

## VPLIV KONCENTRACIJ ŠKODLJIVIH SNOVI NA FIZIOLOŠKO DELOVANJE ČLOVEŠKEGA ORGANIZMA

Goriva so trdne, tekoče ali plinaste snovi, ki dajejo pri zgorevanju toploto (imajo pri spajanju s kisikom eksotermno reakcijo). Goriva, iz katerih dobivamo energijo, ki se neposredno pretvarja v mehanično energijo (delo), kot na primer pri motorjih z notranjim zgorevanjem, imenujemo pogonska goriva.

Za zgorevanje je potreben kisik, ki ga praviloma dovajamo z zrakom (zgorevalni zrak). Pri tem nastajajo zgorevalni plini, imenovani tudi dimni plini, pri motorjih z notranjim izgorevanjem pa izpušni plini. Ti vsebujejo poleg ostankov zraka predvsem ostanke okside ogljika, vodika, žvepla in dušika; ogljikov monoksid CO, ogljikov dioksid CO<sub>2</sub>, vodne pare H<sub>2</sub>O, žveplov dioksid SO<sub>2</sub> in dušikovi oksidi NO<sub>x</sub>.

Škodljive snovi v zraku pridejo v organizem predvsem z dihanjem. Delujejo lahko že v zgornjih dihalnih poteh, v pljučih, lahko reagirajo s krvjo ali jih prenaša dalje po organizmu v tkiva in organe. Lahko pa delujejo na občutljiva površinska tkiva, n.pr. na oči, kožo ali sluznice.

Zgoraj navedene škodljive snovi delujejo po načinu delovanja na organizem:

- dušljivo; napr. Inertni plini, če zmanjšajo vsebino potrebnega kisika v zraku pod 16vol % (CO<sub>2</sub>), ali tisti, ki blokirajo prenos kisika po organizmu s pasivizacijo izmenjave kisika v krvi (CO)
- dražljivo na zgornja dihala; (SO<sub>2</sub>)
- dražljivo na spodnja dihala; (NO<sub>x</sub>)

### **OGLJIKOV MONOKSID (CO)**

**MV = 33 mg/m<sup>3</sup>; 30 ml/m<sup>3</sup><sup>1</sup>**

Kemični dušljivci se vežejo s hemoproteini, ki prenašajo kisik. Med te predstavnike spada tudi:

**Ogljikov monoksid – CO** je brezbarven plin, lažji od zraka (0,97), brez vonja in okusa ter zelo vnetljiv (v koncentracijskem območju 12 % do 75 %). Na zraku gori s svetlo modrim plamenom.

Nastaja pri nepopolnem zgorevanju snovi, ki vsebujejo ogljik (požari, izpušni plini...).

Izpušni plini imajo od 1 % do 14%CO. Vsebnost CO v izpušnih plinih je odvisna od količine kisika pri zgorevanju fosilnega goriva.

Do zastrupitev pride z inhalacijo. Poleg velike afinitete za hemoglobin in mioglobin deluje tudi na encime, ki vsebujejo hemoglobin in sodelujejo v tkivnem dihanju.

---

<sup>1</sup> mg/m<sup>3</sup>; ml/m<sup>3</sup>- koncentracije škodljivih plinov ali par v zraku izražamo lahko gravimetrično z maso škodljive snovi v enoti volumna zraka Navadno izražamo koncentracije hlapov gravimetrično, koncentracije plinov pa volumetrično.

Patofiziološki mehanizem zastrupitve označujejo:

- zmanjšanje vsebnosti kisika v arterijski krvi,
- zmanjšanje arterio-venske razlike v vsebnosti kisika,
- zmanjšanje koeficienta utilizacije kisika,
- hipokapnija z respiratorno alkalozo, ki prehaja v metabolno acidozo,
- vezava na encime dihalne verige (tkivna hipoksija),
- direkten toksičen učinek na celični metabolizem.

CO ima veliko afiniteto do hemoglobina (210 do 250-krat večjo kot kisik). Nastali karboksihemoglobin (HbCO) zmanjšuje kapaciteto krvi za prenos kisika in je glavni vzrok za hipoksijo tkiv. Obenem inhibira disociacijo kisika iz hemoglobina, kar je vzrok za pomik disociacijske krivulje oksihemoglobina v levo in dodatno podaljšuje tkivno hipoksijo. CO se veže tudi na mioglobin in povzroča mišično nemoč ter motnje koordinacije. Pomembna je, če se veže na encime dihalne verige (citokromoksidazo). Zaviranje teh encimov je neposreden vzrok za tkivno hipoksijo.

Koncentracija HbCO je odvisna od koncentracije CO v vdihanem zraku in od trajanja izpostave. Klinična slika je odvisna tudi od telesne aktivnosti v času izpostave in od koncentracije hemoglobina, ter zato le delno sorazmerna s koncentracijo HbCO v krvi.

Na pomanjkanje kisika so najbolj občutljivi centralni živčni sistem, srce in ledvice.

Pri oceni teže zastrupitve moramo upoštevati:

- čas vdihovanja CO,
- fizično aktivnost,
- predhodne bolezni,
- starost (otroci, starejši),
- stanje zavesti pred pregledom in
- terapijo pred prihodom v bolnico.

Že pri majhnih koncentracijah CO lahko pride do zmanjšane zbranosti, vidnih zaznav, zmožnosti za učenje in opravljanje bolj zapletenih aktivnosti. Ob spremljajoči patologiji oziroma spremembah so te posledice še očitnejše.

Pri težki akutni zastrupitvi pride do edema pljuč, akutne ledvične insuficience z oligurijo, anurijo, motenj v delovanju srca itd. Kot poznejša posledica akutnih zastrupitev se lahko pojavi parkinsonizem, amnestične motnje, demenca, podaljšana psihotična stanja, motnje ravnotežja, periferni nevrilitisi, glavoboli, in epidermolisis bulosa zaradi hipoksije in ishemije kože, slabitev funkcije vida, sluha in govora.

Kronično zastrupitev označuje trias: glavobol, vrtoglavica in telesna astenija pa tudi hitra utrujenost že pri majhnih naporih, ki jo spremljata dispneja in tahikardija. Dokazana je pospešena ateroskleroza, nekateri pa opisujejo tudi spremembe v delovanju ščitnice ter spremembe v krvi (poliglobulija ali anemija)

## **OGLJIKOV DIOKSID (CO<sub>2</sub>)**

**MV = 9000 mg/m<sup>3</sup> ; 5000 ml/m<sup>3</sup>**

Predstavnik enostavnih - inertnih dušljivcev je:

**Ogljikov dioksid** – CO<sub>2</sub> je inerten plin brez barve in vonja, slabega kiselkastega okusa, 1,5- krat težji od zraka, zato se v prostorih zadržuje pri tleh. Do zastrupitve pride pri zanemarjanju varnostnih ukrepov pri delu. Nastaja s popolnim zgorevanjem organskih snovi. Srečujemo ga v rudnikih , tunelih, silosih, kotlih za fermentacijo, v kemični industriji, industriji gume...

Ima pomembno fiziološko funkcijo, ker povečuje pljučno ventilacijo z draženjem centra za dihanje. Tudi pri velikih količinah nima dražečega učinka na sluznico dihal. Z analizo zraka je v mnogih rudnikih ugotovljena koncentracija med 0,2 % in 0,6 % CO<sub>2</sub> (čisti zrak ga vsebuje le okrog 0,03 % do 0,04 %).

Spodnja meja nevarnega delovanja je 3 %, ki že povzroča zmanjševanje plamena rudarske luči, dispnejo, glavobol in znojenje, dražeče deluje na veznice in sluznice zgornjih dihal (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Deset odstotkov CO<sub>2</sub> povzroča že po eni minuti cianozo kože in vidnih sluznic, glavobol, vrtoglavico, pospešeno dihanje, palpitacije, motnje vida, zvonjenje v ušesih, tremor, nezavest in komo. Žrtev postane zelo hitro nesposobna za stajo na nogah, pade, izgubi zavest in v globoki nezavesti umre. Pred smrtjo zaradi zastrupitve s CO<sub>2</sub> ni krčev, kar je značilno pri drugih dušljivcih.

CO<sub>2</sub> je pogosto pomešan s strupenimi plini (metanom, žveplovodikom, acetilenom in dušikom v zmesi, ki se imenuje črna para) in s produkti eksplozije (CO), ki so mnogo nevarnejši od njega.

## **ŽVEPLOV DIOKSID (SO<sub>2</sub>)**

**MV = 5 mg/m<sup>3</sup> ; 2 ml/m<sup>3</sup>**

Kot predstavnik dražljivcev zgornjih dihal je:

**Žveplov dioksid** – SO<sub>2</sub> je dražeč brezbarven plin značilno ostrega vonja in je glavni onesnaževalec ozračja (desettisoče ton gre letno v ozračje). Do zastrupitev lahko pride v rudniških jamah, pri predelavi nafte, v kemični industriji, industriji gume in celuloze. Žveplov dioksid se uporablja v kemični industriji kot sredstvo za dezinfekcijo, hladilno sredstvo in sredstvo za suho konzerviranje hrane. Pomemben vir so tudi izpušni plini, gorenje premoga, olja in drugih spojin, ki vsebujejo veliko žvepla.

Žveplov dioksid z vodo tvori žveplasto kislino, ki v prisotnosti kisika oksidira v žvepleno kislino. Obe kislini sta sestavni del tako imenovanega kislega dežja.

Pri akutni izpostavljenosti velikim koncentracijam pride do hudega kašlja z refleksnim laringo-splazmom (asmatični napad lahko izzove tudi le nekajminutna izpostavljenost večjim koncentracijam), lahko pride do bronhopnevmonije in edema pljuč (dispneja, afonija, izguba zavesti in lahko smrt).

Pri subakutni izpostavljenosti pride po nekaj urah do dispneje, lahko do pljučnega edema in kardiovaskularnega kolapsa.

Močno dražeče deluje na očesno sluznico in privede do edema konjunktive, destrukcije roženice z močnimi bolečinami, znojenjem in fotofobijo. Na koži lahko povzroča kemične opekline z vezikulami in ulceracijami.

Pri kronični izpostavljenosti pride do konjunktivitisa, kroničnega bronhitisa z dražečim kašljem, pogostejšimi bronhopnevmonijami in hipoosmijo. Pogosto pride do erozije zob in celo do nekroze čeljusti.

Onesnaženo ozračje z žveplovim dioksidom je pogosto vzrok za poslabšanje kronične obstruktivne pljučne bolezni, zlasti pozimi.

## **DUŠIKOVI OKSIDI – NITROZNI PLINI (NO<sub>x</sub>)**

**MV = 9 mg/m<sup>3</sup> do 30 mg/m<sup>3</sup> ; 5 ml/m<sup>3</sup> do 25 ml/m<sup>3</sup>;**  
**NO<sub>2</sub> = 9 mg/m<sup>3</sup> oz. 5 ml/m<sup>3</sup>; NO = 30 mg/m<sup>3</sup> oz. 25 ml/m<sup>3</sup>**

Med predstavnike dražljivcev spodnjih dihal spadajo tudi dušikovi oksidi, ti so:

**NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, N<sub>2</sub>O.**

Z imenom nitrozni plini označujemo: NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Nitrozni plini so neobstoja zmes dušikovih oksidov. Toksičnost narašča s številom kisikovih atomov. So slabo topni v vodi in dobro v maščobah. Do poklicne zastrupitve lahko pride pri proizvodnji in uporabi dušikovih kislin, pri procesih nitriranja v industriji eksploziv, pri električnem varjenju, v rudniških rovih in tunelih – po eksplozijah, ob požarih, pri gorenju nitroceluloze.

Dušikov oksid (NO) je brezbarven plin, ki na zraku takoj pride v dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>), ki je rdečkaste barve; dušikov trioksid (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) je brezbarven plin. Najdemo jih v ozračju kot njegovo onesnaževanje. Glavni krivec za zastrupitev je N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Pri vdihovanju dražijo sluznico dihal, posebno v predelu alveol. V stiku z vlažno sluznico dušikov oksid prehaja v dušikovo kislino, ki deluje korozivno. Prizadet je epitel dihalnih poti in stene žilja s povečano permeabilnostjo kapilar in z ekstravazacijo tekočine v alveole. Vazokonstrikcija na periferiji in dilatacija v pljučnem krvotoku s povečano prepustljivostjo krvnih žil privede do pljučnega edema. Sistemsko delovanje se kaže z oksidacijo hemoglobina v methemoglobin.

Akutna zastrupitev z nitrozni plini se lahko kaže v več oblikah oziroma kliničnih slikah. Prva oz. iritativna oblika se običajno začne z blagim draženjem zgornjih dihalnih poti in konjunktive. Po latenci (brez znakov zastrupitve), ki traja okrog 6 do 12 ur (lahko celo 24 ur), se razvije edem pljuč, ki se pogosto konča s smrtjo. Neposredno pred razvojem pljučnega edema pride do tahipneje, tahikardije in trombocitoze, hude retrosternalne bolečine, krvavega izpljunka, kašlja in cianoze. Najtežja druga oblika akutne zastrupitve je razvoj šoka, ki se hitro konča s smrtjo zaradi asfiksije. Obstajajo tudi lažje oblike zastrupitve (tretja- reverzibilna oblika) s povišano methemoglobinemijo in cianozo, prebavnimi motnjami, bruhanjem in možno izgubo zavesti, ki se konča z ozdravitvijo. Četrta - kombinirana oblika, kjer pride v prvi fazi le do draženja očesne veznice in sluznic zgornjih in spodnjih dihal z NO<sub>2</sub> in NO, po katerem pride do izboljšanja (latence), po najmanjšem naporu pa do pljučnega edema, se lahko konča smrtno v nekaj urah, če ni ustrezne pomoči.

Pri kronični zastrupitvi so pomembni znaki: splošna slabost, hujšanje, astenija, glavobol, nevrovegetativne motnje, ki jih spremljajo bronhitis (kronični kašelj), konjunktivitis, anemija in značilna prizadetost zob (zaradi kisline) ter rentgenska slika pljuč – kot pri miliarni tuberkulozi.

**Vir:** MEVLA, Vojko. *EPD - mikroklima in prezračevanje v vozniški kabini dizelske lokomotive serije 664 : diplomska naloga*. Ljubljana: [V. Mevla], 2003. 57 f, [14] f. pril., ilustr., Kožuh Mitja – mentor, Novosel Barbara - komentor [COBISS.SI-ID 25782277]