

ДИСПЕРЗИЈА ХЕМИЈСКИХ СРЕДСТАВА У ПОЛИЦИЈСКОЈ ПРАКСИ СУЗБИЈАЊА ГРАЂАНСКИХ НЕРЕДА

Оригинални научни рад

DOI: 10.5937/zurbezkrim2201033S

УДК 351.814.1:351.74/.76

Дане Субошић¹
Стево Јаћимовски
Горан Јованов
Криминалистичко-полицијски универзитет, Београд

Апстракт: Циљ истраживања је одређивање просторне и временске концентрације хемијских средстава (*конкретно – ортохлорбензилиденмалонитрил – corson & stought (CS)*) у полицијској пракси сузбијања грађанских нереда, у зависности од метеоролошких услова и доба дана. Истраживање је реализовано коришћењем Гаусове методе дисперзије аерополутаната. Резултатима истраживања, дошло се до закључака о даљинама (у метрима) и трајању (у секундама) употребе хемијских средстава у повољним, средњим и неповољним метеоролошким условима, као и условима одређеним добом дана, како у урбаној тако и у руралној средини. На основу тих закључака дошло се до препорука за руковођење и тактику ангажовања полицијских јединица у ситуацијама у којима долази до употребе хемијских средстава. Осим тога, идентификоване су и препоруке за будућа истраживања у овој области.

Кључне ријечи: хемијска средства, услови, простор, време, концентрација, онеспособљавање

УВОД

Поред законитости, употреба хемијских средстава² у полицијској пракси сузбијања грађанских нереда³ захтева и ефикасност, схваћену као однос

¹ Аутор за кореспонденцију: др Дане Субошић је редовни професор на Криминалистичко-полицијском универзитету у Београду. Имејл: subosicdane@yahoo.com.

² Хемијска средства представљају средства чијим се отровним деловањем изазива прекид активности лица против којих се користе, без њиховог пристанка на то. Наведени ефекат постиже се одговарајућим концентрацијама хемијске материје, којима се изазива надражај слузнице очију, носа и душника, остатка респираторног система, дигестивног тракта и коже, чиме привремено онеспособљавају захваћену особу. Први знаци тровања су пецкања и бол у очима, сузење, кашаљ итд. При већим концентрацијама долази до привременог заслепљивања, појачаног лучења пљувачке, отежаног дисања, бола у грудима и на кожи. При још већим концентрацијама долази до муке, повраћања, грчева итд. Незаштићено људство које је изложено дејству ових отрова готово тренутно постаје онеспособљено, а такво стање траје нешто дуже од изложености његовом деловању, што износи од 10 до 20 минута (Субошић, 2005: 50-51).

³ Стање грађанских нереда, као и стање унутрашњих *немира, нереда и заштитних осигурања*, посебно

ефективности (максимизација ефеката) и економичности (што мањом количином употребљених средстава). Да би то било могуће, потребно је уважити све факторе употребе хемијских средстава. У те факторе спадају: противник (у овом моделу, претпостављене просечне висине лица - очију, носа и уста од 1,7 m), сопствене снаге (разматране кроз средства принуде која се користе, у разматраном случају то је хемијска материја *ортохлорбензилиденмалононирил*, познатија као *corson & stought (CS)*)⁴ емитована из једне активираних ручне бомбе М1, произвођача *Trayal korporacija*, <https://trayal.rs/eksplozivni-pirotehnicka-sredstva/pirotehnicka-neubojna-sredstva/iritirajuca-sredstva/> (18. 11. 2021), која формира контаминат у виду облака по окончању емисије хемијске материје (видите техничке карактеристике бомбе М1 у табели 2), простор (отворени, у урбаној и руралној средини)⁵ и временски услови (метеоролошке прилике и доба дана, што је одређено табелом у оквиру првог поднаслова рада).

С тим у вези, постоје скромна упутства везана за употребу хемијских средстава у полицијској пракси сузбијања грађанских нередa. Највише правила односи се на коришћење ветра ради преноса хемијске материје до противника, у сврху његове контаминације и онеспособљавања за предузимање противправних активности. На пример, ветар утиче на примену хемијских средстава смером и брзином. Смер ветра може бити фронтални, леђни, бочни и коси. У односу на смер ветра, одређује се место са кога ће се емитовати хемијска материја (на пример, ако ветар дува у смеру од полиције ка противнику, линија развоја хемијске материје налази се испред кордона полиције⁶). Поред тога, према тим (скромним) правилима, брзина ветра утиче на димензије димног таласа. Дужина димног таласа израчунава се формулом:

$$D (m) = v (m/s) \times 60 s \quad (1)$$

где је:

- $D (m)$ – дужина димног таласа у метрима,
- $v (m/s)$ – брзина ветра у метрима по секунди.

карактеришу акти насиља неуобичајених размера које обично прати осећај некажњивости учесника који тим насиљем или на други начин једновремено чине већи броја прекршаја и/или кривичних дела (Стевановић, 2019: 35).

4 Да хемијска материја ознаке CS заузима значајно место у наоружању и опреми противтерористичких јединица сведочи податак да их је 1995. године 78% таквих јединица америчке полиције имало у својој материјалној формацији (Kraska & Gaines, 1998: 23).

5 Рељефни облици утичу на простирање димног таласа земљишним неравнинама, шумама и објектима. Земљишне неравнине, димни талас прати у смеру ветра праћењем конфигурације. Шуме утичу на кретање димног таласа његовим задржавањем, одржавањем концентрације хемијске материје, чиме контаминација траје веома дуго. У насељима, димни талас се креће онако како га каналишу грађевински објекти, попут зграда и улица, чему треба додати знатан утицај паркова, подземних пролаза итд. (Лазаревић, 2001: 32–34).

6 Под кордоном се подразумева интервентни строј полиције.

Према наведеној формули, ако је брзина ветра 5 m/s, дужина димног таласа је 300 метара. При томе, сматра се да није сврсисходно емитовање хемијске материје при брзинама ветра које су једнаке или веће од 10 m/s (Лазаревић, 2001: 28-29).⁷ С тим у вези, постављају се питања: 1) које концентрације контамината се остварују на појединим даљинама, посебно на којим даљинама се стварају онеспособљавајуће концентрације и до којих даљина трају (од – до у m) и 2) за које време се стварају и колико трају онеспособљавајуће концентрације контамината (од – до у s)?⁸ Овај рад је посвећен одређивању просторне и временске концентрације хемијских средстава у полицијској пракси сузбијања грађанских нереда, у зависности од метеоролошких услова и доба дана. Сазнања до којих се дошло, значајна су за руковођење и тактику ангажовања полиције (безбедносних снага уопште) поводом и током њеног ангажовања на наведеним задацима.

ХЕМИЈСКА МАТЕРИЈА ОРТОХЛОРБЕНЗИЛИДЕНМАЛОНОНИТРИЛ (CORSON & STOUGHT – CS)

Развој надражљиваца текао је у правцу њиховог међусобног обједињавања. Тако су настала комбинована средства којима су истовремено постигнута дејства сузаваца и кијаваца.⁹ Типичан представник таквих средстава је CS. Синтетизован је 1928. године, а енглеска полиција га је прва употребила у сузбијању демонстрација у Северној Ирској, док га британска војска примењује од 1958. године (Група аутора, 1980: 211, 221; Бокоњић, 1985: 88). Иако наведене хемијске материје чине суштину надражљиваца, њихова употреба није могућа без средстава примене и средстава за лансирање. Како наводи Иван Лазаревић: „Хемијска средства за привремено онеспособљавање својим обимом обухвата: (1) хемијске материје за привремено онеспособљавање, (2) средства примене и (3) средства за лансирање“ (Лазаревић, 2001: 3). Масовна примена овога средства последица је његове постојаности у условима влажности и других метеоролошких непогодности. Употребом хемијске материје CS у одговарајућој концентрацији могу се предвидети четири врсте ефеката и то:

7 Ширина димног таласа одређује се у зависности од његове дужине (која зависи од брзине ветра) и може се са задовољавајућом тачношћу одредити применом правила 1/5, које гласи: „Ширина димног таласа је 1/5 дужине при тренутној брзини ветра у правцу дувања“ (Лазаревић, 2001: 29).

8 Ширине и висине контамината у зависности од услова његовог емитовања неће се проблематизовати овим радом.

9 Једно од најстаријих несмртоносних оружја је надражљивац сузавачког дејства хлорацетофенон који је откривен 1871. или 1874. године, а користи се и у савременој безбедносној пракси (Војводић, 1981: 276). Употреба наведеног сузавца познатијег као CN, први пут је евидентирана 1912. године у Паризу, приликом сузбијања грађанских нереда. Због успеха који је том приликом настао, пре свега због изненађења, почео се примењивати и у војсци (Лазаревић, 1997: 51).

- *праг иритације*: представља минималну концентрацију (количину у јединици запремине) хемијске материје у ваздуху, која условљава појаву знакова контаминације,
- *граница толеранције*: представља највећу концентрацију хемијске материје која се може толерисати код контаминираних са израженим знацима контаминације,
- *непоодношљива концентрација*: представља концентрацију хемијске материје која проузрокује ефикасно *онеспособљавање* у кратком временском интервалу (најчешће до минут),
- *смртна концентрација*: представља концентрацију хемијске материје која у року од минута проузрокује смртне последице код контаминираних (Лазаревић, 2001: 8).

Дефинисане концентрације хемијске материје приказане су наредном табелом.

Табела 1: Ефекти и употребе хемијске материје у одговарајућој концентрацији (Лазаревић, 2001: 8)

Хемијска материја	Праг иритације (mg/m ³)	Граница толеранције (mg/m ³)	Непоодношљива концентрација (mg/m ³)	Смртна концентрација (mg/m ³)
CS	0,05–0,1	1–5	10–20	40000–75000

ХЕМИЈСКЕ РУЧНЕ БОМБЕ

Хемијске ручне бомбе су најчешће ваљкастог или лоптастог облика. Према начину дејства, хемијске бомбе могу бити експлозивног или термогенераторског типа (у овом случају разматрају се овакве бомбе). Термогенераторске бомбе најчешће се израђују од чврсте пластике или метала, а осим упаљача садрже и пиротехничку смешу са хемијском материјом. Поред тога, хемијска материја истоимених бомби може се комбиновати са експлозивним материјама „шок” бомби, чиме се добијају комбиноване бомбе за привремено онеспособљавање. Због сопственог упаљача, хемијске ручне бомбе могуће је користити на више начина, с тим да се у овом случају разматра њихово активирање бацањем из руке.

Табела 2: Техничке карактеристике ручне хемијске бомбе (<https://trajal.rs/eksplozivi-i-pirotehnicka-sredstva/pirotehnicka-neubojna-sredstva/iritirajuca-sredstva/> (18. 11. 2021))

Ручна хемијска бомба		Ручна бомба М1, CS
Опис	РБ М1 је пиротехничко средство намењено за привремено онеспособљавање незаштићеног људства на отвореном и у затвореном простору, за извршавање сложених задатака војске и полиције у борби против убачених терористичко-диверзантских група, у претресању простора и објеката, у окруживању и блокирању, при дејству из заседе, ради сузбијања масовних нереда, отпора и побуна и у свим класичним облицима борбених дејстава.	
Начин примене	РБ-М1 спада у средства за стварање отровно-димног таласа. Тело бомбе је од челичног лима, цилиндричног облика. При дејству на циљ ствара контаминирану атмосферу изазивајући привремено онеспособљавање незаштићеног људства. Код незаштићеног људства се јавља јак надражај, пецкање очију и слузокоже, јако сузење, немогућност гледања, кашаљ, отежано дисање и гушење, чиме се код изложеног људства битно умањују физичке и психичке активности.	
Техничке карактеристике	Активно пуњење	CS
	Маса активне материје	70 g
	Маса пиротехничке смеше	240 g
	Време емисије дима	30-40 s

ВРЕМЕНСКИ УСЛОВИ (МЕТЕОРОЛОШКЕ ПРИЛИКЕ И ДОБА ДАНА) УПОТРЕБЕ ХЕМИЈСКИХ СРЕДСТАВА У ПОЛИЦИЈСКОЈ ПРАКСИ СУЗБИЈАЊА ГРАЂАНСКИХ НЕРЕДА

Временски услови: 1) брзина (m/s) и 2) карактер ветра, 3) вертикална стабилност ваздуха, 4) температура ваздуха и облачност, 5) доба дана, 6) влажност, 7) притисак и 8) падавине, представљају кључне променљиве значајне за ефикасну употребу хемијских средстава. За сваку временску променљиву, могућа су три стања њеног испољавања: повољни, средњи и неповољни услови. С тим у вези, наводи се наредна табела.

Табела 3: Временски услови ујошребе хемијских средстава

ЕЛЕМЕНТИ	ПОВОЉНИ	СРЕДЊИ	НЕПОВОЉНИ
БРЗИНА ВЕТРА (m/s)	2–5	6–8	Мање од 2 и више од 8
КАРАКТЕР ВЕТРА	Сталан по правцу и брзини у правцу противника		Нестабилан, рафални или у правцу ка полицији, односно онда када нема ветра
ВЕРТИКАЛНА СТАБИЛНОСТ ВАЗДУХА	Инверзија	Изотермија	Конвексија
ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА И ОБЛАЧНОСТ	Хладно, облачно (ниски облаци)	Висока облачност	Сунчано, вруће, јако суво време
ДОБА ДАНА	Рани јутарњи, касни вечерњи сати	Касни јутарњи и рани поподневни сати	Око поднева
ВЛАЖНОСТ	Висока	Средња	Ниска (суво)
ПРИТИСАК	Висок	Нормалан	Низак
ПАДАВИНЕ	Без падавина	Непосредно после	Падавине у току

МЕТОДОЛОГИЈА

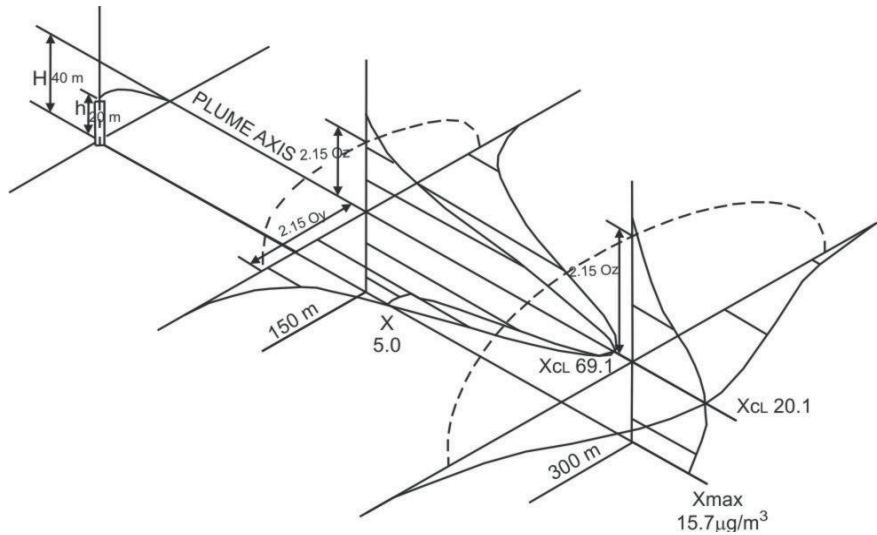
Прорачун концентрације аерополутаната (загађивача, примеса) израчунава се коришћењем математичких модела. Највише су у употреби детерминистички модели који се деле на Лагранжове, Ојлерове и Гаусове. У овом раду ће се користити Гаусов модел, јер је најједноставнији. Иако је релативно једноставан, он даје приближно добре резултате блиске експериментално мереним вредностима концентрација. Ради тога, Гаусов модел се често имплементира у софтверске пакете који су данас у употреби, а користе се за предвиђања ширења аерополутаната. Гаусов модел је полуемпиријски, јер у себи садржи параметре који се емпиријски одређују. Основна једначина Гаусовог модела је:

$$C_y(x, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_x(x) \sigma_z(x)} \exp\left(-\frac{(x-ut)^2}{2\sigma_x^2(x)}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2(x)}\right] \right\} \quad (2)$$

$$u_z = u_{10} \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (3)$$

Овде је $C_y(x, z)$ концентрација примеса дуж x - z равни, u_z брзина ветра на висини z , t време које прође од емитовања примеса из извора до тренутка

када се мери концентрација, u_{10} брзина на 10 m висине која се стандардно мери, p – параметар који зависи од стабилности атмосфере; $S_z(x)$ и $S_x(x)$ су коефицијенти дисперзије примеса по z - x оси, H је висина на којој се налази извор, Q је интензитет зрачења извора $Q[g/s]$ (Јаџићовски et al, 2017). Графички приказ расподеле полутаната према Гаусовом моделу дата је наредном сликом.



Слика 1: Пример расподела полутаната према Гаусовом моделу

Вредности експонента p према класама стабилности атмосфере и према условима терена (урбани или рурални) дати су у табели 4.

Табела 4: Вредности експонената p према класама стабилности атмосфере

Класа стабилности	Рурална средина	Урбана средина
A	0,07	0,15
B	0,07	0,15
C	1	0,2
D	0,15	0,25
E	0,35	0,3
F	0,55	0,3

Коефицијенти дисперзије примеса се према методологији Брукхејвн (Brookhaven) лабораторије (Hanna, Briggs, Hosker, 1982) одређују на следећи начин:

$$\sigma_x = \alpha x^\beta; \quad \sigma_z = \gamma x^\delta \quad (4)$$

Коефицијенти α , β , γ и δ зависе од стабилности атмосфере и одређују се из следеће табеле.

Табела 5: Табела стабилности атмосфере

		α	β	γ	δ
ВРЛО НЕСТАБИЛНА	A	0,527	0,865	0,28	0,90
НЕСТАБИЛНА	B	0,371	0,866	0,23	0,85
СЛАБО НЕСТАБИЛНА	C	0,209	0,897	0,22	0,80
		α	β	γ	δ
НЕУТРАЛНА	D	0,128	0,905	0,20	0,76
СТАБИЛНА	E	0,098	0,902	0,15	0,73
ВРЛО СТАБИЛНА	F	0,065	0,902	0,12	0,67

Према условима из табеле 3 и табеле 5 под повољним условима подразумевамо класу стабилности атмосфере В, под средњим условима подразумевамо класу стабилности D, а под неповољним условима класу стабилности С.

Табела 6: Усвојене вредности параметара за одређивање концентрације сузавца према једначини (2)

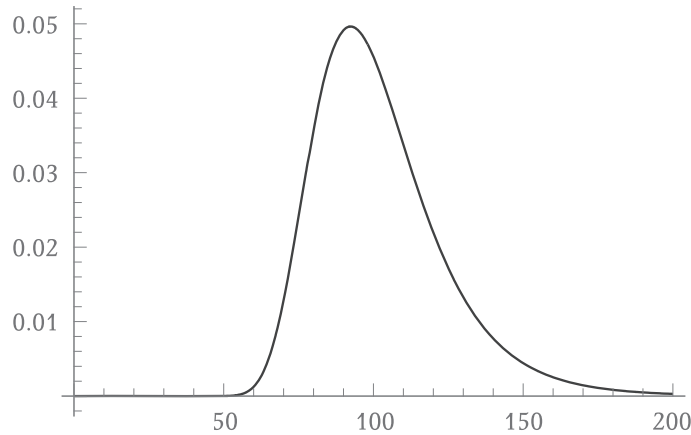
МЕТЕО УСЛОВИ	ПРОСТОР	Брзине [m/s]		КЛАСЕ	Q[g/s]	z[m]	t[s]	H[m]
Повољни	Урбани	$u_z=6,02$	$u_z=1,64$	B	55	1,8	60	0
	Рурални	$u_{10}=2,2$	$u_z=1,95$					
Средњи	Урбани	$u_{10}=6,5$	$u_z=4,61$	D	55	1,8	20	0
	Рурални	$u_{10}=6,5$	$u_z=6,02$					
Неповољни	Урбани	$u_{10}=1,8$	$u_z=1,28$	C	55	1,8	60	0
	Рурални	$u_{10}=1,8$	$u_z=1,52$					

Код рачунања концентрације примеса (сузавца) полазимо од следећих премиса. Усвајамо да се извор на површину земље тј. да је $H = 0$ m. За интензитет извора усвајамо да износи 55 [g/s], а за висину на којој меримо концентрацију сузавца узимамо да износи $z = 170$ cm (претпостављена просечна висина лица човека). Према условима атмосфере у којима се догађај реализује, одређујемо одговарајућу брзину ветра на стандардној висини од $z = 10$ m и израчунавамо брзину ветра на висини $z = 170$ cm. Такође, разматра се и да ли се догађај који анализирамо одвија у урбаним или руралним условима. Услови атмосфере одређују и коефицијенте дисперзије према Брукхејвн (*Brookhaven*) методологији. За овако усвојене параметре остаје само да се одреди и време за које се догађај одвија. Стандардно време за које се догађај посматра износи $t = 60$ s. Ово важи за повољне и неповољне временске услове. За средње временске услове, због велике брзине ветра време анализирања догађаја се узима да износи $t = 20$ s.

РЕЗУЛТАТИ

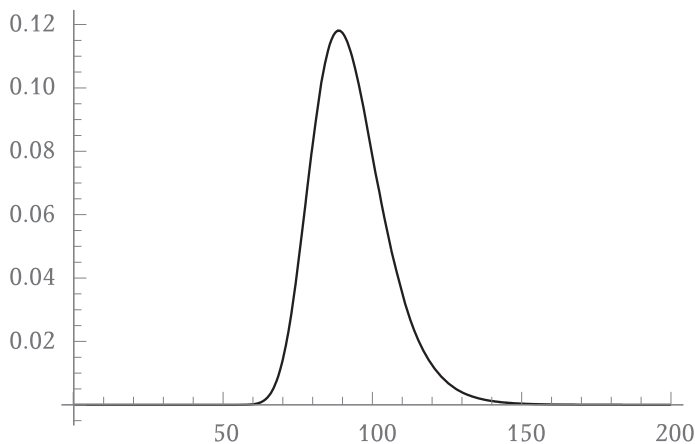
Концентрација сузавца у $C[g/m^3]$ за повољне и неповољне услове у урбаној средини

Према вредностима параметара из табеле 6, имамо графике у којима је хоризонтална оса растојање x од извора у метрима, а вертикална оса је концентрација сузавца у $C[g/m^3]$. Сматрамо да се догађај одвија у урбаној средини при повољним временским условима. Време ширења сузавца је $t = 60$ s, а брзина $u = 1,64$ m/s. Имајући то у виду, наводе се следећи график на слици 2.



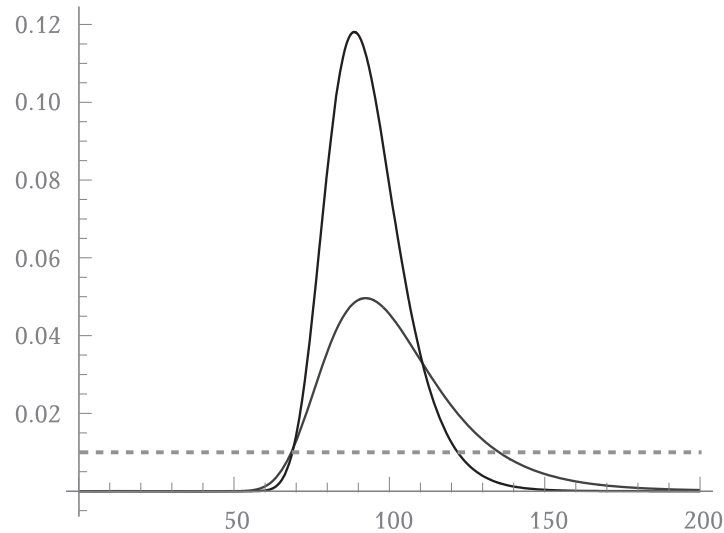
Слика 2: Концентрација сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне услове у урбаној средини

За урбану средину и неповољне временске услове сматрамо да је брзина ветра $u = 1,28$ m/s и време за које се сузавец шири износи $t = 60$ s. График је дат на слици 3.



Слика 3: Концентрација сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за неповољне услове у урбаној средини

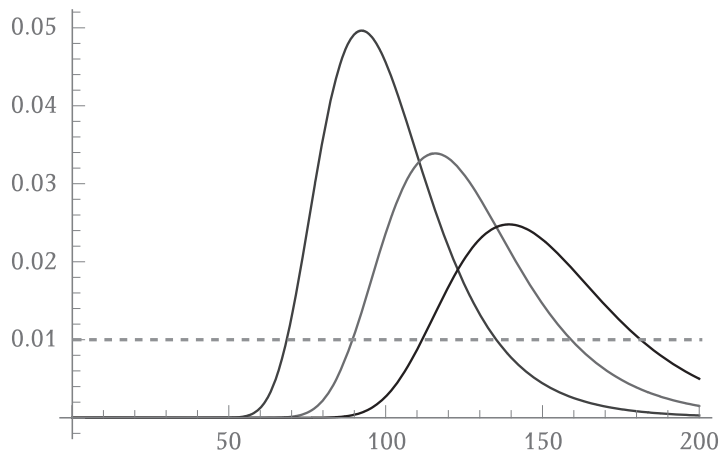
Поређећи у урбаној средини концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне и неповољне услове у урбаној средини добија се следећи график (слика 4).



Слика 4: Поређење концентрација сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне и неповољне услове у урбаној средини

Црна боја – повољни услови, плава боја – неповољни услови. Испрекидана линија је граница неподношљиве концентрације (онеспособљавања услед контаминације). Област у којој је концентрација изнад границе онеспособљавања је $x_1 \in (68,45m - 135,28m)$ за повољне временске услове (што је распон од 66,83 m), а за неповољне временске услове ова област је $x_2 \in (56,48m - 106,73m)$, што је распон од 50,25 m. На слици 4 се види да је концентрација за неповољне временске услове израженија (има већи пик) и да је изнад границе онеспособљавања на мањем простору. Надаље, графички приказ ширења за различита времена је следећи.

За урбану средину и повољне услове у њој, дат је следећи графикон (слика 5), којим се пореде концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60$ s, $t_2=75$ s, $t_3=90$ s). Брзина ветра у сва три случаја износи $u = 1,64$ m/s.



Слика 5: Поређење концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60\text{ s}$, $t_2=75\text{ s}$, $t_3=90\text{ s}$) у урбаној средини за повољне услове

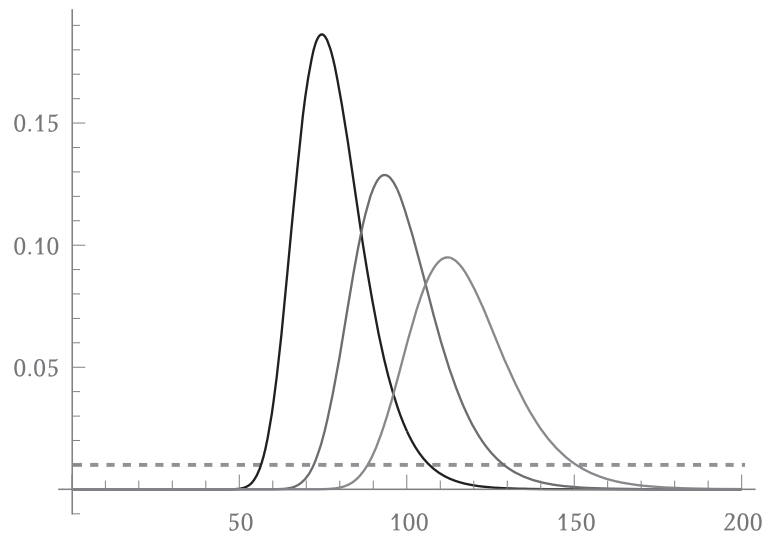
Плава боја $t_1=60\text{ s}$, црвена $t_2=75\text{ s}$, црна $t_3=90\text{ s}$. Испрекидана линија је граница неподношљиве концентрације (у даљем тексту: онеспособљавања). Области у којима је концентрација већа од границе онеспособљавања су респективно:

$x_1 \in (68,45\text{m} - 135,28\text{m})$, односно, распон од 66,83 m, $x_2 \in (89,41\text{m} - 159,14\text{m})$, односно распон од 69,73 m и $x_3 \in (111,65\text{m} - 181,32\text{m})$, односно распон од 69,67 m. Имајући у виду брзину ветра (1,64 m/s), времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у наведеним условима приказане су наредном табелом.

Табела 7: Времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у урбаној средини за повољне услове

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Урбана	Повољни услови 60 s	41,74	82,49	40,75
	Повољни услови 75 s	54,52	97,04	42,52
	Повољни услови 90 s	68,08	110,56	42,48

За урбану средину и неповољне услове у њој, дат је следећи графикон, којим се пореде концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60\text{ s}$, $t_2=75\text{ s}$, $t_3=90\text{ s}$). Брзина ветра у сва три случаја износи $u = 1,28\text{ m/s}$.



Слика 6: Поређење концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60\text{ s}$, $t_2=75\text{ s}$, $t_3=90\text{ s}$) у урбаној средини за неповољне услове

Црна боја $t_1=60\text{ s}$, црвена $t_2=75\text{ s}$, браон $t_3=90\text{ s}$. Испрекидана линија је граница онеспособљавања.

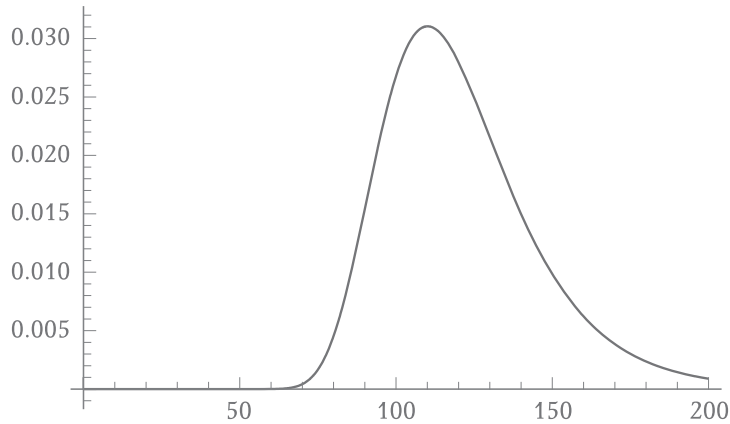
Области у којима је концентрација већа од границе онеспособљавања су респективно $x_1 \in (56,48\text{m} - 106,73\text{m})$, односно, распон од $50,25\text{m}$ $x_2 \in (72,20\text{m} - 129,00\text{m})$, односно распон од $56,80\text{m}$ и $x_3 \in (88,31\text{m} - 150,63\text{m})$, што је распон од $62,32\text{m}$. Примећује се да су концентрације израженије и да делују у области мањих димензија него у случају повољних временских услова. Имајући у виду брзину ветра ($1,28\text{ m/s}$), времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у наведеним условима приказане су наредном табелом.

Табела 8: Времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у урбаној средини за неповољне услове

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Урбана	Неповољни услови 60 s	44,13	83,38	39,26
	Неповољни услови 75 s	56,41	100,78	44,38
	Неповољни услови 90 s	68,99	117,68	48,69

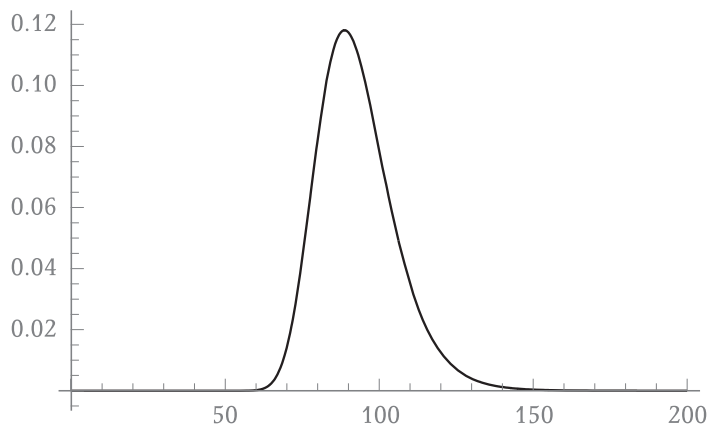
Концентрација сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ за повољне и неповољне услове у руралној средини

За руралну средину, концентрација сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне услове приказана је наредним графикомом. Време ширења сузавца је $t=60$ s а брзина ветра је $u = 1,95$ m/s.



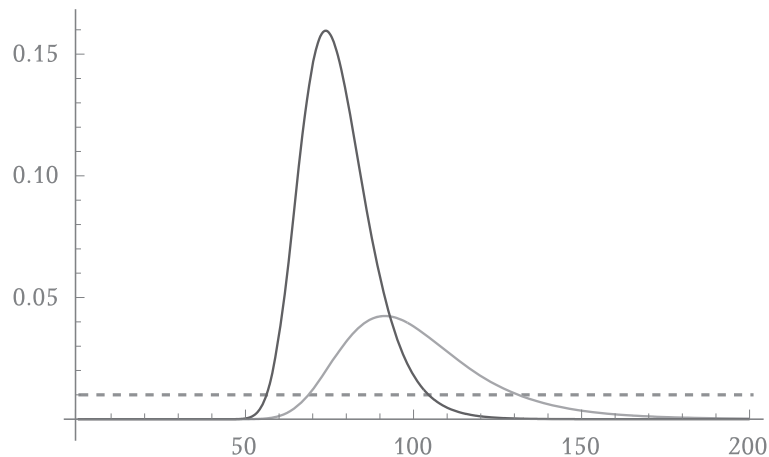
Слика 7: Концентрација сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне услове у руралној средини

За руралну средину, концентрација сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за неповољне услове приказана је наредним графикомом. Време ширења сузавца је $t=60$ s а брзина ветра је $u = 1,52$ m/s.



Слика 8: Концентрација сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за неповољне услове у руралној средини

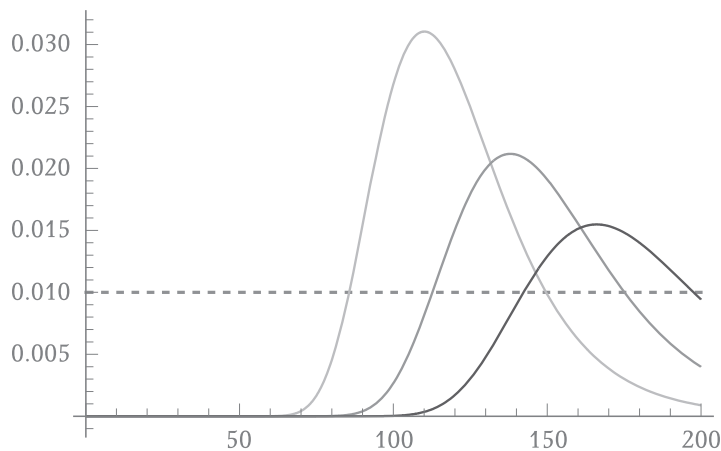
Поредећи концентрације сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне и неповољне услове у руралној средини добија се следећи график.



Слика 9: Поређење концентрација сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима за повољне и неповољне услове у руралној средини

Зелена боја је за повољне услове, а оранж боја је за неповољне услове. Испрекидана линија је граница онеспособљавања. Област у којој је концентрација изнад границе онеспособљавања је $x_1 \in (56,24m - 104,51m)$ за неповољне временске услове (распон од 48,27 m), а за повољне временске услове ова област је $x_2 \in (68,72m - 131,19m)$, што је распон од 62,32 m.

За руралну средину и повољне услове у њој, дат је следећи графикон (слика 10), којим се пореде концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60$ s, $t_2=75$ s, $t_3=90$ s). Брзина ветра је $u = 1,95$ m/s.



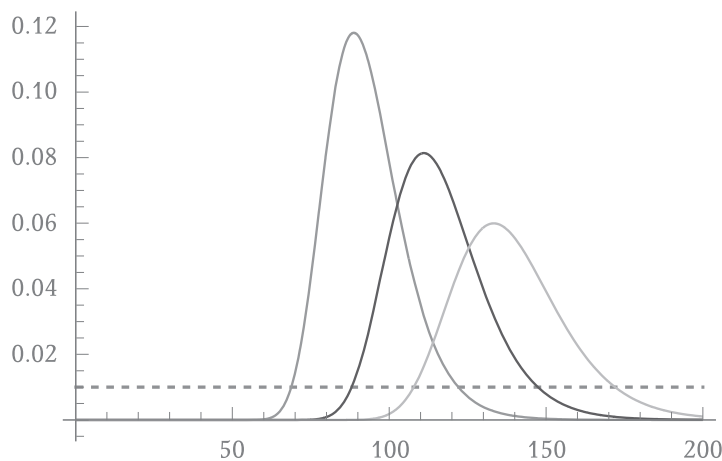
Слика 10: Поређење концентрације сузавца у $C[g/m^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60$ s, $t_2=75$ s, $t_3=90$ s) у руралној средини за повољне услове

Зелена боја $t_1=60$ s, браон $t_2=75$ s, црвена $t_3=90$ s. Испрекидана линија је граница онеспособљавања. Области у којима је концентрација већа од границе онеспособљавања су респективно $x_1 \in (68,72\text{m} - 131,19\text{m})$, што је распон од 62,47 m $x_2 \in (112,68\text{m} - 171,1\text{m})$, односно распон од 58.42 m и $x_3 \in (142,30\text{m} - 197,55\text{m})$, што је распон од 55,25 m. Имајући у виду брзину ветра (1,95 m/s), времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у наведеним условима приказане су наредном табелом.

Табела 9: Времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у руралној средини за повољне услове

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Рурална	Повољни услови 60 s	35,24	67,28	32,04
	Повољни услови 75 s	57,78	87,74	29,96
	Повољни услови 90 s	72,97	101,31	28,33

За руралну средину и неповољне услове у њој, дат је следећи графикон (слика 11), којим се пореде концентрације сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60$ s, $t_2=75$ s, $t_3=90$ s). Брзина ветра је $u = 1,52$ m/s.



Слика 11: Поређење концентрације сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ у зависности од растојања од извора контаминације у метрима и различитих времена трајања контаминације ($t_1=60$ s, $t_2=75$ s, $t_3=90$ s) у руралној средини за неповољне услове

Наранџаста боја $t_1=60$ s, љубичаста $t_2=75$ s, бледо зелена $t_3=90$ s. Испрекидана линија је граница онеспособљавања. Области у којима је концентрација

већа од границе онеспособљавања су респективно $x_1 \in (68,77\text{m} - 121,98\text{m})$, што је распон од 48,27 m, $x_2 \in (88,04\text{m} - 147,40\text{m})$, односно распон од 59,36 m и $x_3 \in (107,83\text{m} - 172,05\text{m})$, што је распон од 64,22 m. Имајући у виду брзину ветра (1,52 m/s), времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у наведеним условима приказане су наредном табелом.

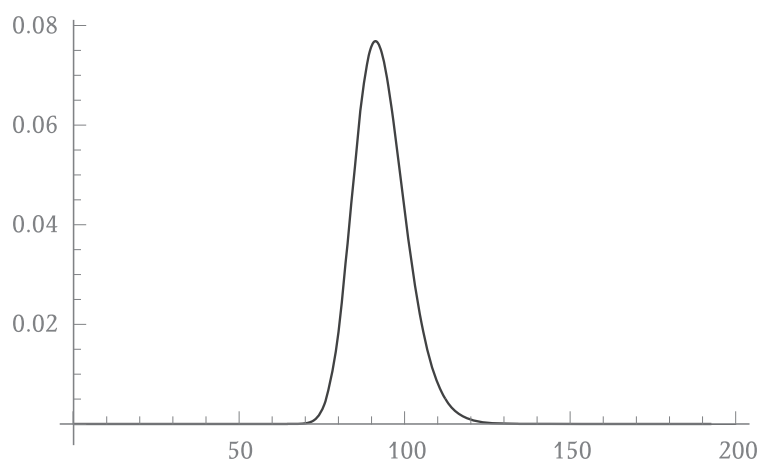
Табела 10: Времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у руралној средини за неповољне услове

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Рурална	Неповољни услови 60 s	37,00	68,76	31,76
	Неповољни услови 75 s	57,92	96,97	39,05
	Неповољни услови 90 s	70,94	113,19	42,25

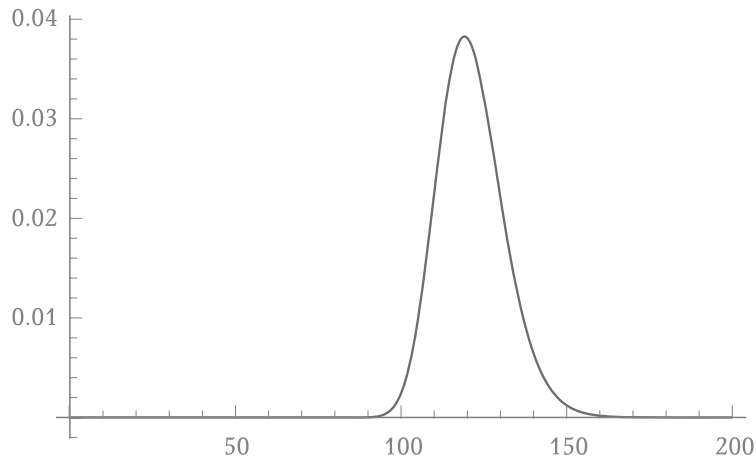
Концентрација сузавца у $C[\text{g}/\text{m}^3]$ за средње временске услове у урбаној и руралној средини

За средње временске услове узима се временски интервал од $t=20$ s због велике брзине ветра. За урбане средине брзина ветра је $u = 4,61$ m/s, а за руралне средине $u = 6,02$ m/s.

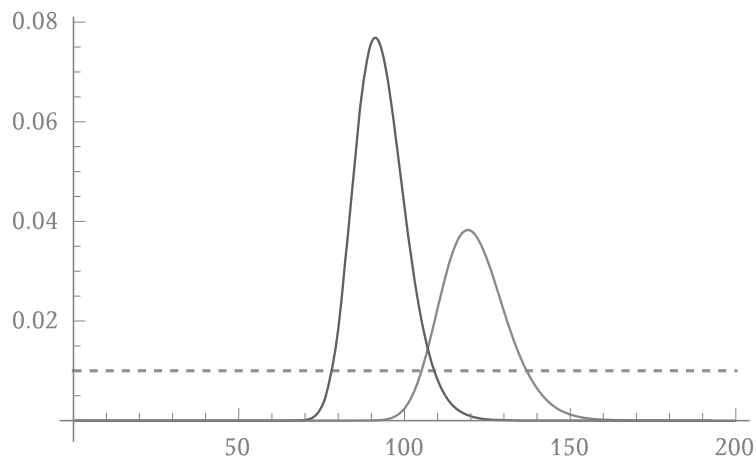
График расподеле концентрација сузавца за урбане средине дат је на слици 12, а за руралне средине на слици 13.



Слика 12: Расподела концентрација сузавца за средње временске услове у урбаној средини



Слика 13: Расподела концентрација сузавца за средње временске услове у руралној средини



Слика 14: Расподела концентрација сузавца за средње временске услове њлава боја – урбана средина, црвена боја – рурална средина

Области у којима је концентрација већа од границе онеспособљавања, у средњим временским условима, респективно су $x_1 \in (78,05\text{m} - 108,07\text{m})$, што је распон од 30,02 m и $x_2 \in (105,16\text{m} - 136,87\text{m})$, односно, распон од 31,71 m. Имајући у виду брзину ветра (4,61 m/s), времена постизања, окончања и трајања онеспособљајуће концентрације у урбаној средини приказана су наредном табелом.

Табела 11: Времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у урбаној средини за средње услове

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Урбана	Средњи услови 20 s	16,93	23,44	6,51

С друге стране, имајући у виду брзину ветра (6,02 m/s), времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у руралној средини приказана су наредном табелом.

Табела 12: Времена постизања, окончања и трајања онеспособљавајуће концентрације у урбаној средини за средње услове

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Рурална	Средњи услови 20 s	17,47	22,74	5,27

ДИСКУСИЈА

На основу графика и табела је очигледно да су концентрације изнад вредности онеспособљавања израженије у средњим временским условима, брзо се постижу, кратко трају и делују на краћем простору (од око 30 m). Максималне вредности су веће у урбаним срединама. Такође, максималне вредности за средње временске услове су ниже него у случају неповољних временских услова, али више него у случају повољних временских услова. Осим тога, дужина области у којој је концентрација изнад концентрације онеспособљавања је скоро двоструко већа у случају повољних временских услова него у случају средњих временских услова, а нешто већа него у случају неповољних временских услова.

Облак контамината се формира за време емисије дима у трајању од 30–40 s. Тако формиран облак се преноси струјањем ветра, одређеног смера и брзине. У зависности од тога да ли се контаминација одвија у урбаној или руралној средини, односно, од тога да ли је реч о повољним, средњим или неповољним условима, долази до контаминације одређеног простора (табела 13) за одређено време (табела 14).

Табела 13: Просторна обележја контаминираног простора [m]

Средина	Услови и време контаминације [s]	Горња граница [m]	Доња граница [m]	Распон [m]
Урбана	Повољни услови 60 s	135,28	68,45	66,83
	Повољни услови 75 s	159,14	89,41	69,73
	Повољни услови 90 s	181,32	111,65	69,67
	Неповољни услови 60 s	106,73	56,48	50,25
	Неповољни услови 75 s	129	72,2	56,8
	Неповољни услови 90 s	150,63	88,31	62,32
	Средњи услови 20 s	108,07	78,05	30,02
Рурална	Повољни услови 60 s	131,19	68,72	62,47
	Повољни услови 75 s	171,1	112,68	58,42
	Повољни услови 90 s	197,55	142,3	55,25
	Неповољни услови 60 s	104,51	56,24	48,27
	Неповољни услови 75 s	147,4	88,04	59,36
	Неповољни услови 90 s	172,05	107,83	64,22
	Средњи услови 20 s	136,87	105,16	31,71

Табела 14: Временска обележја контаминираног простора [s]

Средина	Услови и време контаминације [s]	Време постизања онеспособљавајуће концентрације [s]	Време окончања онеспособљавајуће концентрације [s]	Трајање онеспособљавајуће концентрације [s]
Урбана	Повољни услови 60 s	41,74	82,49	40,75
	Повољни услови 75 s	54,52	97,04	42,52
	Повољни услови 90 s	68,08	110,56	42,48
	Неповољни услови 60 s	44,13	83,38	39,26
	Неповољни услови 75 s	56,41	100,78	44,38
	Неповољни услови 90 s	68,99	117,68	48,69
	Средњи услови 20 s	16,93	23,44	6,51
Рурална	Повољни услови 60 s	35,24	67,28	32,04
	Повољни услови 75 s	57,78	87,74	29,96
	Повољни услови 90 s	72,97	101,31	28,33
	Неповољни услови 60 s	37,00	68,76	31,76
	Неповољни услови 75 s	57,92	96,97	39,05
	Неповољни услови 90 s	70,94	113,19	42,25
	Средњи услови 20 s	17,47	22,74	5,27

Ангажовање полиције употребом хемијских средстава на сузбијању грађанских нереда у наведених шест одређених услова (2 (две) средине * 3 (три) временска услова = 6 одређених услова). Ови услови нису међусобно упоредиви (средина је урбана или рурална итд.), што значи да једни услови искључују друге. Зато је предмет дискусије дисперзија контамината по појединим срединама и условима, у зависности од времена контаминације (60, 75 и 90 s).

У урбаној средини, након емисије дима из бомбе, у наредних 60 s долази до онеспособљавајуће концентрације сузавца на даљинама од 68,45 m (за 41,74 s), до 135,28 m (до крајње тачке стиже за 82,49 s), што значи да се наведена концентрација простире у дужини од 66,83 m и да траје 40,75 s. Ако доносилац одлуке жели овакав онеспособљавајући ефекат на циљу, при повољним временским условима, рачунајући и доба дана, онда је потребно да линија емисије сузавца буде управна на смер ветра на даљини од 68,45 m од активираних ручне хемијске бомбе М1. Симетрично овом налазу и мишљењу, могуће је предвиђање и остваривање и осталих ефеката који су разматрани овим радом.

Оваква предвиђања треба да буду омогућена доносиоцима одлука и онима који треба да их спроведу у дело. Да би то било могуће, потребно је створити претпоставке за утврђивање временских услова на месту употребе хемијских средстава. Уопштене временске прогнозе које долазе са удаљених места у односу на простор употребе хемијских средстава не омогућавају овакву врсту предвиђања ефеката њихове употребе. Да би то било могуће, потребно је да чета, као основна тактичка јединица за сузбијање грађанских нереда у полицији, буде опремљена дроном, са метеоролошким сензорима, тако да може да прикупи неопходне податке на стандардној висини од $z = 10$ m. Бежичном везом, тај дрон мора да буде повезан са командно-информационим системом који је на располагању командиру чете, који у себи садржи апликацију (на пример „ALONA”) за примену Гаусовог модела у функцији предвиђања ширења аерополутаната (трендови минимизације и мобилности уређаја иду ка томе да се ова функција може остварити и на мобилном телефону). Уједно, подацима мора да буде омогућен аутоматски улаз у апликацију, која омогућује пролаз и излаз из ње у виду просторних и временских обележја употребе хемијских средстава, почев од правца линије емисије хемијских средстава и њене удаљености од најближе позиције учесника грађанских нереда. У техничком смислу, за овакав технички систем је потребно обезбедити одговарајућу логистичку подршку. С друге стране, за ваљану употребу оваквог техничког система потребна је обука инструктора, корисника, вежбовне активности јединица, креирање литературе за обуку, увођење оваквих садржаја у образовну литературу одговарајућих предмета (нпр. Техничка средства полиције, Полицијска тактика и менаџерске теоријско-сазнајне дисциплине). Најзад, у зависности од радног оптерећења, потребно је предвидети на нивоу чете полицијског службеника чија би једна од више дужности или једина дужност била управљање дроном (дужност оператера дрона).

ЗАКЉУЧАК

Штурим и уопштеним правилима не може да се на прецизан и безбедан начин предвиди дисперзија хемијских средстава у полицијској пракси сузбијања грађанских нереда. Њиховом применом могуће је грубо предвиђање контаминације простора, без предвиђања концентрација које ће бити остварене њиховом применом, као ни времена за које се поједине концентрације остварују и трају. Да би се такве мањкавости превазишле, препоручује се примена софтверских пакета на бази Гаусовог модела у функцији предвиђања ширења аерополутаната, у овом случају хемијске материје CS.

Радам је одговорено на питања која су постављена под условима из увода (урбана или рурална средина, повољни, средњи или неповољни метеоролошки услови, комбиновани са добом дана, контаминација простора активирањем једне ручне хемијске бомбе M1):

1) које концентрације контамината се остварују на појединим даљинама, посебно на којим даљинама се стварају онеспособљавајуће концентрације и до којих даљина трају (дате су табелом 13, у зависности од трајања контаминације) и

2) за које време се стварају и колико трају онеспособљавајуће концентрације контамината (дате су табелом 14, у зависности од трајања контаминације).

На основу тих закључака дошло се до препорука за руковођење (посебно применом дронова са метео-сензорима, за одређивање временских прилика, као променљивих неопходних за примену Гаусовог модела, затим у области њихове набавке и одржавања, као и обуке) и тактику ангажовања полицијских јединица у ситуацијама у којима долази до употребе хемијских средстава (посебно када је реч о даљинама, односно временима остваривања и трајања онеспособљавајуће контаминације хемијском материјом CS). Осим тога, идентификоване су и препоруке за будућа истраживања у овој области.

Истраживањем су обухваћена времена контаминације у трајању од 60, 75 и 90 s, не и краћа и дужа времена, што чини простор за даља истраживања. Ширине и висине контамината у зависности од услова његовог емитовања нису се проблематизовале овим радом, што значи да наредна истраживања на ову тему могу да обухвате и те две димензије дисперзије сузавачког контамината. Хемијске материје CN и CR такође нису разматране, тако да се и њихова дисперзија може истраживати овом или сличном методологијом. Емисија хемијске материје CS разматрана је активирањем једног типа једне ручне хемијске бомбе, не и активирањем више таквих средстава, односно, више сличних средстава (нпр. више ручних хемијских бомби другог типа), једновремено или узастопно (различитим интервалима између два узастопна активирања средстава), као ни комбиновањем више врста средстава за емитовање хемијске материје (хемијске пушке и пиштољи, димне кутије, распршивачи и друго). Поред тога, овим радом разматрана је само

дисперзије хемијских средстава у полицијској пракси сузбијања грађанских нереда, не и када је реч о извршавању других безбедносних задатака.

Најзад, поред Гаусовог модела, могуће је користити и друге детерминистичке моделе, као што су Лагранжов и Ојлеров, у моделовању дисперзије хемијских средстава у полицијској пракси сузбијања грађанских нереда. Осим тога, подаци до којих се дошло применом Гаусовог модела, могу да се упореде са подацима који се добијају осталим моделима, посредством експерименталних података, чиме би се утврдило који је од њих најваљанији када је реч о њиховој примени у функцији предвиђања ширења хемијске материје CS, али и других хемијских материја, у различитим условима. Дакле, будућим истраживањима и применом овакве методологије могу да се употпуне наведене празнине у знању у овој области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вокоњић, Д. (1985). Савремени онеспособљавајући агенси типа надражљиваца. *Научно-технички прејед, 7–8*, 88.
2. Војводић, В. (1981). *Токсикологија бојних ојрова*. Београд: Институт безбедности.
3. Зарић, М. (1995). *Хемијска средсјва*. Панчево: ВОШЦ.
4. Група аутора. (1980). *Искусјва из рада санијейских служби у локалним райовима јосле Друјој свејској райа, јрви гео, вијейнамски рай*. Београд: Санитетска управа ССНО.
5. Лазаревић, И. (1997). Средства за привремено онеспособљавање. *Нови гласник, 5*, 51.
6. Лазаревић, И. (2001). *Хемијска средсјва за јривремено онесјособљавање, лекција*. Крушевац: ШЦ АВХО.
7. Субошић, Д. (2005). *Несмјоносно оружје*. Београд: НИЦ Војска.
8. Стевановић, О. (2019). *Безбедносни менаџменј*. Београд: Криминалистичко-полицијски универзитет.
9. Јаћимовски, S, Miladinović, S, Radovanović, R, & Ilijazi, V. (2017). Use of Gaussian mathematical model in the distribution of sulphur dioxide into the atmosphere from point source, *Tehnički vjesnik 24, Suppl. 1*, 157-162,
10. Kraska, B, P, & Gaines, L, K. (1998). Jedinice za taktičko делovanje: nacionalno истражјвање, превод са енглеског. *Izbor, 1/98*, 23.
11. Hanna, S. R., Briggs, G. A, & Hosker, R. P. Jr. (1982). *Handbook on atmospheric diffusion*. Oak Ridge: Technical information center U. S. Department of Energy.