

ČLOVEK IN OKOLJE; *lovek reagira kot celota na hkrati celo vrsto dra*ljajev, ki izzovejo reakcijo. **Okolje** je delovno in zunanje. **Delovno** je do nedavnega bolje raziskovano, ukrepi se nanašajo na izbrano populacijo zdravih, odraslih ljudi, dopustne meje se zato ve*je kot za zunanje okolje. V **zunanjem** okolju pa se ukrepi nanašajo tudi na bolj ob*utljive populacije. **DELOVNO OKOLJE**: fizikalni dejavniki (toplotne razmere, hrup, vibracije, razsvetljava, sevanja), kemijski (hlapi, plini v zraku, nevarne škodljive snovi, aerosoli (prah)), biogeni (mikroorganizmi, favna, flora). **VARSTVO PRI DELU**: pravni ukrepi, zdravstveni ukrepi, izobra*evanje, socialno varstvo, tehni*ni ukrepi (pred mehanskimi poškodbami, pred dotikom elektri*en napetosti, po*arno varnost, pred eksplozijami, z nevarnimi snovmi, varen transport, osebno varovalno sredstva, delovno okolje). **PRAH**: nastaja in se širi zaradi proizvodnje na prostem (transport, kamnolomi, asfaltne baze, zemeljska dela) in v delovnih prostorih (brušenje, presipavanje, varenje...). Najprej deluje na delavca, vendar se širi v okolico in vpliva na rastlinstvo, *ivalstvo, vodo in ozra*je. **KINETI*NA TEORIJA PLINOV**: Plin obravnava kot sistem biljardnih krogel: molekule majhne toge krogle z zanemarljivim volumnom, se naklju*no gibljejo, pride do trkov-energija se ne izgublja. **DIFUZIJA**: prenos snovi zaradi koncentracijskega gradienta. Tok dolo*a gradient (koncentracija, tlaka, potenciala..). Tok je pozitiven, *e je gradient negativen. **VISKOZNOST**: **Kineti*na teorija plinov**: viskoznost sila, s katero hitreše plasti plina pospešujejo po*asnejše in po*asnejše zavirajo hitreše. **Za oceno razmer in uvedbo potrebnih ukrepov je potrebno poznati**: transport delcev, odlaganje delcev, inhalacija, odlaganje v *loveškem dihalnem traktu, vzor*evanje, odstranjevanje. **GIBANJE TRANSPORT DELCEV**: Za stabilnost zmesi prahu in zraka je hitrost gibanja delca bistvenega pomena, od nje je odvisno kako hitro se prah izlo*a iz zraka, zunanja sila (delec v gravitacijskem polju, v polju centrifugalne sile, v elektri*nem polju, v polju temperaturnega gradienta). **MORFOLOGIJA DELCEV**: oblika je pomembna, vpliva na obnašanje delcev v zraku in v dihalih; sferi*ni (idealne krogle), nepravilne oblike (izometri*ni), ploš*ice (kamnolomi, rudniki) vlakna. **VELIKOST DELCEV**: pomembna, za sferi*ne enostavno-geometrijski premer, za ostale oblike so izhodiš*a za dolo*anje velikosti delcev geometrijske karakteristike: enodimenzionalne (dol*inske mere), dvo (površina) in tro (prostornina). **Statisti*ni premeri**: dolo*eni z merjenjem velikega števila delcev (populacije). Vrednost dolo*ena za vsak delec posebej z mikroskopijo, smer opazovanja ista za vsa izmerjena zrna. **Ekvivalentni premeri**: Definicija velikost v relaciji z neko drugo karakteristiko. Smer opazovanja ni pomembna. Dolo*amo z mikroskopijo in z vsemi drugimi metodami merjenja velikosti delcev: premer ekvivalentne projicirane površine dp – enak premer, premer ekvivalentne površine ds – enaka površina, premer ekvivalentnega volumna dv – enak volumen. **AERODINAMI*NI PREMER**: je enak premeru namišljenega sferi*nega delca z gostoto 1000 kg/m^3 , ki pada z enako sedimentacijsko hitrostjo kot opazovan delec z gostoto in ekvivalentnim volumnom. **MOLEKULARNI POJAVI IN GIBANJE DELCA V ZRAKU**: Zrak je obi*ajno kot enotna snov, dejansko pa je sestavljen iz molekul in atomov, ki se gibljejo neurejeno. **BROWNOVO GIBANJE**: Naklju*no gibanje delcev, posledica trkov med plinskim molekulami, ki se termi*no gibljejo tudi v navideznem mirnem toku, gibanje ni odvisno od konvekcije. Manjši delci naj bi bili v zraku stabilni, vendar zaradi B.G. naraš*a difuzijska hitrost za zelo majhne delce, ki zato lahko uidejo s prvotnega mesta oz. tokovnice, zadanejo ob oviro in se izlo*ijo. **Greenfieldova vrzel** je to vmesno podro*je velikosti delcev ($0,1 < d < 0,5$), ki jih zelo te*ko izlo*imo iz zraka. Difuzija delcev v gibajo*em se zraku. Konvektivna difuzija. **DELEC V OKOLJU S TEMPERATURNIM GRADIENTOM**: **Termoforeza** je posledica termi*nega gibanja molekul plina, ki delec obdajajo. Hitrost molekul plina je odvisna od temperature. Delec ve*krat zadanejo molekule plina, ki imajo višjo temperaturo, višjo energijo. **SEPARACIJSKI KOEFICIENT**: Razmerje med silo na delec, ki jo prou*ujemo in silo te*e. Separacijski koeficient SK torej meri u*inek dodatne sile na hitrost izlo*anja prašnih delcev v primerjavi z izlo*anjem (usedanjem) zaradi lastne te*e. **STOKESOV DELCI**: Gibanje je odvisno od Reynoldsovega števila. Razmerje med relaksacijskim *asom delca in *asom, potrebnim da fluid preide moteno podro*je toka – indikacija za zmo*nost delca za odziv na spremembe v hitrosti in smeri toka. **KOAGULACIJA**: Delci prahu se naklju*no gibljejo, lahko se zadevajo in ob trku zlepijo – konglomerat. Koncentracija delcev se tako zmanjša, nastanejo pa ve*ji delci z ve*jo maso, ki imajo ve*jo sedimentacijsko hitrost in se torej hitreje izlo*ajo iz zraka z usedanjem. **OPTI*NE LASTNOSTI AEROSOLOV**: velikost, zakoni gibanja (gravitacijskem polju, polju centrifugalne sile, elektri*nem polju, polju termi*nega gradienta). **FIZIKALNE OSNOVE**: **svetloba**: elektromagnetno valovanje z valovnimi dol*inami, ki jih *lovek preko o*esa zaznava v vidnem centru velikih mo*ganov kot barve. **Spektralne barve**: posamezni svetlobni elektromagnetni valovi, meje dokaj negotove (razli*ne za razli*ne ljudi). **SIPANJE SVETLOBE**: Pri prehodu skozi sredstvo, ki svetlobo siplje (raztopina z velikimi delci, zaprašeni zrak) prvotni *arek oslabi tudi zaradi sipanja. **KLASIFIKACIJA PRAHU**: Nastali prah-ves spekter velikosti delcev. Najve*ji delci se izlo*ijo iz zraka *e v neposredni bli*ini nastanka – ne dospejo do dihal. Manjši – lebdijo v zraku-prodrejo v dihala, razli*no globoko. **INHALABILNA FRAKCIJA**: Inspirabilna ali groba frakcija. Prah, ki ga vdihnemo skozi nos ali usta. Pomembna je pri snoveh, ki škodljivo delujejo *e v zgornjih

dihalnih poteh. **ALVEOLARNA FRAKCIJA:** (respirabilna, fina). Del inhalabilne frakcije, ki uide zaš*itnemu mehanizmu zgornjih dihalnih poti in se odlo*i v ni*jih dihalih. Pomembna za prahove, ki povzro*ajo poškodbe, bolezni, okvare globoko v plju*ih. **TORAKALNA FRAKCIJA:** (traheobronhialna) Frakcija prahu, ki prodre globlje od grla samo*istilni mehanizem ta del prahu lahko odstrani.

Pomembna pri prahu, ki u*inkuje škodljivo v predelu sapnika in bronhijev. **INHALACIJA**

AEROSOLOV: V *loveško telo zaidejo **skozi ko*o**, s **prehranjevalno verigo** in z **inhalacijo** (velikost in porazdelitev delcev dolo*a na*in vdora v telo in odlaganje v dihalih; koncentracija prahu dolo*a koli*ino, ki se lahko odlo*i; oblika, kemi*na sestava dolo*a, kako se biološki sistem odziva na tujek). *e delci vdrejo v respiratorni trakt in se tam odlo*ijo se te*ave za*nejo; bolehanje, pataloške spremembe.

Samo*istilni mehanizem dihalnega sistema: Prvi prašni filter, ki zadr*i najve*je tujke so nosne dla*ice. Potem je vla*na sluznica nosu in *rela, tu se lahko zadr*i do 50% prahu, pove*a se izlo*anje sluzi, ki ve*e prašne delce, ki se izlo*ijo s kašljem. Ciliarni migetali*ni epitelij: v zgornjih dihalnih poteh skrbi za transport prašnih delcev prit dihalnim odprtina. **SPIROMETRIJA:** Tehnika, ki se uporablja za diagnozo nepravilnosti v plju*ih in njihovem delovanju iz meritev stati*na (volumna) in dinami*na (*asovnih sprememb volumna in tlaka vdihanega in izdihanega zraka).

RAZVRSTITEV PRAHU PO ŠKODLJIVOSTI: Prah ima v primerjavi s plini in parami pri delovanju na organizem nekatere posebnosti. Obi*ajno jih razvrš*amo po na*inu delovanja na organizem: **Inertni prah:** Obremenitev reverzibilna. **Fibrogeni prah:** Povzro*a razraš*anje in brazgotinjenje plju*nega veznega tkiva, trajno, pogosto napredujo*e. **Prah s specifi*nim delovanjem na zgornje dihalne poti:** Grobi prah, ki se v teh predelih usede. Povzro*a specifi*no reakcijo organizma. **Alergogeni prah:** Alergi*ne reakcije v zgornjih dihalnih poteh ali v plju*ih. Daljša izpostavljenost, preob*utljivost na dolo*ene snovi, poklicna brnhialna astma, alergeni alveolitis, seneni nahod. **Toksi*ni (strupeni) prah:** Prehaja iz dihal v organe in tkiva z raztapljanjem na sluznici dihalnih poti, prebavnem traktu. Se prenaša po organizmu s krvjo in drugimi telesnimi teko*inami. **Dra*ljivi prah:** Dra*i sluznico dihal, tudi o*i, ko*o. **Kancerogeni prah:** azbest (plju*ni rak), kromati, saje, dim, katran, cigaretni dim. **Mutageni prah:** mutacije, škodljiv vpliv na potomce, pesticidi, organske spojina, snovi pri izdelavi zdravil. **Teratogeni prah:** škodljivo delovanje na plod, pesticidi, organske spojine. **VLAKNO:** l/d>3 in l>5, d<3 **AZBEST:** serpentinski, amfibolni. Kristali imajo obliko vlaken, se zdru*ujejo v snope. S predelavo ali mehansko obremenitvijo se vzdol*no cepijo v tanjše snopi*e, tudi do izjemno tankih vlaken. Vlakna zelo odporna proti telesnim teko*inam, lahko ostanejo nespremenjeni ve* *asa. **TVEGANJE ZA OBOLENJE ZARADI IZPOSTAVLJENOSTI PRAHU:** Odvisno je od koncentracije prahu, vrste, oblike delcev, granulacijskega spektra prahu, trajanje izpostavljenosti, na*in dela. **MV:** Koncentracija škodljivih snovi v zraku, ki ne povzro*i zdravstvenih okvar zaradi izpostavljenosti za odraslega zdravega ob fizi*no lahkem delu za **kumulativno delujo*e snovi** (pri obremenitvi 8 ur na dan, 40 ur na teden celo delovno dobo pri povpre*ni c<MV ni verjetna zdravstvena okvara), **akutno delujo*e snovi** (Škodljiva posledica lahko nastane *e pri kratkotrajni izpostavljenosti, zato MV ne sme biti prese*ena nit za kratek *as), **kancerogene snovi** (praviloma ne bi smeli biti izpostavljeni, MV ni primeren kriterij. **KANCEROGENE SNOVI:** Ni mejne koncentracije, pod katero ni tveganja, MV ne velja,ni smiselna, praviloma: delavec ne sme biti izpostavljen. TDK: tehni*no dosegljiva koncentracija: ne zagotavlja varnosti pred obolevanjem, kot to predpostavlja MV, pomeni dogovor, do katere meje je onesna*enosti še mo*no tolerirati, nad to mejo so obvezni varnostni ukrepi. **DOLO*ANJE KONCENTRACIJE PRAHU:**

Merjenje: poznavanje tehnologije, dela in snovi, izbira postopka za vzor*enje in analizo vzorca, izbira kraja in *asa merilnih mest, kalibracija instrumentov, priprava na vzor*enje, vzor*enje na terenu, in **analizni postopki:** kriti*na ocena rezultatov meritve, uporaba rezultatov meritve. **MERILNIKI:** **mesto** (stacionarni, osebni, prenosni), **trajanje** (trenutni, merilniki povpre*en koncentracije), **postopek** (direktno od*itavanje, dodatna obdelava), **vrsta vzorca** (inhalabilni, alveolarni prah, vlakna), **na*in delovanja** (aktivni, pasivni). **STACIONARNI MERILNIKI:** postavimo na dolo*eno mesto in pustimo ves *as merjenja. Delavec dela ves *as na istem mestu, koncentracija se v prostoru ne spremeni. Zajamejo veliko mno*ino prahu, ki ga je la*je analizirati tudi z manj ob*utljivimi metodama. **OSEBNI DOZIMETER:** Priprnemo na obleko, zato je manjši, napaja se z baterijo. Ima manjšo zmogljivost, manjša koli*ina zbranega prahu, te*ja analiza. Dolo*imo povpre*no koncentracijo prahu tudi pri delovnih fazah, kjer se delavec giblje, spreminja delovno mesto. **PRENOSNI MERILNIKI:** razmeroma natan*ni, merijo lahko *eleno frakcijo, razli*ne metode, dragi. **TRENTNI MERILNIK:** Rezultat ka*ejo zvezno ali omogo*ajo od*itek v kratkem *asovnih intervalih, dolo*amo vršne koncentracije, hitre kontrole zapašenosti, niso najbolj primerni za dolo*anje povpre*ne koncentracije. **MERILNIKI POVPRE*NE KONCENTRACIJE:** Merimo vsaj 1 uro ali cel delovnik, povpre*je v tem *asovnem intervalu, za prah s kumulativnim delovanje. **AKTIVNI NA*IN DELOVANJA:** Vgrajena mehanska naprava za *rpanje vzorca onesna*enega zraka. **PASIVNI (DIFUZIJSKI):** nimajo lastnega mehanskega pogona za zajem vzorca, snov difundira v medij, kjer se ve*e, prete*no za pline in pare, v delovnem okolju se malo uporablja. **CIKLON:** Ekscentri*na vstopna odprtina v ustju usmeri vsesani

prah proti obodu ciklona, kjer nastane vrtnec, zaradi centrifugalne sile se grobi delci prahu izlo*ijo na stenah ciklona in padejo v silos, alveolarni (fini) prah nadaljuje pot z zrakom proti filtru, ki ga zadr*i.

RADIALNI SISTEM: Vsesani zrak enakomerno porazdeli po celi površini filtra. Tokovnice se ukrivijo-delci ne sledijo, na središ*ni del filtra se usedejo ve*ji. **HORIZONTALNI ELUTRIATOR:** Paket horizontalnih ploš*, skozenj vodimo zaprašeni zrak, veliki delci imajo ve*jo sedimentacijsko hitrost, se usedejo prej, predno pripotujejo do konca. Majhni delci potujejo dlje, se usedejo proti koncu paketa ali uidejo. **KASKADNI IMPAKTOR:** Omogo*a posebno granulacijsko analizo prahu, vrsta zaslonk oz.lamel s šobami, razporeditev taka, da se na dolo*eno lamelo pri dolo*enem pretoku usedejo samo delci z dolo*enim aerodinami*nim premerom. **VRSTA MERILNIKOV:** gravimetri*ni, opti*ni, elektri*ni, termi*ni, število delcev v zraku. **GRAVIMETRI*NI MERILNIKI:** merilnik na piezoelektri*ni kristal. Princip piezoelektri*ne mikrotehnice. Kristala spravimo v nihanje z visoko stabilno lastno frekvenco. Lastna frekvenca je odvisna od mase kristala, zato vsak kristal niha s svojo lastno frekvenco. Pred meritvijo dolo*imo razliko med lastnima frekvencama primerjalnega in *istega merilnega kristala. **OPTI*NI MERILNIKI:** Opti*ni (scintilacijski števci) Štetje svetlobnih impulzov, ki jih ustvarjajo delci, ki zaidejo v merilno podro*je. Merilniki na osnovi merjenja intenzitete sipane svetlobe. **ELEKTRI*NI MERILNIK:** Zaprašeni zrak vodimo skozi merilni valj ali med dvema ploš*ama, kjer se delci zaradi mo*nega elektri*nega polja naelektrijo, se uidejo na notranjo stran valja ali jih štejemo, merimo porazdelitev velikosti in elektri*nega naboja. **PREDHODNE RAZISKAVE:** Pred pri*etkom rednega obratovanja, med poskusnim obratovanje, koje proizvodni postopek ute*en, proizvodnja dose*e polno kapaciteto, razmere ekvivalentne razmeram tekom rednega obratovanja. **PERIODI*NE RAZISKAVE:** Po za*etku rednega obratovanja najmanj vsake tri leta, kjer je nevarnost ve*ja-najmanj na dve leti. **NAMEN MERITEV:** orientacijske (vpogled v stanje, predhodne ali periodi*ne), podrobne (po kon*anih predhodnih ali periodi*nih, na mestih kjer ocenimo da rezultati meritev niso dovolj zanesljivi za oceno obremenitve delavca, vrednost MV, domnevamo da stanje med meritvijo ni bilo obi*ajno), posebne (ne sodijo v okvir obi*ajnih meritev, namenjene izboljšanju spremembi tehnologije projektiranje, za izbiro ukrepov). **VAROVALNI UKREPI:** Upoštevati: u*inkovitost ukrepa, ceno, pove*anje obratovalnih stroškov, zanesljivost, vpliv na okolico. **Preventivni ukrepi:** najcenejši, najbolj u*inkoviti, predvidimo jih ob izbiri postopka, na*rtovanja in priprave projektne dokumentacije. **Prednostni red** ukrepov glede na ceno in u*inkovitost. **1.izbira postopka:** Pri katerem nastaja *im manj nevarnih snovi in prahu. **2.izbira ali zamenjava snovi:** npr: z manjši nevarnostjo po*ara ali eksplozij, drugo vrednostjo MV. **3.omejevanje prašenja v okolico:** *e pri viru (lokalno odpraševanje). **4.kabine za delavce:** *e je to mo*no. **5.razporeditev delovnih mest:** delavci v obmo*ju sve*ega zraka, vir prahu v toku zraka, ki te*e v smeri od delavca proti izstopu. **6.organizacija dela:** *im krajši *as *im manj delavcev v zaprašenem okolju **7.uedba ali pove*anje splošnega odpraševanja:** pove*anje prezra*evanja, izmenjava zraka **8.avtomatizacija in robotizacija proizvodnega postopka** **9.osebna varovalna oprema:** zadnji in izjemni ukrep v primeru *e ukrepi 1-8 niso izvedljivi, kot za*asni ukrep v *asu od ugotovitve ogro*enosti delavca do izvedbe enega izmed prej naštetih ukrepov. **OSEBNA VAROVALNA SREDSTVA PRED PRAHOM:** razlikujejo se po namenu in po u*inkovitosti, imamo posebne oznake v skladu s standardi. Ustrezna varovalna obleka in izolacijske naprave (maska z dotokom *istega zraka) sta za zelo nevarne snovi in velike koncentracije. Priklju*ek omejuje gibanje, potrebna je primerna temperatura, vla*nost in *istost zraka. Nepravilna uporaba osebnega varovalnega sredstva je zelo nevarna – delavec ima ob*utek, da je zavarovan, zato je manj pazljiv. **POSTOPKI ZA ZMANJŠEVANJE ZAPRAŠENOSTI:** odsosovanje prahu (odsosovalne šobe, nape, prašne komopre), postopki z majhnim prašenjem: postopki s pibkim virom prašenja (rezanje namesto drobljenja, stru*enje namesto brušenja, mokro brušenje, *im manj drobnega prahu), postopki z omejevanjem raznašanja prahu v okolico (vla*enje, zmanjšanje induciranelega toka zraka).**OMEJEVANJE RAZNAŠANJA PRAHU V OKOLICO:** vla*enje: adhezija med delci, nastanek agregatov, zadostuje *e 5% vlage v sipkem materialu, za netopne vrste prahu, za prah, ki z vodo ne reagira. Omejevanje toka induciranelega zraka: tok zraka induciramo pri npr. pretresanju sipkega materiala. **ODSESOVANJE ZRAKA:** zajemamo *im bli*e mesta nastanka, odsosovalne šobe, nape, prašne komore, digestoriji. **ODSESOVALNE ŠOBE:** na kakšni razdalji od ustja je zajemanje in odsosovanje škodljivih snovi u*inkovito.**DIGESTORIJI:** v laboratorijih za lokano odvajanje nevarnih snovi, glede na namen razli*ne izvedbe: za delov z oksospojninami halogenov, rokavi*ni, destilacijski, s prostorom za *loveka. **ODPRAŠEVANJE:** odstranjevanje prašnih delcev, pomembno je stopnja odpraševanja, temperaturno obmo*je uporabe, kemi*na odpornost. Izkoriš*anje zakonitosti gibanja delcev v polju gravitacije, centrifugalne sile, elektri*nega polja, impakcije, prestrezanje. Na*in delovanja:usedalne komore, mehanski zbiralniki (cikloni), elektrofiltri, mokri odpraševalniki, tkaninski filtri. **STOPNJA ODPRAŠEVANJA:** je odvisna od vrste in konstrukcije odpraševalnika, lastnosti dolo*ene vrste prahu. **USEDALNA KOMORA:** usedanje najbolj enostavna metoda odstranjevanja prahu iz zraka, delci se v motnem toku odlagajo. **CIKLON:** pogostejši kot usedalna komora, z obliko

zaprášeni zrak prisilimo, da se giblje po kro*nici, zaradi radialnega pospeška se delci izlo*ijo.

ELEKTROFILTER: gibanje delca v elektri*nem polju, nabiti delci se pod vplivom elektri*nega polja gibljejo k zbiralni površini. Zelo u*inkovite odpraševalne naprave, tudi za fin prah, grob prah, deluje pri visokih temperaturah, za veliko koncentracije, za veliko pretoke, tudi za teko*e aerosole, primerni za odpraševanje vro*ih plinov z veliko drobnega prahu, dragi, relativno visoki obratovalni stroški, potrebno vzdr*evanje. **VENTURIJEV ODPRAŠEVALNIK:** vodo injeciramo v obmo*je kjer hitrost zraka naraš*a, vodni curek tok zraka zaradi velike hitrosti razprši, vodne kapljice ne morejo slediti tokovnicam zraka v zo*enem obmo*ju in pride do visoke relativne hitrosti med kapljicami vode in delci aerosola v *asu ko se kapljice poskušajo uskladiti s tokom, delci se nalagajo na vodne kapljice, princip torej podoben kot za izpiralni stolp. **TKANINSKI (PLASTNI) FILTRI:** zrak te*e skozi filtersko snov, ki ima lastno strukturo, zra*ni tok potuje okrog ovir, delci zaradi vztrajnosti ne morejo vedno slediti krivini tokovnic in se zato izlo*ijo, izlo*ijo prah s svojo maso in volumnom dopolni strukturo filterskega materiala, u*inek filtra s tem naraš*a, hkrati pa tudi zra*ni upor, dokler se filter ne zamaši.