

CORSO TEORICO-PRATICO OZONO E VEGETAZIONE



Bona Griselli – Torino 18 aprile 2008



**EUROPEAN PROGRAM
INTERREG III B MEDOCC
« VEGETPOLLOZONE »**

Ozone levels in Piemonte

***B. Griselli, A. Parodi, D. Garzena, A. Bari, G. Nava, E. Rivella, A. Pereno; M. Clemente,
R. DeMaria, M. Grosa – Arpa Piemonte***

Francesco Tagliaferro, Anna Maria Ferrara, Andrea Ebone - IPLA

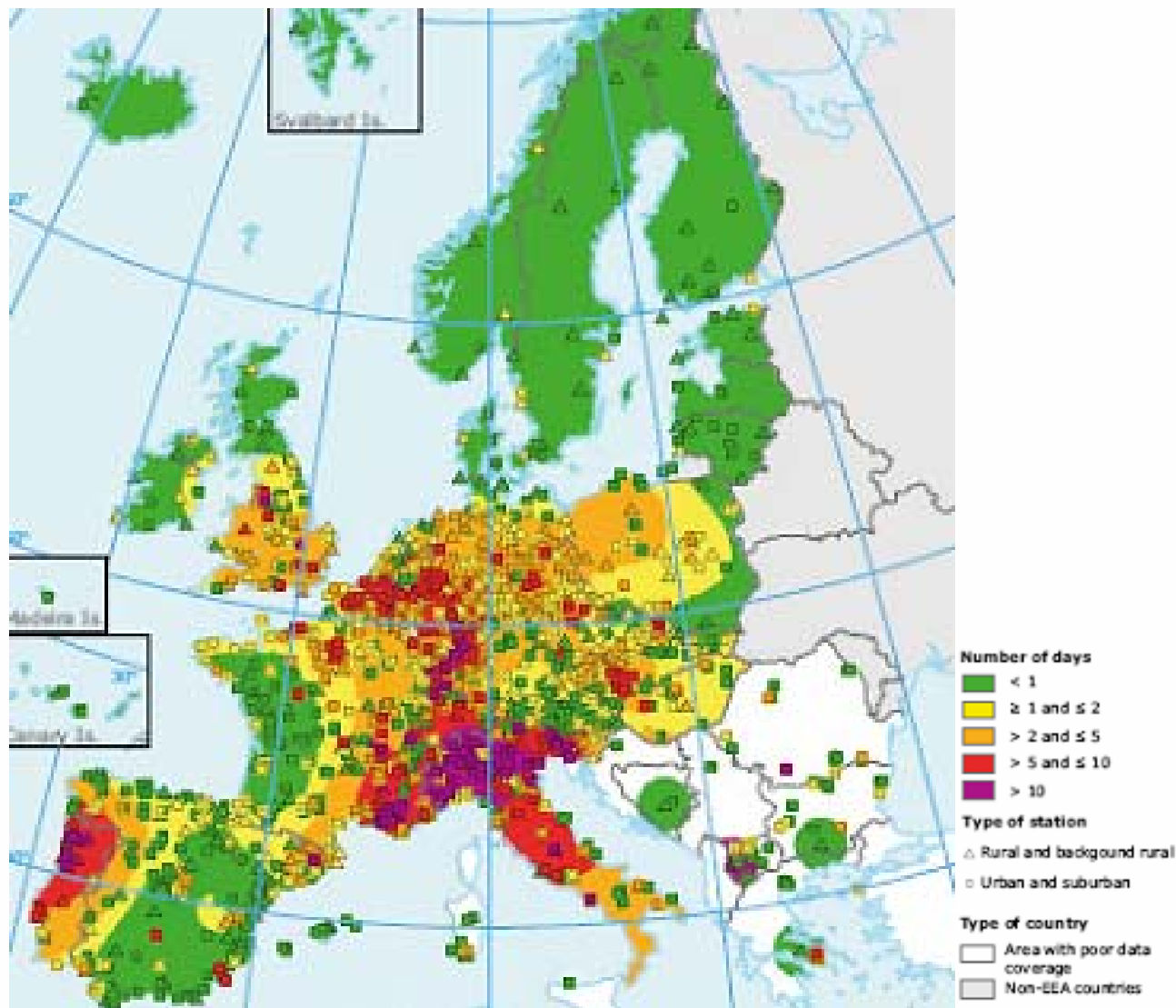


Rapporto tecnico EEA aprile-settembre 2006

La più alta concentrazione oraria di ozono nell'estate 2006 ($370 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stata osservata in Italia.

Concentrazioni comprese tra 300 e $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono state registrate in Austria, Francia, Portogallo, Romania e Spagna.

N° giorni con superamenti soglia d'informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$)





La percentuale di foreste nel mondo esposte a concentrazioni potenzialmente dannose in questi ultimi anni è in aumento e si prevede che nel 2100 raggiungerà il 50%.

In base agli scenari di emissione dei suoi precursori, NO_x e COV, si prevede che la concentrazione media globale di O₃ aumenterà dello 0,5-2% ogni anno.

Questo è quanto previsto nonostante siano stati fatti notevoli progressi nel controllo dei suoi precursori.

Basti pensare che negli anni '70 nell'aria di Los Angeles si registravano picchi di 580 ppb, picchi che sono gradualmente diminuiti nonostante l'aumento della popolazione e del traffico veicolare.

A scala mondiale, si assiste ad una riduzione generalizzata dei picchi di concentrazione e ad un aumento dei livelli medi.

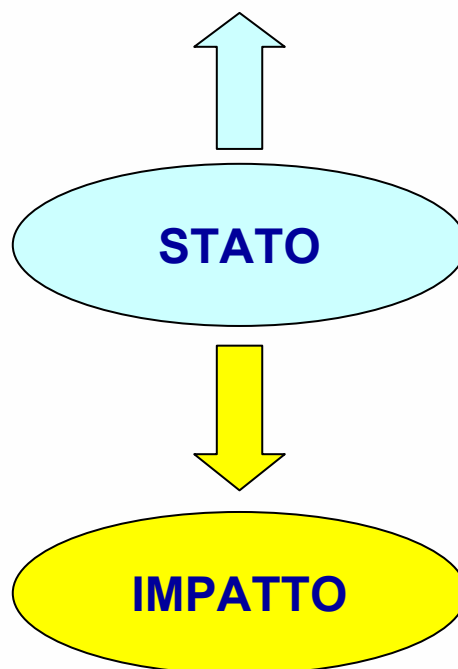
I livelli di O₃ in Europa non dipendono solo dalle nostre sorgenti emissive, ma anche da quelle di altri continenti; recentemente è stato dimostrato il trasporto intercontinentale dell' O₃ dal Nord-America e l'Asia verso l'Europa.

***Forest@ 2 (1): 130-140, 2005. Sezione Speciale - Cambiamento climatico e inquinamento: effetti sulle foreste meridionali. Elevate concentrazioni di ozono nell'Italia mediterranea: una sfida alle foreste?
Paoletti E*, Petriccione B, Racalbutto S.***



Misure dell'ozono e valutazione degli effetti a carico della vegetazione

La qualità dell'aria si valuta a livello locale, regionale, nazionale e internazionale sia a partire da misure dirette di tipo chimico-fisico sia sulla base di modelli matematici.



L'ozono è responsabile di effetti indesiderati non solo a carico della popolazione, ma anche del biota.

Tecniche di biomonitoraggio vengono adottate per stimare l'entità della compromissione della componente vegetale degli ecosistemi.



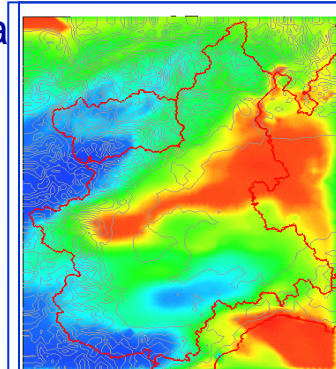
Misure dell'ozono

La misura diretta della concentrazione degli inquinanti atmosferici viene effettuata nella grande maggioranza dei casi mediante **analizzatori in continuo fisico-chimici**, posizionati nelle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, che fanno parte della rete regionale di monitoraggio o installati in mezzi mobili.



Un altro metodo di misura si avvale dei **campionatori passivi**, utili soprattutto in aree rurali e remote in cui risulta complessa l'installazione di una stazione di rilevamento.

I **modelli** descrivono, sulla base di inventari delle fonti di emissione e della meteorologia, i fenomeni di diffusione, trasporto e trasformazione chimica degli inquinanti atmosferici immessi nella troposfera e permettono quindi di valutarne la loro concentrazione e distribuzione spaziale.



**OZONE
CONCENTRATIONS**



Analizzatori in continuo fisico-chimici

Le stazioni automatiche di controllo dell'inquinamento atmosferico determinano in tempo reale le concentrazioni di diversi inquinanti presenti nell'ambiente, come il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio, l'ozono, il particolato ed in alcuni casi anche gli idrocarburi. Essi permettono di controllare quando si superano i limiti o valori guida previsti dalle normative europee.

Nelle stazioni si dispone talora anche di strumentazione meteorologica per la misura di parametri come la velocità e la direzione del vento, l'umidità relativa, la radiazione solare, la pressione atmosferica e le precipitazioni, che risultano fondamentali per la conoscenza delle dinamiche di dispersione in atmosfera degli inquinanti atmosferici.





Campionatori passivi

Non richiedono l'uso di strumentazione costosa.

Non necessitano di allacciamento elettrico.

Forniscono informazioni di dettaglio spaziale e temporale.

Forniscono dati cumulati relativi al periodo di esposizione, generalmente da 1 a 4 settimane.



Interreg Vegetpollozone 2007-2008

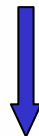
Esposizione di campionatori passivi in 18 stazioni nel periodo fotochimico (maggio-settembre)

3 campionatori / stazione

2 cambi al mese



Analisi in laboratorio (analisi spettrofotometrica a 430 nm)



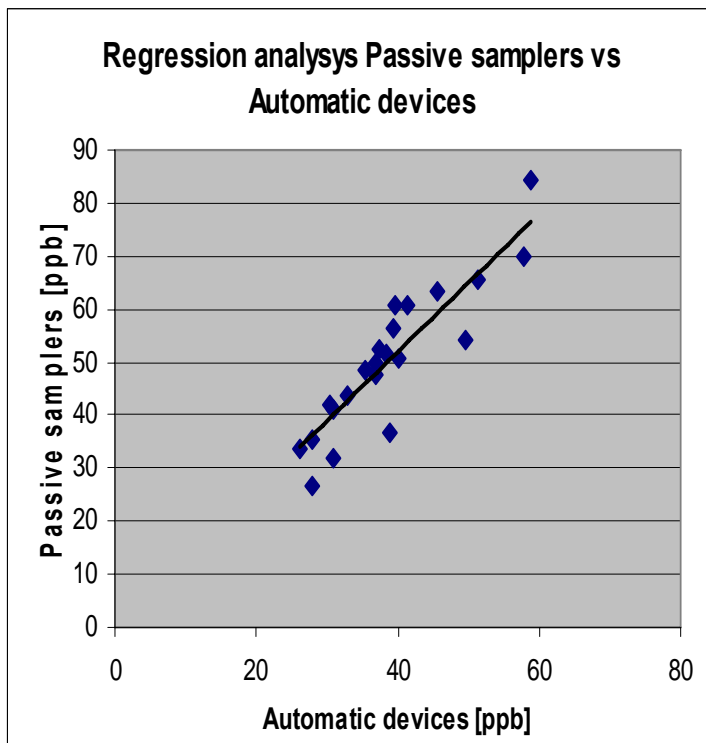
Concentrazione totale di ozono relativa al periodo di esposizione

Calcolo della concentrazione media /m³ (µg/ m³; ppb)

tenendo conto: 1) minuti totali di esposizione; 2) temperatura media durante il periodo di esposizione



Cartuccia adsorbente



Validazione mediante esposizione in corrispondenza di analizzatori chimico fisici.

R Pearson = 0,90
 p level 0,000
 R Spearman = 0,91
 p level 0,000



Corpo diffusore



Effetti sulla vegetazione

Le specie vegetali sono particolarmente sensibili all'ozono, che è responsabile di effetti sulla fisiologia, accrescimento e anatomia di molte specie vegetali, causando seri danni ecosistemici oltre che economici.

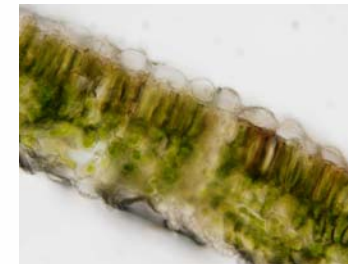
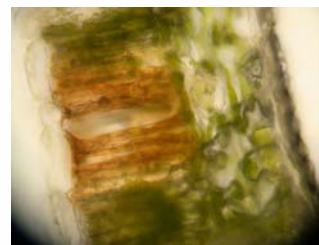
Alcune specie vengono utilizzati per "misurare" l'entità dell'inquinamento da ozono: sono i cosiddetti **bioindicatori** quali le piante di tabacco e il trifoglio.

(40 ppb per esposizioni di 4-5 h)



(60 ppb media delle 12 h giornaliere consecutive più elevate)

La ricerca della comparsa di sintomi definiti **ozone-like** sulla vegetazione presente permette una stima diretta degli effetti sulla componente biotica degli ecosistemi. Il rilevamento dei danni richiede l'acquisizione di esperienza nel riconoscimento delle modificazioni morfologiche macro e microscopiche.



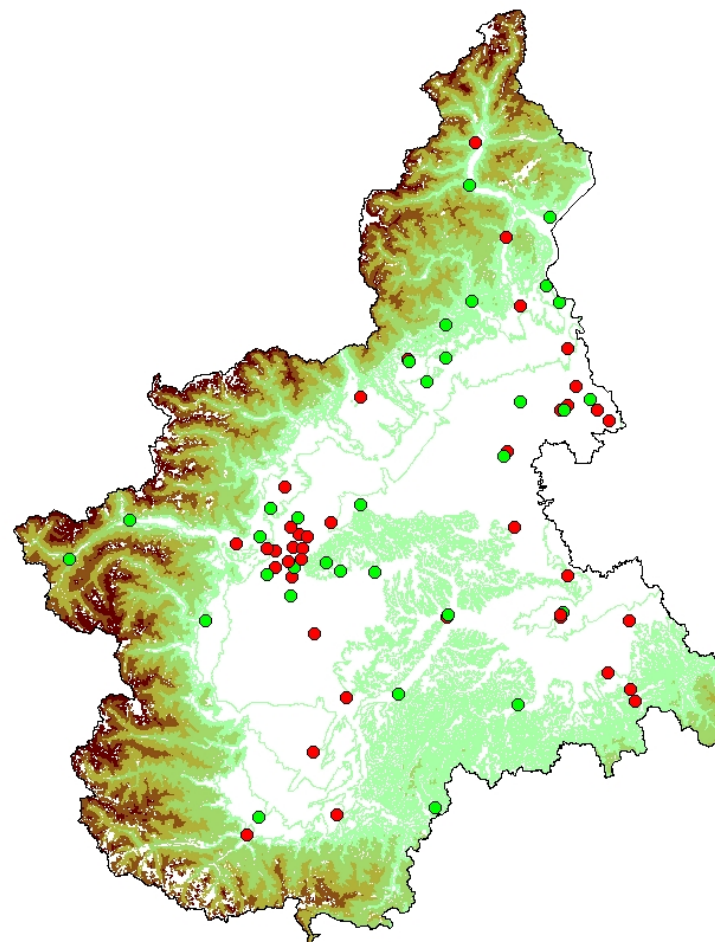


Rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Piemonte

74 stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria ●●

34 stazioni monitoraggio dell'ozono ●

Le stazioni di monitoraggio con analizzatori automatici sono generalmente scarse in aree remote e ambienti poco antropizzati in cui si rinvengono ad esempio residui di boschi planiziali, che rappresentano un patrimonio sicuramente da proteggere.



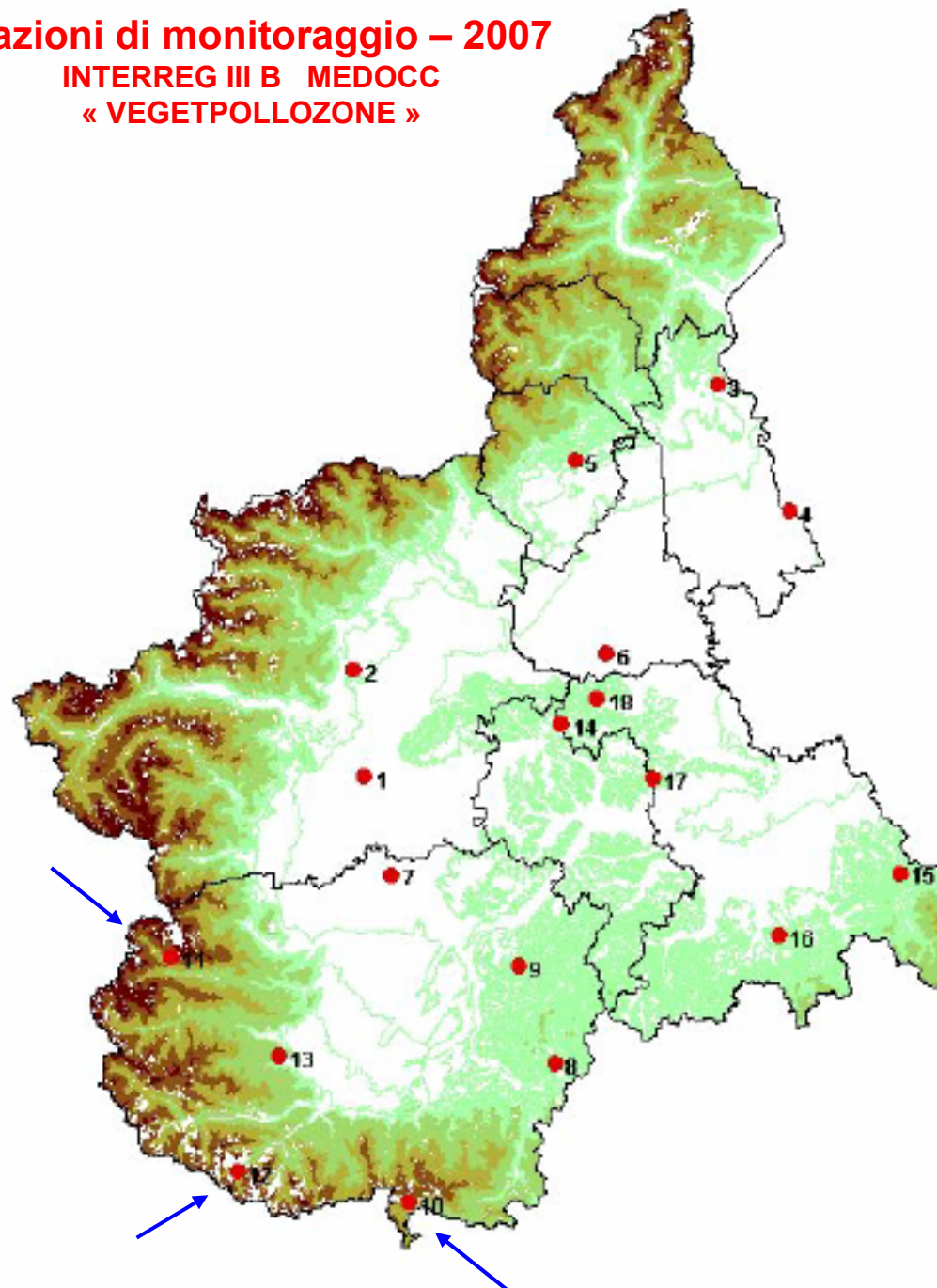
E' molto importante incrementare la conoscenza della diffusione dell'ozono in aree remote e dell'entità dei danni che causa a carico della vegetazione.



Stazioni di monitoraggio – 2007

INTERREG III B MEDOCC « VEGETPOLLOZONE »

Co d.	Nome	X_coord.	Y_coord.	quot a (m)
4	Galliate (NO)	480766	5037910	124
6	Trino (VC)	441285	5007307	160
17	Viarigi (AT)	451183	4980309	167
1	Nichelino (TO)	389180	4980872	241
7	Racconigi (CN)	395097	4959588	255
14	Murisengo (AL)	431650	4991914	291
3	Arona (NO)	465201	5065194	308
15	Brignano Frascata (AL)	504379	4960000	317
16	Montaldeo (AL)	478565	4946548	330
2	La Mandria - Venaria (TO)	386958	5003677	335
5	Quaregna (BI)	434516	5048822	356
18	Olmo Gentile (AT)	439363	4997644	420
9	Sinio (CN)	422524	4940040	440
8	Camerana (CN)	430122	4918890	620
13	Montemale (CN)	370713	4920433	660
10	Briga Alta (CN)	398852	4889190	1328
11	Casteledelfino (CN)	347450	4941983	1417
12	Valdieri (CN)	361951	4895727	1485

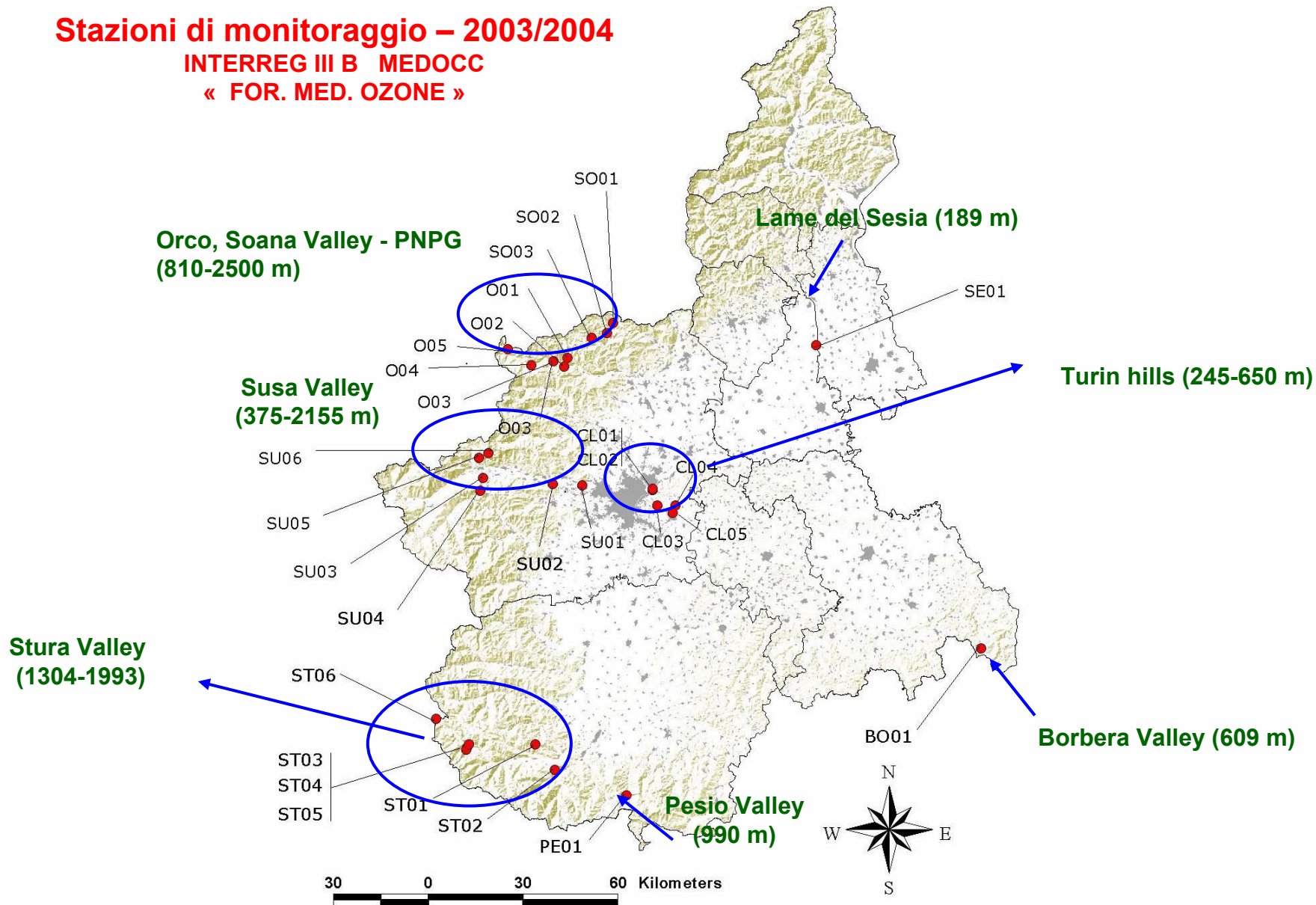




Stazioni di monitoraggio – 2003/2004

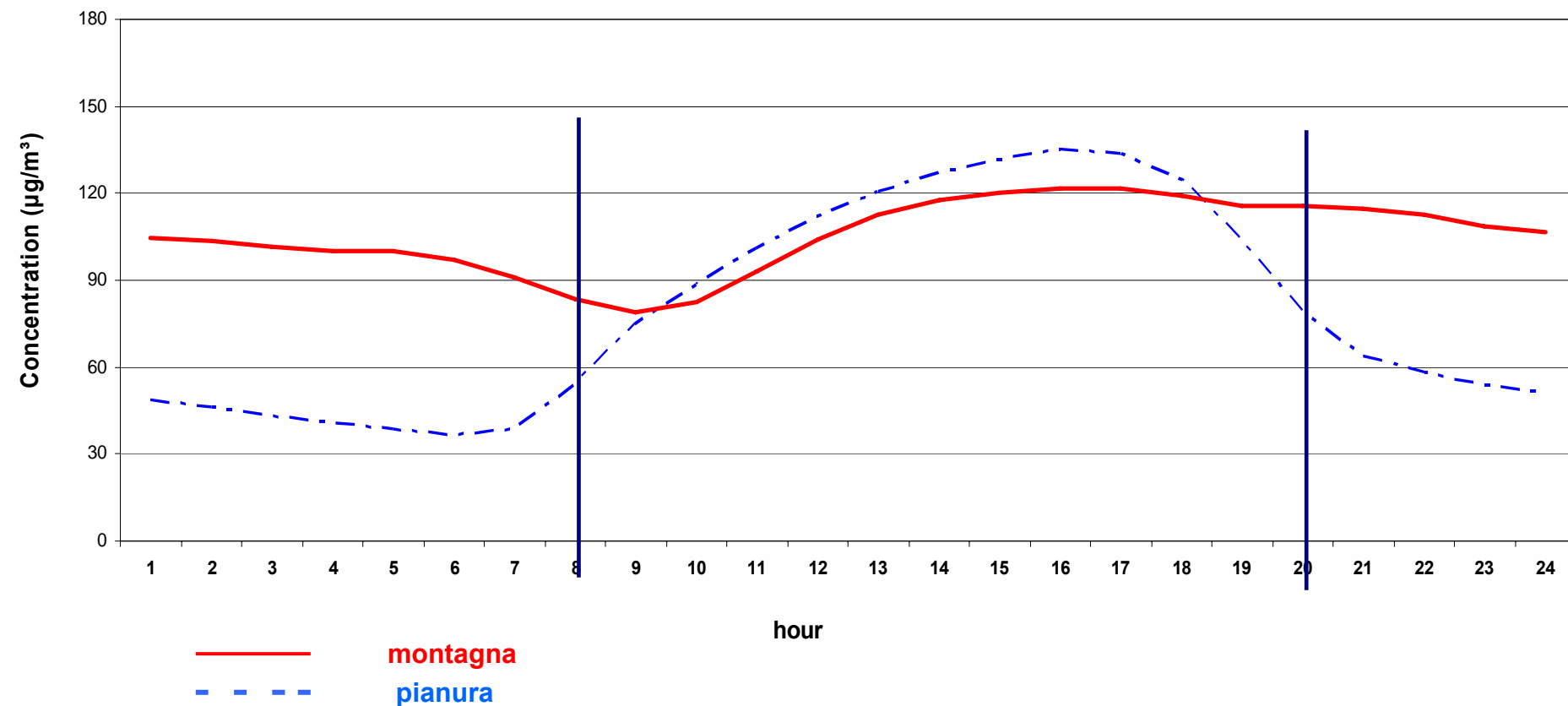
INTERREG III B MEDOCC

« FOR. MED. OZONE »





Trend giornaliero relativo a periodo fotochimico



L'Ozono ha un andamento circadiano, i valori di background in quota sono più elevati. I livelli maggiori generalmente si riscontrano tra le ore 8 e le 20; i valori di riferimento della normativa per la vegetazione sono valutati in questo range temporale.



European Program Interreg IIB “Vegetpollozone” Misure dei livelli di ozono mediante campionatori passivi (ppb)

Station code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	10
Altitude	241	335	308	124	356	160	255	620	440	1417	1485	660	291	317	330	167	420	1328
May 1	26	26	35	30	35	29	nd	32	49	45	44	39	36	38	43	28	45	0
May 2	28	34	35	31	39	31	44	47	71	46	55	52	68	60	62	49	67	1
June 1	37	47	48	39	50	38	41	32	62	40	33	42	60	36	54	38	47	6
June 2	47	48	56	46	61	39	37	41	53	43	57	37	47	50	55	33	45	38
July 1	48	56	52	64	61	44	52	50	64	72	66	67	55	70	72	50	69	1
July 2	51	58	70	50	84	40	54	47	58	59	72	74	55	69	72	49	70	71
August 1	52	58	63	49	66	59	49	45	69	44	42	55	47	43	43	41	45	29
August 2	36	39	42	34	52	34	32	30	33	30	22	38	36	31	55	33	31	25
Sept. 1	21	21	35	25	50	32	27	27	26	39	35	31	27	20	27	26	27	22
Sept. 2	31	34	34	28	50	37	27	19	18	38	45	47	52	32	43	27	50	34

MEAN	38	42	47	40	55	38	40	37	50	46	47	48	48	45	53	37	49	/
MAX	52	58	70	64	84	59	54	50	71	72	72	74	68	70	72	50	70	71

nd = non determinato

- Blu (Classe 1) = concentrazioni ozono < 30 ppb;
- Verde (Classe 2) ≥30 and <45 ppb;
- Giallo (Classe 3) ≥45 and <60 ppb;
- Arancio (Classe 4) ≥60 and <75 ppb;
- Rosso (Classe 5) ≥75 and <90 ppb,
- Malva (Classe 6) concentrazioni ozono ≥90 ppb.

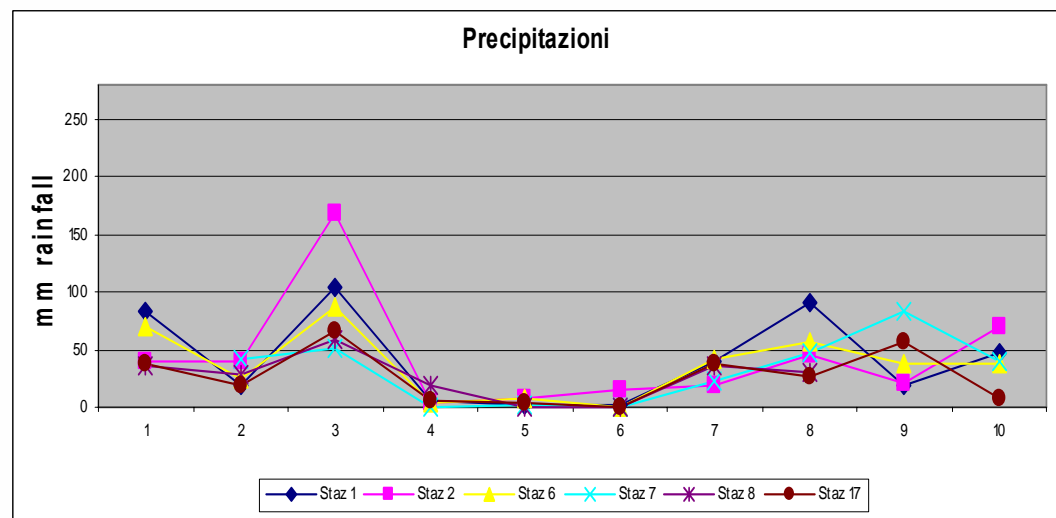
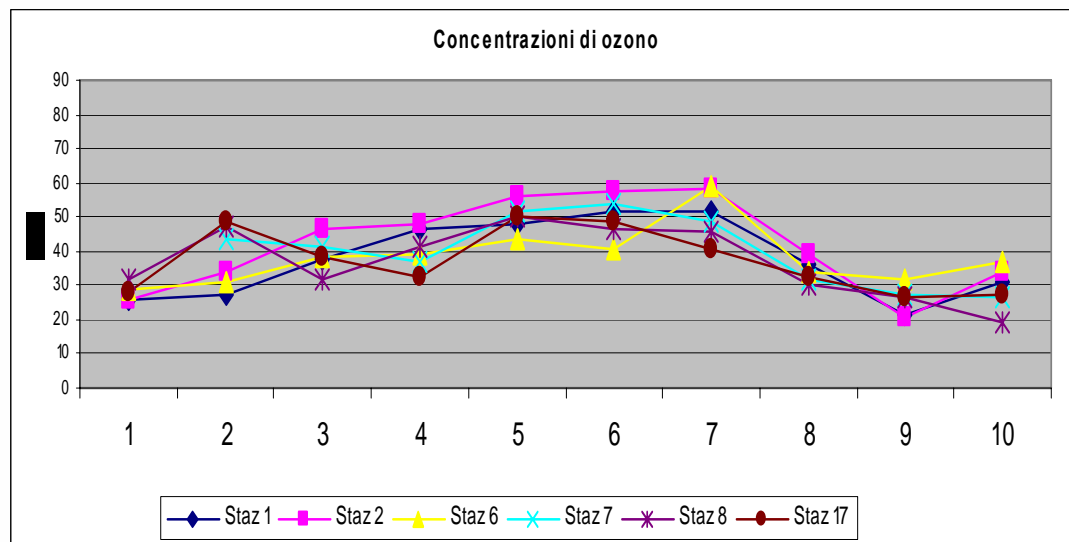
[ICP-Forest level II Network].



Gruppo 1

Concentrazioni ozono < 60 ppb durante l'intero periodo fotochimico

Altitude m	241	335	160	255	620	167
Station code	Staz 1	Staz 2	Staz 6	Staz 7	Staz 8	Staz 17
May 1	26	26	29		32	28
May 2	28	34	31	44	47	49
June 1	37	47	38	41	32	38
June 2	47	48	39	37	41	33
July 1	48	56	44	52	50	50
July 2	51	58	40	54	47	49
August 1	52	58	59	49	45	41
August 2	36	39	34	32	30	33
Sept. 1	21	21	32	27	27	26
Sept. 2	31	34	37	27	19	27





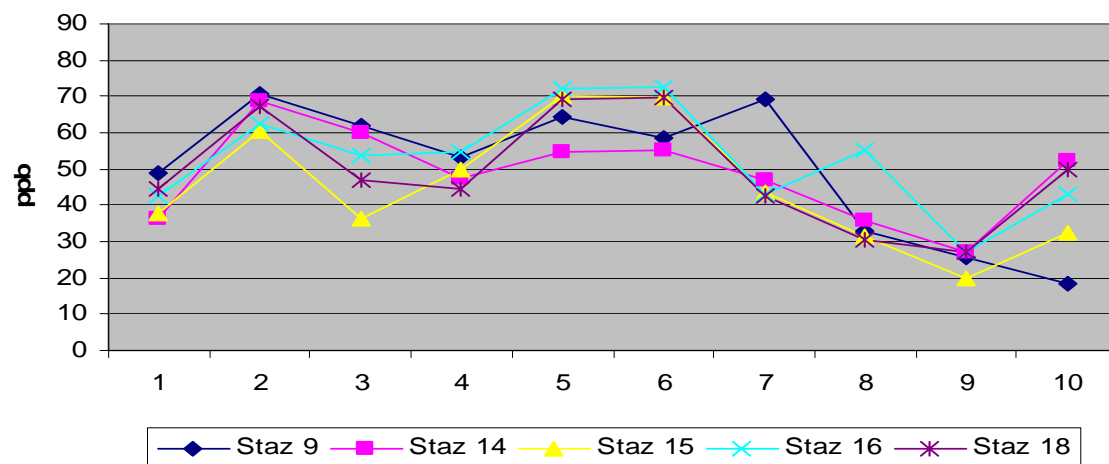
Gruppo 2

Concentrazioni ozono > 60 ppb

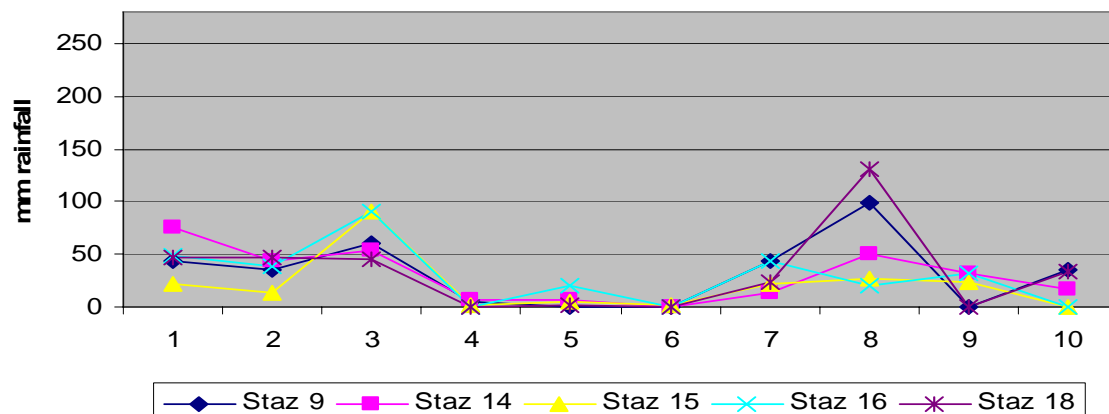
Elevate concentrazioni anche in maggio/giugno (scarse precipitazioni primaverili)

Altitude m	440	291	317	330	420
Station code	Staz 9	Staz 14	Staz 15	Staz 16	Staz 18
May 1	49	36	38	43	45
May 2	71	68	60	62	67
June 1	62	60	36	54	47
June 2	53	47	50	55	45
July 1	64	55	70	72	69
July 2	58	55	69	72	70
August 1	69	47	43	43	43
August 2	33	36	31	55	31
Sept. 1	26	27	20	27	27
Sept. 2	18	52	32	43	50

Concentrazioni di ozono



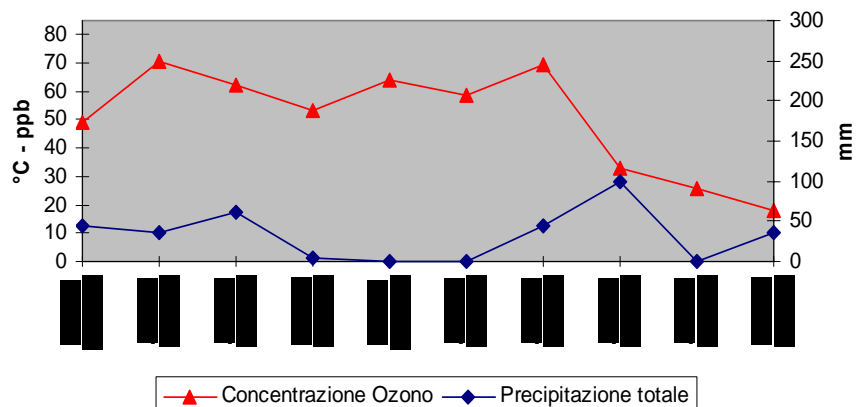
Precipitazioni



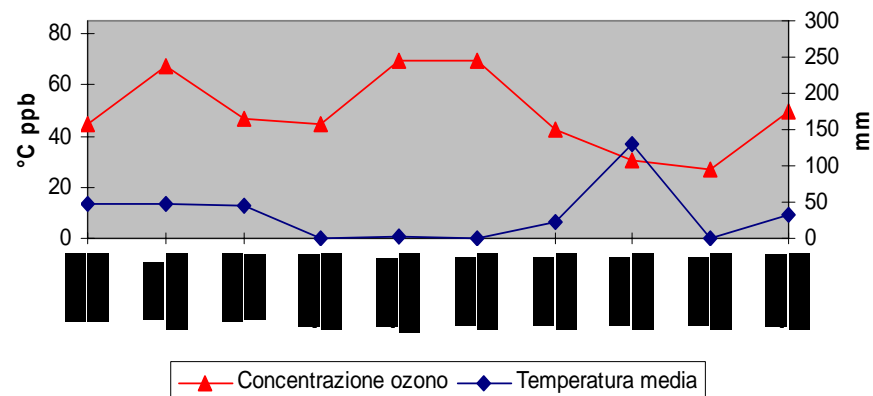


Ozono e caratteristiche climatiche del periodo fotochimico (andamento speculare concentrazioni di Ozono e mm pioggia)

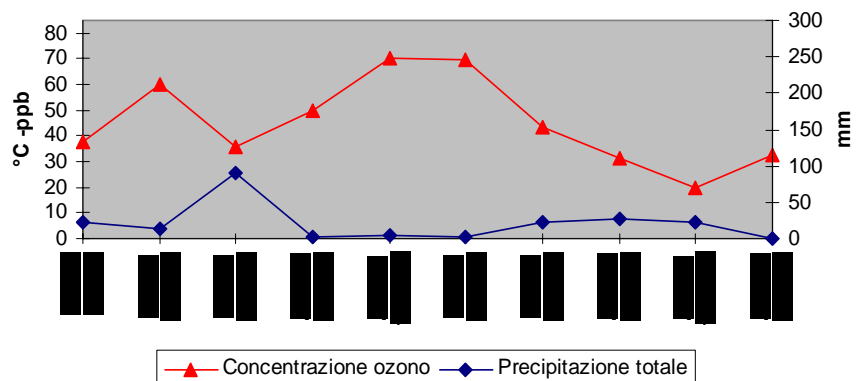
9 Sinio (CN)
 440 m s.l.m.



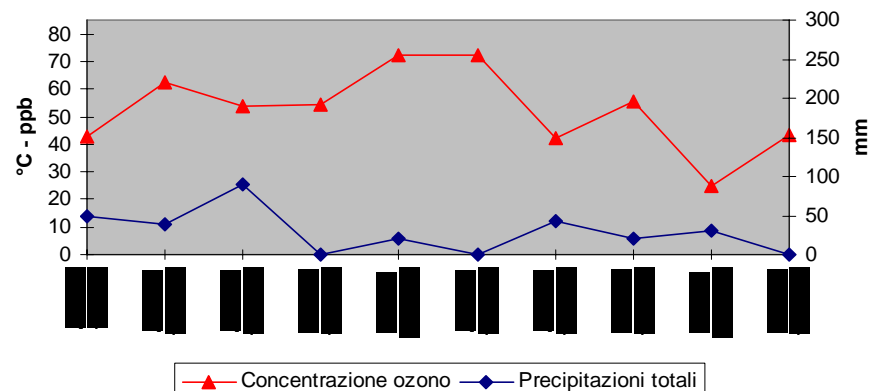
18 Olmo Gentile (AT)
 420 m s.l.m.



15 Brignano Frascata (AL)
 317 m s.l.m.



16 Montaldeo (AL)
 330 m s.l.m.





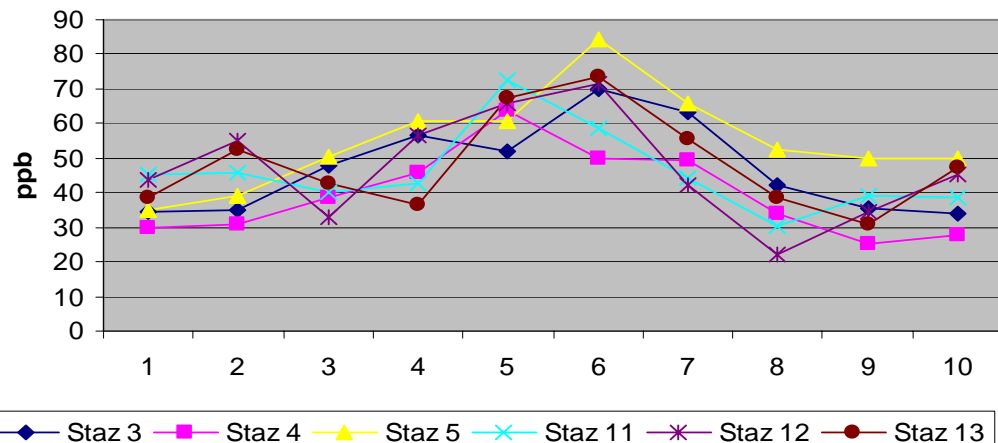
Gruppo 3

Concentrazioni ozono > 60 ppb

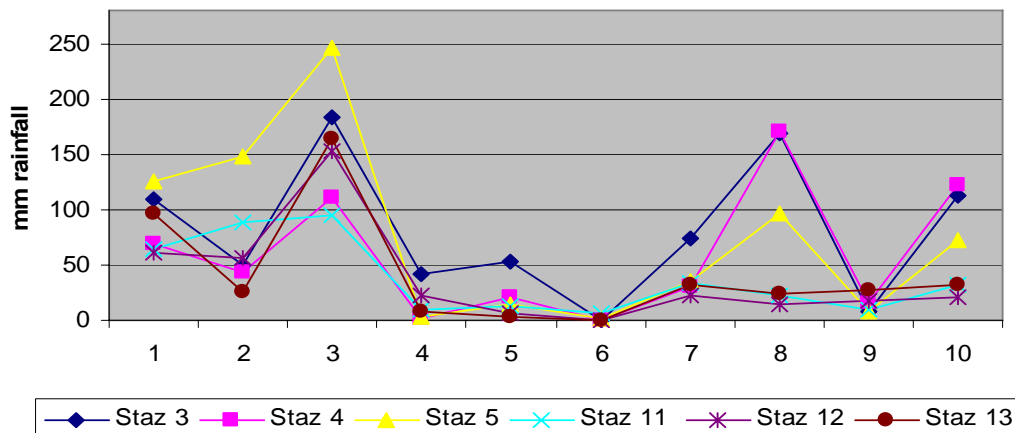
Elevati valori in luglio/agosto
 (precipitazioni primaverili rilevanti)

Altitude m	124	308	356	660	1417	1485
Station code	Staz 3	Staz 4	Staz 5	Staz 11	Staz 12	Staz 13
May 1	35	30	35	45	44	39
May 2	35	31	39	46	55	52
June 1	48	39	50	40	33	42
June 2	56	46	61	43	57	37
July 1	52	64	61	72	66	67
July 2	70	50	84	59	72	74
August 1	63	49	66	44	42	55
August 2	42	34	52	30	22	38
Sept. 1	35	25	50	39	35	31
Sept. 2	34	28	50	38	45	47

Concentrazioni di ozono



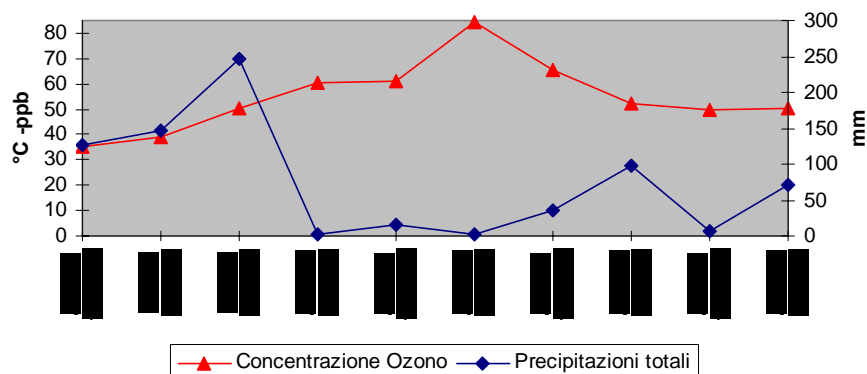
Precipitazioni



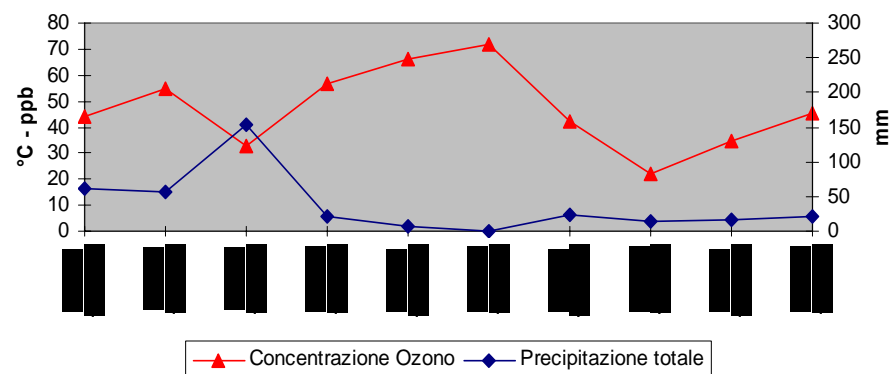


Ozono e caratteristiche climatiche del periodo fotochimico (andamento speculare concentrazioni di Ozono e mm pioggia)

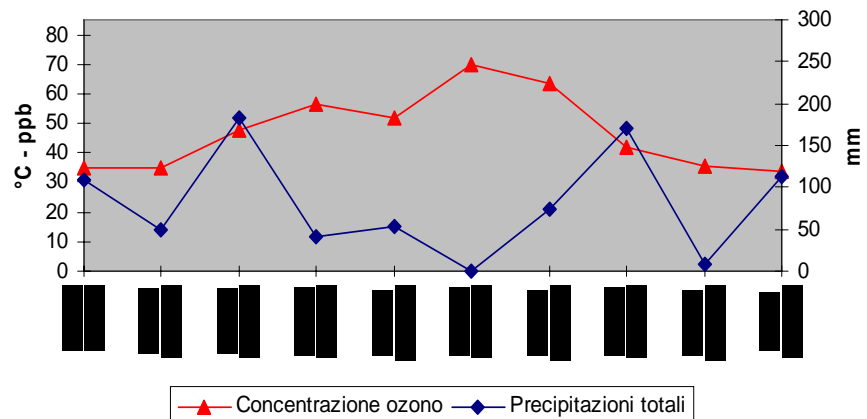
5 - Quaregna (BI)
 356 m s.l.m.



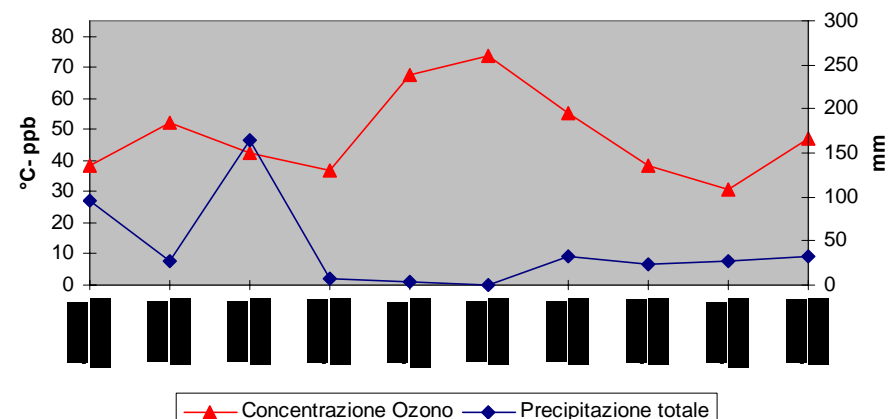
12 - Valdieri (CN)
 1485 m s.l.m.



3 - Arona (NO)
 308 m s.l.m.



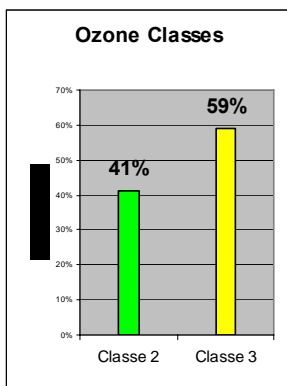
13 - Montemале (CN)
 660 m s.l.m.





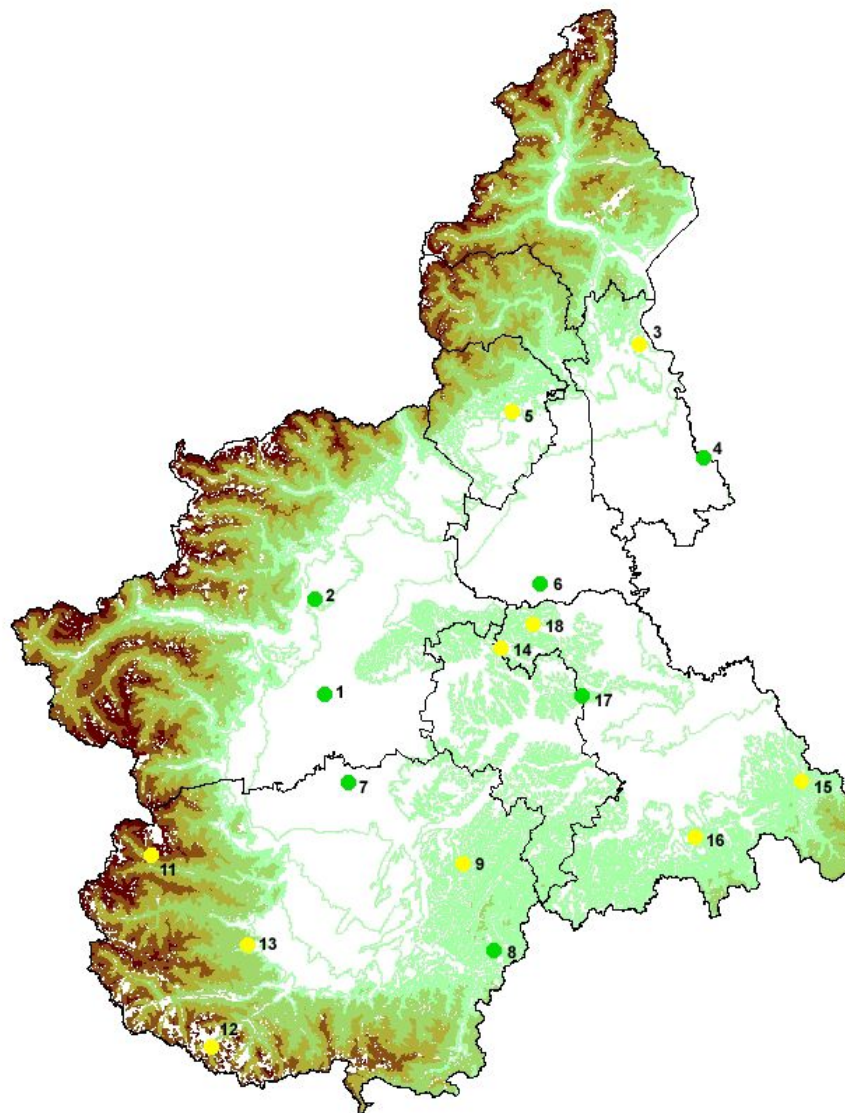
Valori medi ozono periodo fotochimico maggio/settembre 2007

Classi di concentrazione dell'ozono



- Blu (Classe 1) = concentrazioni ozono < 30 ppb;
- Verde (Classe 2) ≥ 30 and < 45 ppb;
- Giallo (Classe 3) ≥ 45 and < 60 ppb;
- Arancio (Classe 4) ≥ 60 and < 75 ppb;
- Rosso (Classe 5) ≥ 75 and < 90 ppb,
- Malva (Classe 6) concentrazioni ozono ≥ 90 ppb.

[ICP-Forest level II Network].

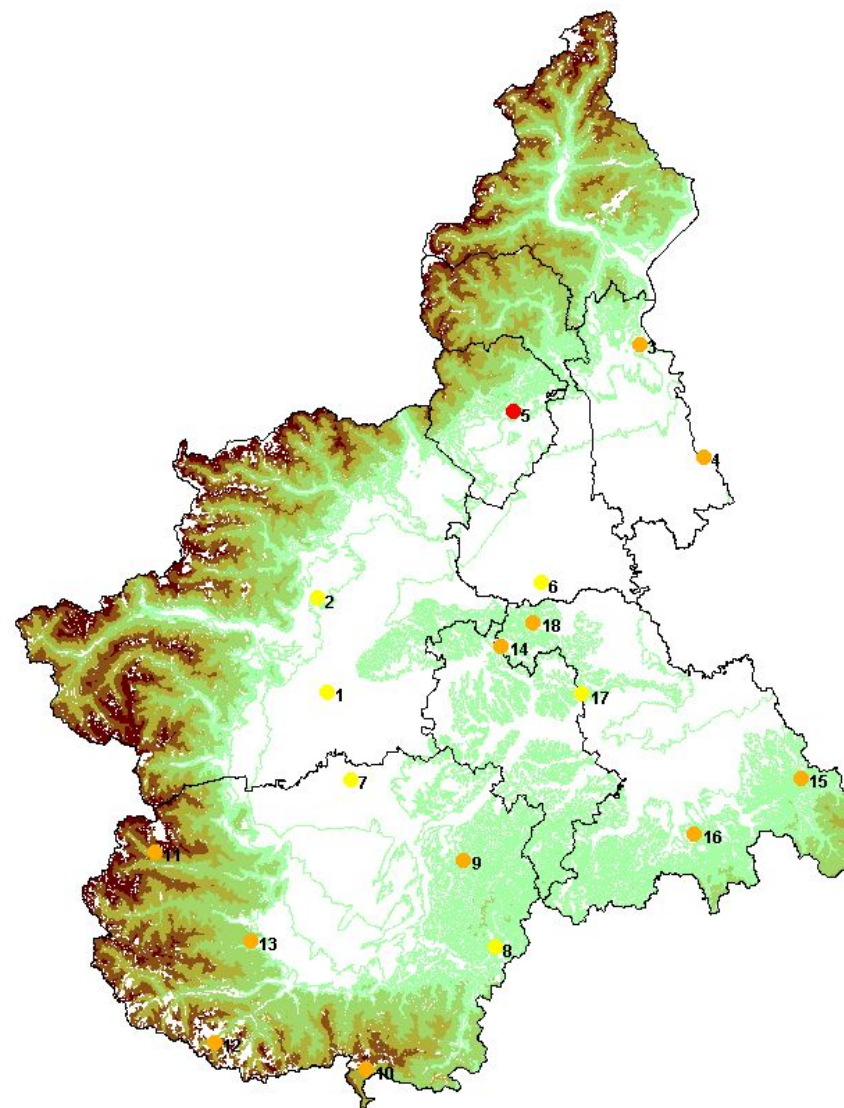
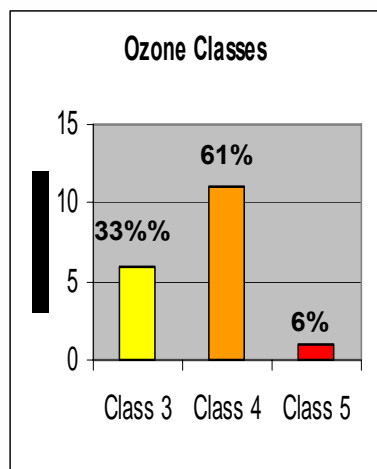


Station code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18
MEAN	38	42	47	40	55	38	40	37	50	46	47	48	48	45	53	37	49



Valori massimi di ozono periodo fotochimico maggio/settembre 2007

Classi di concentrazione dell'ozono



- Blu (Classe 1) = concentrazioni ozono < 30 ppb;
- Verde (Classe 2) ≥ 30 and < 45 ppb;
- Giallo (Classe 3) ≥ 45 and < 60 ppb;
- Arancio (Classe 4) ≥ 60 and < 75 ppb;
- Rosso (Classe 5) ≥ 75 and < 90 ppb,
- Malva (Classe 6) concentrazioni ozono ≥ 90 ppb.

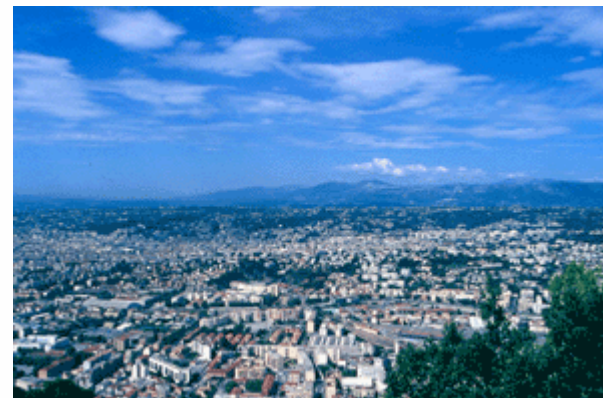
[ICP-Forest level II Network].

Station code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	10
MAX	52	58	70	64	84	59	54	50	71	72	72	74	68	70	72	50	70	71



Normativa

A livello europeo la gestione della qualità dell'aria ha come riferimento la *Direttiva 96/62/CE* del Consiglio del 27/9/96 “in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente”, comunemente denominata "Direttiva Quadro“.



Obiettivo generale della Direttiva Quadro è di definire i principi di base di una strategia comune volta a:

- 1) “definire e stabilire obiettivi di qualità dell'aria nella CE al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso”,
- 2) “valutare la qualità dell'aria negli Stati membri in base a metodi e criteri comuni”,
- 3) “disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria ambiente e far sì che siano rese pubbliche, tra l'altro mediante soglie d'allarme”,
- 4) “mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove è buona e migliorarla negli altri casi”.



Valori limite, Valori obiettivo, Soglie di allerta



Per raggiungere obiettivi di qualità dell'aria che evitino, prevenano e riducano gli effetti nocivi sulla popolazione e l'ambiente in generale, vengono stabiliti valori limite, valori obiettivo e soglie di allerta.

Valori limite: livelli fissati in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, che dovrà essere raggiunto entro un dato termine e in seguito non superato.

Valori obiettivo: livelli fissati al fine di evitare a lungo termine ulteriori effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, che dovrà essere raggiunto per quanto possibile nel corso di un dato periodo. Si ammette pertanto la possibilità che non possano essere raggiunti e sono stati definiti esclusivamente per l'ozono, per la sua natura di inquinante transfrontaliero e quindi di più difficile controllo da parte di ogni singolo Stato membro.

Soglie di allarme: livelli oltre i quali vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunti i quali gli Stati membri devono immediatamente intervenire a norma della presente Direttiva.



Dalla Direttiva Quadro derivano Direttive specifiche per ogni inquinante, anche conosciute come "Direttive Figlie", fra le quali la **2002/03/CE relativa all'ozono nell'aria**. Queste direttive sono successivamente recepite dalla legislazione dei diversi paesi.



Decreto legislativo 21 maggio 2004, n 183

Attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40 (calcolato sui valori di 1 h da maggio-luglio)	18.000 µg/m³*h di media su 5 anni (valore bersaglio per il 2010)
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40 (calcolato sui valori di 1 h da maggio-luglio)	6.000 µg/m³*h
Obiettivo a lungo termine per la protezione delle foreste	AOT40 (calcolato sui valori di 1 h da aprile-settembre)	20.000 µg/m³*h

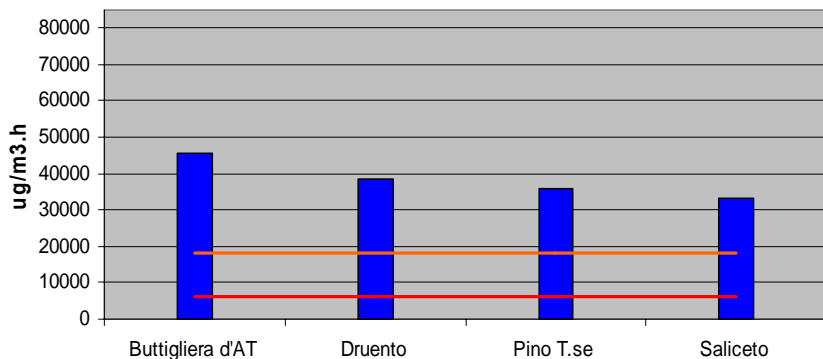
AOT40: espresso in µg/m³/h. Si calcola sommando le differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (ora dell'Europa centrale).



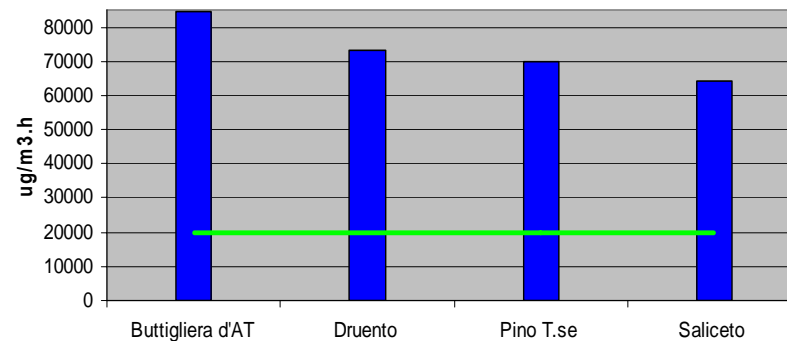
AOT40
Protezione della vegetazione

AOT40
Protezione delle foreste

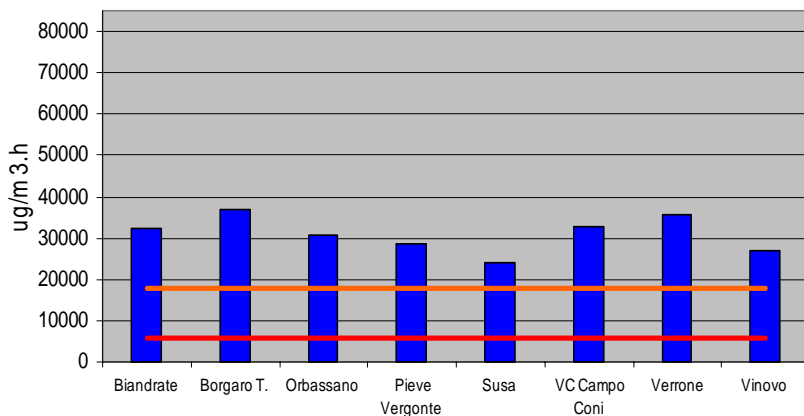
AOT40 May-July Vegetation protection
 Rural background stations



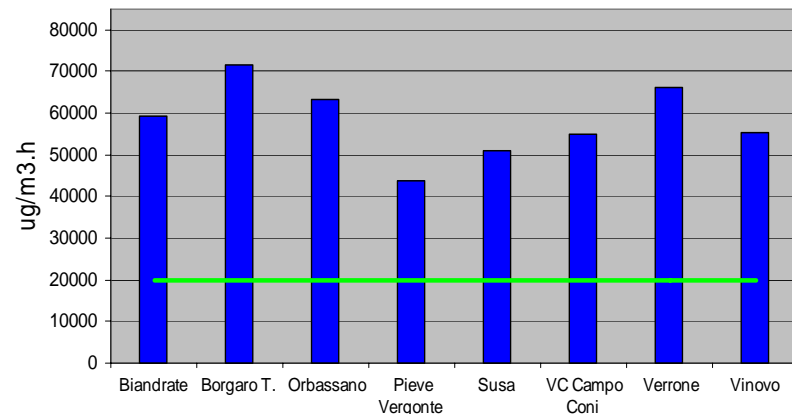
AOT40 April-September Forest protection
 Rural background stations



AOT40 May-July Vegetation protection
 Suburban background stations



AOT40 April-September Forest protection
 Suburban background stations



— Valore bersaglio per la protezione della vegetazione (2010)
 — Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione

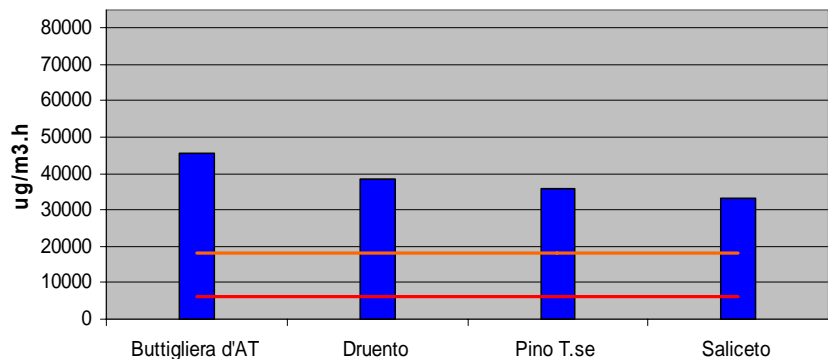
— Obiettivo a lungo termine per la protezione delle foreste



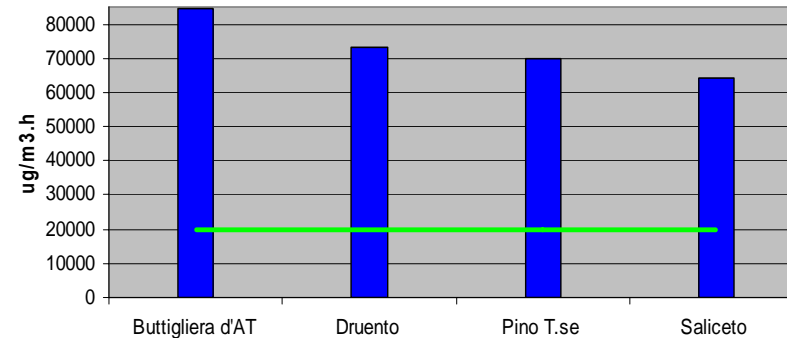
AOT40 (protezione della vegetazione e foreste) Rete Regionale del Piemonte – 2007

AOT40 May-July **Vegetation protection**
 Rural background stations

Stazioni rurali di fondo

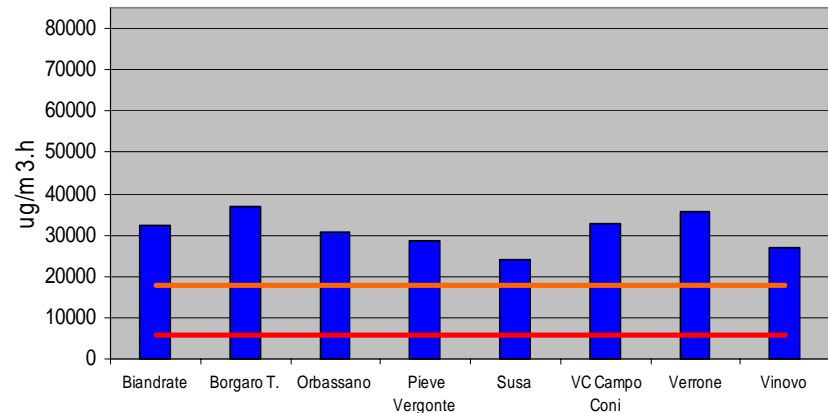


AOT40 April-September **Forest protection**
 Rural background stations

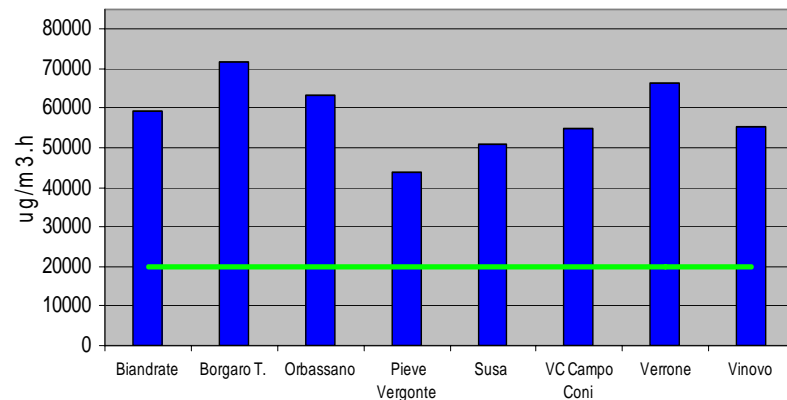


AOT40 May-July **Vegetation protection**
 Suburban background stations

Stazioni suburbane di fondo



AOT40 April-September **Forest protection**
 Suburban background stations



— Valore bersaglio per la protezione della vegetazione (2010)
 — Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione

— Obiettivo a lungo termine per la protezione delle foreste



Valutazione dell'AOT40 a partire dai dati forniti dai campionatori passivi

In Europa l'indice AOT40 è usato quale riferimento per l'esposizione degli ecosistemi all'ozono.

La Direttiva 2002/3/CE definisce i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine.

I campionatori passivi sono di facile ed economico utilizzo pertanto vengono considerati strumenti estremamente idonei per monitorare aree remote.

Il dato mediato sull'intero periodo di esposizione del campionario passivo non permette di calcolare l'AOT40.

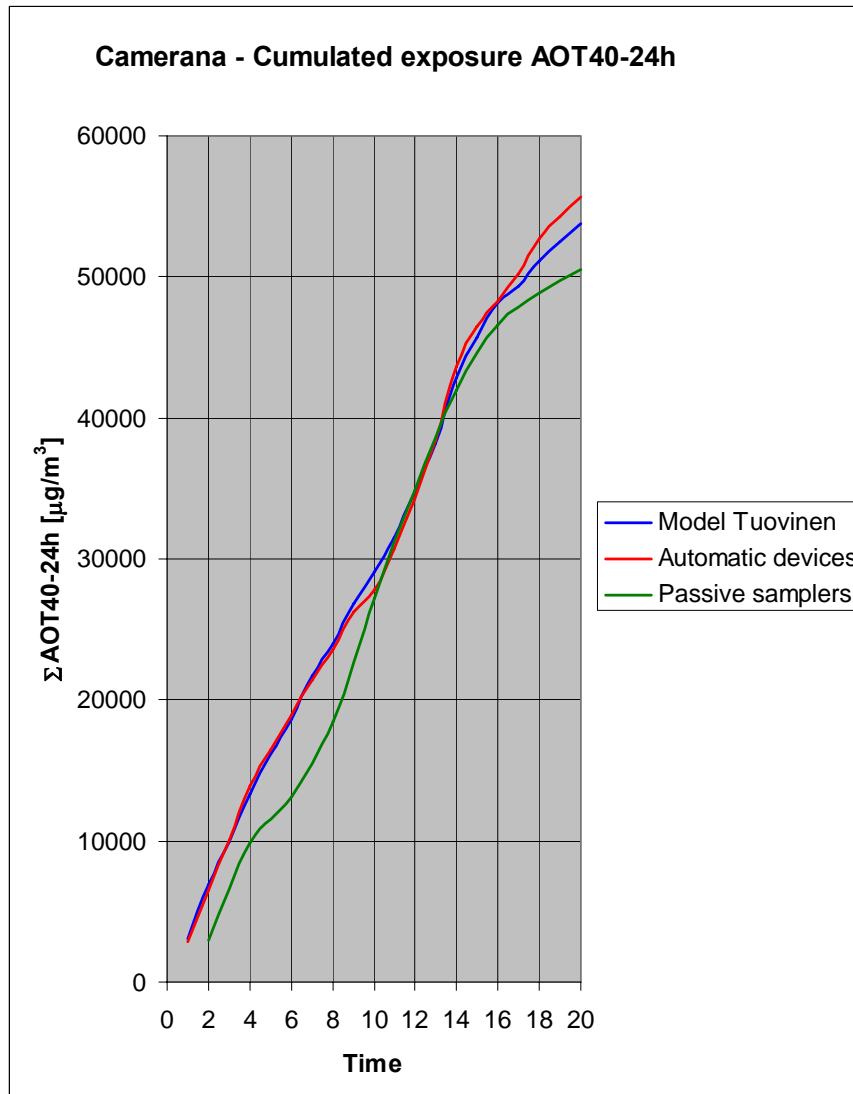
Vi sono dei modelli che consentono di stimare l'AOT40 a partire dal dato fornito dai campionatori passivi.

Uno di questi modelli è quello proposto da Tuovinen*; approssima la distribuzione di frequenza delle concentrazioni orarie ad una distribuzione Gaussiana di probabilità e fornisce una relazione fra un dato di concentrazione mediato nel tempo e il corrispondente valore di AOT40.

*Juha-Pekka Tuovinen – “Assessing vegetation exposure to ozone : is it possible to estimate AOT40 by passive sampling?” – Environmental Pollution: 119 (2002) 203-214.



Sperimentazione del modello su una stazione - (Camerara 2007)

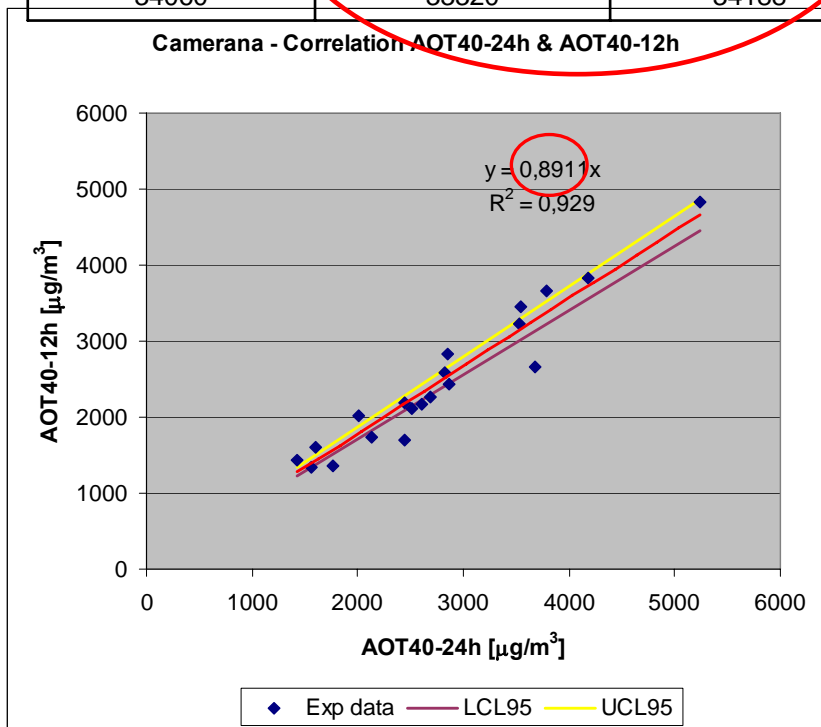
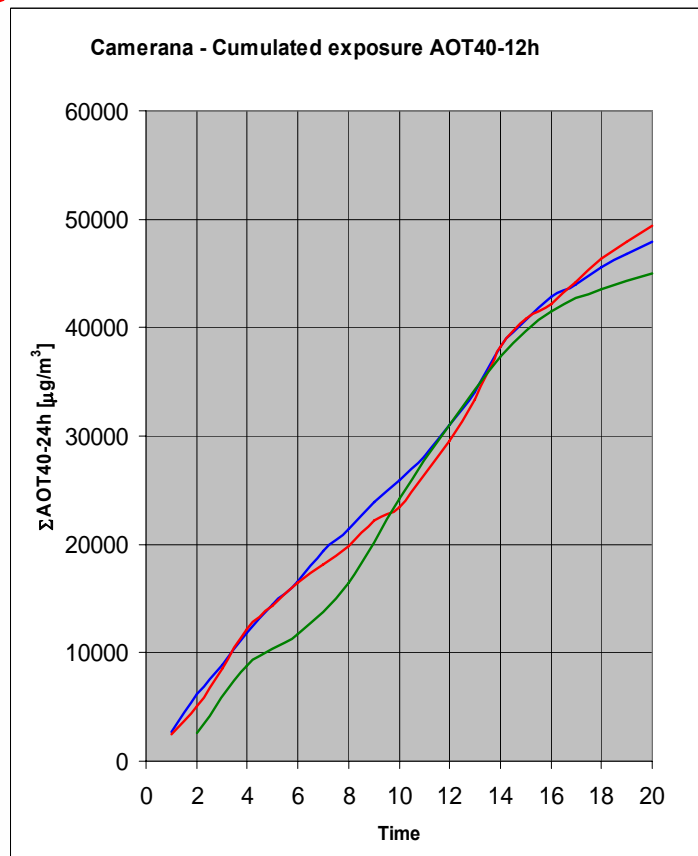




Passare dal calcolo dell'AOT40_{24h} a AOT40_{12h} di esposizione

AOT40 _{12h} Maggio/Luglio derivante dall'adozione del modello di Tuovinen (utilizzando i dati da rilevatori automatici)	AOT40 _{12h} Maggio-Luglio calcolato con i dati dei rilevatori automatici.	AOT40 _{12h} Maggio-Luglio calcolato dal modello di Tuovinen model (utilizzando i dati derivanti dai campionatori passivi)
34060	33320	34188

Differenza 2,5%



Evaluation correction factor to trasformare AOT40_{24h} to AOT40_{12h}

L'applicazione del modello ha fornito un risultato soddisfacente.

Il modello necessita di essere calibrato in ogni stazione.



Modellistica diffusionale

INPUT

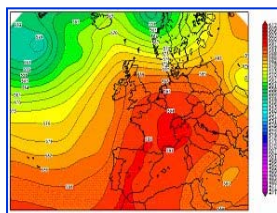
- GEOGRAPHIC
DATA



- EMISSIONS



- METEOROLOGY



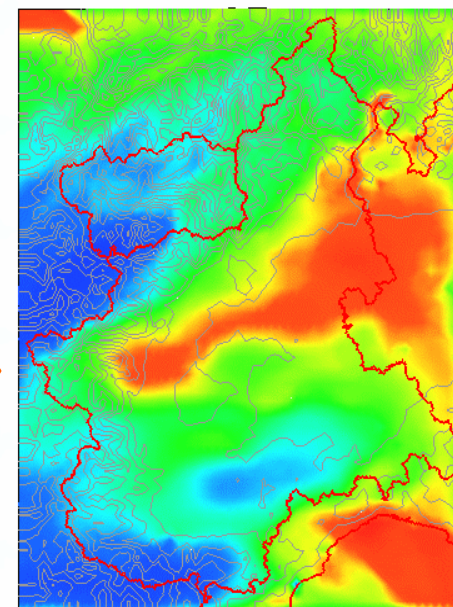
- INITIAL CONDITIONS

- BOUNDARY CONDITIONS

3D PHOTOCHEMICAL
DISPERSION MODEL

ARPA Modelling System

OUTPUT

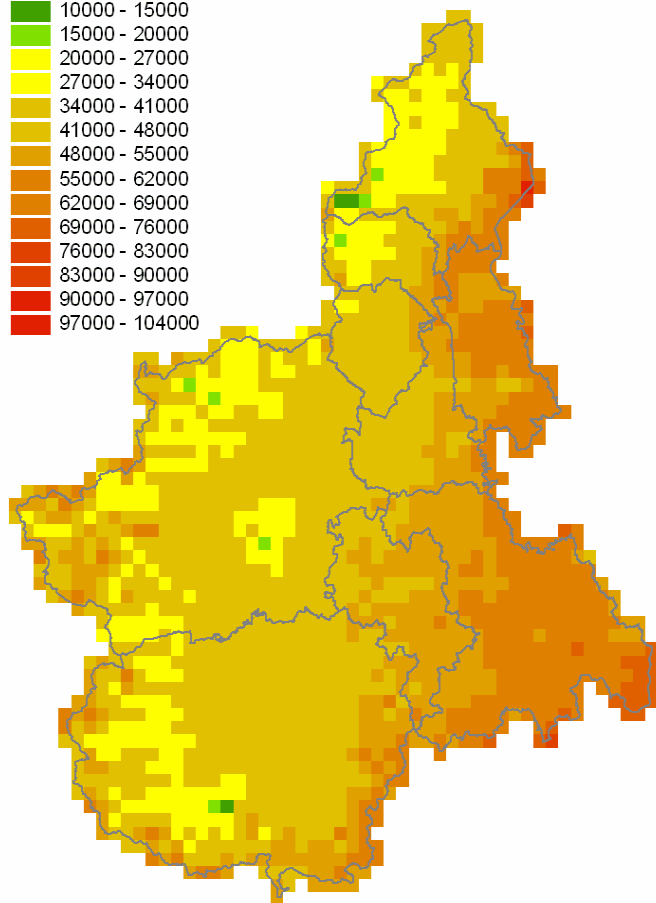
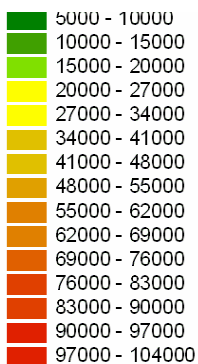


OZONE
CONCENTRATIONS



Modellistica diffusionale - Piemonte

AOT 40

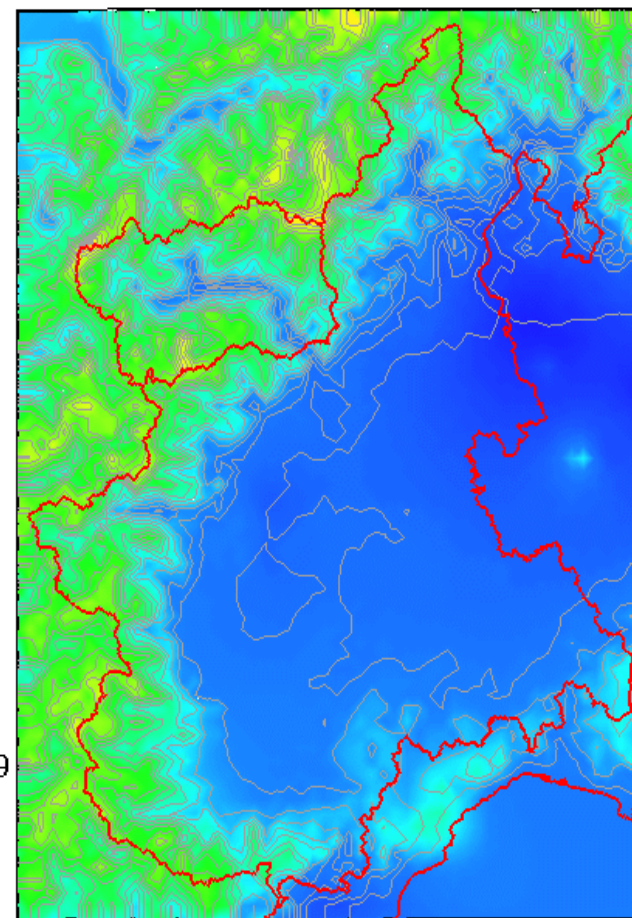


AOT40 – Forest protection

Anno 2006 – OUTPUT

07/19/1999

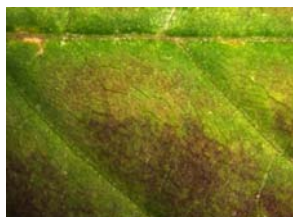
00:00:0.00



Evoluzione oraria della concentrazione di ozono -OUTPUT



Considerazioni conclusive



I dati presentati confermano anche per il Piemonte una situazione di criticità, che giustifica l'esigenza di tenere sotto controllo i livelli di ozono in aree di interesse forestale congiuntamente alla valutazione degli effetti a carico degli ecosistemi forestali.

L'approccio integrato permette una miglior definizione del problema. La modellistica ci ha consentito di indirizzare lo studio in aree potenzialmente più a rischio di effetti sulla vegetazione e acquisire informazioni sulle dinamiche diffusionali. L'impiego dei campionatori di avere una stima esatta dell'andamento dell'inquinante in corrispondenza degli ecosistemi indagati.

I cambiamenti climatici ci fanno supporre scenari non certo favorevoli per un'inversione di tendenza circa i livelli di ozono.



Sarebbe utile a partire dalle conoscenze attuali poter individuare delle aree sensibili e di particolare interesse forestale da tenere sotto controllo al fine di delineare dei trend temporali anche relativamente all'entità degli effetti fitotossici.

