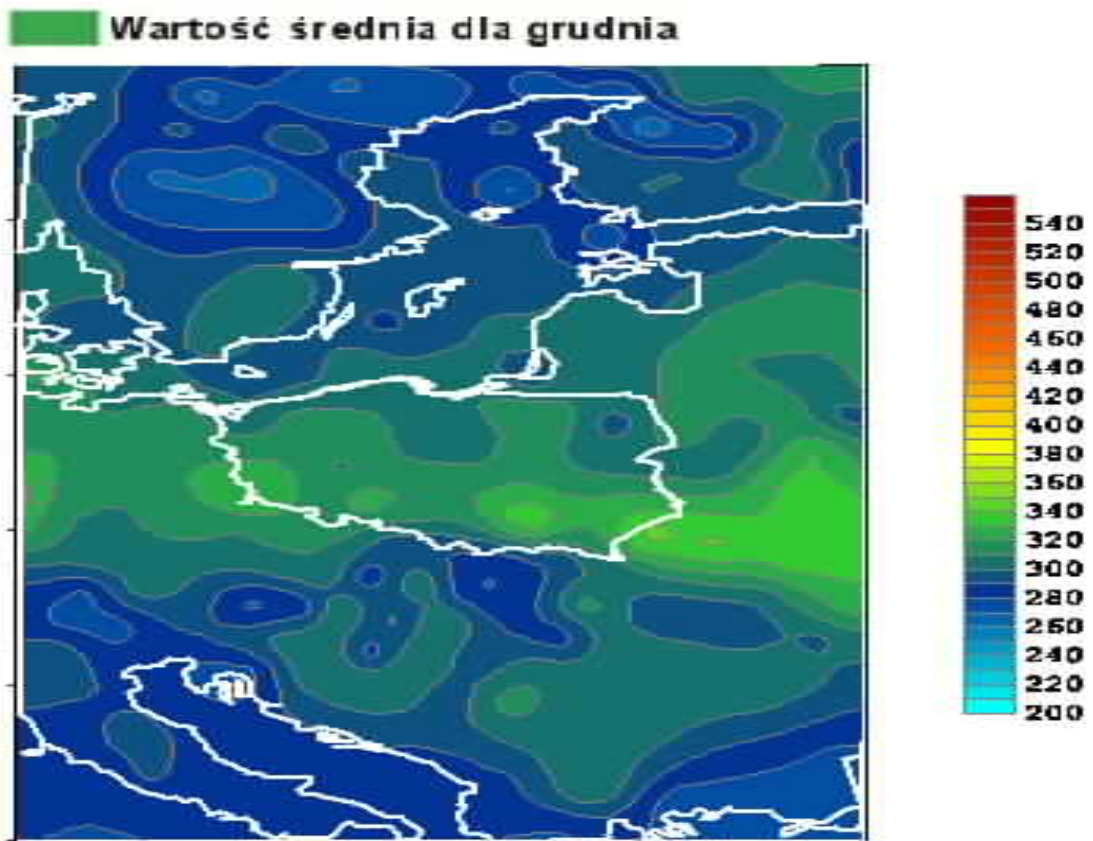


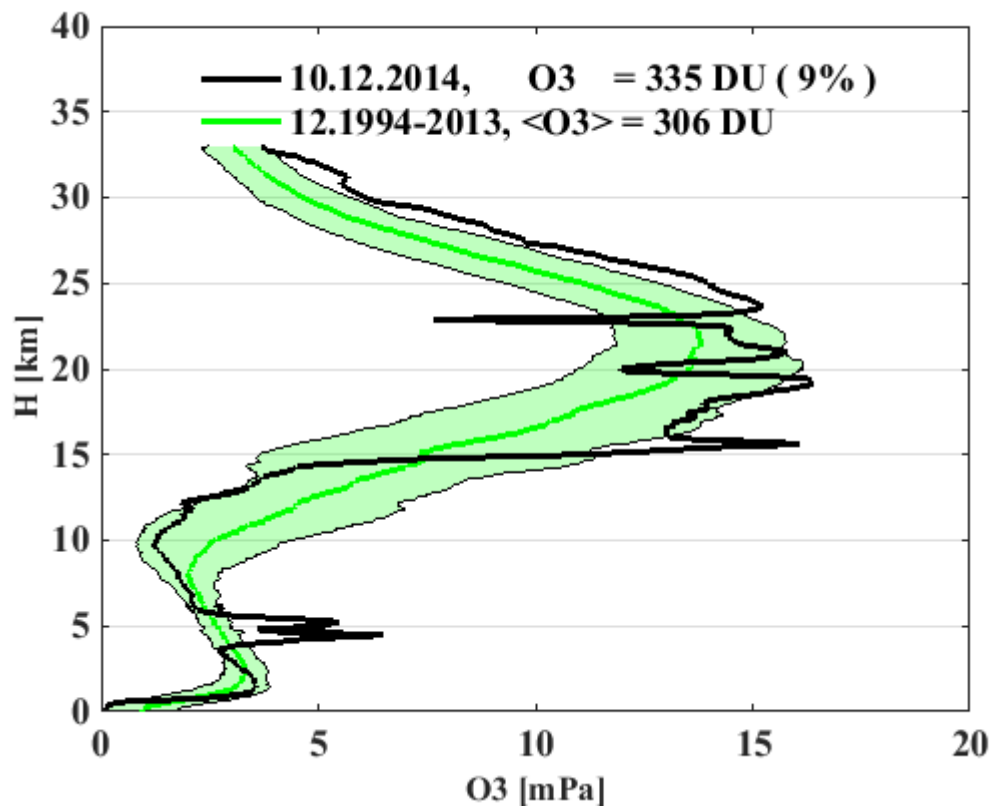
Całkowita zawartość ozonu, 26.11.2014 04:04 GMT



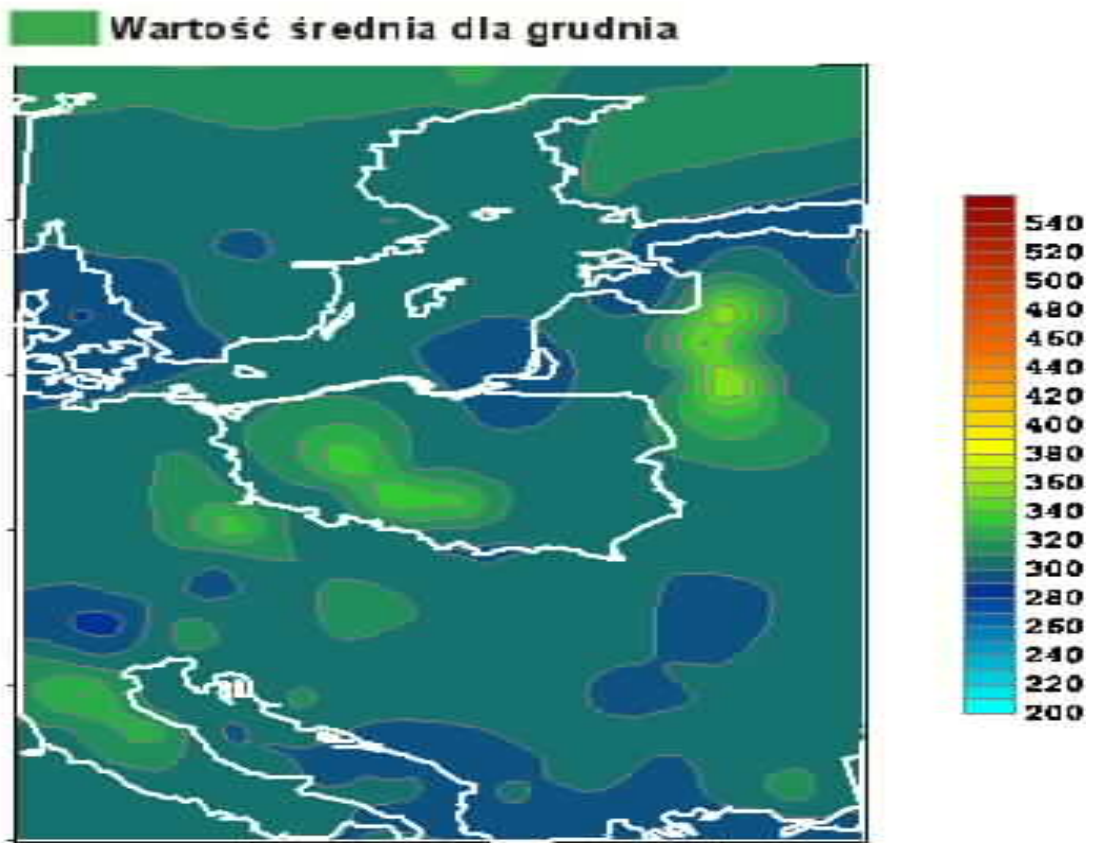


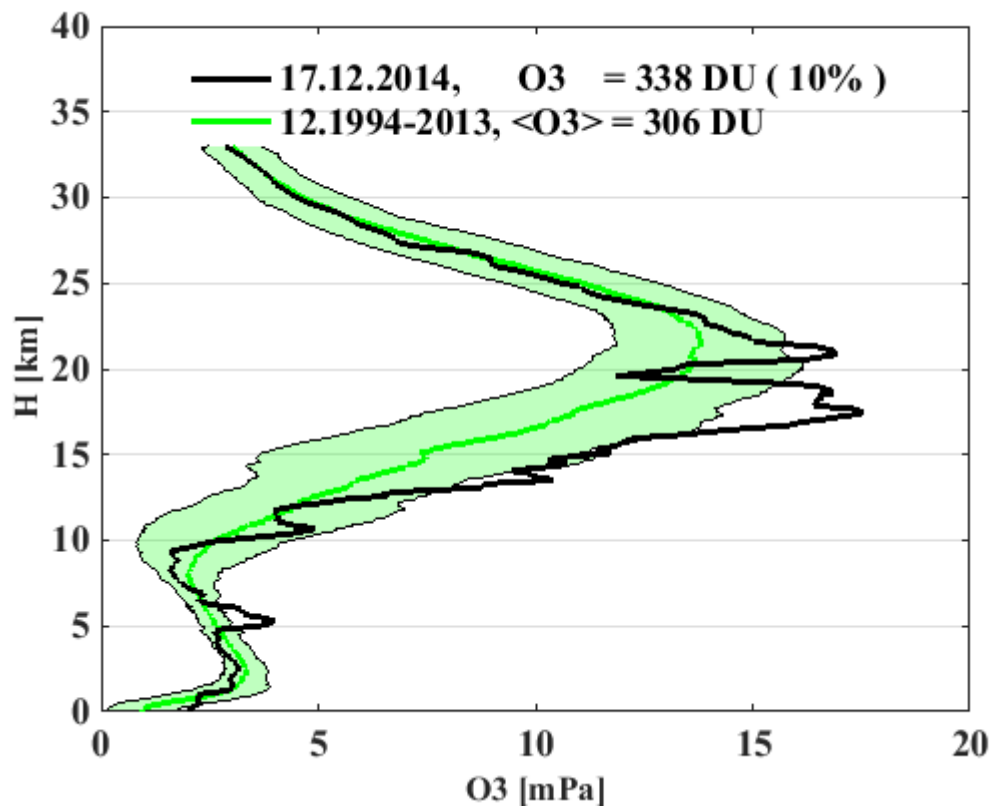
Całkowita zawartość ozonu, 04.12.2014 04:13 GMT



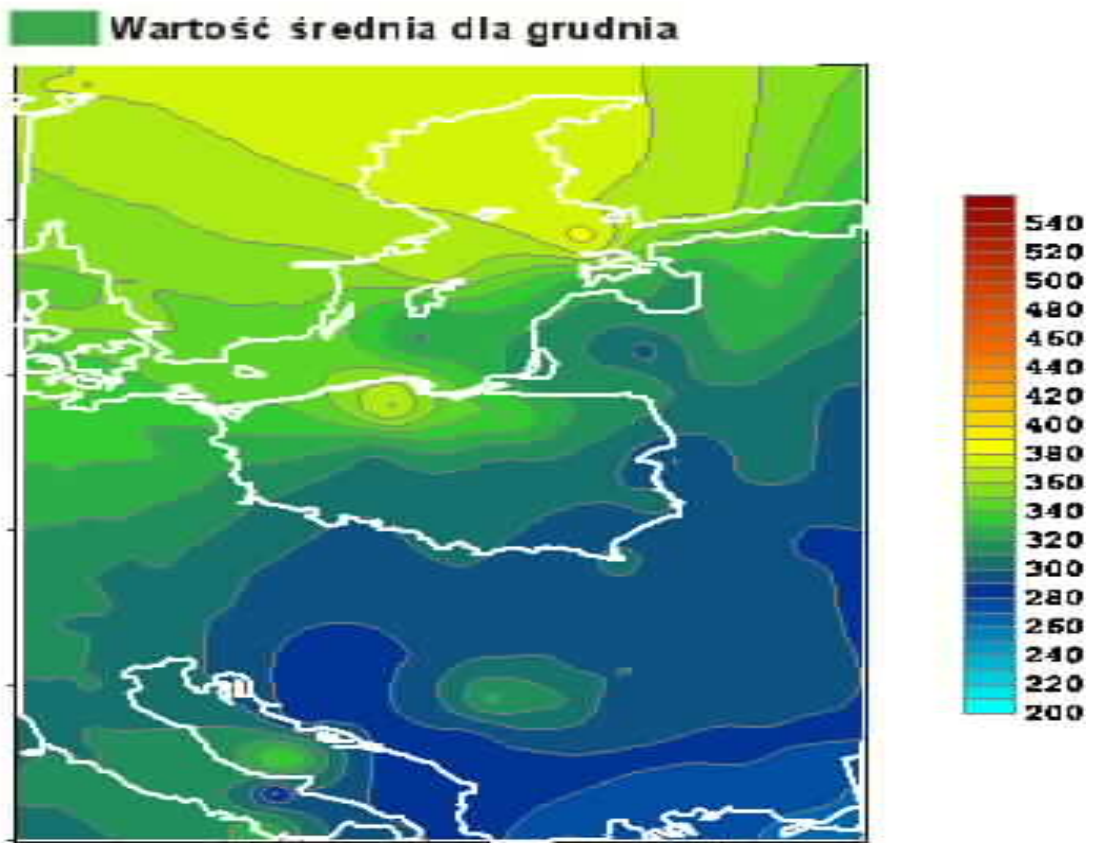


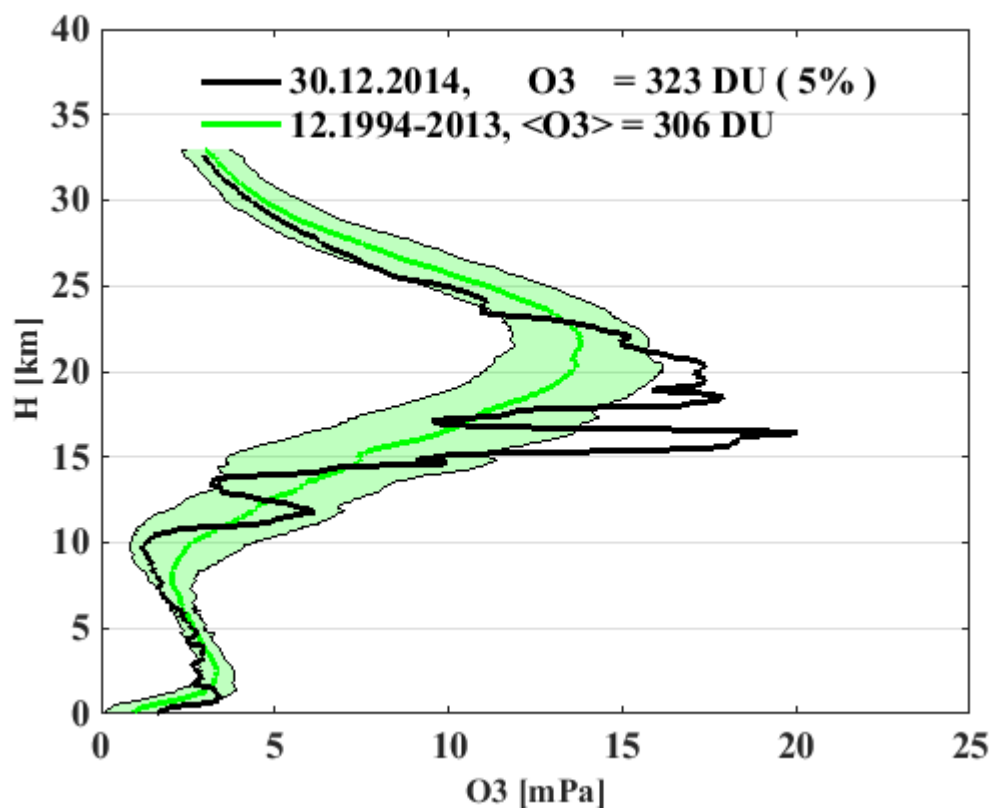
Calkowita zawartosc ozonu, 10.12.2014 01:16 GMT



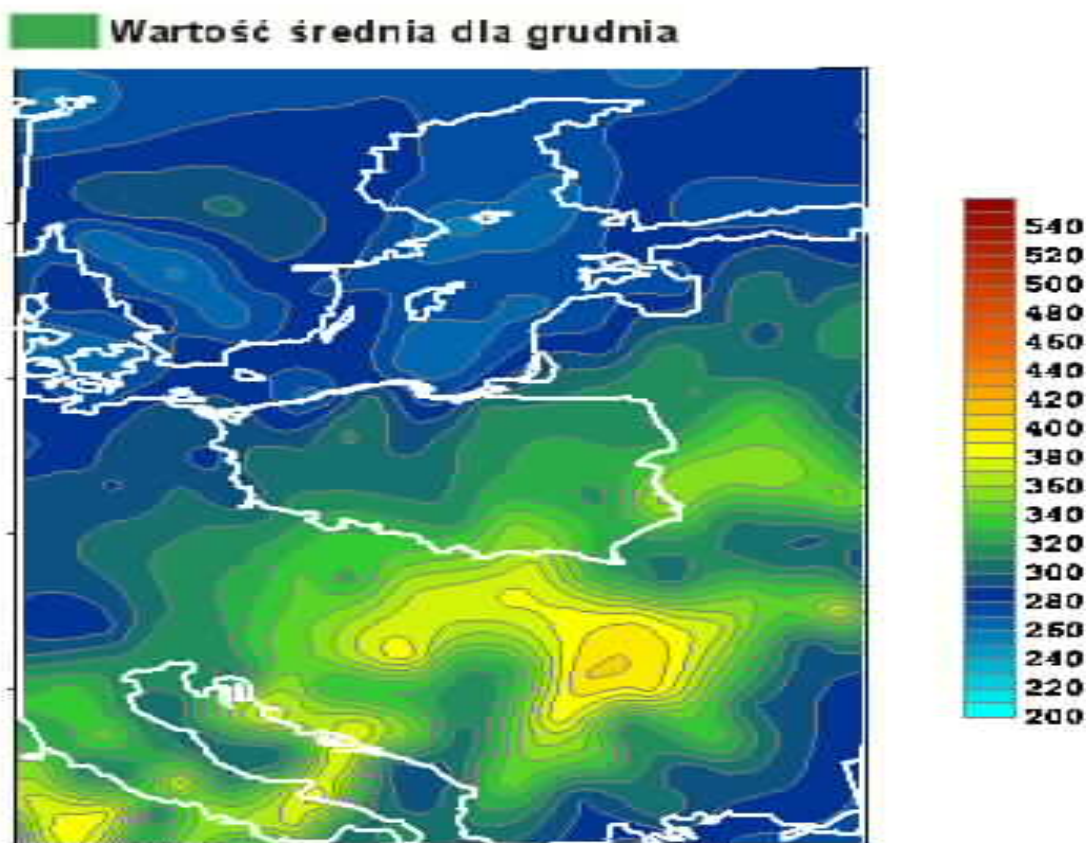


Calkowita zawartosc ozonu, 17.12.2014 03:24 GMT



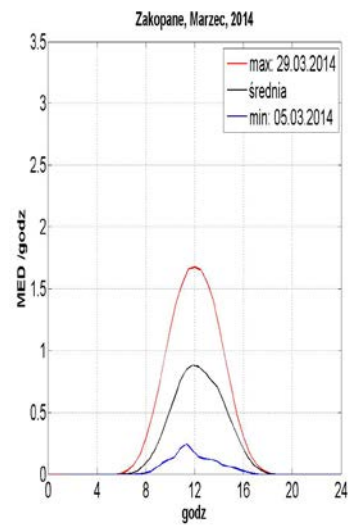
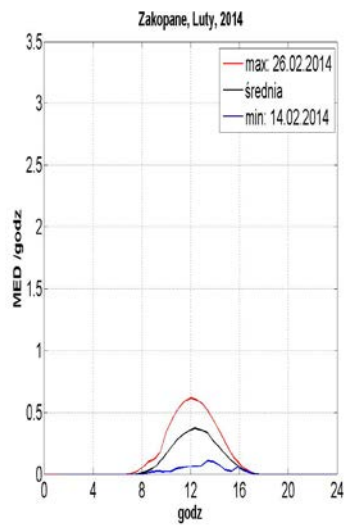
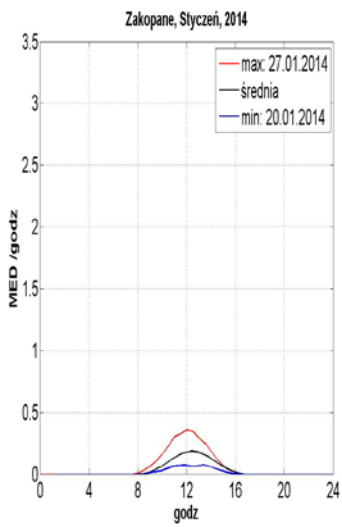
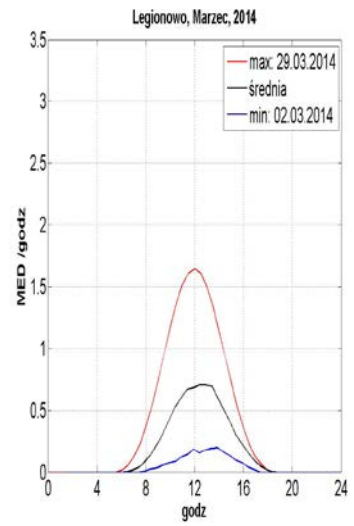
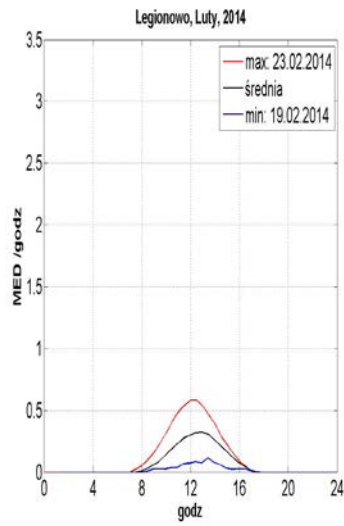
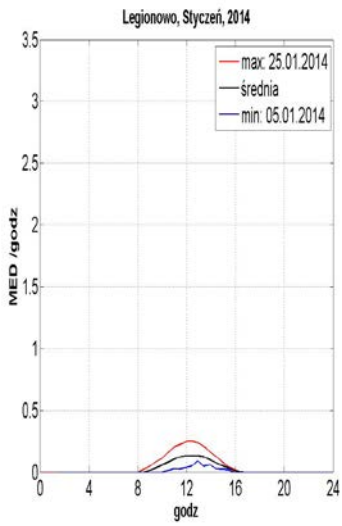
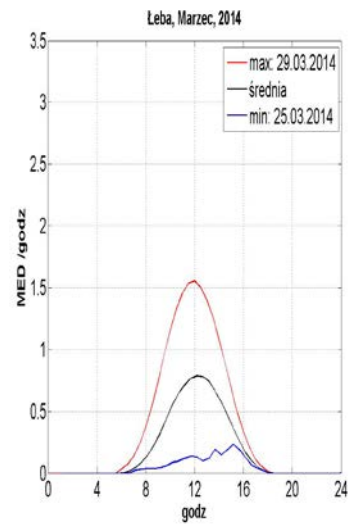
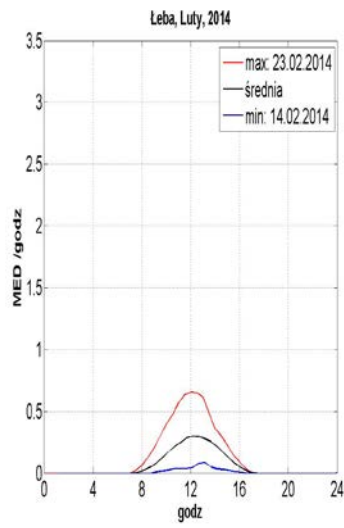
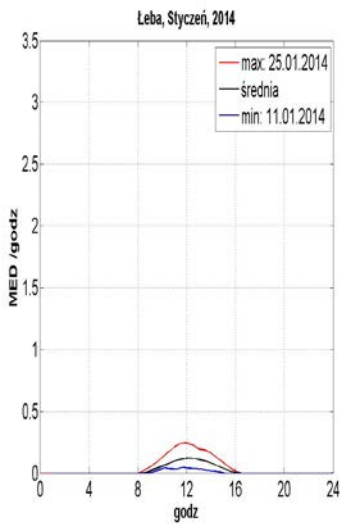


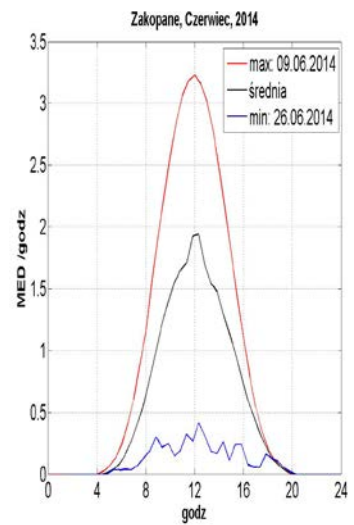
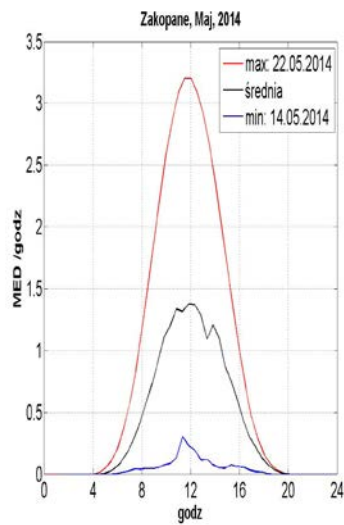
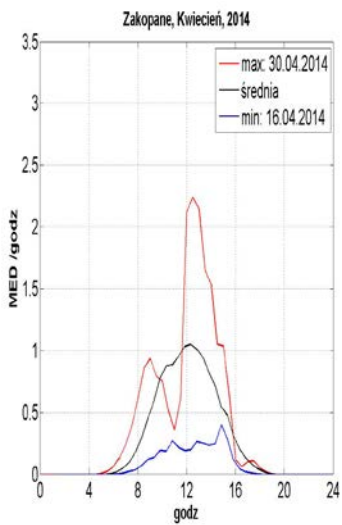
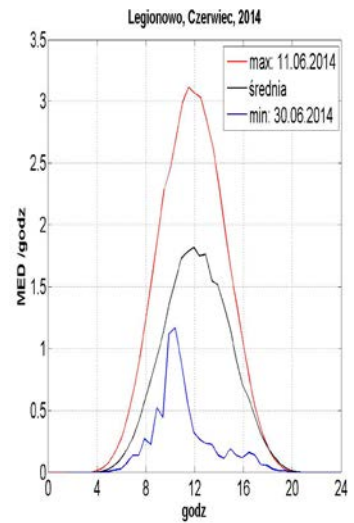
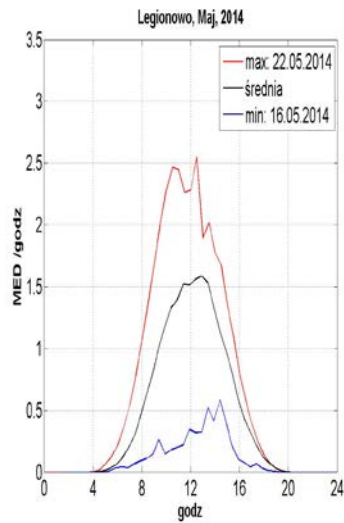
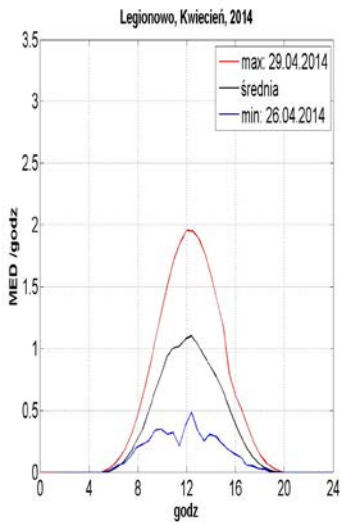
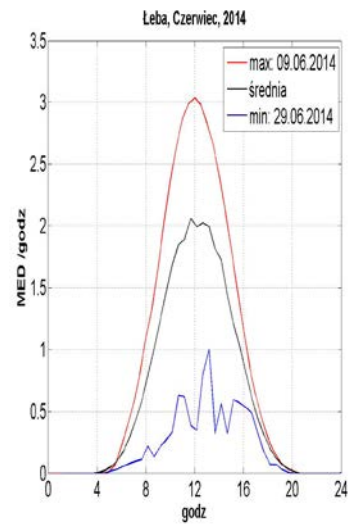
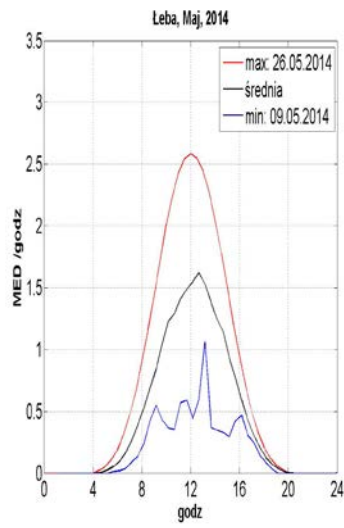
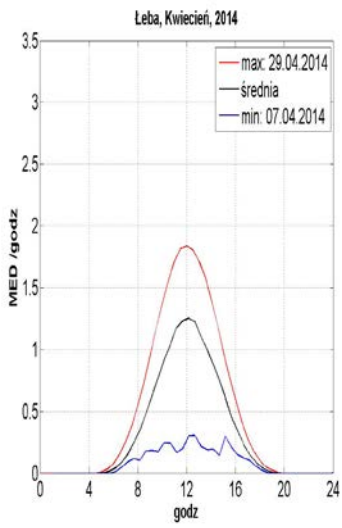
Całkowita zawartość ozonu, 30.12.2014 04:19 GMT

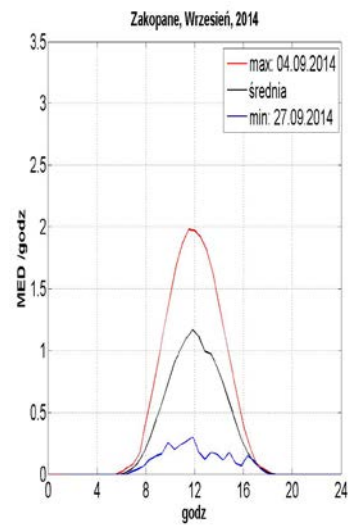
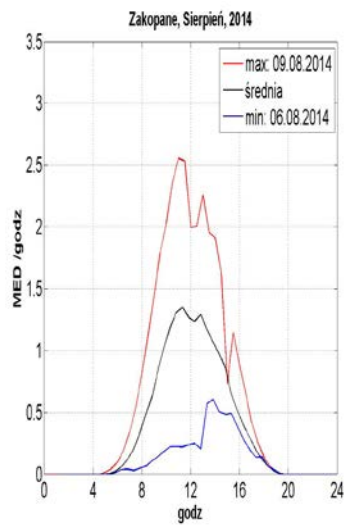
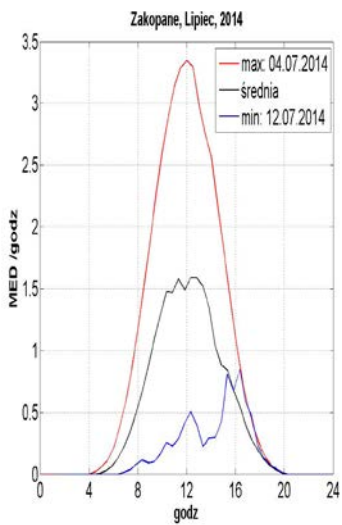
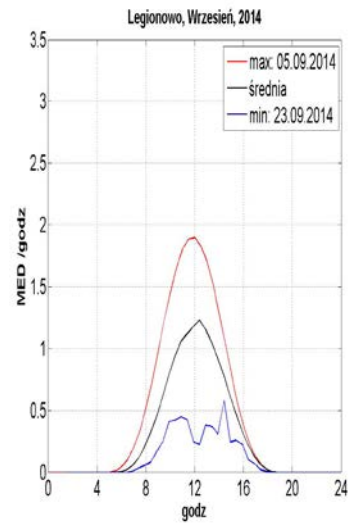
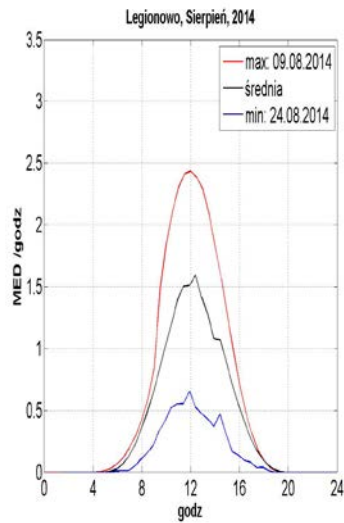
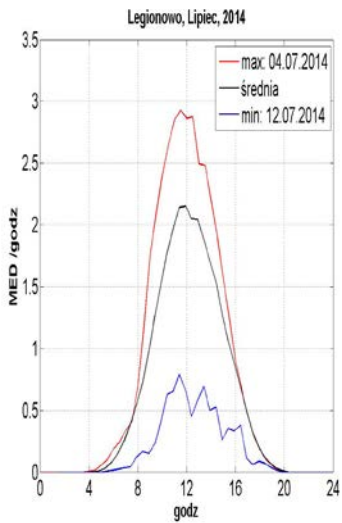
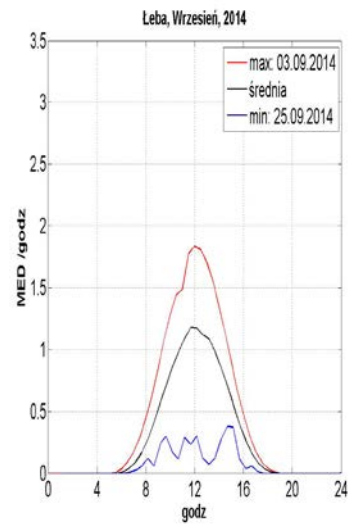
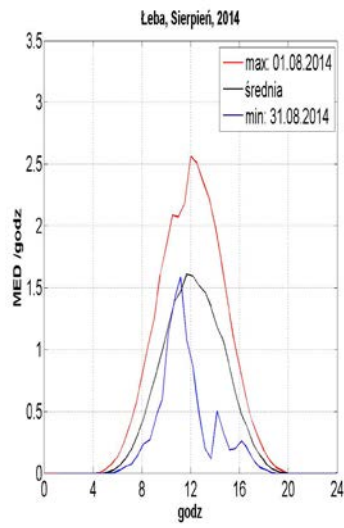
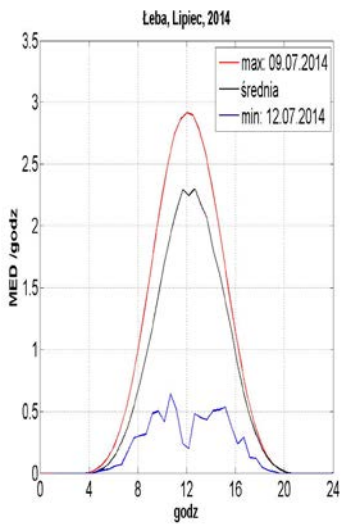


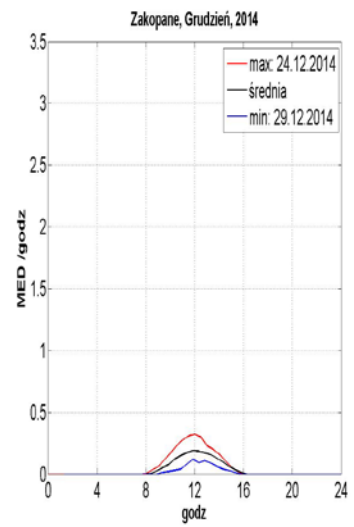
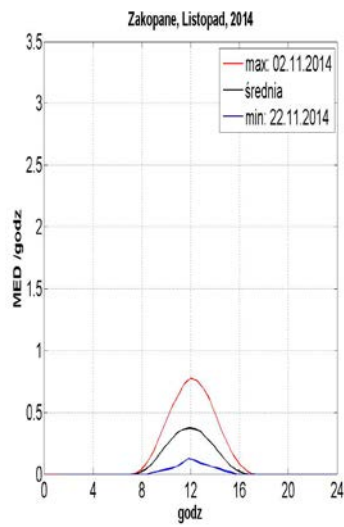
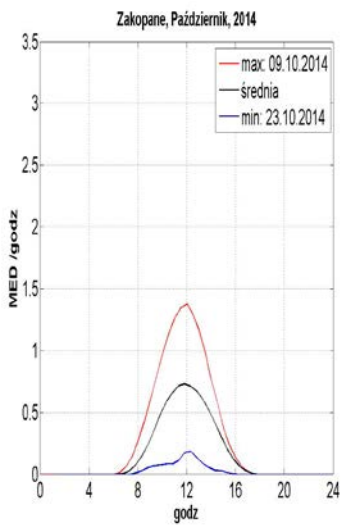
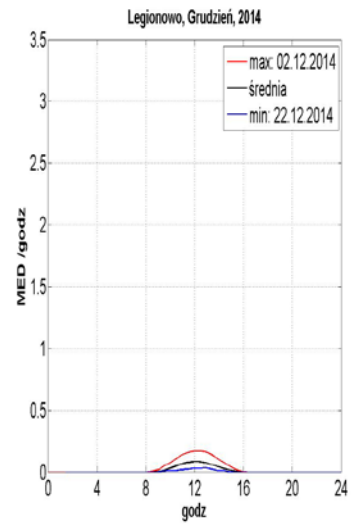
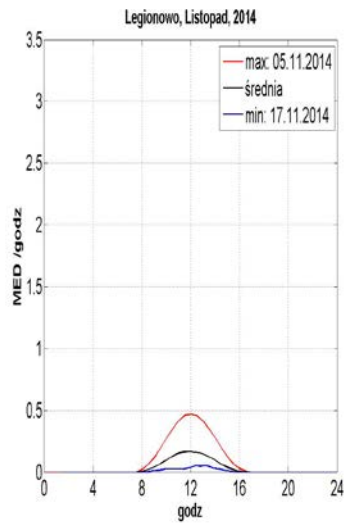
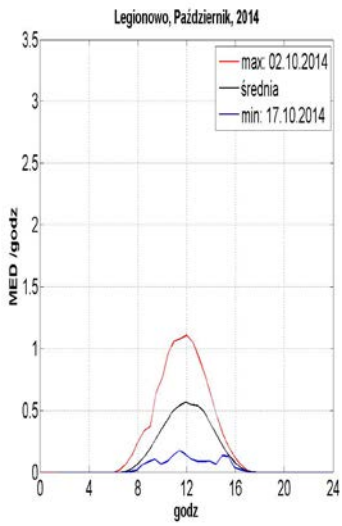
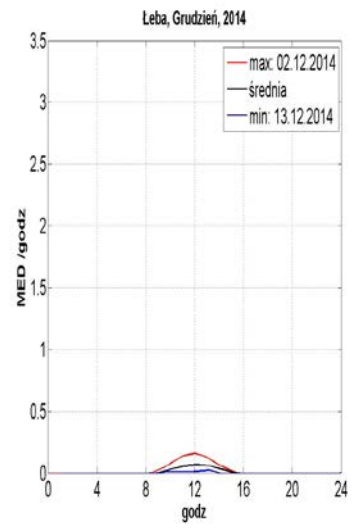
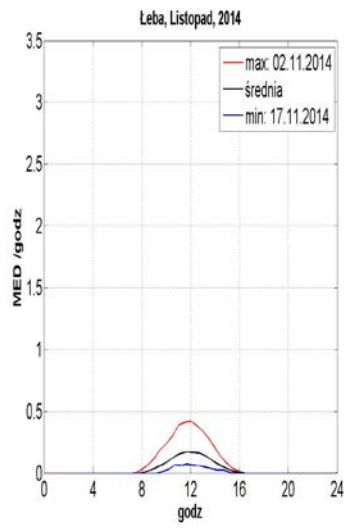
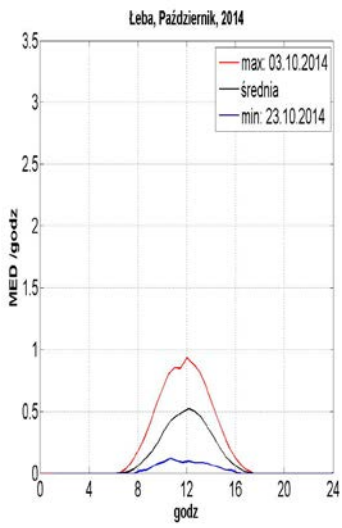
ZAŁĄCZNIK 5

DOBOWE PRZEBIEGI PROMIENIOWANIA UV-B Z MIESIĘCY
STYCZEŃ - GRUDZIEŃ 2014 R. (ŚREDNIE, MAKSYMALNE
I MINIMALNE) ZMIERZONE ZA POMOCĄ PRZYRZĄDU SOLAR LIGHT
(ŁEBA, LEGIONOWO, ZAKOPANE)









ZAŁĄCZNIK 6

INFORMACJE O BIEŻĄCYM I PROGNOZOWANYM INDEKSIE UV
Z DNIA 27.06.2014 OPUBLIKOWNE NA STRONIE INTERNETOWEJ
www.pogodynka.pl/indeksuv



Lubię to! Liczba osób, które to lubią: 30 227. Zarejestruj się, aby zobaczyć co lubią Twoi znajomi.



Zarejestruj / Zaloguj

Strona używa informacji zapisanych za pomocą cookies.

Używamy informacji zapisanych za pomocą cookies w celach reklamowych i statystycznych oraz w celu dostosowania naszych usług do indywidualnych potrzeb użytkowników. Mogą też stosować je współpracujący z nami reklamodawcy, firmy badawcze oraz dostawcy aplikacji multimedialnych. Użycie tych usług zależy od Ciebie, możesz je wyłączyć lub nie. Korzystanie z serwisu bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zapisane w pamięci urządzenia.

Poprzednia wersja strony

NASZE PORTALE

- BALTYK
- GÓRY
- ZAGLE
- AGROMETEO
- AWIACJA
- WWIS
- BLOGI METEO
- DLA CIEBIE
- DLA FIRM
- DLA PRASY
- GMIŃA

Subskrypcja newslettera

Wpisz swój adres e-mail

WYŚLIJ

PARTNERZY



Choć jesteśmy dorośli, to bezbronni wobec choroby.

KRS 0000128039
www.fho.org.pl



Stowarzyszenie Wspierania Onkologii



Stowarzyszenie Walki z Rakiem Płuca

POGODYNKA PL

SERWIS POGODOWY IMGW

Dzisiaj jest: 27.06/2014

04:14 21.03

maja na portalu zagle.pogodynka.pl uruchomiono system ostrzeżeń SMS dla zaglarzy. Zapraszamy do korzystania!

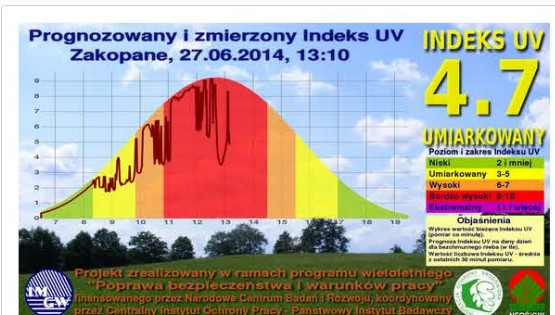
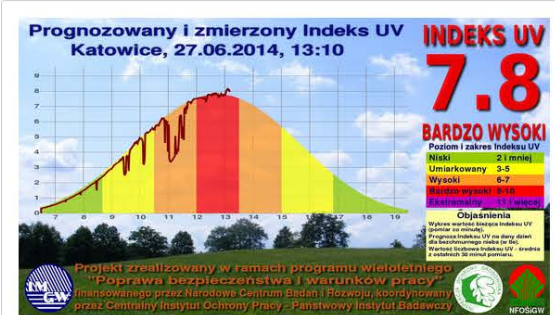
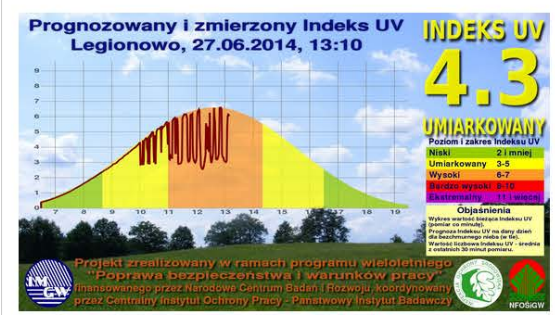
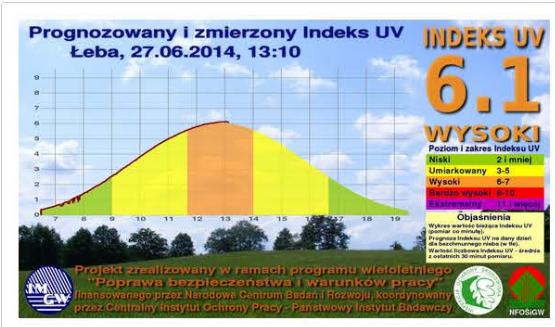
Szanowni Państwo

Indeks UV

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

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.