



*Piano Lauree
Scientifiche - Chimica*

INSEGNARE CHIMICA CON PASSIONE!

Giornata di formazione per insegnanti di discipline chimiche nella scuola primaria e secondaria

Venerdì 13 settembre 2024

*Aula A Nasini Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università di Padova,
via Marzolo 1, Padova*

12^a Edizione – in modalità duale^a



CHIMICA ORGANICA E AMBIENTE



LICEO SCIENTIFICO «E. FERMI» PADOVA

prof.ssa Nicole Schmidt



GRUPPI FUNZIONALI E AMBIENTE

- IDROCARBURI ALCANI numero di OTTANI e potere antidetonante
- IDROCARBURI AROMATICI BENZENE e potere antidetonante
- IDROCARBURI combustione e cambiamenti climatici
- ALOGENURI cfc e 'buco' dell'OZONO
PFAS e inquinamento idrico
- AMMINE ISOCIANATO DI METILE e disastro di BHOPAL
- ETEROCICLI DIOSSINA e disastro di SEVESO
DIOSSINA Agente Orange e guerra VIETNAM
DIOSSINA e combustione PLASTICA
- POLIMERI E PLASTICHE RICICLAGGIO e MICROPLASTICHE

PFAS: **S**OSTANZE **P**ER**F**LUORO **A**LCHILICHE

Composti organici alifatici

Catene di C a lunghezza variabile

Caratterizzati da legame C-F (non in natura)

Composti di sintesi

Altamente stabili

Idrorepellenti

Oleorepellenti

Antiaderenti

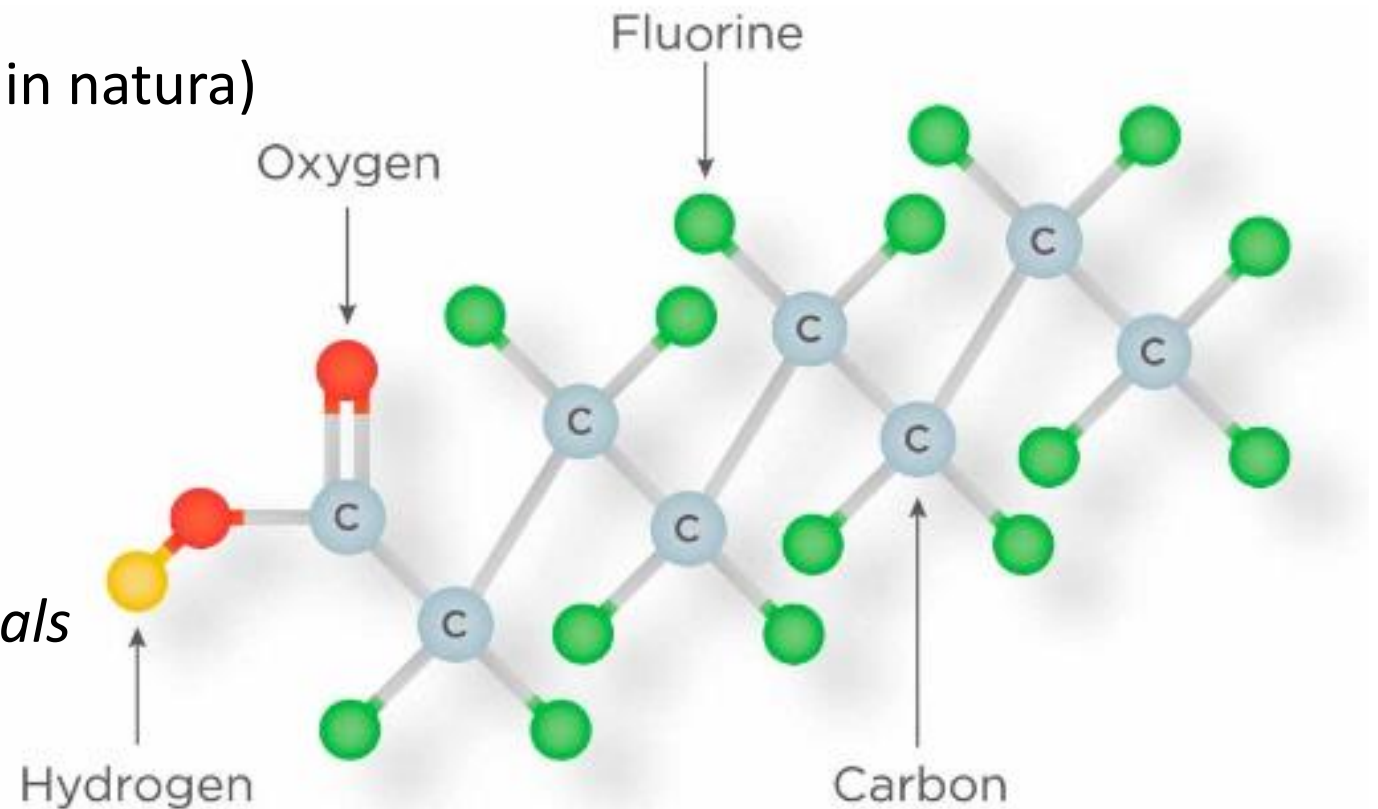
Resistenti al calore

Inquinanti eterni - *forever chemicals*

Non biodegradabili

Bioaccumulabili

Interferenti endocrini



PFAS QUANTI SONO?

Famiglia numerosissima

- **PFAS a catena lunga ≥ 8 C** (PFOS e PFOA)

i più vecchi, pericolosità riconosciuta da tempo, non vengono più prodotti,

ma si trovano ancora in elevata quantità nei nostri corsi d'acqua, nelle nostre falde acquifere, nei nostri mari e nel nostro organismo.

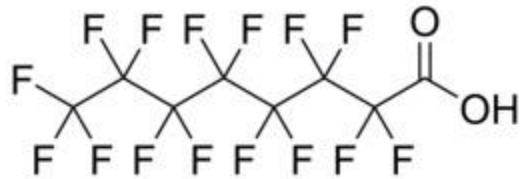
- **PFAS a catena corta < 8 C**

prodotti per sostituire quelli a catena lunga, sperando che fossero meno tossici, ora si sa che si trasferiscono più facilmente dal comparto ambientale a quello alimentare, con tossicità simile o addirittura superiore, più difficili da bloccare con i filtri a carboni attivi

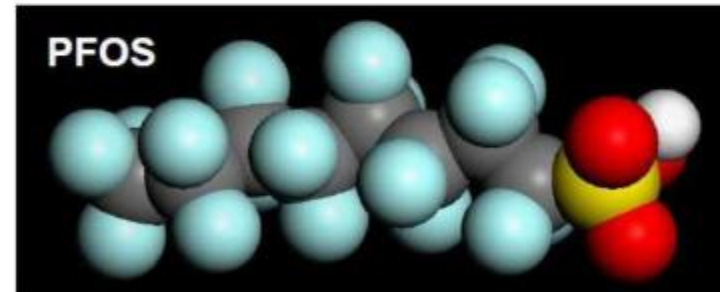
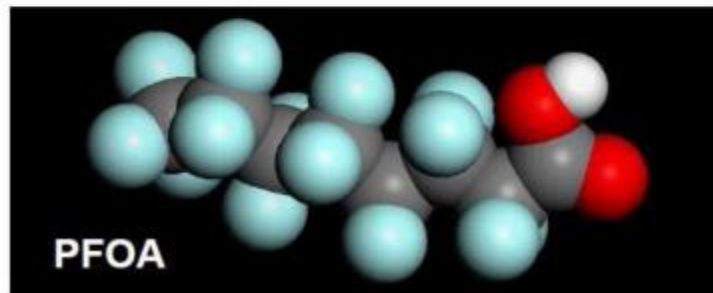
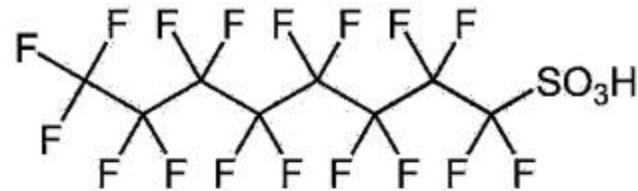
SINGOLI INQUINANTI DELLA FAMIGLIA DEI PFAS		
Acronimo	Nome	Formula
PFBA	acido perfluoro-butanoico	$C_4HF_7O_2$
PFPeA	acido perfluoro-pentanoico	$C_5HF_9O_2$
PFHxA	acido perfluoro-n-esanoico	$C_6HF_{11}O_2$
PFHpA	acido perfluoro-n-eptanoico	$C_7HF_{13}O_2$
PFOA	acido perfluoro-ottanoico o "C8"	$C_8HF_{15}O_2$
PFNA	acido perfluoro-n-nonanoico	$C_9HF_{17}O_2$
PFDeA	acido perfluoro-n-decanoico	$C_{10}HF_{19}O_2$
PFUnDA	acido perfluoro-n-undecanoico	$C_{11}HF_{21}O_2$
PFDoDA	acido perfluoro-dodecanoico	$C_{12}HF_{23}O_2$
PFBS	acido perfluoro-butansolfonico	$C_4HF_9O_3S$
PFHxS	acido perfluoro-esansolfonico	$C_6HF_{13}O_3S$
PFOS	acido perfluoro-ottansolfonico	$C_8HF_{17}O_3S$

I PFAS PIU' NOTI

ACIDO PERFLUORO OTTANOICO



ACIDO PERFLUORO OTTANSOLFONICO

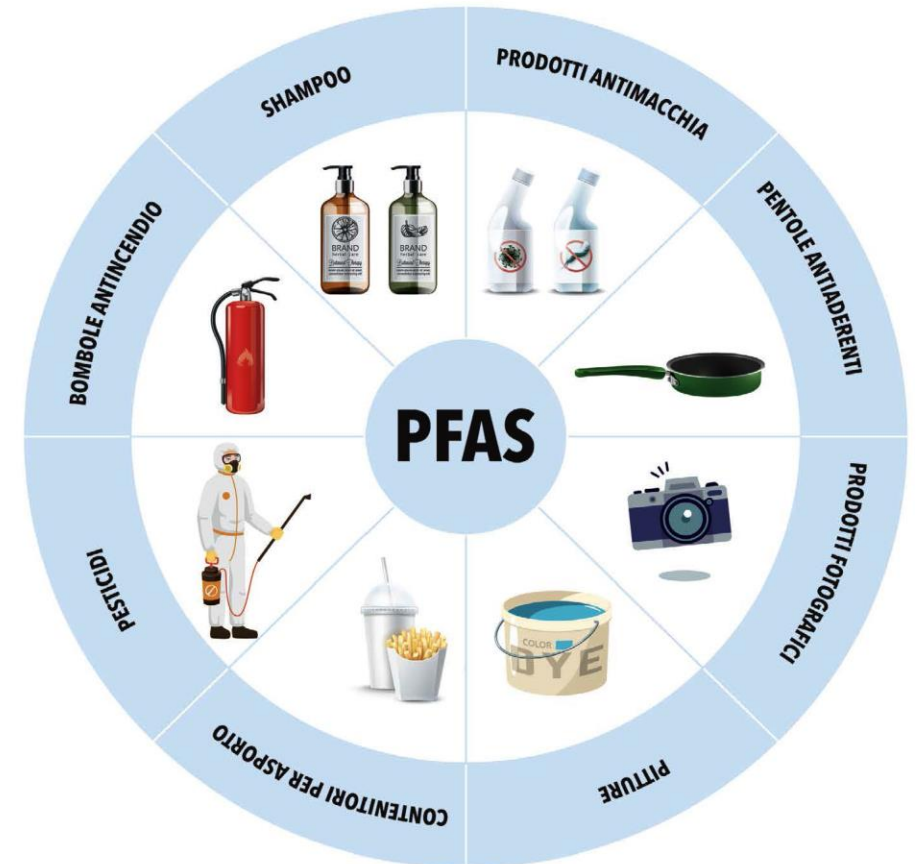


È un acido perfluoroalchilcarbossilico

È un acido perfluoroalchilsolfonico

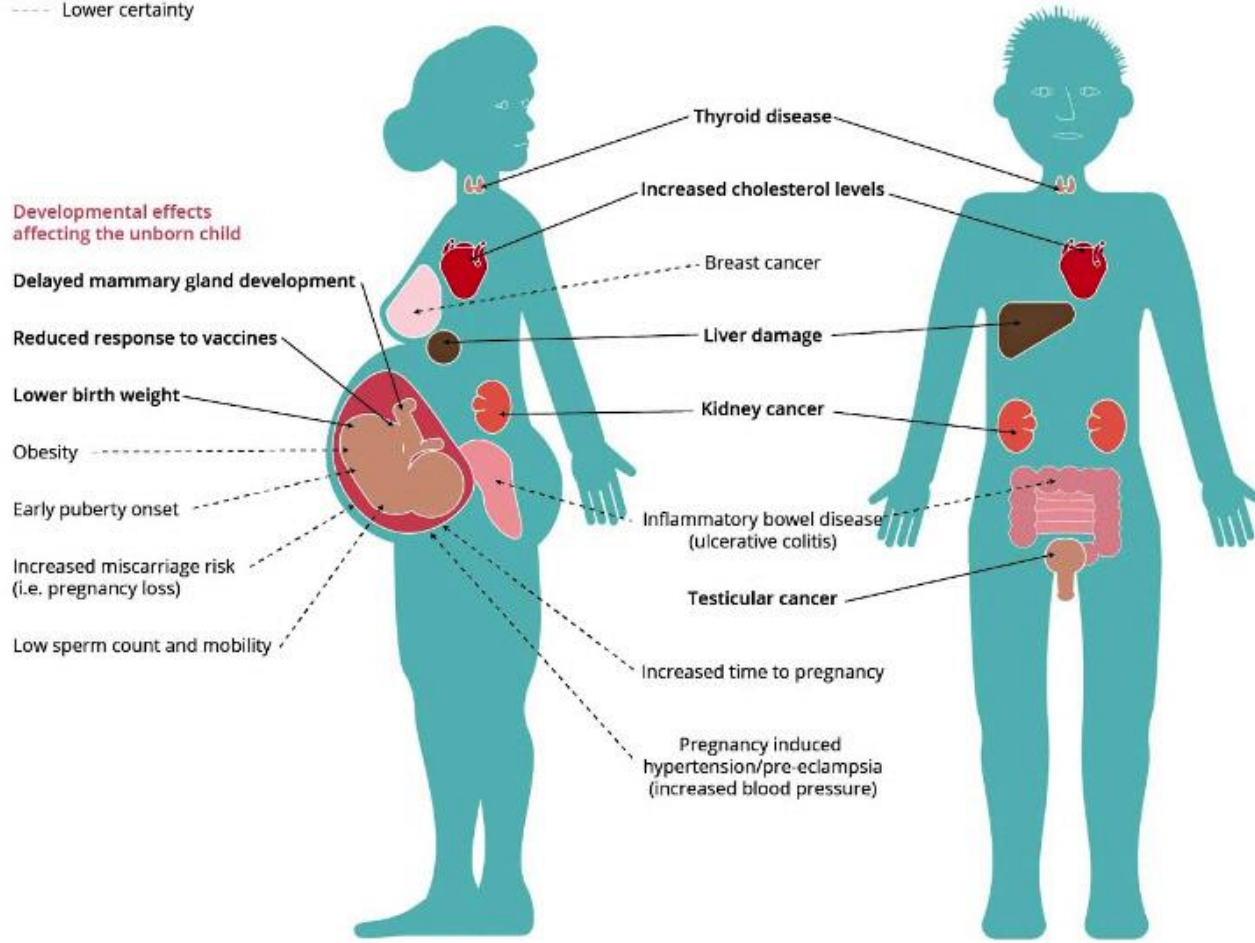
PFAS USO: I PFAS SONO DAPPERTUTTO

- in pentole antiaderenti (teflon),
- rivestimenti oleorepellenti e idrorepellenti per contenitori di alimenti (es. cartoni per la pizza),
- indumenti impermeabili (Gore-Tex), tessuti antimacchia
- scarpe impermeabili,
- prodotti per la pulizia,
- cosmetici (es. trucchi waterproof), filo interdentale,
- pesticidi, insetticidi,
- pitture,
- schiume antiincendio,
- teli e camici chirurgici,
- telefoni, batterie,
- pannelli solari
- usi militari, (rivestimenti carrarmati)



PFAS: DANNI ALLA SALUTE

— High certainty
- - - Lower certainty



- L'esposizione a PFAS è correlata con:
- bambini nati con basso peso alla nascita
 - malformazione nei neonati
 - pre-eclampsia
 - diabete gestazionale (aumento del 50%)
 - tumore al testicolo
 - tumore al rene
 - problemi alla tiroide
 - infertilità
 - indebolimento del sistema immunitario
 - mancanza di risposta alla vaccinazione
 - ipercolesterolemia
 - diabete mellito
 - colite ulcerosa
 - linfomi
 - leucemie
 - malattie cerebrovascolari
 - Alzheimer

PFAS STORIA

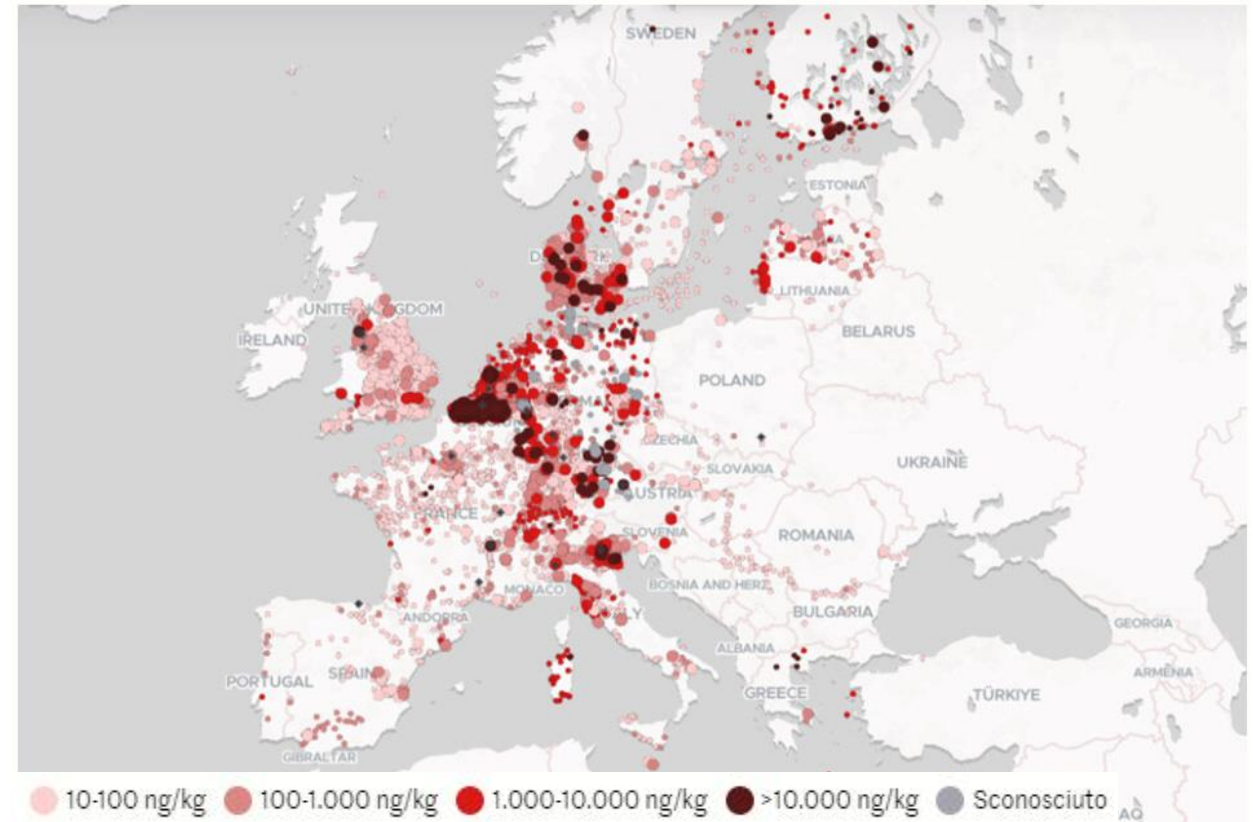
- 6 aprile 1938 laboratorio DuPont, dottor Plunkett sintetizza il politetrafluoroetilene (PTFE), il capostipite dei PFAS, il teflon (brevettato nel 1945)
- Progetto Manhattan (per valvole e guarnizioni x alta temperatura)
- Già nel 1961 le aziende già sapevano della tossicità
- Causa intentata contro la DuPont, dell'avv. R. Bilott per conto dell'allevatore Tennant (centinaia di mucche morte), risarcimento



PFAS: SITI CONTAMINATI in Europa

I 3 siti più contaminati:

- **Belgio**, stabilimento 3M di Zwijndrecht (72 mln ng/litro)
- **Paesi Bassi**, stabilimento Chemours di Dordrecht (>4 milioni ng/l)
- **Italia Veneto** stabilimento della Miteni a Trissino (VI) (>7 milioni ng/l)



Fonte: The Forever Pollution Project.

A febbraio 2024 conosciamo:

- 20 produttori di PFAS o impianti chimici,
- 23.000 siti contaminati da PFAS (nell'acqua, nel suolo o negli organismi viventi).

Non conosciamo la reale portata dell'inquinamento da PFAS

PFAS: PRIMI STUDI

Mc Lachlan 2007

TABLE 1. Mean Concentrations of PFCAs in European River Water (ng/L)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA
Dalälven	<0.94 ^a	0.36	<0.97	<0.14
Vindelälven	<0.58	0.20	<0.65	0.22
Kalix Älv	<0.58	0.26	<0.85	<0.14
Elbe	15.4	2.7	7.6	0.27
Oder	2.2	0.73	3.8	0.73
Vistula	2.3	0.48	3.0	0.36
Po	19	6.6	200	1.46
Danube	3.0	0.95	16.4	0.27
Daugava	<1.4	0.86	<2.2	0.36
Seine	13.3	3.7	8.9	1.26
Loire	3.4	0.90	3.4	0.43
Thames	32	4.1	23	0.79
Rhine (February 2006)	18.2	1.8	11.6	0.55
Rhine (August 2006)	3.3	3.3	12.3	1.50
Guadalquivir	6.2	1.58	4.6	1.02

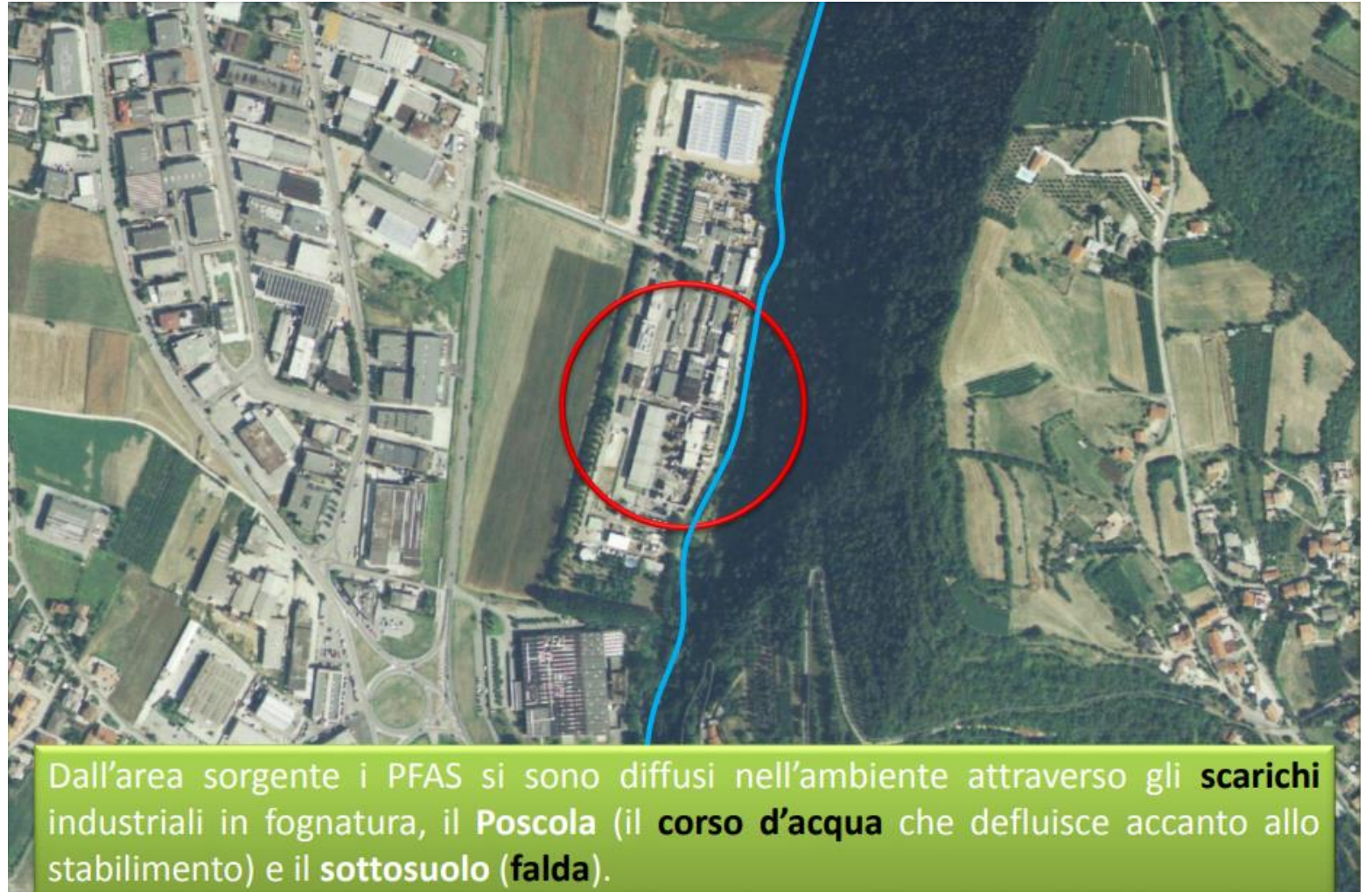
^a "<" denotes values below the MDL

Polesello 2012



SITO CONTAMINATO dalla MITEMI a TRISSINO

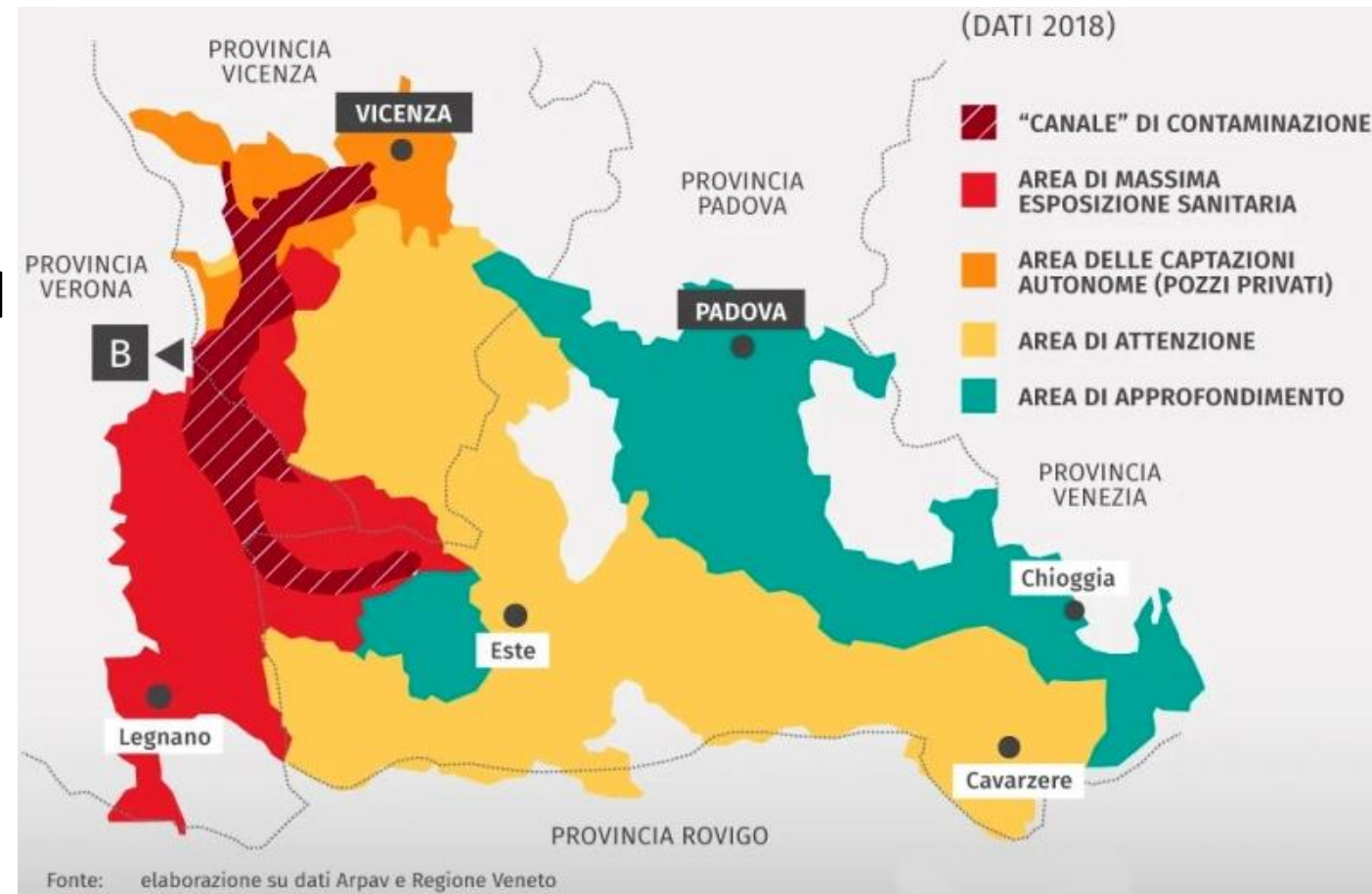
- Miteni è stata fondata nel 1965 come centro di ricerca per l'azienda tessile Marzotto.
- Nel 1988, Enichem e Mitsubishi hanno rilevato la società, cambiando il nome in Miteni (Mitsubishi-Eni).
- Nel 1996, Mitsubishi acquisì il 100% delle azioni.
- Nel 2009 viene venduta a ICIG per € 1 (costo della bonifica 18 mld di €).
- Viene chiusa nel 2017
- È stata dichiarata fallita con sentenza 9 novembre 2018.



BACINO IDROGRAFICO BRENTA-BACCHIGLIONE

30 Comuni serviti dagli acquedotti contaminati
in un'area fra le province di Vicenza, Verona e Padova, 350.000 abitanti

- Area contaminata circa 930 km²
- Contaminati i fiumi Retrone, Bacchiglione, Togna, Fratta, Brendola, Guà, il canale Gorzone e il torrente Poscola.
- Il plume di contaminazione della falda sotterranea, si è propagato in decenni verso est fino ai confini di Vicenza e verso sud e sud-est fino ai Comuni di Montagnana, Pojana Maggiore e Noventa Vicentina.



Secondo uno studio recente dell'Università di Padova nell'area rossa' in 34 anni si sono registrate quasi quattromila morti in più rispetto alla media prevista.



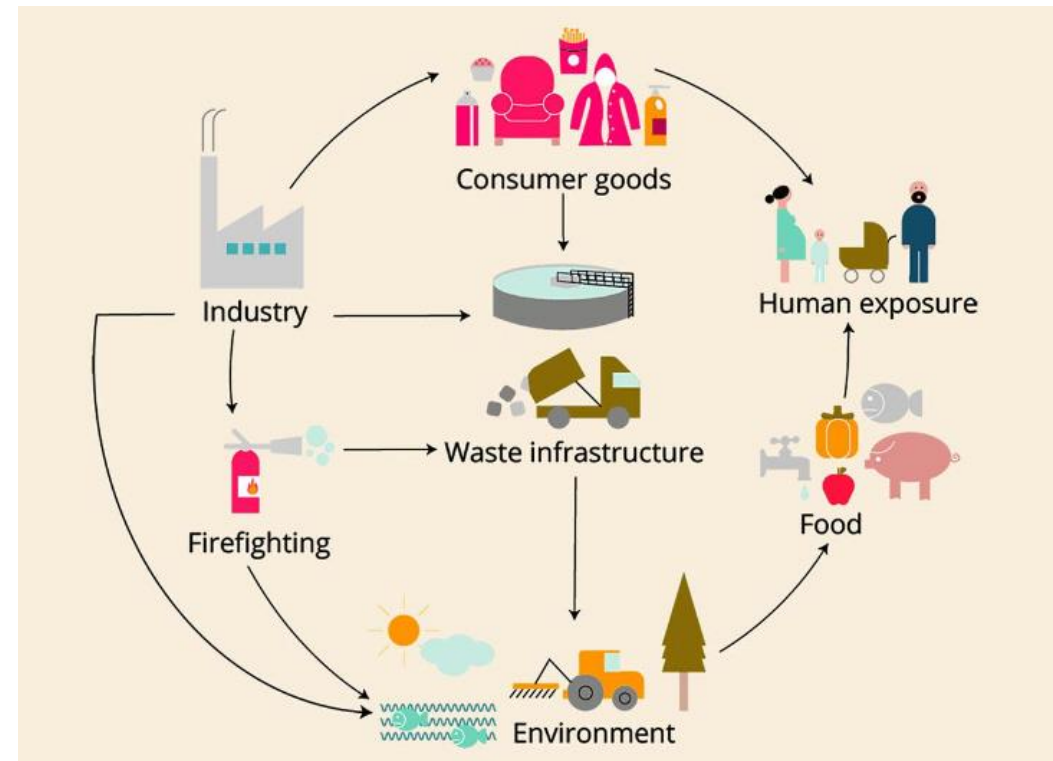
Da Corriere del Veneto, 7 maggio 2024

Di recente (2024),
l'Agenzia Internazionale per la Ricerca
sul Cancro (IARC), (dell'OMS), ha valutato
la cancerogenicità:
l'acido perfluorooctanoico (PFOA)
è cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1),
l'acido perfluorooctanosolfonico (PFOS)
è probabilmente cancerogeno per l'uomo
(Gruppo 2B).

Esposizione umana avviene col cibo e con l'acqua

Sono molto mobili, ovunque:

- Suolo
- Acqua superficiale
- Acqua di falda
- Mare
- Aria
- Luoghi incontaminati



- Le istituzioni nel 2013 sapevano già di questi PFAS
- Nel 2013 nelle acque potabili si sono trovati 1011ng/l
- Nel 2013 si inseriscono dei filtri e le concentrazioni diminuiscono molto
- Nel 2013 nasce il movimento di attivisti
- Alla fine del 2016 le famiglie ricevono una lettera per far eseguire prelievo del sangue ai figli, dai quattordicenni



- I manager della Mitemi sono stati rinviati a giudizio
- 200 cittadini hanno voluto testimoniare come parte civile
- Si spera che entro la fine dell'anno 2024 si finisca il processo



FERMI UN ATOMO

Classe V Asa

Consegna:
Fare una ricerca sui PFAS e
scrivere un testo
di una trentina di righe
da poter pubblicare
nel giornalino del Fermi.

SE NE PARLA ANCORA TROPPO POCO

PFAS?

ROMA
PROVENZA
BERLINO
PRAGA

GITE DI 5

SHOCK CULTURALI A NEW YORK
che cosa ci dà il sole?
IMMERSIONE AL CERN

I PFAS, Sostanze PerfluoroAlchiliche, rientrano nella categoria degli alogenuri alchilici, composti chimici alifatici. Sono una classe di composti organici di sintesi, con proprietà idrorepellenti, oleorepellenti e antiaderenti...
a pagina 2

LE INTERMITTENZE DELLA MORTE
Le recensioni

FAVOLE DA INCUBO
Le recensioni

FERMI FC
Dopo mesi di incontri ed allenamenti la rappresentativa del Fermi ha finalmente disputato le partite in programma, regalando gioie e dolori ai propri tifosi
a pagina 8

pensionandi maturandi
Abbiamo chiesto ad alcuni professori di lasciare un messaggio, un ricordo...
a pagina 10

RUBRICHE

5 MINUTI DI CELEBRITÀ
a pagina 24

SPORT!
nel traffico schiaccio
a pagina 9

ANIMALI FANTASTICI e dove trovarli
Quando il sesto giorno l'opera creativa di Dio fu conclusa e tutte le creature poterono perpetuare la propria specie per mezzo della riproduzione...
a pagina 6

PERLE di studenti di insegnanti
a pagina 27

UN PROF PER AMICO
a pagina 11

giochi, cruciverba e tanto altro... ▶▶▶

PFAS?

SE NE PARLA ANCORA TROPPO POCO

I **PFAS**, Sostanze PerFuoroAlchiliche, rientrano nella categoria degli alogenuri alchilici, composti chimici alifatici. Sono una classe di composti organici di sintesi, con proprietà idrorepellenti, oleorepellenti e antiaderenti. Sono caratterizzati da legami carbonio-fluoro (non esistenti in natura) altamente stabili, che conferiscono loro resistenza al calore e ai maggiori processi naturali di degradazione.

Oggi si contano oltre 4700 sostanze appartenenti a questa famiglia fra cui il PFOS, l'acido perfluoroattansolfonico, e il PFOA, l'acido perfluorooctanoico.

Le loro proprietà chimiche li rendono estremamente versatili in applicazioni industriali e domestiche. Si può dire che i PFAS siano dappertutto: in pentole antiaderenti (teflon), indumenti e scarpe impermeabili, rivestimenti oleorepellenti e idrorepellenti per contenitori di alimenti, prodotti per la pulizia, cosmetici, schiume antiincendio, teli e camici chirurgici, collettori solari...

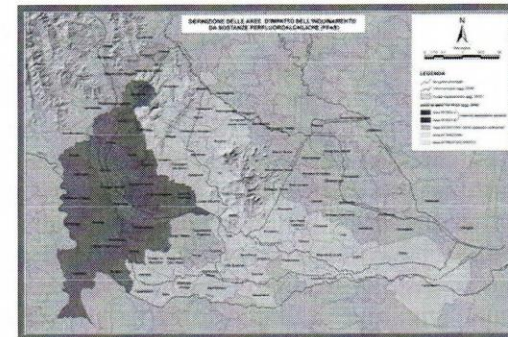
Questi composti sono così diffusi e noti per la loro capacità di accumularsi nell'organismo e nell'ambiente che sono stati trovati in campioni di suolo, acqua potabile e alimenti in tutto il mondo, destando gravi preoccupazioni per l'ambiente, soprattutto in regioni industrializzate come il Veneto. La contaminazione da PFAS nelle acque sotterranee e superficiali, spesso associata a siti industriali e impianti di smaltimento rifiuti, rappresenta una minaccia per la biodiversità acquatica e rende l'approvvigionamento idrico non sicuro per il consumo umano.

Gli effetti nocivi dei PFAS sulla salute umana sono altrettanto preoccupanti. L'esposizione cronica a queste sostanze è stata associata a problemi di salute come danni al fegato, al sistema immunitario, riproduttivo e endocrino (sono interferenti endocrini) oltre ad aumentare il rischio di malattie cardiovascolari e tumori (al fegato, pancreas, testicoli, utero, polmoni, reni e tiroide).

In Veneto, i PFAS hanno contaminato un'area compresa tra le province di Vicenza, Verona e Padova, in cui risiedono, in 30 comuni, 350.000 persone. La responsabile della contaminazione è l'azienda Miteni, industria chimica di Trissino, in provincia di Vicenza, che ha inquinato le acque superficiali, di falda e degli acquedotti e che è stata chiusa nel 2017. Nell'"area rossa" in 34 anni si sono registrate quasi quattromila morti in più rispetto alla media prevista (studio dell'Università di Padova).

La rimozione dei PFAS dall'ambiente è una sfida complessa a causa della loro persistenza, mobilità e diffusione. Le strategie di bonifica dell'acqua e del suolo contaminati da PFAS sono costose e richiedono tecnologie specializzate. Allo stesso tempo, è importante continuare a monitorare e studiare gli effetti dei PFAS sulla salute umana e sull'ambiente per sviluppare strategie efficaci di gestione e mitigazione.

In conclusione, mentre i PFAS continuano ad essere utilizzati in molte industrie e prodotti di uso comune, è importante una collaborazione tra governi, industrie e comunità scientifiche ed è cruciale adottare misure rigorose per ridurre la loro diffusione e sviluppare alternative più sicure e sostenibili. In particolare, nel Veneto e in altre aree con problemi di contaminazione da PFAS, sono necessari interventi urgenti per proteggere sia l'ambiente che la salute pubblica.



di Leonardo Mattivi e Matteo Noventa



Il Disastro di Bhopal del 1984

Il disastro di Bhopal è stato
il più grave incidente industriale della storia:
rilascio di 42 t di MIC da parte della Union Carbide.

Avvenuto fra il 2 e il 3 dicembre 1984 a Bhopal in India,
l'incidente ha causato migliaia di vittime (8000 nel
primo giorno, 30.000 nei mesi successivi, 500 000
intossicati) e un impatto ambientale devastante.



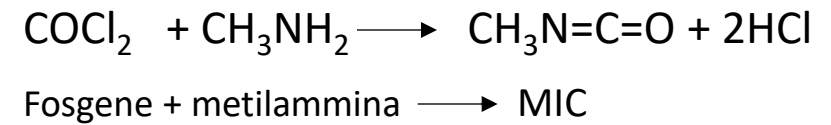
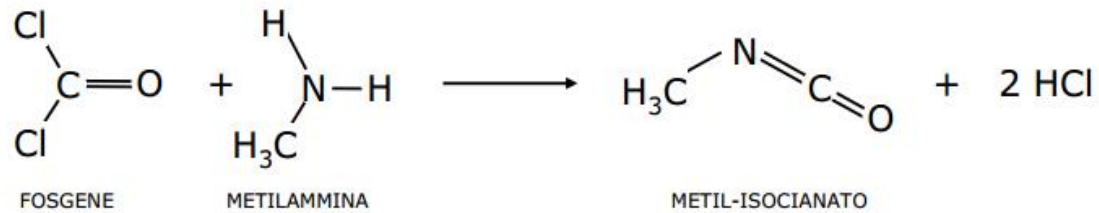
Union Carbide, multinazionale americana produttrice di pesticidi, colosso della chimica mondiale, localizzata nel cuore della città di Bhopal nel 1962, nello stato indiano del Madhya Pradesh.

Bhopal, 1 mln di abitanti, in collina, sul tropico del Cancro, posizione centrale, buona rete di comunicazioni.

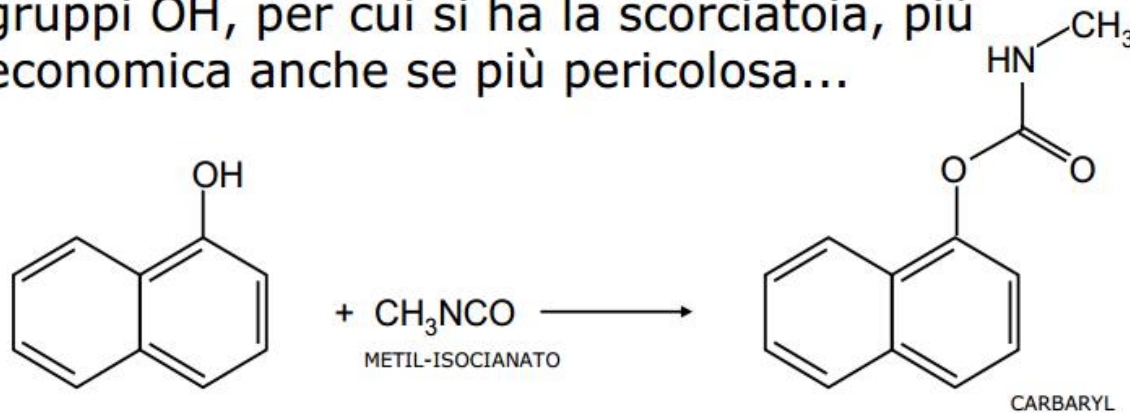
A Bhopal nel 1980 inizia la produzione dell'insetticida Sevin = Carbaryl obiettivo 5000 t/anno.

Il MIC, composto intermedio nella produzione del Sevin.

Nel 1981 la produzione del Sevin (Carbaryl) aumentò raggiungendo le 2700 tonnellate/anno, metà della capacità produttiva della fabbrica, grazie anche ad una «scorciatoia».



il metil-isocianato è fortemente reattivo con i gruppi OH, per cui si ha la scorciatoia, più economica anche se più pericolosa...



Fosgene è il cloruro di carbonile, è il dicloruro dell'acido carbonico

Il Carbaryl è 1-naftil metilcarbammato

La reazione con cui è iniziata la produzione non usava il MIC più pericoloso, anche se usava in step diversi fosgene, tossico e reattivo con acqua, e metilammina, tossica e infiammabile.

Nell'autunno del 1983 gli impianti di sicurezza vennero disattivati: sospesa la produzione, 'non aveva senso spendere denaro per mantenere in esercizio i sistemi d'allarme e intervento' (!!!).

La refrigerazione delle vasche del MIC fu interrotta, la sospensione della manutenzione ordinaria e lo spegnimento della fiamma pilota della torre di combustione, ultimo sistema di sicurezza per bloccare eventuali fughe di gas contaminante, furono sospese.

Alla fine del 1983 a Bhopal non c'era più neanche un ingegnere.

La "bella fabbrica" chiuse definitivamente, con 63 tonnellate di isocianato di metile in vasche non più refrigerate.

Anche la sera del 2 dicembre 1984 bisogna lavare i tubi. Il personale non specializzato di turno esegue gli ordini scritti che dicono di isolare le sezioni dei tubi e immettere acqua.

Ma quella sera una delle saracinesche si è talmente incrostata che l'acqua non passa in nessun modo e la sua pressione aumenta. Per una non corretta interpretazione degli ordini, o meglio a causa del degrado dell'impianto, le tubature non bene isolate causano la fuoriuscita dell'acqua che scorre verso la cisterna piena di MIC.

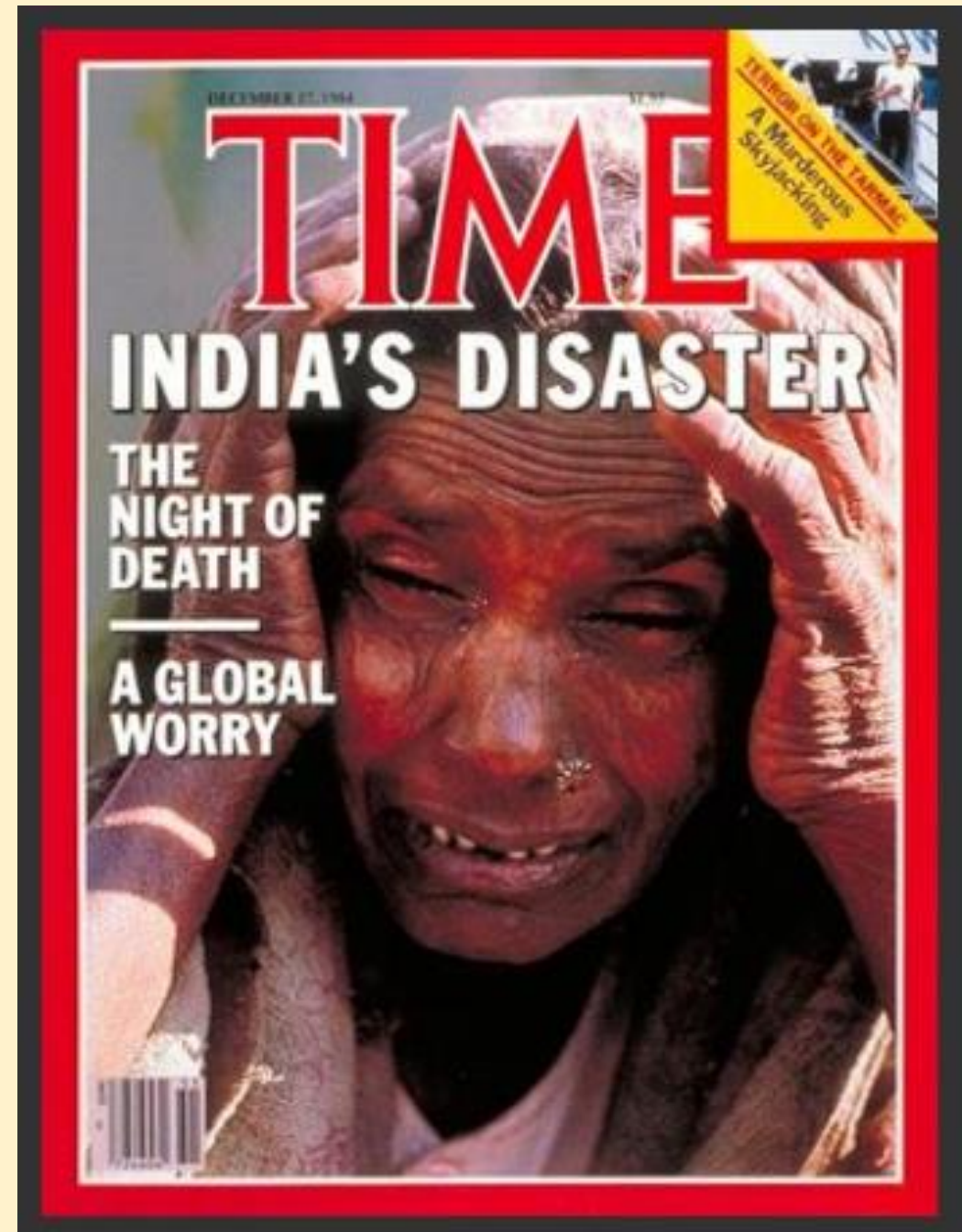
È mezzanotte circa quando alcuni operai di guardia sentono uno strano odore di cavolo lesso nell'aria... l'acqua è arrivata nella vasca provocando la reazione del MIC.

Le 42 tonnellate di MIC si disintegrano in un'esplosione di calore che trasformerà rapidamente il liquido in un vortice gassoso con un aumento vertiginoso della pressione.

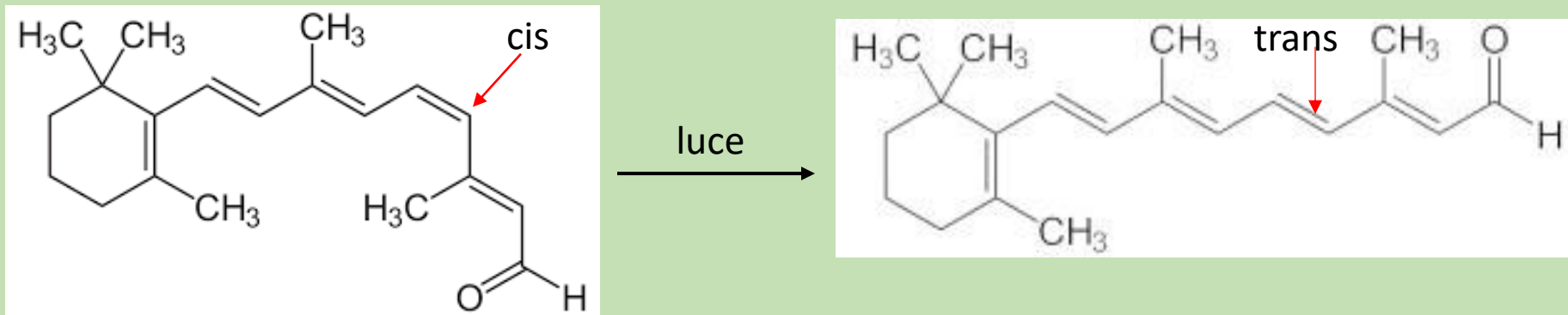
VIDEO PAOLINI
durata 34 minuti

<https://youtu.be/UMeOmAgt1qU>

Al 25esimo minuto danni
della nube sprigionata



Ma la chimica organica è legata solo ad eventi negativi?



La rodopsina (proteina opsina + 11-cis-retinale) è contenuta nelle cellule della retina. La luce fa trasformare l'11-cis-retinale in 11-trans-retinale e il cambiamento della geometria molecolare provoca nei bastoncelli un segnale che viene trasmesso al cervello

GRAZIE A QUESTA TRASFORMAZIONE CIS-TRANS
POSSIAMO VEDERE IL MERAVIGLIOSO MONDO CHE CI CIRCONDA

BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA

- Lezione sui PFAS di Laura Facciolo, Università di Padova, 16 marzo 2024
- Relazione 'PFAS a scuola: un percorso educativo nel veneto' all'interno del Convegno CESP 'Ambiente, perché ci facciamo del male?', 1 marzo 2022
- Podcast Aula di scienze Zanichelli, ottobre 2023
- [https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/pfas-storia-effetti-diffusione/#Storia ed evoluzione delle PFAS](https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/pfas-storia-effetti-diffusione/#Storia%20ed%20evoluzione%20delle%20PFAS)

PER APPROFONDIRE

- AAVV, [Manifesto per l'urgente messa al bando dei PFAS](#), 2023
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, [Toxicological profile for perfluoroalkyls](#), 2021
- Bilott R., *Exposure: Poisoned water, corporate greed, and one lawyer's twenty-year battle against DuPont*, 2020.
- Commissione Europea, [REGOLAMENTO \(UE\) 2022/2388](#), 7 dicembre 2022
- Commissione Parlamentare, [Relazione sulla diffusione delle sostanze perfluoroalchiliche](#), 2022
- DoD, [Report on Critical Per- and Polyfluoroalkyl Substance Uses](#), 2023
- EEA, [Emerging chemical risks in Europe - 'PFAS'](#), 2019
- Gaber et al., [The Devil they Knew: Chemical Documents Analysis of Industry Influence on PFAS Science](#), 2023
- Greenpeace, [Pfas e acque potabili in Lombardia](#), 2023
- IARC, [Perfluorooctanoic acid \(PFOA\) and perfluorooctanesulfonic acid \(PFOS\)](#), Volume 135, 2023.
- IRSA-CNR, [Studio di valutazione del Rischio ambientale e sanitario associato alla contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche \(PFAS\) nel Bacino del Po e nei principali bacini fluviali italiani](#), 2013
- ISPRA, [Indirizzi per la progettazione delle reti di monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche \(PFAS\) nei corpi idrici superficiali e sotterranei](#), 2019
- Mack GJ, [Toxicity of decomposition products of "Teflon"](#), Can Med Assoc J., 1961
- Mastromatteo E., [Toxicity of decomposition products of "Teflon"](#), 1961
- McLachlan MS et al., [Riverine Discharge of Perfluorinated Carboxylates from the European Continent](#), Environ Sci Technol, 2007
- Nathaniel Rich, [The Lawyer Who Became DuPont's Worst Nightmare](#), New York Times 2016
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, [Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up](#), 2022
- Parlamento europeo e Consiglio, [Regolamento \(UE\) 2019/1021](#), giugno 2019
- Parlamento europeo e Consiglio, [DIRETTIVA \(UE\) 2020/2184](#), 16 dicembre 2020
- Presa Diretta, [PFAS - Il veleno invisibile](#), 2019
- Presa Diretta, [Stop ai veleni](#), 18 marzo 2024
- Le Iene, [Pfas: cosa è stato fatto per le acque in Veneto?](#), 2022
- Ubel et al., [Health status of plant workers exposed to fluorochemicals: a preliminary report](#), 1980