

PROTEKSPLOZIJSKA ZAŠČITA ZA PRAŠNO OKOLJE

Vili Granda, univ. dipl. inž. el.*

IZVLEČEK

Po uveljavitvi ATEX direktive je tudi prašno eksplozijsko ogroženo okolje dobilo v zakonodaji posebno mesto. Razdelitev con nevarnosti na plinsko in prašno okolje pomeni prvi korak, na osnovi katerega so pripravljene tudi nove vrste protiekspluzijske zaščite za električno opremo, ki je vgrajena v prašnem Ex okolju. V članku so pojasnjena dejstva, ki so pripeljala do teh sprememb, dodani pa so tudi najpomembnejši parametri, ki jih je treba upoštevati. Na koncu so predstavljene še vrste zaščit za te naprave.

ABSTRACT

After the implementation of the ATEX directive the dusty explosive environment has been included in the legislation. The division of explosive zones to the gaseous and dusty environments represents the foundation upon which the anti-explosion protection devices for electrical equipment incorporated in dusty environment are made. The article deals with the facts that led to these changes, together with the most important parameters that have to be taken into account. At the end the types of protection devices for this equipment are presented.

UVOD

V preteklosti protiekspluzijski zaščiti v prašnem okolju na področju zakonodaje niso posvečali posebne pozornosti. Tudi v prašnih okoljih so se namreč pojavljale enake oblike zaščit, kot jih poznamo iz plinskih eksplozijskih atmosfer. Razvoj znanja na tem področju in nekaj večjih nesreč, ki so se zgodile v zadnjih desetletjih, pa so strokovnjake in snovalce zakonodaje opozorile, da je potrebno to področje obravnavati ločeno in ga kot takšnega tudi zakonsko urediti.

Najprej se bomo posvetili vzroku in nastankom eksplozij ter zakonski osnovi, ki to področje ureja, v nadaljevanju pa bomo podrobneje spoznali tudi vrste protiekspluzijske zaščite in ukrepe, ki jih morajo zagotoviti proizvajalci in uporabniki električnih naprav v potencialno eksplozivni prašni atmosferi.

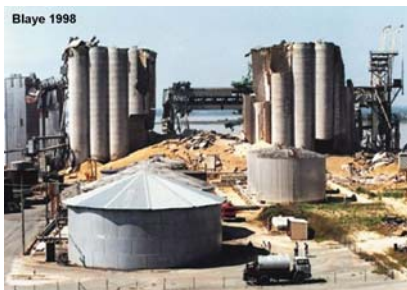
VZROKI ZA NASTANEK EKSPLOZIJ

Kot pri eksplozijah v plinski atmosferi morajo biti tudi za pojav prašnih eksplozij izpolnjeni trije pogoji:

- mešanica prahu mora biti potencialno eksplozivna snov,
- prisoten mora biti kisik (v zraku),
- pojaviti se mora vir vžiga (iskra, visoka temperatura na površini naprave ipd.).

Za razliko od plinskih imajo prašne eksplozije povsem drugačen časovni

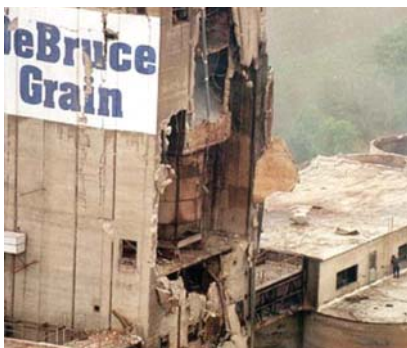
* ELSING Inženiring d.o.o., Področja delovanja avtorja: tehnično svetovanje za Ex okolje, s poudarkom na svetovanju pri izboru ustreznih električnih naprav za Ex okolje, pripravi delnih ali kompletnih rešitev, podpora pri zasnovi in projektiranju, pomoč pri zagonu. Specializiran je za opremo proizvajalcev Stahl, Beka, ECOM Instruments, Elmess, Kloepper-Therm, EGE Elektronik, Pepperl+Fuchs, e-pošta: vili.granda@elsing.si



Posledice prašnih eksplozij v Blayu (Francija)

potek, kar lahko privede tudi do precej drugačnih posledic. Pri eksplozijah v plinski atmosferi pride do trenutnega pojava, pri katerem se praviloma takoj po eksploziji stanje eksplozije zaključi in umiri že po nekaj milisekundah.

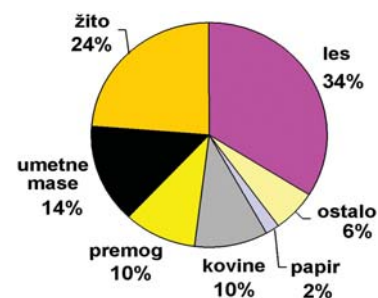
Popolnoma drugačen potek zaznamo pri prašnih eksplozijah. Kot primer vzemimo nanos prahu, ki ga dvigne zračni vrtinec. V povezavi s kisikom dobimo vnetljivo prašno zmes. Če se pojavi tudi vir vžiga, se zgodi v tej mešanici lokalna eksplozija. Ta posledično povzroči hiter pretok zraka, ki dodatno zavrtinči nov nanos prahu – pojavi se še ena eksplozija. Na enak način se lah-



Posledice prašne eksplozije v Wichiti (ZDA – 1998)

ko eksplozije nadaljujejo po celotnem prostoru – te tako imenovane verižne eksplozije lahko imajo celo hujše posledice oz. lahko povzročijo na napravah, opremi in stavbah celo več škode kot plinske.

Pri oceni dejanske nevarnosti nas seveda predvsem zanima, katere izmed industrijskih panog so dejansko najbolj ogrožene. Pred pripravo standardov so v ZDA naredili preglednico vseh prašnih eksplozij glede na vrsto prahu in glede na vir vžiga v zadnjih letih. Rezultati so prav gotovo zanimivi, čeprav



Področja prahu, kjer se eksplozije najpogosteje pojavljajo



Viri vžiga pri prašnih eksplozijah

ni nujno, da bi analize v slovenskem okolju pokazale povsem enake rezultate. Čeprav vemo, da so se tudi v Sloveniji že pojavile prašne eksplozije, žal nismo uspeli pridobiti podatka, ali se je kdo v našem prostoru že organizirano ukvarjal z analizo tega problema.

DEFINICIJE

In kako je prah sploh definiran? Uporabimo lahko razlago po standardu SIST EN 50281-1-1:

»Pod izrazom **prah** razumemo majhne trdne delčke v atmosferi, ki se zaradi lastne teže posedajo po podlagi, pred tem pa se lahko določen čas zadržujejo v zraku kot zračna prašna zmes.«

Seveda vsak prah še ne predstavlja potencialnega prašnega eksplozivnega okolja, ki je po istem standardu definirano na naslednji način:

»Mešanica gorljivih snovi v obliki prašne mešanice v zraku, ki lahko v določenih atmosferskih pogojih ob prisotnem viru vžiga povzroči eksplozijo«. Prah mora biti torej prisoten v ustreznih atmosferskih pogojih (tlak, temperatura), imeti mora eksplozijsko sposobnost, ustrezno koncentracijo (med spodnjo in zgornjo eksplozijsko mejo) in druge lastnosti. Za izpolnitev ostalih pogojev, ki lahko privedejo do eksplozije, moramo torej upoštevati še naslednje:

Atmosferski pogoji, ki so običajno predvideni: pritisk 0,8 do 1,1 bar – temperatura okolice -20 do +60°C. Najmanjša vžigna energija (mJ, mWs) – je najnižja energija izvora vžiga, ki lahko povzroči vžig prašne mešanice. Vžigna temperatura prašnega oblaka ($T_{vžig}$) – je najnižja temperatura površine na steni naprave, ki lahko povzroči vžig prašne mešanice. Temperatura tlenja nasutega prahu (T_{tli}) – je najnižja temperatura, pri kateri nasuti prah pri določenih pogojih začne tleti.

ZAKONSKE OSNOVE

Posebno pozornost prahu kot možnemu izvoru eksplozije je v resnici prinesla šele evropska zakonodaja iz leta 1994 (direktiva ES/94/9, ki jo poznamo tudi pod imeni ATEX 100a oz. ATEX 95), ki je osnova za porazdelitev con in prinaša tudi osnovne vrste zaščite za električno opremo v potencialnem prašnem eksplozivnem okolju. Naslednji pomembni zakon je iz leta 1999 (direk-

Cona	Definicija	Lastnost prahu	Skupina naprav	Mehanska zaščita
Cona 20	Področje, kjer je eksplozivna atmosfera v obliki oblaka gorljivega prahu v zraku prisotna stalno, dolgotrajno ali pogosto		1D	IP 6X
Cona 21	Področje, kjer se lahko eksplozivna atmosfera v obliki oblaka gorljivega prahu v zraku pojavi pri običajnem delovanju naprave		2D	IP 6X
Cona 22	Področje, kjer pri običajnem delovanju naprave praviloma ne prihaja do eksplozivne atmosfere v obliki oblaka gorljivega prahu v zraku, če pa že pride do tega pojava, je pojav le kratkotrajen	električno prevoden	2D	IP 6X
		električno neprevođen	3D	IP 5X

Razdelitev con in skupin naprav skladno z direktivo ES/94/9

tiva ES/99/92, ki jo srečujemo tudi pod imeni ATEX 118a oz. ATEX 137), kjer so navedene obveznosti proizvajalcev in uporabnikov električnih naprav v eksplozijsko ogroženem okolju. Obe direktivi sta služili kot osnova za izdajo slovenskega pravilnika o protiekspluzijski zaščiti (Uradni list RS, št.102/00 in 91/02), ki skladno z evropskimi direktivami regulira to področje v Sloveniji. Domnevo o skladnosti z veljavno zakonodajo ustvarja uporaba harmoniziranih evropskih standardov, kjer so navedene podrobne tehnične specifikacije. Harmonizirane standarde za področje elektrotehnike in protiekspluzijske zaščite pripravlja CENELEC (evropska organizacija za elektrotehniško standardizacijo). Harmonizirani standardi morajo biti sprejeti kot nacionalni standardi v vseh članicah Evropske unije. Tako so že sprejeti tudi nekateri slovenski standardi (npr. SIST EN 50281-1-1 in SIT EN 50281-1-2). Uporaba standardov je neobvezna.

IZBIRA ELEKTRIČNIH NAPRAV

Električne naprave za prašno protiekspluzijsko okolje izbiramo po naslednjih kriterijih:

1. določimo ustrezno skupino oziroma kategorijo naprave,
2. ugotovimo lastnosti prahu, tempera-

turo vžiga in tlenja. Kot praktično mejo standardi določajo debelino prahu 5 mm kot tisti nanos, za katerega so preračunane standardne vrednosti kot so vžigna temperatura in temperatura tlenja,

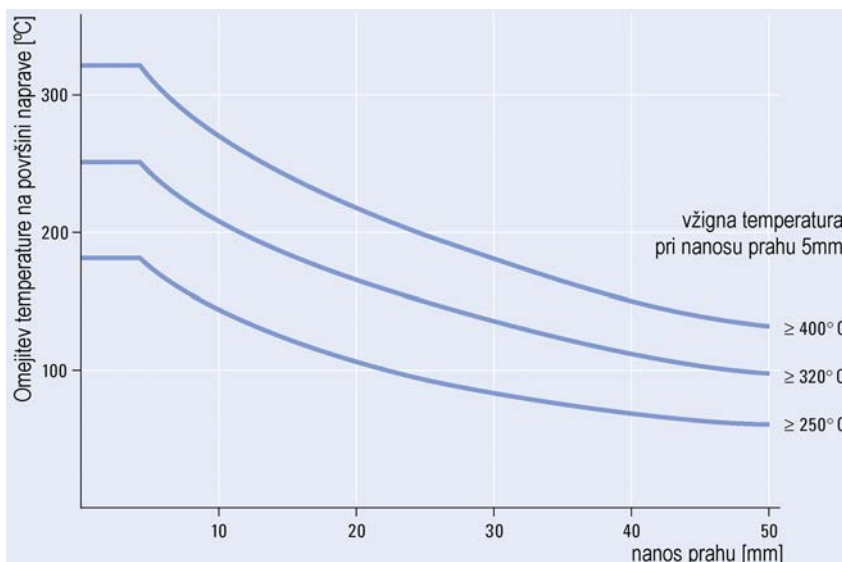
3. določimo največje dovoljene temperature na površini naprave (upošteva se nižji pogoj):

- v primeru oblaka gorljivega prahu: $T_{max1} = 2/3 T_{vžig}$
- v primeru nasutega prahu debeline nad 5 mm: $T_{max2} = T_{tli} - 75K$

Pri večjem nanosu prahu obstajajo posebne krivulje, ki določajo dodatne omejitve pri uporabi električnih naprav.

ZAHTEV ZA ELEKTRIČNE NAPRAVE

Električne naprave sicer ne sodijo med najpogostejši vir vzrokov za nastanek eksplozije v prašnem Ex okolju, vendar je njihova uporaba kljub vsemu zakonsko predpisana. V prejšnjih letih so za prašno Ex okolje veljali enaki pogoji kot za plinsko, saj razlike med njima niso bile dovolj znane oz. raziskane. Šele z uveljavitvijo nove evropske direktive je prišlo med njima do jasnega razločevanja. Za začetek najprej pogledimo, kakšne zahteve za določeno kategorijo naprav določa nova zakonodaja 94/9/ES za električne naprave v industrijskem okolju (citiranje direktive ATEX 100a



Omejitve temperature na površini električnih naprav

oz. ATEX 95 - PRILOGA II: BISTVENE ZDRAVSTVENE IN VARNOSTNE ZAHTEVE V ZVEZI Z NAČRTOVANJEM IN IZDELAVO OPREME IN ZAŠČITNIH SISTEMOV, NAMENJENIH UPORABI V POTENCIALNO EKSPLOZIVNIH ATMOSFERAH):

2.1 Zahteve, ki se uporabljajo za opremo v kategoriji 1 skupine opreme II

2.1.2 Eksplozivne atmosfere, ki jih povzročajo mešanice zraka/prahu

2.1.2.1 Oprema mora biti načrtovana in izdelana tako, da vžiga mešanice zraka /prahu ni niti v primeru redkih naključnih dogodkov v zvezi z opremo. Opremljena mora biti z zaščitnimi sredstvi, tako da:

- pri okvari enega od zaščitnih sredstev vsaj neodvisno drugo sredstvo daje zadostno raven zaščite ali
- da je zagotovljena zadostna raven zaščite pri dveh napakah, do katerih pride neodvisno druga od druge.

2.1.2.2 Po potrebi mora biti oprema načrtovana tako, da lahko prah vstopa vanjo ali uhaja iz nje samo na izrecno določenih mestih.

To zahtevo morajo izpolnjevati tudi vhodi za kable in priključni deli.

2.1.2.3 Temperatura površine delov opreme mora biti znatno pod vnetiščem predvidljivih mešanic zraka in prahu, da se prepreči vžig prašnih usedlin.

2.1.2.4 Kar zadeva varno odpiranje delov opreme, se uporablja zahteva iz 2.1.1.3. (Oprema mora biti načrtovana tako, da je mogoče odpreti njene dele, ki so lahko viri vžiga, le v stanju neaktivnosti oziroma v varnih razmerah. Če je ni mogoče deaktivirati, mora proizvajalec na njen odpiralni del pritrditi opozorilno oznako.)

2.2 Zahteve za kategorijo 2 skupine opreme II

2.2.2 Eksplozivne atmosfere, ki jih povzročajo mešanice zraka/prahu

2.2.2.1 Oprema mora biti načrtovana in izdelana tako, da prepreči pojav vžiga mešanice zraka/prahu tudi pri pogosto pojavljajočih se motnjah ali napakah v delovanju opreme, ki jih je treba običajno upoštevati.

2.2.2.2 Kar zadeva površinsko temperaturo, se uporablja zahteva iz 2.1.2.3 (Temperatura površine delov opreme mora biti znatno pod vnetiščem predvidljivih mešanic zraka in prahu, da se prepreči vžig prašnih usedlin).

2.2.2.3 Kar zadeva zaščito pred prahom, se uporablja zahteva iz 2.1.2.2 (Po potrebi mora biti oprema načrtovana tako, da

lahko prah vstopa vanjo ali uhaja iz nje samo na izrecno določenih mestih).

2.2.2.4 Kar zadeva varno odpiranje delov opreme, se uporablja zahteva iz 2.2.1.3 (Oprema mora biti načrtovana tako, da je mogoče odpreti dele opreme, ki so lahko viri vžiga, le v stanju neaktivnosti oziroma prek ustreznih zapornih sistemov. Če opreme ni mogoče deaktivirati, mora proizvajalec na njen odpiralni del pritrditi opozorilno oznako).

2.3 Zahteve, ki se uporabljajo za opremo v kategoriji 3 skupine opreme II

2.3.2 Eksplozivne atmosfere, ki jih povzročajo mešanice zraka/prahu

2.3.2.1 Oprema mora biti načrtovana in izdelana tako, da se mešanice zraka/prahu ne morejo vžgati ob predvidljivih virih vžiga, ki se lahko pojavijo med normalnim delovanjem.

2.3.2.2 Kar zadeva površinsko temperaturo, se uporablja zahteva iz 2.1.2.3 (Temperatura površine delov opreme mora biti znatno pod vnetiščem predvidljivih mešanic zraka in prahu, da se prepreči vžig prašnih usedlin).

2.3.2.3 Oprema, vključno s kabelskimi vhodi in priključnimi deli, mora biti izdelana tako, da ob upoštevanju velikosti delcev prah ne more tvoriti eksplozivnih mešanic z zrakom niti se nevarno kopičiti v notranjosti opreme.

VRSTE PROTIEKSPLOZIJSKE ZAŠČITE V PRAŠNEM EX OKOLJU

Poglejmo še, katere vrste protiekspluzijske zaščite električnih naprav v prašnem Ex okolju predvidevajo standardi s tega področja:

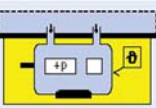
Vrsta zaščite »tD«

Ustrezna mehanska zaščita predstavlja v evropskem prostoru osnovni princip za zagotavljanje ustrezne protiekspluzijske zaščite električnih naprav v prašnem Ex okolju. Za to vrsto zaščite obstaja evropski standard **EN 50281-1-1**, ki se ukvarja predvsem z ohišji električnih naprav. Razlikuje med dvema stopnjama zaščite:

- prašnotesno tesnjenje – zaščita pred vdorom prahu: za uporabo naprav v conah 20 in 21 (tudi 22 v primeru električno prevodnega prahu),
- zaščita pred nanosom prahu: za uporabo naprav v coni 22 (pri električno neprevodnem prahu).

Zaradi tega sta bistveni sestavini te vrste protiekspluzijske zaščite omejevanje temperature na površini električne naprave in zaščita pred vdorom prahu oz. njegovim nanosom na njeni površini. V praksi se je pokazalo, da ima določen vpliv tudi material, iz katerega je narejeno ohišje električne naprave, kjer so se kot ustrežni materiali pokazali kovine (jeklena pločevina, aluminij), steklo in umetne oz. plastične snovi. Ob izboru kovinskega ohišja moramo biti pozorni na njegove lastnosti pri nižjih temperaturah, kjer lahko kovine spremenijo določene lastnosti in že same po sebi predstavljajo določeno nevarnost (npr. pri vsebnosti magnezija v aluminiju nad 6 % se lahko pojavljajo iskre ob zmrzovanju pri višji relativni vlažnosti). Pri izboru plastičnih ohišij pa moramo biti pozorni predvsem na njihovo obstojnost pri višjih temperaturah.

Vsako ohišje je praviloma sestavljeno iz osnovnega dela in pokrova. Med nji-

Oznaka	Princip	Vrsta zaščite	IEC standard /aktualno stanje/	IEC standard /predvideno/
tD		Mehanska IP zaščita ohišja in omejitev temperature	IEC 61241-1-1	IEC 61241-0 IEC 61241-1
pD		Zaščita z nadtlakom	IEC 61241-4 (2001-03)	IEC 61241-2
iD		Lastna varnost	31H/171/CDV	IEC 61241-11
mD		Zalivanje z zalivno maso	31H/153/CDV	IEC 61241-18

Vrste zaščite električnih naprav v eksplozijsko ogroženem prašnem okolju

ma je zračna reža, ki jo zavarujemo z ustreznim tesnilom, Zato so tudi tesnila in material, iz katerega so izdelana, eden bistvenih elementov pri tej vrsti protieksplzijske zaščite.

Kabelski uvodi so lahko izvedeni preko klasičnih uvodnic v protieksplzijski zaščiti Ex e /povečana varnost/, ob čemer moramo biti pozorni na mehansko zaščito teh elementov. Za naprave kategorije 1D in 2D je namreč predpisana mehanska zaščita IP 6X, torej IP 54 ne zadošča več.

Pozorni moramo biti tudi na morebitno iskenje zaradi izenačevanja potencialov med ohišjem naprave in ozemljitvijo. Tega problema ne srečujemo pri ohišjih iz umetnih mas, so pa pogosti pri uporabi kovinskih materialov. Toda tudi pri plastičnih ohišjih so vijaki in spojni elementi običajno kovinski, kar prav tako lahko predstavlja potencialno nevarnost.

Prav zaradi tega obseg preizkusov in testiranj za določene električne naprave obsega tudi elemente, ki jih pri uporabi v plinskem Ex okolju ne srečujemo oz. ne potrebujemo. Zato lahko ob podrobnejši primerjavi med plinskim in prašnim Ex okoljem dejansko ugotovimo razlike, ki povsem upravičeno pogojujejo povsem lastni pristop tako na ravni zakonodaje kot praktične uporabe pri protieksplzijski zaščiti za določeno vrsto okolja.

Vrsta zaščite »pD«

Zaščita električnih naprav z nadtlakom je primerna pri večjih stikalnih blokih oz. omarah, uporaba te vrste protieksplziji-

ske zaščite pa je dovoljena le v conah ogroženosti 21 in 22 (ne pa v 20), kjer je potrebno pred vzpostavitvijo te vrste zaščite notranjost stikalnega bloka primer- no očistiti (morebitni nanos prahu med stanjem mirovanja bi pri pretoku zraka ob zagonu lahko že sam po sebi pomenil grožnjo za nastanek eksplozije).

Zaradi tega so predvideni določeni ukrepi (predvsem čiščenje notranjosti) tudi med morebitnim izpadom naprave oz. izgubi nadtlaka v njeni notranjosti.

Vrsta zaščite »iD«

Protieksplzijska zaščita »lastna varnost« ustreza standardu IEC 60079-11 (enako kot pri plinskem Ex okolju), kjer so določene tudi omejitve lastnovarnih tokokrogov:

- električni tokokrogi morajo ustrezati skupini II B, s čimer se izognemo morebitnim pojavom virov vžiga kot so npr. iskre,
- običajna zahteva po mehanski zaščiti je IP 6X (ali pa zalito z umetno maso), tako da prah ne more ogroziti povezav ali kritično zmanjšati razdalje preskoka med posameznimi potenciali,
- dodatna omejitev moči za vse elemente v lastnovarnem tokokrogu, ki ne morejo biti dodatno varovani (npr. sonde),
- dodatna omejitev temperature na površini naprav, katerih moč presega omejitev po standardu IEC 61241-0.

Potrebno je vedeti, da standardizacija na področju lastne varnosti v prašnem Ex okolju še ni zadovoljivo urejena, tako

da lahko v naslednjih letih pričakujemo še nove predpise s tega področja.

Vrsta zaščite »mD«

Protieksplzijska zaščita »zalivanje z umetno maso« skladno z IEC 61241-18 ustreza podobni zaščiti v plinskem Ex okolju, vendar se pripravljajo dodatne smernice, ki bodo v naslednjih letih bolj jasno opredelile način njene uporabe.

ZAKLJUČEK

Protieksplzijska zaščita v prašnem eksplozijsko ogroženem okolju šele pridobiva veljavo, tako da se usmeritve in standardi na tem področju šele razvijajo. Upamo lahko, da bodo nova določila na osnovi zakonodaje in standardov kljub vsemu kmalu pripravljena, tako da bo področje zadovoljivo urejeno. Zaradi tega bomo tudi pri nas spremljali novosti na področju tehnične zakonodaje in o vseh merodajnih spremembah pripravili tudi ustrezne informacije. Prepričani smo, da na ta način pomagamo vsem, ki se s tem področjem ukvarjajo oz. pri svojem delu srečujejo prašno eksplozijsko ogroženo okolje.

LITERATURA

- publikacija Stahl: Dust explosion protection-
- publikacija Pepperl+Fuchs: Manual Explosion Protection
- zakonodaja EU (ATEX 100 oz. ATEX 95 in ATEX 118a oz. 137)
- Pravilnik o protieksplzijski zaščiti (Uradni list RS, št. 102/00 in 91/02)

Novo na ZVD

Novo na ZVD

Novo na ZVD

Svetovanje s področja delovnega prava in socialne varnosti

- Izdelava različnih pravilnikov in pogodb o zaposlitvi
- Predhodni izračuni upokojitvenih pogojev
- Priprava predloga izbire najugodnejše variante za upokojitve delavca
- Izračun dokupa zavarovalne dobe za različne primere
- Svetovanje v zvezi z varstvom invalidov (predvsem odpuščanje invalidov) in
- Svetovanje v zvezi s kvotnim sistemom

Kontaktna oseba:

Nina Kos, E nina.kos@zvd.si, T 01 585 51 18, M 041 360 052