



Toxiciteit van rook bij Li-ion batterij branden

Arjen Koppen, PhD, ERT, GAGS i.o.

20 maart 2025

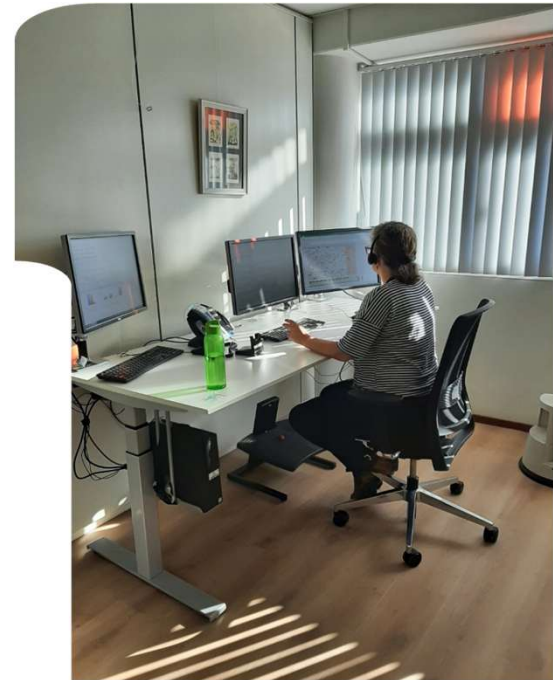


UMC Utrecht

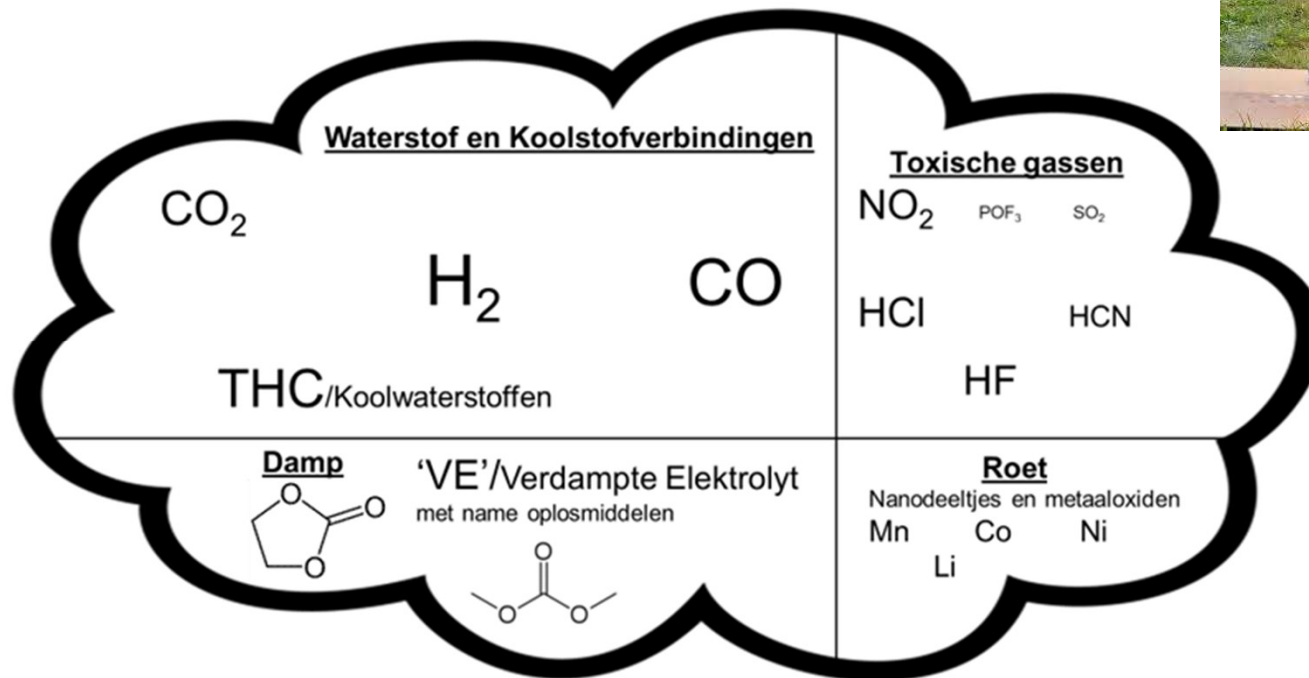
Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum

Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum

- Onderdeel UMC Utrecht
- Kenniscentrum Acute Klinische Toxicologie
- 24/7 088 755 8000
 - Inschatting ernst
 - Behandeladvies
- 24/7 www.vergiftigingen.info
- Expertise: multi-disciplinair (artsen, toxicologen, biologen, chemici, stralingsdeskundigen)



Blootstelling aan rook van Li-ion batterijen: acute gezondheidseffecten?



Bron: <https://scenarioboeken.nipv.nl/brand-in-opslag-van-li-ion-accus/>



Blootstelling aan rook van Li-ion batterijen: follow-up

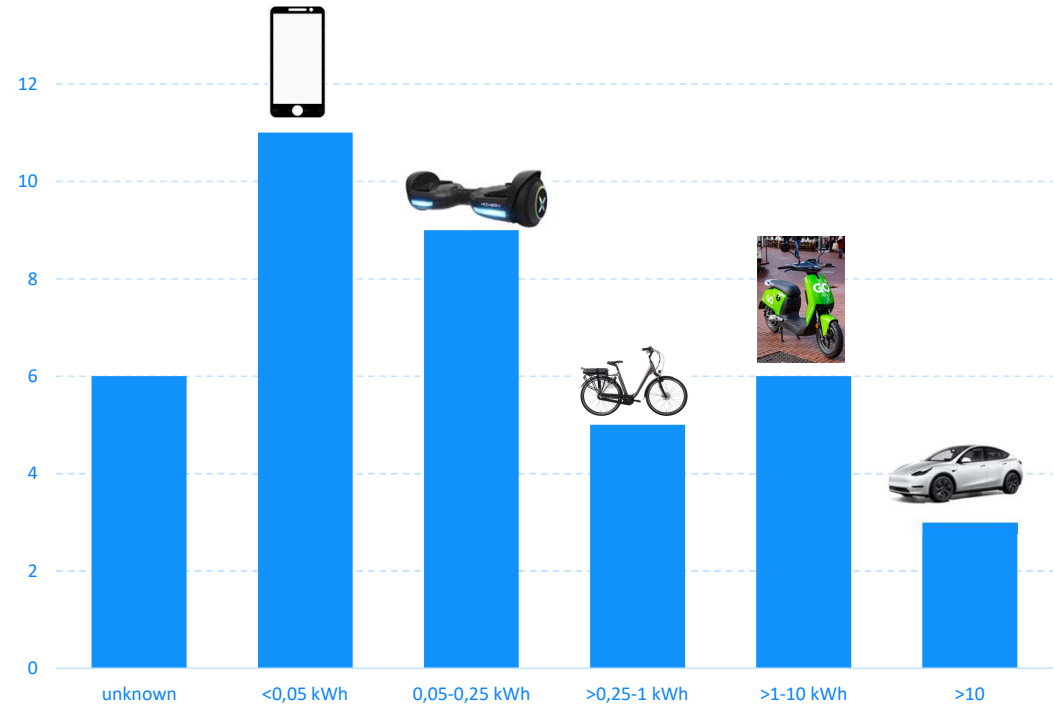
Methode:

- Observationele studie naar de ervaren acute gezondheidseffecten van mensen blootgesteld aan rook van rokende/brandende Li-ion batterijen
- Ahv vragenlijst aan patiënten waarover het vergiftigingscentrum werd gebeld door medisch professionals
- All typen Li-ion batterijen (<0,1 kWh → >10 kWh)
- Vragenlijst: binnen 2-4 weken na blootstelling

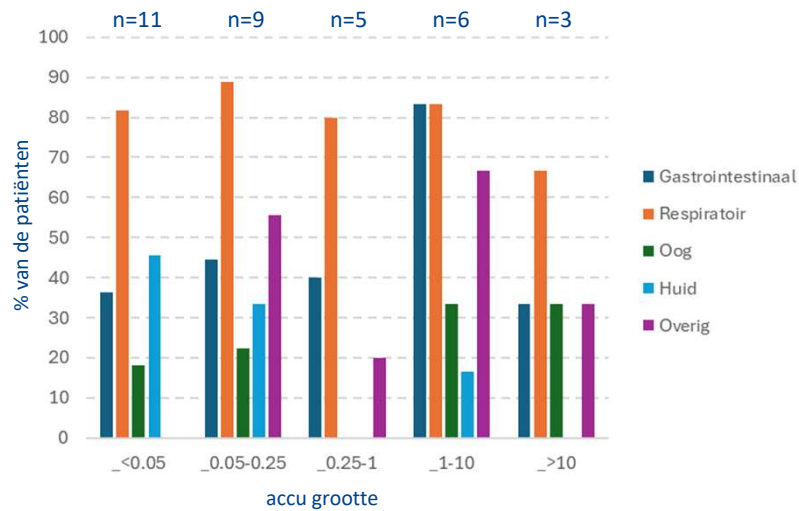
Blootstelling aan rook van Li-ion batterijen: resultaten

Results:

- 40 patients (betrokken bij 32 casus)
- 12 vrouwen, 28 mannen
- Mediane leeftijd: 37

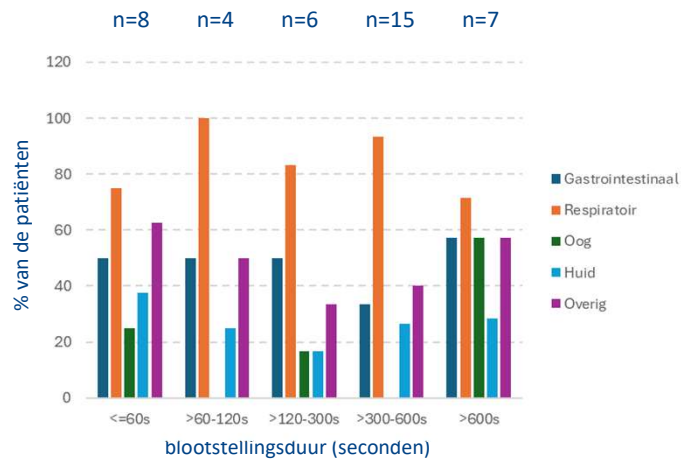


Resultaat: gerapporteerde gezondheidseffecten – accu grootte



	<0,05 kWh	0,05-0,25 kWh	>0,25-1 kWh	>1-10 kWh	>10 kWh	Unknown
Patients	11	9	5	6	3	6
Symptomatic patients	11	9	4	6	3	6
Gastrointestinal symptoms	4	4	2	5	1	2
Nausea	3	3	0	3	0	1
Vomiting	1	1	0	1	0	0
Abdominal pain	1	0	0	0	0	1
Mucous membrane irritation mouth/throat	5	2	3	2	0	3
Salivation	0	0	0	1	1	0
Swelling in mouth/throat	0	0	0	1	0	0
Aberrant taste	1	0	0	2	1	0
Respiratory symptoms	9	8	4	5	2	6
Cough	8	2	1	3	2	4
Dyspnea	3	4	1	1	0	4
Hyperventilation	0	2	0	0	0	0
Retrosternal pain	4	3	0	1	0	1
Irritation respiratory tract	0	1	1	0	0	0
Irritation nasal mucosa	0	0	1	0	0	0
COPD exacerbation	0	0	0	1	0	0
Eye symptoms	2	2	0	2	1	0
Eye irritation	1	2	0	2	1	0
Nystagmus	1	0	0	0	0	0
Dermal symptoms	5	3	0	1	0	2
Skin irritation	2	1	0	0	0	1
Burns	4	1	0	1	0	2
Sweating	0	1	0	0	0	0
Other symptoms	0	5	1	4	1	3
Fever	0	1	0	0	0	0
Headache	0	0	0	2	1	2
Dizziness	0	0	0	1	0	2
Stress/panic	0	3	0	1	0	0
Fatigue	0	2	1	0	0	0
Confusion	0	0	0	0	0	1

Resultaat: gerapporteerde gezondheidseffecten – blootstellingsduur



	<=60s	>60-120s	>120-300s	>300-600s	>600s	total	% of patients
Patients	8	4	6	15	7	40	100
Symptomatic patients	8	4	6	14	7	39	97.5
Gastrointestinal symptoms	4	2	3	5	4	18	45
Nausea	2	2	3	1	2	10	25
Vomiting	0	1	1	0	1	3	7.5
Abdominal pain	1	0	0	1	0	2	5
Mucous membrane irritation mouth/throat	0	2	2	3	3	10	25
Salivation	0	0	0	2	1	3	7.5
Swelling in mouth/throat	0	0	0	0	1	1	2.5
Abberant taste	1	0	0	1	2	4	10
Respiratory symptoms	6	4	5	14	5	34	85
Cough	3	2	4	8	3	20	50
Dyspnea	3	2	4	3	1	13	32.5
Hyperventilation	0	1	1	0	0	2	5
Retrosternal pain	1	2	3	2	1	9	22.5
Irritation respiratory tract	0	0	0	2	0	2	5
Irritation nasal mucosa	0	0	0	2	0	2	5
COPD exacerbation	0	0	0	0	1	1	2.5
Eye symptoms	2	0	1	0	4	7	17.5
Eye irritation	2	0	1	0	3	6	15
Nystagmus	0	0	0	0	1	1	2.5
Dermal symptoms	3	1	1	4	2	11	27.5
Skin irritation	2	0	1	0	1	4	10
Burns	3	1	0	3	1	8	20
Sweating	0	0	0	1	0	1	2.5
Other symptoms	5	2	2	6	4	19	47.5
Fever	0	0	1	0	0	1	2.5
Headache	2	0	2	3	2	9	22.5
Dizziness	2	0	0	1	2	5	12.5
Stress/panic	1	1	0	0	1	3	7.5
Fatigue	0	1	0	2	0	3	7.5
Confusion	1	0	0	1	0	2	5

Resultaat: behandeling

	<0,05 kWh	0,05-0,25 kWh	>0,25-1 kWh	>1-10 kWh	>10 kWh	Unknown	total	% of patients
Patients	11	9	5	6	3	6	40	100
Ambulance	1	0	1	0	3	0	5	12.5
General practitioner	8	3	1	3	0	3	18	45
Emergency department	3	6	3	2	2	2	18	45
Hospital admission	1	2	2	1	0	0	6	15
Diagnostics								
Saturation	1	4	4	0	0	2	11	27.5
Auscultation	1	2	0	1	0	1	5	12.5
Pulmonary function test	1	0	0	0	0	0	1	2.5
X-thorax	0	1	1	1	1	2	6	15
Treatment								
Oxygen administration	0	1	2	0	2	0	5	12.5
Calcium gluconate nebulization	0	3	1	0	0	0	4	10
Burn treatment	2	0	0	1	0	0	3	7.5
Decontamination	1	0	1	0	2	0	4	10

Resultaat: Herstel

		<0,05 kWh	0,05-0,25 kWh	>0,25-1 kWh	>1-10 kWh	>10 kWh	Unknown	total	% of patients
Patients		11	9	5	6	3	6	40	100
Full recovery	<1 day	2	3	2	0	1	0	8	20
	>1 day, <1 week	6	3	2	5	2	3	21	52.5
	>1 week, <1 month	3	2	0	0	0	2	7	17.5
	> 1 month	0	0	0	1	0	0	1	2.5
	unknown	0	1	0	0	0	1	2	5
	No symptoms	0	0	1	0	0	0	1	2.5

Opvallende zaken...

- Er werden geen ernstige symptomen waargenomen
- Meest ernstige symptomen: thermische/chemische brandwonden (beperkt tot kleine oppervlakten)
- Relatief groot aantal patiënten ging naar SEH (nodig?)
- Een klein aantal patiënten kreeg calciumgluconaat verneveld (nodig?)
- Beperkingen studie: self-report, recollection bias, geen toegang tot diagnostiek/medische status

Blootstelling aan rook van Li-ion batterijen: casus EV

- Volwassen man, accu EV raakt beschadigd op snelweg door afval op weg
- Rook in auto, blootstelling ca. 10 minuten
- Man naar SEH, klachten: dyspnoe, hoesten, tintelingen en huidirritatie gezicht/handpalmen
- Diagnostiek: saturatie 94-96%, HbCO 1,4%, pH bloed 7,38, serum Ca^{2+} concentratie 1,12 mM (ref 1,07-1,25 mM). X-thorax normaal

Blootstelling aan rook van Li-ion batterijen: therapie

- Calciumgluconaat 2,5% nebulisatie
- Huid spoelen met water, 2x calciumgluconaat gel
- Observatie gedurende 1 nacht
- Volgende ochtend: milde klachten (hoesten, luchtwegirritatie, benauwd bij inspanning). X-thorax niet afwijkend → ontslag

Li-ion rook in perspectief: rol HF?

Worst case

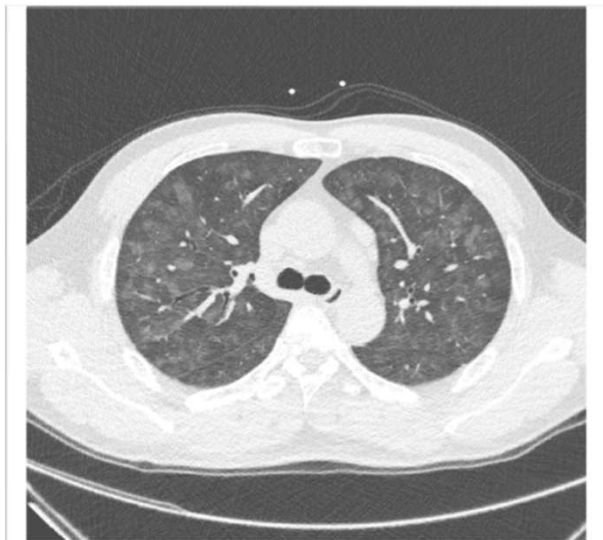
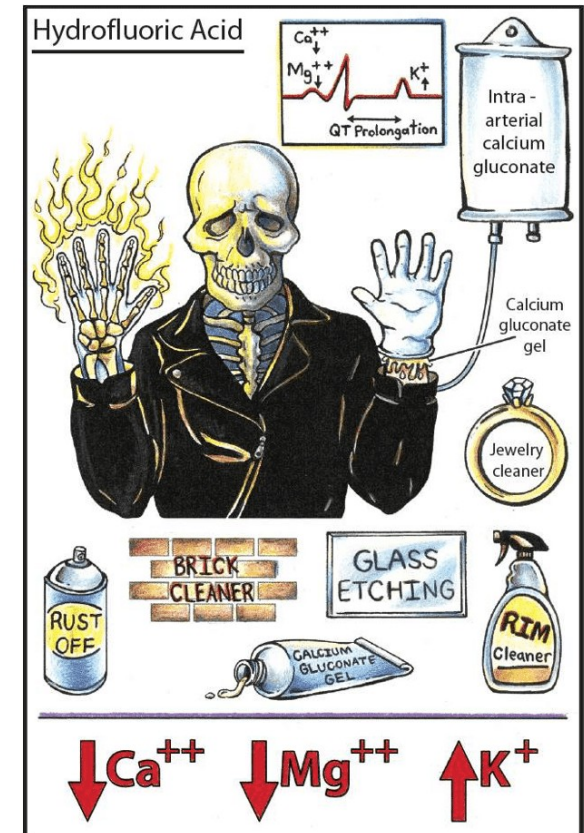


Fig. 1. A 49-year-old man (case 1). Diffuse patchy ground-glass opacities in both lungs of hydrogen fluoride-induced pneumonitis.

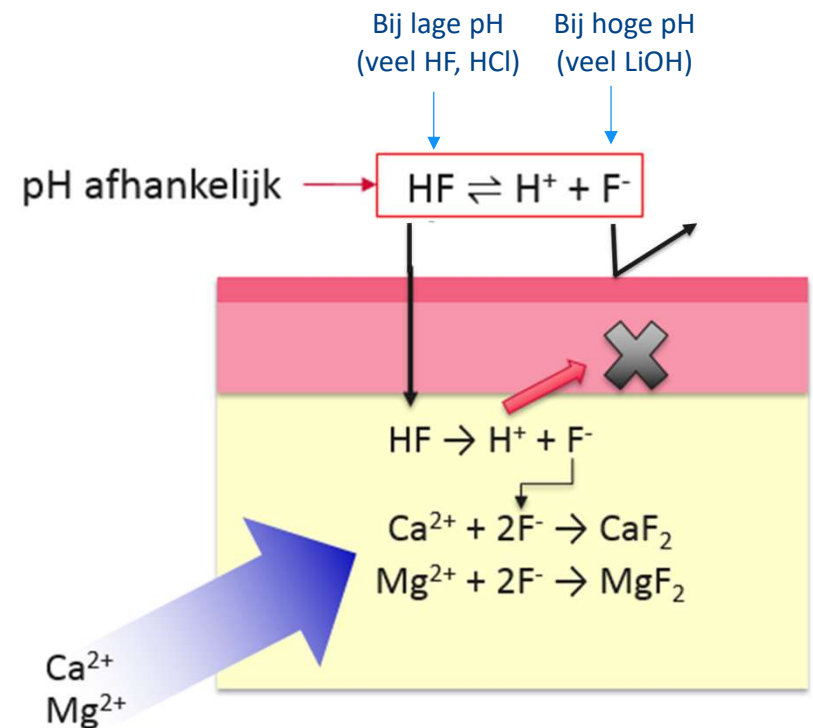


Realistisch?

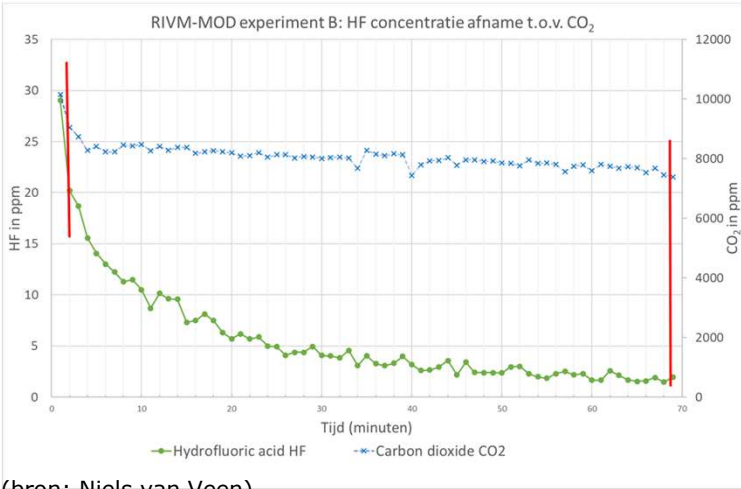


Li-ion rook in perspectief: rol HF?

- Wat is de reële blootstelling? → gemeten fluoride ≠ HF
- Blootstelling aan HF (reactief) of F⁻?



Li-ion rook in perspectief: rol HF?



(bron: Niels van Veen)

Table 2 . Penetrated amount of hydrogen fluoride for 120 minutes when skin is exposed for 20 minutes for different gas concentrations.

Attempt 20 minutes exposure	1 μg/cm²	2 μg/cm²	3 μg/cm²	4 μg/cm²	Mean ± std μg/cm²	Total uptake whole body (mg) *
10 ppm sweaty skin	≤ 0.3	1.1	≤ 0.3	-	0.6 ± 0.4	8
100 ppm dry skin	0.40	0.34	0.46	-	0.4 ± 0.1	7
100 ppm sweaty skin	3.5	1.4	4.6	-	3.2 ± 1.7	57
1000 ppm dry skin	1.1	11	12	2	6.6 ± 5.8	118

* calculated on 18,000 cm² skin area (a naked adult)

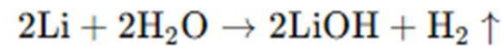
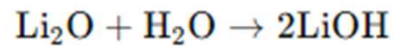
(bron: vertaling MSB 2021)

Tijdsduur	Voorlichtingsrichtwaarden VRW (ppm)	Alarmeringsgrenswaarden AGW (ppm)	Levensbedreigende waarden LBW (ppm)
10 min	1,00	94,8	180,0
30 min	1,00	34,8	61,2
1 uur	1,00	24,0	43,2
2 uur	1,00	16,8	31,2
4 uur	1,00	12,0	21,6
8 uur	1,00	12,0	21,6

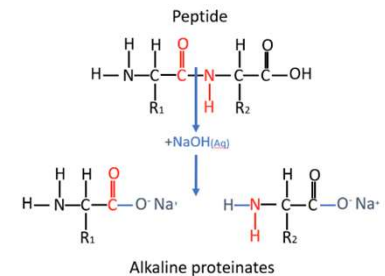
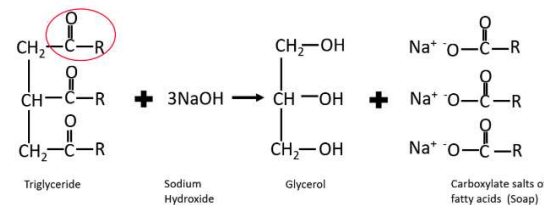
Verandering gevaar perspectief: van HF naar LiOH en CO?

LiOH

- Kan ontstaan bij contact metallisch lithium of lithiumoxide met water:



- LiOH lost goed op in water (12.8 g/100 mL, bij 20 °C) → sterk basische oplossing (pH>>7)
- Klinisch beeld bij huidblootstelling: roodheid, pijn, blaarvorming, necrose (eerste-, tweede- en derdegraads chemische dermatitis)

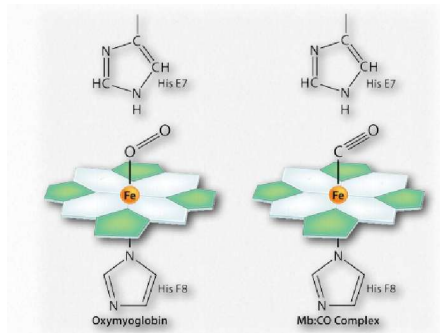


- Klinisch beeld inhalatie: irritatie tot etsingen van slijmvliezen van neus en luchtwegen, prikkelhoest, productieve hoest, retrosternale pijn, tachypnoe, dyspnoe, bronchospasmen, stridor, asfyxie ten gevolge van glottis- en larynxoedeem en chemische pneumonitis.



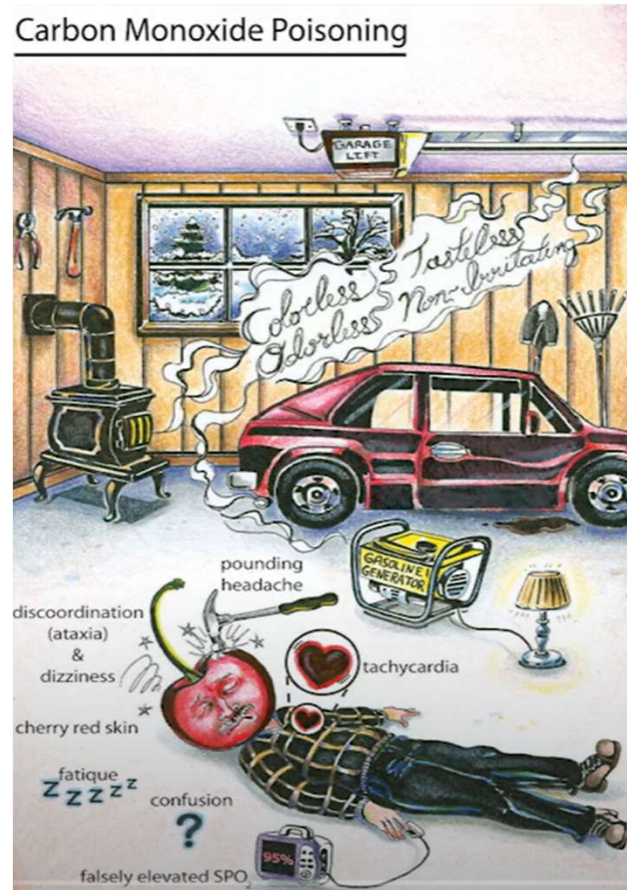
Verandering gevaar perspectief: van HF naar LiOH en CO?

CO



*CO/O ₂ Affinity Ratio		
200-250	20-50	0.1
Hemoglobin	Myoglobin	Cyt c Oxidase
Blood stream	Tissue/Cell	Mitochondria

Carbon Monoxide Poisoning

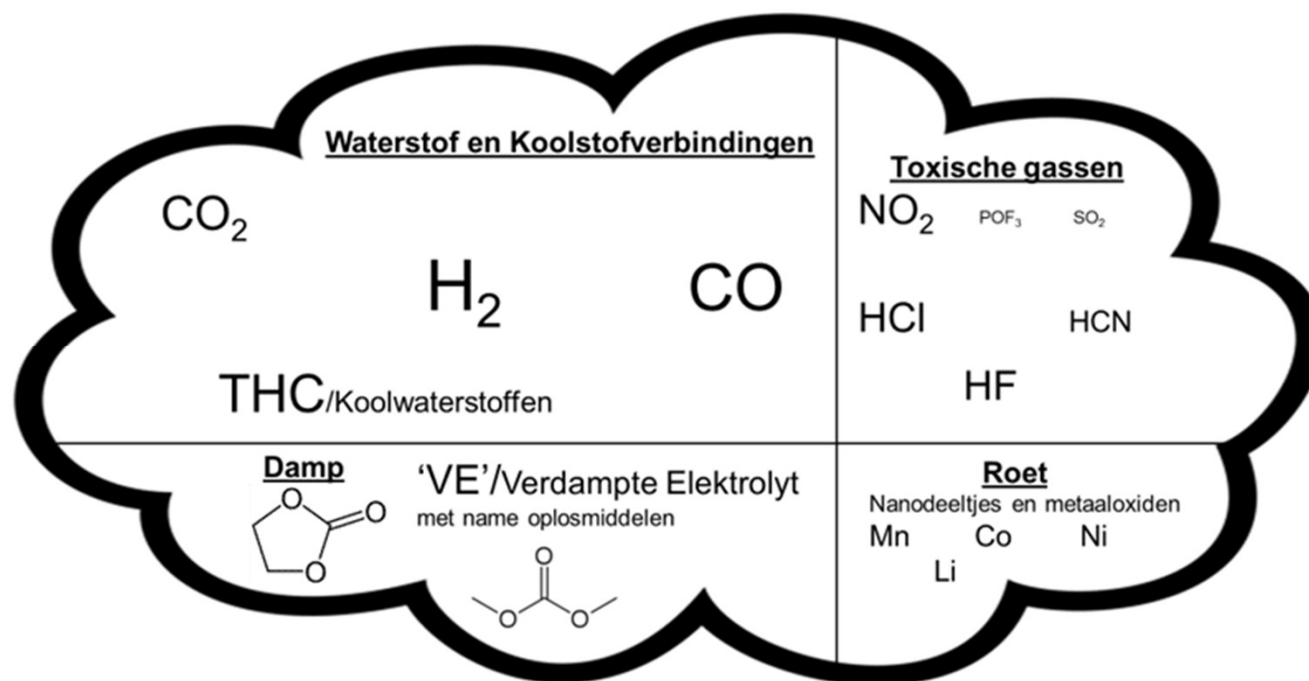


Kloss and Bruce



<https://doi.org/10.1007/978-3-319-63895-9>

Verandering gevaar perspectief: van HF naar...



Conclusie/discussie acute gezondheidseffecten

- Acute gezondheidseffecten doorgaans mild bij blootstelling aan Li-ion ontledings-/verbrandingsproducten, vaak ademhalingsklachten, keelklachten
- Nadruk op HF onterecht? Consequenties therapie?
- Bij slachtoffer met ernstige klachten: houd rekening met meerdere toxische producten.

Overdenkingen...

- Risico's bij herhaalde of chronische blootstellingen (beroepsgroepen)?
 - Oplosmiddelen/metalen/nanodeeltjes/CO...

Overdenkingen...

- Voorbeeld: metalen

Stof	Gezondheidseffecten bij chronische blootstelling	TLV-TWA (mg/m ³)
Kobalt	Asthma, hartproblemen, longaandoeningen	0.02 (Co en verbindingen) 8 uur
Mangaan	Neurologische schade, longaandoeningen, parkinsonisme	0.2 (Mn en verbindingen) 8 uur
Nikkel	Huidallergieën, longaandoeningen, kanker	0.05 (Ni en verbindingen) 8 uur
Aluminium	Longaandoeningen, neurologische problemen	10 (Al en verbindingen) 8 uur
Titanium	Longontsteking, chronische bronchitis, potentiële kanker	10 (TiO ₂) 8 uur

Overdenkingen...

Soot		ICEV A	BEV A	BEV B
Particles	Dry, [kg]	9.0	10.7	17.0
	Lithium, [mg/g]	0.03	12	3.2
Metals	Aluminum, [mg/g]	0.5	8.5	1.5
	Cadmium, [mg/g]	0.003	0.004	0.002
	Cobalt, [mg/g]	0.003	24	12
	Chromium, [mg/g]	0.03	0.07	0.01
	Copper, [mg/g]	0.9	1.4	0.9
	Manganese, [mg/g]	0.1	26	9.3
	Nickel, [mg/g]	0.03	45	12
	Lead, [mg/g]	2.0	0.4	0.2
	Zinc, [mg/g]	22	27	20
	Fluoride, [mg/g]	0.2	18	4.3
Anions	Chloride, [mg/g]	26	17	18
	Bromide, [mg/g]	2.3	16	8.3
Organic compounds	PAH, [mg/g]	1.0	0.03	0.5
Ash		ICEV A	BEV A	BEV B
Anions	Fluoride, [mg/g]	0.02	0.2	0.1
	Chloride, [mg/g]	31	62	16
	Bromide, [mg/g]	0.4	0.07	0.5

Willstrand 2020

EXPERIMENT IN RUIMTE 24M³

- > 32 Wh NMC Li-ion-batterij
- > Experimentduur 10 min
- > Luchtconcentraties variëren in de tijd
- > Gemiddelde luchtconcentratie metalen
 - Lithium: 2,5 mg/m³
 - Nikkel: 29 mg/m³
 - Kobalt: 3,5 mg/m³
 - HF: +/- 2 mg/m³

Niels van Veen

