Potencijalni izvori onečišćenja zraka formaldehidom u školskom prostoru

Perković, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:550794

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Sveučilišni diplomski studij kemije

Tomislav Perković

Potencijalni izvori onečišćenja zraka formaldehidom u školskom prostoru

Diplomski rad

Mentor: doc.dr.sc. Elvira Kovač – Andrić

Osijek, 2016. godina

Izjavljujem:

Ovaj diplomski rad izrađen je na Odjelu za kemiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku pod vodstvom doc.dr.sc. Elvire Kovač-Andrić. Rad je predan stručnom vijeću na ocjenu radi stjecanja diplome magistra edukacije iz područja kemije.

Zahvala

Zahvaljujem mentorici doc.dr.sc. Elviri Kovač-Andrić na iskazanom povjerenju, za pomoć, konstruktivne savjete i vodstvu tijekom izrade diplomskog rada.

Također zahvaljujem prof.dr.sc. Ivanu Vickoviću na dobronamjernim i korisnim uputama i komentarima tijekom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem dr.sc. Dariju Brdariću na ustupljenim podatcima za izradu diplomskog rada.

Posebno želim zahvaliti svojim roditeljima i bratu koji su me podržavali i bili uz mene tijekom čitavog školovanja.

Hvala svim mojim prijateljima na podršci tijekom svih godina studiranja.

Sadržaj

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA V
BASIC DOCUMENTATION CARD VI
1. Uvod 1
2. Literaturni pregled 2
2.1. Formaldehid 2
2.1.1. Primjena formaldehida 3
2.2. Kemijska i fizikalna svojstva atmosfere 6
2.2.1. Onečišćivači u atmosferi 8
2.2.2. Formaldehid u atmosferi 9
2.3. Izvori formaldehida u okolišu 12
2.3.1. Izvori formaldehida u zraku vanjskog prostora 15
2.4. Zrak u zatvorenom prostoru 16
2.4.1. Izvori formaldehida u zraku zatvorenog prostora 17
2.5. Toksikologija formaldehida 19
3. Eksperimentalni dio 22
3.1. Opis mjesta prikupljanja podataka 22
3.1.1. Mjesto uzorkovanja ŠK_A 23
3.1.2. Mjesto uzorkovanja ŠK_B 25
3.2. Uzorkovanje i analiza uzoraka 27
3.2.1. Postupak uzorkovanja i karakteristike adsorbensa 27
3.2.2. Tankoslojna kromatografija visoke djelotvornosti-HPLC 31
3.2.3. Postupak analize uzorka 32
4. Rezultati i rasprava 35
4.1. Koncentracije formaldehida 35
5. Metodička obrada nastavne jedinice: Aldehidi i ketoni 39
5.1. Priprema za izvođenje nastavnog sata 39
5.2. Artikulacija nastavnog sata 42
5.3. Pokusi – Aldehidi i ketoni 45
5.3.1. Pokus 1. Dokazivanje karbonilne skupine 45
5.3.2. Pokus 2. Oksidacija etanola 46
5.3.3. Pokus 3. Test srebrnog zrcala – reakcija s Tollensovim reagensom 47
5.3.4. Pokus 4. Dokazivanje aldehidne skupine Fehlingovim reagensom 48

5.4. Radni listić – Aldehidi i ketoni (ponavljanje) 49
5.5. Očekivano rješenje radnog listića - Aldehidi i ketoni (ponavljanje) 51
6. Zaključak 52
7. Literatura 53
8. Životopis 56

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA **Diplomski rad**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Diplomski studij kemije
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Kemija

Potencijalni izvori onečišćenja zraka formaldehidom u školskom prostoru

Tomislav Perković

Rad je izrađen na: Odjel za kemiju

Mentor: doc.dr.sc. Elvira Kovač – Andrić

Sažetak:

Formaldehid je važna kemikalija koja ima široku primjenu u različitim granama industrije kao što su industrija namještaja, građevinarstvo, medicina, tekstilna industrija, itd. U prirodi nastaje fotokemijskom razgradnjom ugljikovodika. Također u prirodu dospijeva emisijom iz antropogenog i biogenog podrijetla. Formaldehid pripada skupini spojeva koje emitiraju materijali koji se koriste u izgradnji i opremanju prostora te sredstva za čišćenje i dezinfekciju prostora, time je značajna njegova prisutnost u zraku zatvorenih prostora. Stoga izloženost čovjeka formaldehidu najveća je u zatvorenom prostoru gdje provodi većinu svog vremena.

U ovom radu prikazani su rezultati pilot istraživanja mjerenja koncentracije formaldehida u dvije srednje škole u Osijeku. Koncentracija formaldehida mjerena je u zraku zatvorenog i vanjskog školskog prostora. Uzorkovano je četiri do pet dana tijekom 2012. godine, korištenjem pasivnog uzorkivača (Radiello Code 165) s odgovarajućim adsorbensom, a nakon toga analizirano je HPLC-om s UV-detektorom.

Metodički dio diplomskog rada sadrži pripremu za nastavnu jedinicu „Aldehidi i ketoni“, radne listiće za pokuse i radni listić za ponavljanje na kraju sata. Nastavni sat je zamišljen kao blok sat s ciljem da učenici pomoću demonstracijskih pokusa i teorijskog dijela upoznaju temeljne pojmove, nomenklaturu, kemijska i fizikalna svojstva te primjenu aldehida i ketona u svakodnevnom životu.

Diplomski rad obuhvaća: stranica: 56; slika: 13; tablica: 10; literaturnih navoda: 29

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: formaldehid / atmosfera / zrak otvorenog prostora / zrak zatvorenog prostora

Rad prihvaćen: 17.12.2015.

Stručno povjerenstvo za ocjenu:

1. Doc.dr.sc. Elvira Kovač – Andrić
2. Prof.dr.sc. Ivan Vicković
3. Doc.dr.sc. Nikola Sakač

Rad je pohranjen: *u knjižnici Odjela za kemiju, Ul. Cara Hadrijana 8/a*

BASIC DOCUMENTATION CARD **Diploma Thesis**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Chemistry
Graduate Study of Chemistry
Scientific Area: Natural Sciences
Scientific Field: Chemistry

Potentional sources of formaldehyde air pollution in the school premises

Tomislav Perković

Thesis completed at: Department of Chemistry

Supervisor: doc.dr.sc. Elvira Kovač – Andrić

Abstract:

Formaldehydes are important chemicals widely used in different industries such as the furniture industry, the construction industry, medicine, the textile industry, etc. They are formed in nature through hydrocarbon degradation. Emissions of anthropogenic and biogenic origin also account for their presence in nature. Formaldehydes are compounds found in materials used in construction and furnishing as well as in cleaning products and disinfectants, which accounts for their significant presence indoors. People are mostly exposed to formaldehydes indoors, where they spend most of their time.

This study presents the findings of a pilot study that measured the concentration of formaldehydes in two high schools in Osijek. The formaldehyde concentration was measured both indoors and outdoors. Samples were taken for four to five days in 2012 using a passive sampler (Radiello Code 165) with the appropriate adsorbent and were consequently analysed with a HLPC UV-detector.

Teaching part of the thesis contains a lesson plan for a lecture called "Aldehydes and ketones", worksheets for experiments and revision worksheets for the end of the class. One lesson plan encompasses two-hour lecture experimental and theoretical part that contain basic terms, the nomenclature, chemical and physical features as well as the use of aldehydes and ketones in everyday situations.

Thesis includes: pages: 56; pictures: 13; tables: 10; references: 29

Original in: Croatian language

Keywords: formaldehyde / atmosphere / outdoor air / indoor air

Thesis accepted: December 17, 2015

Reviewers:

1. Doc.dr.sc. Elvira Kovač – Andrić
2. Prof.dr.sc. Ivan Vicković
3. Doc.dr.sc. Nikola Sakač

Thesis deposited in: *Department of Chemistry Library, cara Hadrijana 8/a*

1. Uvod

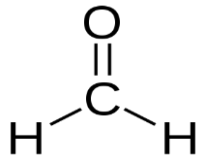
Onečišćivači zraka su u današnje vrijeme sveprisutni kako u zraku zatvorenog prostora tako i u zraku vanjskog prostora. Izloženost lošoj kvaliteti zraka u zatvorenom prostoru predstavlja zdravstveni problem kod ljudi, posebice kod djece. Formaldehid je jedan od onečišćivača zraka koji utječe na zdravlje ljudi i nešto više će se o njemu reći u literaturnom pregledu rada. Mnogi su izvori emisije i nastanka formaldehida u zraku, a neki od njih su oksidacija ugljikovodika (posebice metana), procesi izgaranja organskih materijala, sredstva za čišćenje, boje i lakovi, itd. U Zagrebu je mjerena koncentracija formaldehida u zraku zatvorenih prostora kao što su vrtići, poslovni uredi i stambeni objekti. Za područje grada Osijeka do sada nije bilo eksperimentalnih podataka za koncentraciju u zraku zatvorenih i vanjskih prostora, prvenstveno škola.

Cilj rada je istražiti potencijalne izvore formaldehida u školskom prostoru dviju srednjih škola u Osijeku te izmjeriti njegovu koncentraciju u zraku zatvorenog i vanjskog prostora škole tijekom jednog tjedna.

2. Literaturni pregled

2.1. Formaldehid

Formaldehid (prema IUPAC-u: metanal) je najjednostavniji (alifatski) aldehid molekulske formule HCHO (Slika 2.1.). Aldehidi su organski spojevi koji sadrže karbonilnu skupinu (aldehidna skupina). Niži aldehidi (do 4 C atoma) najčešće su bezbojne tekućine karakterističnog mirisa, dok je formaldehid u plinovitom agregatnom stanju. Viši aldehidi (od 5 C atoma) u čvrstom su agregatnom stanju [1]. Prvi ga je dobio Alexander Butlerov 1859. godine, hidrolizom metilendiacetata, a 1868. godine pripravio ga je A.W. Hofmann katalitičkom oksidacijom prolaska metanola i zraka preko zagrijane platine [2]. Kasnije su za oksidaciju metanola predloženi sljedeći katalizatori: prvo bakar, zatim smjesa oksida željeza i molibdena [1].



Slika 2.1. Strukturna formula formaldehida [3]

Formaldehid je pri sobnoj temperaturi bezbojan plin, karakterističnog neugodnog mirisa, molekulske mase 30,03 g/mol. Talište formaldehida iznosi -118°C, a vrelište -19,2°C. Formaldehid ima specifičnu molekulsku strukturu te se razlikuje od svih ostalih spojeva koji imaju dva atoma vodika vezana na karbonilnu skupinu [4]. Formaldehid se industrijski primarno dobiva katalitičkom oksidacijom alkohola metanola. Ako se srebro upotrebljava kao katalizator, paralelno dolazi do dehidrogeniranja (2.1.) i oksidacije metanola (2.2.) [1]:

$$CH_3OH \rightarrow HCHO + H_2 \qquad (2.1.)$$

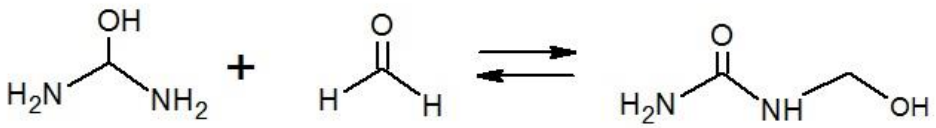
$$CH_3OH + ½\ O_2 \rightarrow HCHO + H_2O \qquad (2.2.)$$

Formaldehid je topiv u vodi, etanolu, dietil-eteru i acetonu. Komercijalno formaldehid dolazi kao 37% vodena otopina formalina koja se stabilizira dodatkom 5-10% metanola, jer otopina pri sobnoj temperaturi polimerizira. Polimeri koji nastaju pri sobnoj temperaturi

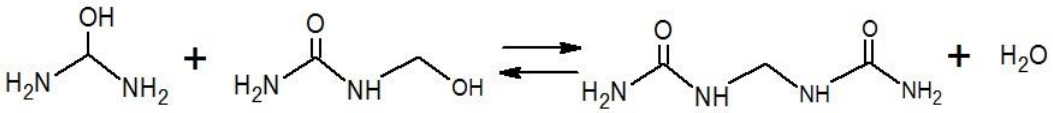
su paraformaldehid ($(CH_2O)_n \times H_2O$), trioksimetilen (metaformaldehid) ($(CH_2O)_3$) i tetraoksimetilen ($(CH_2O)_4$) [4,5].

2.1.1. Primjena formaldehida

Formaldehid je vrlo važna industrijska sirovina koja se koristi u mnogim industrijskim procesima. Primarni je postupak proizvodnje formaldehida oksidacija metanola (jednadžba 2.2.), koji se dalje najviše koristi za proizvodnju urea-formaldehidnih smola [4,5]. Urea-formaldehidi (UF) ili melamin-formaldehidi (MF) nazivaju se još i aminoplasti te nastaju reakcijom formaldehida s ureom ili melaminom (jednadžbe 2.3. i 2.4.) [5].

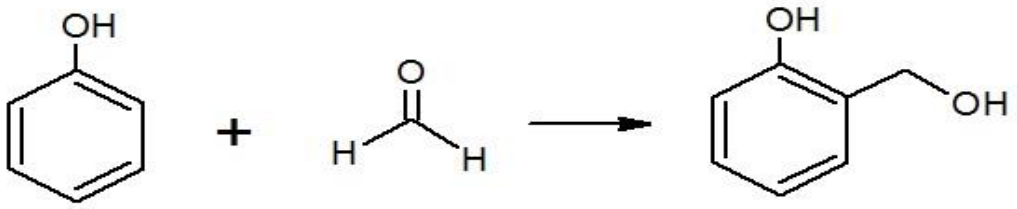


(2.3.)



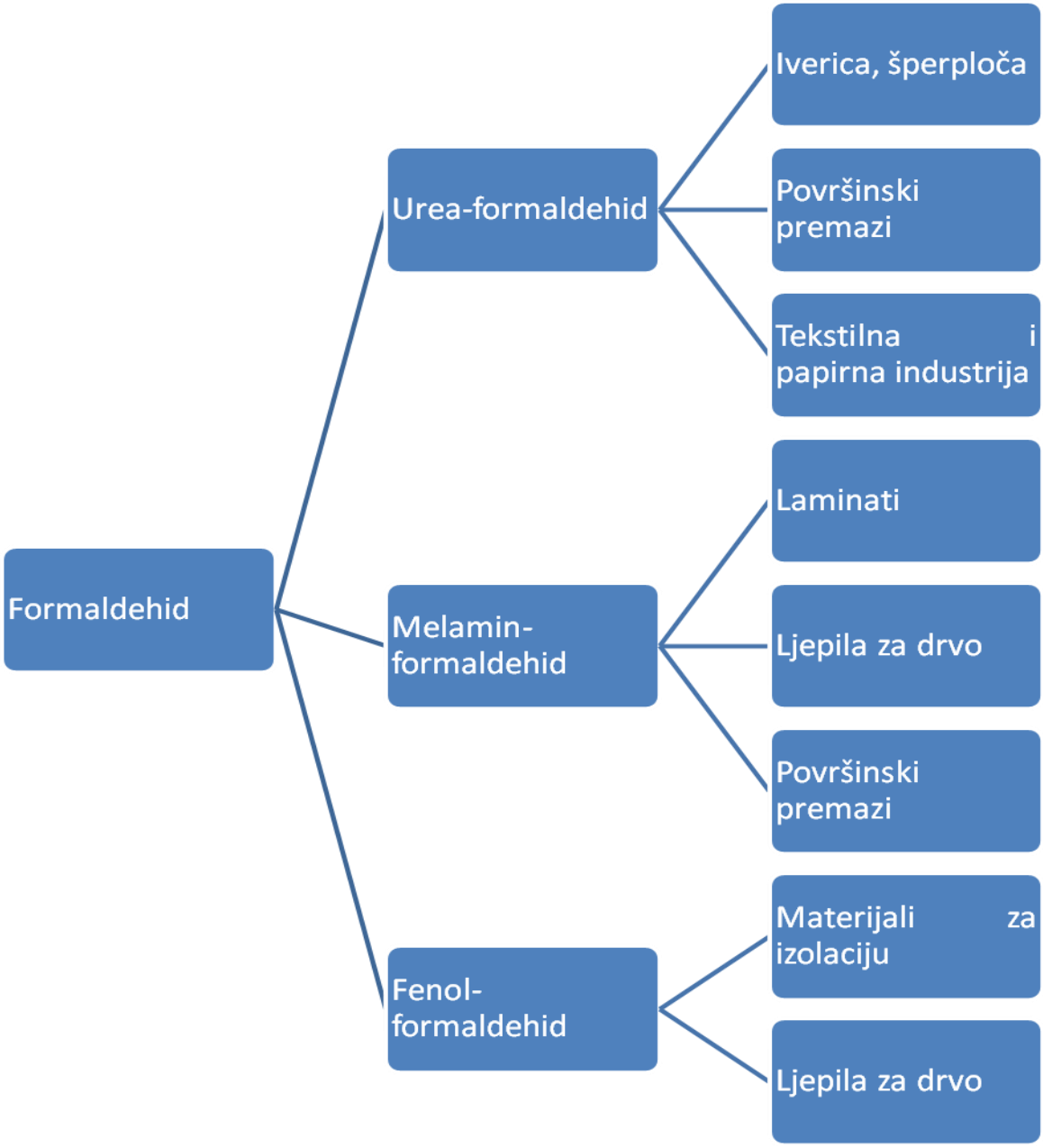
(2.4.)

U proizvodnji drvnih materijala i namještaja najčešće se još uvijek koriste UF ljepila zbog njihovog brzog sušenja i stvrdnjavanja. Također, UF ljepila imaju vrlo nisku cijenu, međutim slabije su otporna na vodu. No, MF ljepila otpornija su na vodu i stabilnija, ali su i mnogo skuplja od UF. Zbog svoje male molekulske mase kondenzirani aminoplasti koriste se u tekstilnoj industriji u završnoj obradi materijala protiv gužvanja. U kožnoj industriji, u proizvodnji nekih boja i lakova, u proizvodnji sredstava za poljoprivredu upotrebljavaju se slični spojevi koji se koriste u završnoj obradi tekstila. Postoje i melamin-urea-formaldehid ljepila (MUF) koja su vrlo slična UF ljepilima. MUF se proizvodi miješanjem UF i MF ili kondenzacijom svih monomera u jednom nizu. Fenol-formaldehid smole ili fenoplasti (PF) nastaju kondenzacijom formaldehida s fenolima (jednadžba 2.5.) [5].



(2.5.)

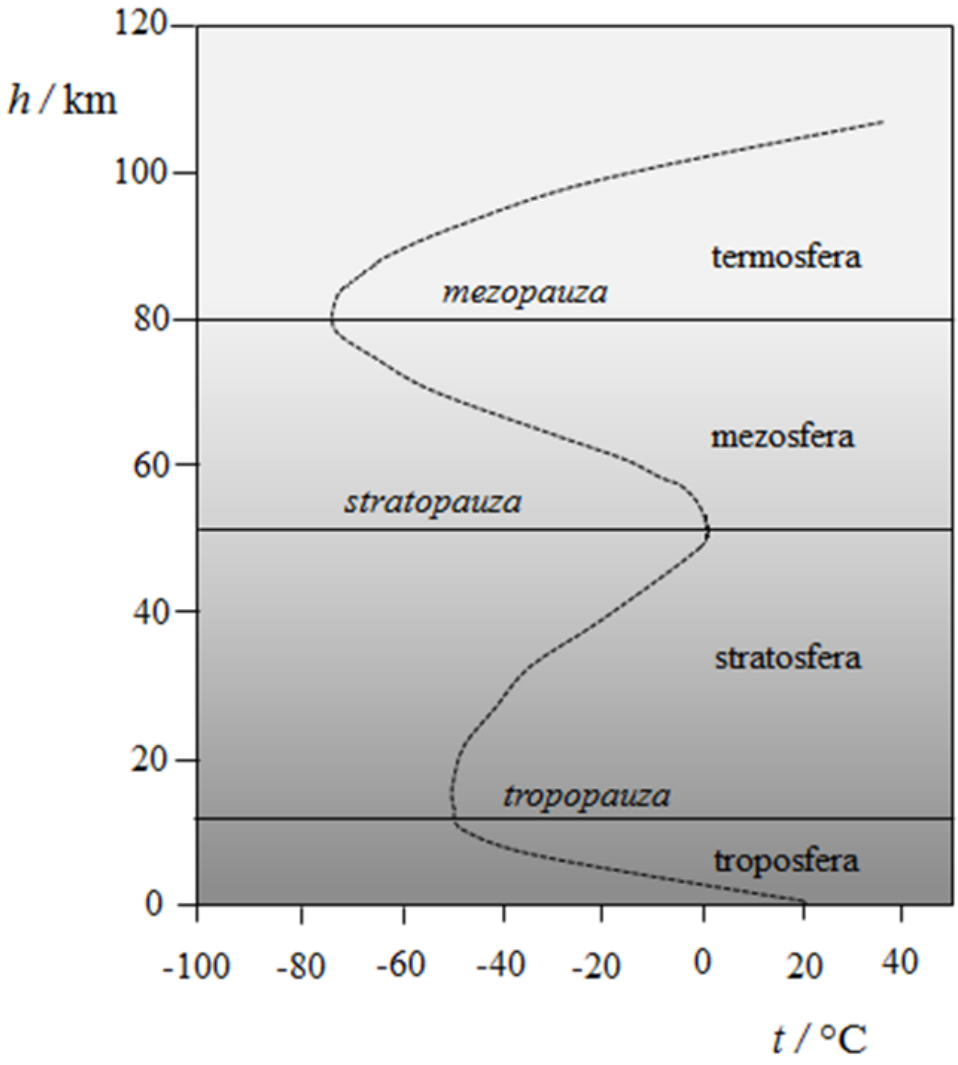
PF ljepila vrlo dobro prianjaju uz drvo, stabilna su i otporna na vodu te otpuštaju manje formaldehida. Formaldehid se još primjenjuje u medicini kao dezinfekcijsko sredstvo, a u kozmetici kao aditiv [4,5].



Slika 2.2. Industrijska primjena formaldehida [5]

2.2. Kemijska i fizikalna svojstva atmosfere

Zemljina atmosfera smjesa je plinova koji okružuju planet i sudjeluje u njegovoj rotaciji. Atmosfera se sastoji od dušika (78,08 %), kisika (20,95 %), argona (0,93 %) i ostalih plemenitih plinova (neon, helij, kripton i kseneon), koji su vrlo inertni i ne sudjeluju u atmosferskim procesima. U atmosferi se također nalaze stakleнički plinovi (vodena para, ugljikov dioksid, dušikov oksid, ozon i metan) i sitne čestice koje nazivamo areosolima. Areosoli se nalaze u nižim dijelovima atmosfere i mogu biti anorganskog (sol, prašina, pepeo) i organskog podrijetla (pelud, mikrobi). Važne su značajke atmosfere promjene temperature i tlaka s visinom, dok se sastav atmosfere bitno ne mijenja do visine oko 90 kilometara. Zemljina atmosfera proteže se na više od 560 km iznad Zemljine površine i dijeli se na nekoliko slojeva od kojih svaki ima specifične kemijske, fizičke i temperaturne značajke. Slojevi atmosfere razlikuju se prema udaljenosti od Zemljine površine i promjeni temperature, a to su troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera i egzosfera. Postoji i pripadajući međusloj koji predstavlja granicu između slojeva. Međusloj troposfere i stratosfere naziva se tropopauza; stratopauza predstavlja međusloj između stratosfere i mezosfere; mezopauza se nalazi između mezosfere i termosfere, a termopauza je međusloj između termosfere i egzosfere. Najbliži je sloj Zemljinoj površini troposfera koja se prostire približno do oko 11 km nadmorske visine. Temperatura u troposferi smanjuje se s nadmorskom visinom i doseže svoj minimum u gornjem rubnom području troposfere, gdje iznosi oko -56 °C. Sloj iznad troposfere i tropopauze nalazi se stratosfera. Temperatura u stratosferi raste s visinom, jer u gornjem dijelu stratosfere ozon apsorbira ultraljubičasto zračenje. Zatim se mezosfera nastavlja na stratopauzu i nalazi se na visini od oko 50 do 85 km. Temperatura se u mezosferi smanjuje s visinom. Termosfera se nalazi iznad mezopauze i proteže se približno od 85 do 500 km visine. Zadnji je sloj atmosfere egzosfera. Ona se nalazi iznad 500 km [6-8].



Slika 2.3. Podjela atmosfere na slojeve prema temperaturnom gradijentu

2.2.1. Onečišćivači u atmosferi

Onečišćivači se emitiraju u atmosferu iz različitih izvora: antropogenih (ljudska aktivnost), biogenih (djelovanje bioloških organizama) i prirodnih procesa (vulkanske erupcije). Atmosferske onečišćivače dijelimo na primarne i sekundarne. Primarni se onečišćivači izravno ispuštaju u zrak iz različitih izvora, a neki od njih spojevi su sumpora (SO_2, H_2S), dušika (NO, NO_2), ugljika (CO, CO_2, CH_4, hlapljivi organski spojevi (VOC, eng. Volatile Organic Compounds)) i areosoli [9].

- Sumporov dioksid (SO_2) nastaje tijekom izgaranja fosilnih goriva i prerade nafte. SO_2 povezuje se s nastajanjem kiselih kiša i areosola.
- Dušikovi oksidi (NO i NO_2) također nastaju tijekom izgaranja fosilnih goriva i spaljivanja biomase.
- Ugljikov monoksid (CO) nastaje nepotpunim sagorijevanjem ugljika. Glavni su izvori onečišćenja CO motorna vozila, industrijska aktivnost i spaljivanje biomase.
- Hlapljivim organskim spojevima (VOC) pripadaju ugljikovodici i ostali organski spojevi, koji mogu nastati izgaranjem fosilnih goriva, industrijskom aktivnošću, prirodnom emisijom vegetacije.
- Jedan od najjednostavnijih i poznatijih VOC je metan (CH_4). Pripada stakleničkim plinovima te je izvor pozadinskog ozona u troposferi [9].

Sekundarni onečišćivači nastaju kada primarni onečišćivači reagiraju nizom reakcija u atmosferi. Jedna je od mogućih reakcija u atmosferi fotoliza i njom nastaju radikali. Najvažniji je radikal u atmosferi hidroksilni radikal (OH) [9].

- Ozon (O_3) je jedan od najzastupljenijih sekundarnih onečišćivača zraka. Vrlo je štetan za ljude i vegetaciju. Nastaje u troposferi oksidacijom hlapljivih organskih spojeva u prisutnosti dušikovih oksida [9].
- Formaldehid pripada sekundarnim onečišćivačima zraka koji nastaje kao međuprodukt oksidacije metana i terpena [10].

2.2.2. Formaldehid u atmosferi

Koncentracija formaldehida u atmosferi malena je zbog njegovog relativnog brzog raspada od oko 1-3 sata. Njegova koncentracija ovisi o izvorima emisije koji se potencijalno nalaze u blizini područja uzorkovanja [4]. Formaldehid se formira i kroz atmosferske fotokemijske reakcije i nastaje reakcijom između ozona i nezasićenih hlapljivih organskih spojeva (uglavnom terpena) [11].

Formaldehid je važan atmosferski intermedijer, nastao oksidacijom biogenih i antropogenih ugljikovodika. Daljnjim reakcijama fotolize i reakcijom s hidroksilnim radikalom (OH), formaldehid je izvor hidroperoksil radikala (HO_2) i ugljikova monoksida (CO). Kako je formaldehid izvor CO, ima važnu ulogu u globalnim prinosima prirodnog CO u troposferi [12].

U troposferi, metan (CH_4) je glavni prekursor formaldehida. Slijed reakcija od 2.6 do 2.16 prikazuje nastanak i razgradnju formaldehida kao međuprodukta oksidacije metana. Reakcija oksidacije CH_4 započinje napadom hidroksilnog radikala na CH_4, nakon toga reakcijom s kisikom nastaje metildioksi radikal (CH_3O_2) (2.6. i 2.7.). Nastali radikal nadalje može reagirati s NO i HO_2, te nastaju metoksi radikal (CH_3O) i metil hidroperoksid (CH_3OOH) (2.8.-2.10.). Zatim reakcijom CH_3O i kisika nastaje formaldehid (2.11.), koji se fotolitički raspada i daje hidrogenperoksilne radikale (2.12. i 2.13.) [10,12].

$$CH_4 + OH\cdot \rightarrow CH_3\cdot + H_2O \quad (2.6.)$$

$$CH_3\cdot + O_2 \rightarrow CH_3O_2\cdot \quad (2.7.)$$

$$CH_3O_2\cdot + HO_2\cdot \rightarrow CH_3OOH + O_2 \quad (2.8.)$$

$$CH_3OOH + h\nu \rightarrow CH_3O\cdot \quad (2.9.)$$

$$CH_3O_2\cdot + NO \rightarrow CH_3O\cdot \quad (2.10.)$$

$$CH_3O\cdot + O_2 \rightarrow \mathbf{HCHO} \quad (2.11.)$$

$$HCHO + h\nu \rightarrow H_2 + CO \quad (2.12.)$$

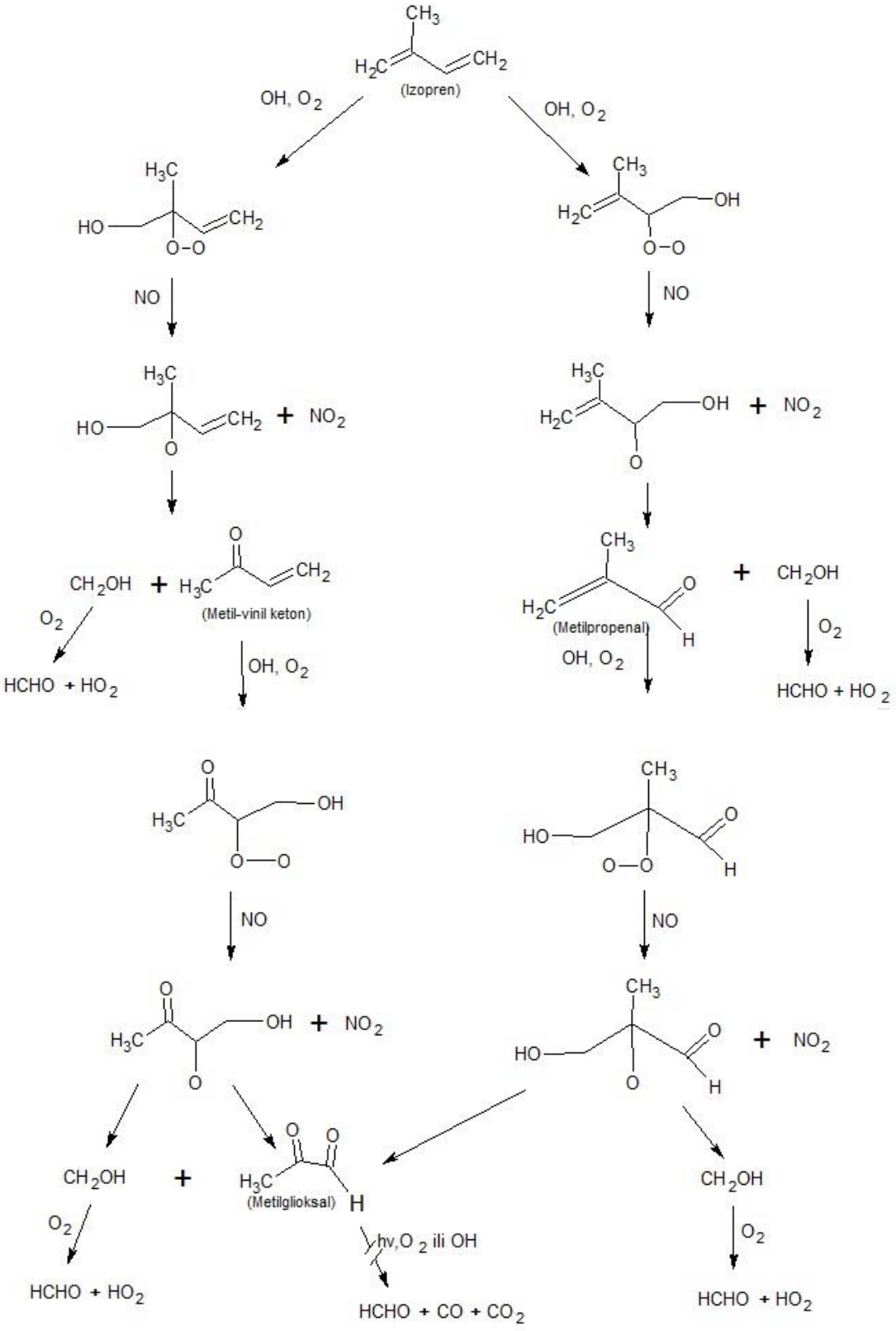
$$HCHO + h\nu \rightarrow H\cdot + HCO\cdot \quad (2.13.)$$

$$HCO\cdot + O_2 \rightarrow HO_2\cdot + CO \quad (2.14.)$$

$$HCHO + OH\cdot \rightarrow HCO\cdot + H_2O \quad (2.15.)$$

$$HCO\cdot + O_2 \rightarrow HO_2\cdot + CO \quad (2.16.)$$

Sljedeći je važan prekursor formaldehida izopren (2-metil-1,3-butadien, C_5H_8), kojeg otpuštaju mnoge biljne vrste. Izopren ulazi u reakciju s hidroksilnim radikalom i kisikom, pri čemu nastaju dva moguća produkta koja nadalje reagiraju s NO i daju hidroksi-alkoksi radikale. Zatim se ti radikali raspadaju na metil-vinil keton, metilpropenal i hidroksimetilni radikal (CH_2OH). Reakcijom CH_2OH i kisika nastaje formaldehid. U oba slučaja daljnjim reakcijama s OH radikalom, kisikom i NO nastaje alkoksi radikal koji se raspada na metilglioksal i CH_2OH. Metilglioksal fotolitičkim raspadom ili reakcijom s OH radikalom daje formaldehid. Shematski prikaz reakcija je prikazan na slici 2.4., mnoge moguće i manje važne reakcije izostavljene su zbog jednostavnijeg prikaza [12].



Slika 2.4. Shematski prikaz oksidacije izoprena [12]

2.3. Izvori formaldehida u okolišu

Izvori zagađenja zraka formaldehidom mogu biti različiti. Prije svega mogu biti prirodni ili produkt aktivnosti stanovništva. Glavni prirodni izvor formaldehida nastaje oksidacijom ugljikovodika u troposferi, posebice metana. Oksidacijom metana u troposferi prosječno nastane 4×10^{11} kg formaldehida na godinu. Procesom truljenja vegetacije nastaju vrlo male količine formaldehida. Izgaranjem organskih materijala kao pirolitički produkt nastaje formaldehid, koji se također pojavljuje i kao produkt nepotpunog sagorijevanja [4].

Formaldehid se prirodno pojavljuje u okolišu, jer je produkt metabolizma i prirodno je prisutan u mnogim uobičajenim namirnicama kao što su voće i povrće, meso, riba, rakovi, mlijeko i mliječni proizvodi. Koncentracije formaldehida u hrani su prikazane u tablici 2.1. [13].

Formaldehid u morskim plodovima, nakon što uginu, nastaje enzimskom redukcijom trimetilamina-N-oksida (TMAO) (spoj koji se nalazi u njihovom tijelu). Koncentracija formaldehida se akumulira tijekom smrzavanja ribe i uzrokuje denaturaciju proteina [14].

Formaldehid može slučajno dospjeti u hranu kuhanjem kao produkt izgaranja, osobito dimljenjem hrane. U malim koncentracijama formaldehid može doći iz posuđa napravljenog od formaldehidnih smola u kontaktu s vodom, octenom kiselinom ili alkoholom [4,15].

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) je utvrdila maksimalnu dnevnu dozu formaldehida od 0,2 mg/kg [16].

Tablica 2.1. Prisutnost formaldehida u hrani [17]

Vrsta hrane	Koncentracija formaldehida (mg/kg)
Voće i povrće	
Jabuka	6,3-22.3
Banana	16,3
Marelica	9,5
Cikla	35
Mrkva	6,7-10
Krastavac	2,3-3,7
Krumpir	19,5
Rajčica	5,7-13,3
Meso	
Govedina	4,6
Svinjetina	5,8-20
Ovčetina	8
Perad	2,5-5,7
Mlijeko i mliječni proizvodi	
Kozje mlijeko	1
Kravlje mlijeko	$\leq 3,3$
Sir	$\leq 3,3$
Morski plodovi	
Bakalar	4,6-34
Rakovi	1-98
Lignje	1,8

Zatim, bioakumulacija formaldehida u tlu koja je nastala truljenjem vegetacije nije moguća jer ga razgrađuju mikroorganizmi prisutni u zemlji [4]. Protjecanjem podzemnih voda formaldehid se može transportirati u kopnene vode ispiranjem tla. Parametri koji utječu na ispiranje formaldehida u podzemne vode uključuju tip tla, količinu i učestalost padalina, dubinu podzemne vode i vrijeme razgradnje formaldehida. Kako je podložan razgradnji mikroorganizmima iz tla poluživot formaldehida u tlu je oko 24 do 168 sati [19].

Formaldehid ima malu molekulsku masu i topiv je u vodi te se zbog toga može pronaći u padalinama, morima, oceanima i drugim kopnenim vodama [4]. U vodu formaldehid većinom dospijeva utjecajem ljudske aktivnosti, a glavni su izvori otpadne vode koje se ispuštaju u prirodu [18]. U površinskim ili podzemnim vodama, formaldehid može biti biološki razgrađen, raznim mikrobnim kulturama koje su dobivene iz mulja i otpadnih voda. U jezerskoj se vodi razgradi u roku od oko 30 sati pri aerobnim uvjetima na 20 °C, a u anaerobnim uvjetima potrebno je oko 48 sati. Poluživot formaldehida se procjenjuje na 24 do 168 sati u površinskim vodama, a 48 do 336 sati u podzemnim vodama. Ako se formaldehid iz zraka nađe u magli, kišnim oblacima ili kiši, može reagirati s vodenim hidroksilnim radikalom i u prisutnosti kisika dati produkte kao što su mravlja kiselina, voda i vodikov peroksid [19].

2.3.1. Izvori formaldehida u zraku vanjskog prostora

U okolišu je prisutna niska koncentracija formaldehida kojoj su ljudi izloženi u svom svakodnevnom životu. Izvori formaldehida u okolišu uključuju: oslobađanje formaldehida iz novih mobilnih kućica (kao što su kamp kućice), ispušne plinove automobilskih motora bez katalizatora, posebno onih koji sagorijevaju biogoriva, dim od cigarete, spaljivanje šuma, proizvode od drveta, razne proizvode široke potrošnje kao što su namještaji, tepisi, stakloplastike, proizvodi od papira i neki proizvodi za čišćenje u kućanstvu. Neki od ovih izvora zagađenja ujedno i pridonose zagađenju zraka u zatvorenom prostoru. Formaldehid također nastaje i u ranim fazama razgradnje biljaka u tlu te u troposferi tijekom oksidacije ugljikovodika koji reagiraju s radikalima hidroksida i ozonom [2].

2.4. Zrak u zatvorenom prostoru

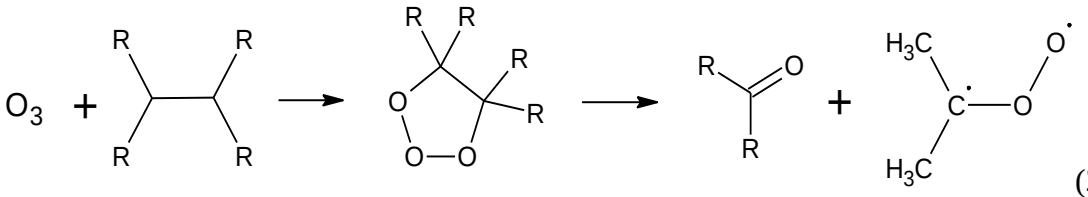
Mnogo ljudi tijekom dana provede i do 90% svog vremena u zatvorenom prostoru. Saznanje da zrak na prometnoj cesti može biti čišći od zraka u zatvorenom prostoru, može nas iznenaditi. Zbog toga se danas više pozornosti pridaje onečišćenju zraka zatvorenih prostora nego u prošlosti. Izloženost onečišćenju, odnosno lošoj kvaliteti zraka u zatvorenom prostoru predstavlja zdravstveni problem posebice osjetljivim skupinama ljudi kao što su djeca, stariji ljudi i ljudi s bolestima krvožilnog sustava ili kroničnim bolestima dišnog sustava [20].

Brojni izvori onečišćenja zraka u zatvorenim prostorima procesi su izgaranja, uporaba sredstava za čišćenje, uporaba boja i lakova, itd. Budući da postoje mnogi izvori onečišćenja zraka, povećana koncentracija hlapljivih organskih spojeva u zraku zatvorenih prostora može se povezati sa sindromom bolesti zgrada (eng. „sickbuildingsyndrom“, SBS). Značenje tog pojma odnosi se na pojavu kada stanovnici zgrade ili kuće osjećaju akutne zdravstvene probleme ili zdravstvene tegobe koji su povezani s provedenim vremenom u zgradi [6]. Uzroci koji doprinose SBS-u kemijski onečišćivači su koji mogu imati vanjski i unutarnji izvor, biološki onečišćivači i neodgovarajuća ventilacija. Kemijski onečišćivači koji imaju vanjski izvor u zgradu ulaze izmjenom unutarnjeg i vanjskog zraka. Dok kemijski onečišćivači s unutarnjim izvorom dolaze iz same zgrade, odnosno iz građevinskog materijala i unutrašnjeg interijera [21].

Među najčešće onečišćivače zraka u zatvorenim prostorima ubrajaju se lebdeće čestice, dim, ugljikov monoksid i dioksid, benzen i formaldehid koji pripada hlapljivim organskim spojevima. Formaldehid je spoj na kojeg treba obratiti pozornost prilikom izgradnje ili renoviranja objekta [6].

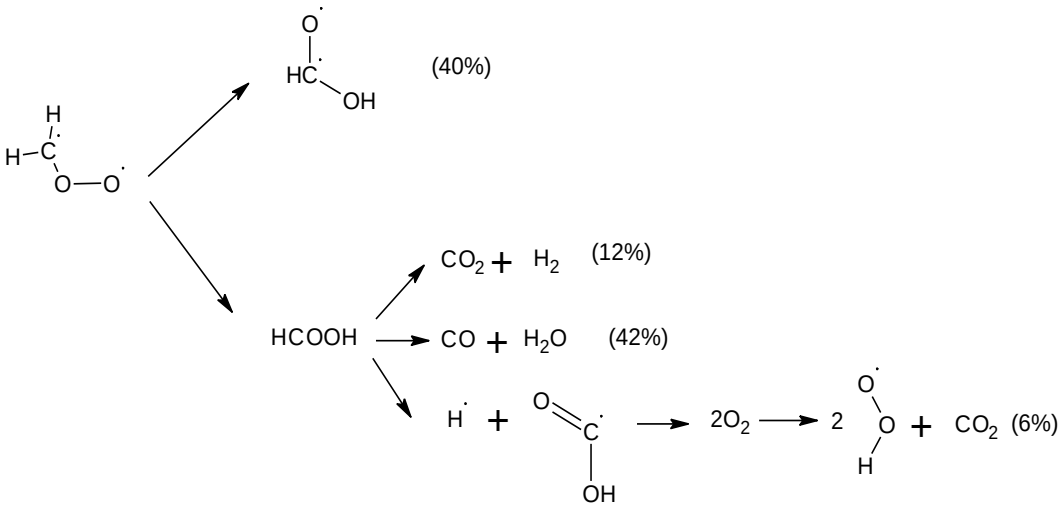
2.4.1. Izvori formaldehida u zraku zatvorenog prostora

Unutarnji izvor formaldehida dolazi emisijom iz zgrade i namještaja, osobito drva i drvnih proizvoda, kao što su namještaj od iverice i šperploče. Svi ti drveni proizvodi sadrže fenol-formaldehid ili urea-formaldehid ljepila [22]. Ostali proizvodi koji otpuštaju formaldehid su staklena vuna za izolaciju, boje i lakovi za parkete, kozmetički proizvodi, sagovi i zavjese, odjeća, zidne tapete, sredstva za dezinfekciju i sterilizaciju [23]. Elektronički uređaji kao što su fotokopirni uređaji i laserski pisači također emitiraju formaldehid. Formaldehid može nastati i ozonolizom alkena koji su prisutni u zraku zatvorenih prostora, najčešće su to monoterpeni koji se nalaze u mnogim potrošačkim proizvodima, kao što su osvježivači zraka. Reakcije ozonolize ovise o koncentraciji alkena u zraku zatvorenih prostora, također ovise o izmjeni zraka u zatvorenom prostoru [22]. Reakcija ozonolize je reakcija adicije prilikom koje alken s ozonom daje bogati energetski primarni ozonoid koji se brzo razgradi u karbonil i biradikal (Criegee-ov radikal) [24].



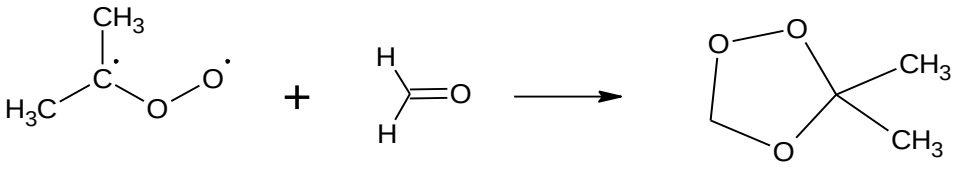
(2.17.)

Zatim se na biradikalu događaju intramolekulska premještanja ili fragmentacije (vjerojatnosti pojedinih reakcija):



(2.18.)

Biradikali kao što su $CH_3C^{\cdot}HOO^{\cdot}$ i $(CH_3)_2C^{\cdot}OO^{\cdot}$ s aldehidima stvaraju sekundarne ozonoide [24].



(2.19.)

Criegeeov biradikal može reagirati s različitim molekulama prisutnim u troposferi [24]:

$RCHOO^{\bullet} + NO \rightarrow NO_2 + RCHO$ (2.20.)

$+ NO_2 \rightarrow NO_3 + RCHO$ (2.21.)

$+ SO_2 \rightarrow SO_3 + RCHO$ (2.22.)

$+ H_2O \rightarrow RCOOH + H_2O$ (2.23.)

Zatim dim cigarete i drugi duhanski proizvodi sadrže formaldehid, koji može pridonijeti povišenoj koncentraciji formaldehida u zraku zatvorenih prostora [22].

Kako je navedeno da mnogi zatvoreni prostori sadrže proizvode koji emitiraju formaldehid provedena su mnogobrojna istraživanja koja su mjerila koncentracije formaldehida u zraku zatvorenih prostora. U većini istraživanja srednje koncentracije formaldehida u zatvorenom prostoru kretale su se u rasponu od 0,005 do 0,1 mg/m^3, dok su više koncentracije izmjerene u novijim ili renoviranim kućama [22]. Preporuka Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) za koncentraciju formaldehida u zatvorenom prostoru iznosi 0,1 mg/m^3 odnosno 0,08 ppm. Mnoge zemlje također imaju graničnu koncentraciju za formaldehid u zatvorenom prostoru od 0,1 mg/m^3, npr. Australija, Njemačka, Ujedinjeno Kraljevstvo. U pravilu koncentracija formaldehida se smanjuje tijekom godina, tako u starijim kućama koncentracije emisije formaldehida su znatno ispod 0,1 mg/m^3. Neke studije su pokazale da su sezonske varijacije koncentracija formaldehida u zraku zatvorenih prostora veće tijekom ljeta zbog povećanja otpuštanja plina uslijed visokih temperatura [2].

2.5. Toksikologija formaldehida

Široka je populacija ljudi izložena niskim koncentracijama formaldehida [4]. Najvjerojatniji, glavni put izlaganja opće populacije formaldehidu je putem inhalacije. Budući da je formaldehid topiv u vodi, vrlo reaktivan s biološkim makromolekulama i brzo metabolizira, prve nuspojave očekuju se prvenstveno u onim tkivima ili organima s kojima formaldehid prvo dođe u kontakt (npr. respiratorni i probavni trakt) [19].

Zakon o zaštiti zraka za formaldehid propisuje samo graničnu vrijednost s obzirom na kvalitetu življenja i iznosi 30 $\mu g/m^3$ kroz 24 sata [25].

Iritacija i nadražaj kože:

Najčešća nuspojava trovanja formaldehidom akutna je iritacija membrane sluznice. Dolazi do suhe kože, dermatitisa, suzenja očiju, kihanja i kašljanja. Duža izloženost formaldehidu često rezultira konjunktivitisom oka i bolestima nosa i ždrijela, a može doći i do laringospazma i plućnog edema [26].

Alergijska astma:

Otkrivena je vjerojatnost za razvoj alergijske astme proporcionalna povećanju koncentracije formaldehida u zraku zatvorenog prostora, posebno kada se prijeđu koncentracije od 0,12 mg/m^3 [26].

Neurotoksičnost:

Pri izloženosti visokoj koncentraciji formaldehida može doći do neurastenije, koja uključuje glavobolju, vrtoglavicu, poremećaj u spavanju i gubitak pamćenja. Amiatrofična lateralna skleroza (ALS) također je povezana s izloženosti kemikalijama uključujući i formaldehid [26].

Utjecaj na respiratorni sustav:

Razne respiratorne smetnje kao što su teškoće pri disanju, bronhospazam, opstruktivni traheobronhitis, upala pluća i plućni edem mogu biti inducirane izloženošću visokoj koncentraciji formaldehidu [4].

Hematotoksičnost:

Definicija hematotoksičnosti je toksičnost uzrokovana izloženošću krvi i krvožilnog sustava kemikalijama, što često dovodi do smanjenja broja krvnih stanica. Neke su studije pokazale da izloženost formaldehidu poveća razinu B-stanica, a u potpunosti smanjuje razinu T-stanica u krvi. Dugoročno izlaganje formaldehidu također može smanjiti broj leukocita (bijele krvne stanice) i eventualno smanjiti broj trombocita i hemoglobina [26].

Utjecaj na reproduktivni sustav:

Utjecaj formaldehida na reproduktivni sustav čovjeka nije dovoljno istražen. Međutim, formaldehid je teratogen i poznato je da utječe na menstrualni ciklus kod žena. U takvim slučajevima dolazi do teškog i produljenog menstrualnog krvarenja i do bolnih menstruacija. Izloženost formaldehidu u nekim se slučajevima može povezati sa spontanim pobačajem i neplodnosti. Utjecaj formaldehida na reproduktivni sustav muškarca nije istražen [26].

Kancerogenost:

Međunarodna organizacija za istraživanje raka (IARC) klasificirala je formaldehid kancerogenim za čovjeka. Postoje neke poveznice između izloženosti formaldehidu u zraku zatvorenih prostora i leukemije kod male djece [2,26]. Populacija koja je najviše izložena riziku i dugotrajnoj izloženosti formaldehidu radnici su koji rade u drvnoj industriji, proizvodnji namještaja, proizvodnji formaldehidnih smola i ljepila i medicinsko osoblje koje rabi formalin za prepariranje i konzerviranje tkiva [4].

Genotoksičnost:

Formaldehid je genotoksičan te izaziva oštećenja DNA i promjene na kromosomima [2]. Promjene koje se pojavljuju na kromosomima kromosomske su aberacije, poput kromatidnog ili kromosomskog loma [26]. Kako je formaldehid vrlo reaktivan i sklon vezivanju za amino skupinu proteina i nukleinskih kiselina, rezultira njegovo toksično i mutageno djelovanje [4]. Vezanje formaldehida na amino skupinu prikazano je sljedećim jednadžbama [27]:

$$R\text{-}NH_2 + HCHO \rightarrow R\text{-}NH\text{-}CH_2OH \quad (2.24.)$$

$$R\text{-}NH\text{-}CH_2OH + RNH_2 \rightarrow R\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}NH\text{-}R' + H_2O \quad (2.25.)$$

3. Eksperimentalni dio

3.1. Opis mjesta prikupljanja podataka

Grad Osijek je smješten u istočnoj Hrvatskoj na desnoj obali rijeke Drave. Četvrti je grad po veličini u Hrvatskoj s površinom od 171 km^2 te je ujedno i sjedište Osječko-baranjske županije. Grad se nalazi na 45° 55' sjeverne geografske širine i 18° 69' istočne geografske dužine te je na 90 metara nadmorske visine.

U sastav grada Osijeka ulaze 11 naselja: Brijest, Briješće, Josipovac, Klisa, Nemetin, Osijek, Podravlje, Sarvaš, Tenja, Tvrđavica i Višnjevac. Osijek je industrijsko, upravno, sudsko, kulturno i sportsko središte. Na području grada se nalaze 17 parkova ukupne površine od 394 000 m^2, time Osijeku pripada titula grada s najviše zelenila i zelenih površina u Hrvatskoj. U Osijeku živi 108 048 stanovnika prema zadnjem popisu stanovništva iz 2011. godine.

Istraživanje i uzorkovanje je provedeno u dvije srednje škole u Osijeku. Kako bi škole ostale anonimne u radu će biti označene kao škola ŠK_A i ŠK_B.



Slika 3.1. Mjesto uzorkovanja– KARTA [28]

3.1.1. Mjesto uzorkovanja ŠK_A

ŠK_A je javna srednja škola u Osijeku koju pohađa 547 učenika. Nalazi se u urbanoj gradskoj sredini i u krugu od 100 metara je prometna cesta. Također se oko škole nalaze stambene jedinice. Škola ŠK_A je izgrađena prije više od 50 godina i masivne je građevne strukture te je renovirana u zadnjih 5 godina. Sastoji se od jedne zgrade koja ima prizemlje i jedan kat. Ukupna površina škole je 1789,0 m^2 i sadrži 17 učionica (Tablica 3.1.).

Škola koristi prirodnu ventilaciju za prozračivanje učionica, a sustav grijanja je iz gradske toplane. U školi je došlo do poplave tijekom 2011. godine puknućem vodovodnih cijevi. U pojedinim dijelovima škole (učionice, hodnici i stubište) vidljivi su znakovi pljesni, vlage i oštećenja. Formaldehid je uzorkovan u zraku zatvorenog i vanjskog prostora škole tijekom jednog tjedna, 2012. godine.

Tablica 3.1. Opće informacije o školi

Mjesto uzorkovanja	**Starost škole**	**Renovirano**	**Vrsta škole**	**Broj učenika**	**Površina/m^2**	**Broj učionica**
ŠK_A	Više od 50 godina	U zadnjih 5 godina	Javna, srednja škola	547	1789,0	17

Uzorkovano je u tri učionice i to u učionicama broj 6, 10 i 17 te na jednoj vanjskoj lokaciji. Opće karakteristike učionice navedene su u tablici 3.2..

Učionica broj 6 se nalazi u prizemlju zgrade i njezin volumen iznosi 193,9 m^3, a površina koju zauzimaju prozori iznosi 7,9 m^2. Zidovi i strop su napravljeni od betona, cigle i žbuke te su obojani bojom, a pod učionice je od betona i obložen drvenim parketom. Učionica je ponovno bojana tijekom 2011. godine. U učionici se nalazi obična ploča s kredom, elektronična interaktivna ploča (tzv. „Pametna ploča“), računalo i televizor. Namještaj kojim je učionica opremljena je od drveta i šperploče.

Sljedeća učionica u kojoj je uzorkovano je učionica broj 10 i nalazi se na prvom katu. Volumen učionice iznosi 155,9 m^3, a površina koju zauzimaju prozori iznosi 3,0 m^2. Vrsta materijala od kojih su napravljeni zidovi, strop, pod su isti kao i kod učionice broj 6. Podne i zidne obloge su također iste kao i kod učionice broj 6 te tijekom 2011. godine ponovno bojano. U učionici se nalazi obična ploča s kredom i televizor. Namještaj u učionici je od šperploče.

Zadnje mjesto uzrokovanja je učionica broj 17 koja je također smještena na prvom katu čiji je volumen 199,5 m^3. Površina koju zauzimaju prozori je 6,0 m^2. Zidovi, strop i pod su napravljeni od istog materijala kao i u prve dvije učionice. Zidovi i strop su također obojani bojom tijekom 2011. godine. Pod je obložen pločicama. U učionici je obična ploča s kredom, a od elektroničkih uređaja se nalaze računalo i televizor. Učionica je opremljena namještajem od drveta i šperploče.

Tablica 3.2. Opće karakteristike mjesta uzorkovanja

Mjesto uzorkovanja	Širina učionice/m	Duljina učionice/m	Visina učionice/m	Volumen učionice/m^3	Površina prozora/m^2	Kat
Učionica broj 6	6,2	9,2	3,4	193,9	7,9	0
Učionica broj 10	6,1	7,3	3,5	155,9	3,0	1
Učionica broj 17	6,0	9,5	3,5	199,5	6,0	1

Sve učionice se čiste svaki dan deterdžentima i prilično su čiste. Prozori se otvaraju za vrijeme odmora i ponekad tijekom sata kako bi se učionice prozračile.

3.1.2. Mjesto uzorkovanja ŠK_B

Škola ŠK_B je također javna srednja škola u Osijeku i pohađa je 835 učenika. Nalazi se u urbanoj gradskoj sredini i izgrađena je prije više od 50 godina, a renovirana je u zadnjih 5 godina. Školu čine dvije zgrade koje imaju podrum, prizemlje i kat. Površina jedne zgrade iznosi 1098,3 m^2, a druge 780,0 m^2 i ukupno sadrži 20 učionica (Tablica 3.3.). Škola koristi prirodnu ventilaciju za prozračivanje učionica dok je sustav grijanja iz gradske toplane. U pojedinim dijelovima škole postoje dodatni sustavi za grijanje i hlađenje. Na vanjskim dijelovima zgrade vidljiva je plijesan, također i unutar zgrade (učionice, hodnici i stubište).

Tablica 3.3. Opće informacije o školi

Mjesto uzorkovanja	**Starost škole**	**Renovirano**	**Vrsta škole**	**Broj učenika**	**Površina/m^2**	**Broj učionica**
ŠK_B	Više od 50 godina	U zadnjih 5 godina	Javna, srednja škola	835	1878,3	20

Također je i u ovoj školi uzorkovano u tri učionice i na jednoj vanjskoj lokaciji. U prvoj zgradi je uzorkovano je (Tablica 3.4.) u jednoj učionici (broj 14), a u drugoj zgradi u dvije učionice (broj 7 i 10).

U prvoj zgradi na prvom katu nalazi se učionica broj 14 čiji volumen iznosi 270, 3 m^3. Površina prozora je 12,9 m^2. Zidovi su napravljeni od cigle, betona i žbuke i obojani su bojom, a pod je betonski i obložen je laminatnim parketom. Učionica je tijekom 2011. godine obojana i promijenjeni su prozori. Ploča s kredom se nalazi u učionici i televizor od elektroničkih uređaja. Namještaj kojim je opremljena učionica je od šperploče.

Učionica broj 7 se nalazi u drugoj zgradi u prizemlju. Volumen učionice je 221,3 m^3, a prozori zauzimaju površinu od 10,6 m^2. Zidovi, strop i pod su napravljeni od istog materijala kao i u prethodnoj učionici. Zidovi su obojani bojom i dijelom obloženi drvetom

i štukaturom, a pod je obložen laminatnim parketom. Tijekom 2011. zid je ponovno obojan bojom. Od interijera u učionici se nalazi ploča s kredom, televizor i namještaj od šperploče.

Učionica broj 10, volumena 243,0 m^3 se isto nalazi u drugoj zgradi na prvom katu. Površina koju zauzimaju prozori iznosi 7,9 m^2. Materijali od kojih su napravljeni zidovi, strop i pod, zatim podne i zidne obloge te opremljenost učionice su isti kao i kod učionice broj 14.

Tablica 3.4. Opće karakteristike mjesta uzorkovanja

Mjesto uzorkovanja	Širina učionice/m	Duljina učionice/m	Visina učionice/m	Volumen učionice/m^3	Površina prozora/m^2	Kat
Učionica broj 14	6,6	9,1	4,5	270,3	12,9	1
Učionica broj 7	6,1	9,3	3,9	221,2	10,6	0
Učionica broj 10	6,0	9,0	4,5	243,0	7,9	1

Učionice se čisti svaki dan deterdžentima i čiste su, samo je jedna nešto prljava. Za vrijeme odmora te povremeno tijekom sata se otvaraju prozori kako bi se učionice prozračile.

3.2. Uzorkovanje i analiza uzoraka

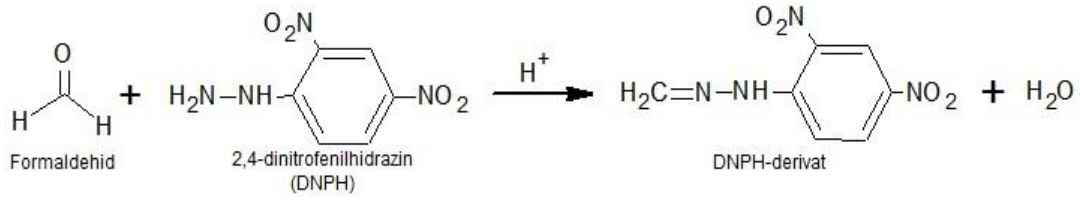
3.2.1. Postupak uzorkovanja i karakteristike adsorbensa

Uređaj koji je korišten za uzorkovanje je pasivni uzorkivač „Radiello Code 165“ (eng. *Radiello Code 165 Passive Sampler*). Pasivni uzorkivač Radiello distribuira Sigma-Aldrich/Supleco. Uređaj se sastoji od difuznog tijela, trokutastog držača i kapsule s adsorbensom.



Slika 3.2. Dijelovi uređaja

Korišteni adsorbens je 2,4-dinitrofenilhidrazin (DNPH). DNPH se najčešće koristi za uzorkovanje formaldehida isto tako i za druge aldehide i ketone. Formaldehid zrakom se adsorbira na adsorbens i zaostaje kao 2,4-dinitrofenilhidrazon (jednadžba 3.1.):



(3.1.)

Prosječna cijena uređaja je oko 40 eura, cijena pojedinih dijelova uređaja prikazana je u tablici 3.5.. Difuzno tijelo i trokutasti držač se mogu više puta koristiti.

Tablica 3.5. Cijena pojedinog dijela uređaja

Dijelovi	Kod	Približna cijena/Euro
Kapsula s adsorbensom	RAD165	26,00
Difuzno tijelo	RAD1201	8,40
Trokutasti držač	RAD121	5,20
Ukupno		39,60

Uzorkovano je u tri učionice po svakoj školi i paralelno je uzorkovano u vanjskom prostoru škole. Dovoljno je po jedno mjesto uzorkovanja u vanjskom prostoru škole. U svaku učionicu je postavljen po jedan pasivni uzorkivač, osim u ŠK_A u učionici broj 10 postavljena su dva pasivna uzorkivača (u rezultatima i raspravi prikazana je srednja vrijednost koncentracije formaldehida). Budući da škole imaju po jedan kat dva uzorkivača su postavljena u dvije učionice na katu, a jedan u učionicu u prizemlju.

Idealan položaj postavljanja uzorkivača je 1,5 m od stropa i 1 do 2 metra od zidova. Primjer kako se može postaviti uzorkivač prikazan je na slici 3.3..



Slika 3.3. Primjer postavljanja uzorkivača u prostoriju

Pri postavljanju uzorkivača u zatvorenom prostoru, u ovom slučaju učionice, treba izbjegavati blizinu sumnjivog izvora emisije, mjesta izloženog direktnom suncu i blizinu izvora uređaja za grijanje. Zatim u vanjskom prostoru treba izbjegavati izloženost izravnom vjetru, mjesto izloženo direktnom suncu i izloženost kiši. Stoga se vanjski uzorkivač može postaviti u zaštitnu postaju (Slika 3.4.).



Slika 3.4. Prijedlog postavljanja vanjskog uzorkivača

Prije postavljanja uzorkivač je potrebno pravilno sastaviti. Prvo se izvadi kapsula s adsorbensom iz zaštitne folije, ali se adsorbent ne smije dirati prstima. Zatim, kapsulu s adsorbensom postaviti u difuzno tijelo čiji donji dio sadrži mjesto za pozicioniranje kapsule te kapsula mora u potpunosti ući u difuzno tijelo (Slika 3.5.).



Slika 3.5. Pravilno postavljanje kapsule s adsorbensom u difuzno tijelo

Difuzno tijelo je potrebno držati u okomitom položaju te tako držeći pričvrstiti ga na trokutasti držač (Slika 3.6.).



Slika 3.6. Postavljanje difuznog tijela na trokutasti držač

Nakon toga se na naljepnicu napiše datum i vrijeme početka uzorkovanja i zalijepi na trokutasti držač. Nakon 5 dana uzorkovanja, izvadi se kapsula s adsorbensom iz difuznog tijela i stavi oprezno u staklenu bočicu te se dobro zatvori. Na naljepnicu se napiše vremenski period uzorkovanja (datum i vrijeme) i nalijepi se na staklenu bočicu.

Kada se korišteni adsorbens spremi u staklenu bočicu ostaje stabilan i nepromijenjen do 60 dana. Daljnje analize bi trebale biti što prije učinjene. Za daljnju analizu uzorka korištena je tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (reverznih faza) s DAD detektorom. Neiskorištene i ne otvorene kapsule s adsorbensom su stabilne do 6 mjeseci, ako su pravilno spremljene na tamno i hladno mjesto.

3.2.2. Tankoslojna kromatografija visoke djelotvornosti-HPLC

Kromatografija se koristi za odjeljivanje, identifikaciju i kvantitativno određivanje kemijskih komponenti prisutnih u kompleksnim smjesama.

Kromatografija je fizikalna metoda razdvajanja sastojaka u smjesi koji se razdvajaju između dvije faze:

- nepokretne ili stacionarne faze
- pokretne ili mobilne faze, koja nosi komponente kroz stacionarnu fazu

stacionarna faza može biti čvrsta ili tekuća, a mobilna faza tekuća ili plinovita. Odjeljivanje sastojaka u kromatografiji temelji se na razlici između konstanti raspodjele pojedinih sastojaka uzorka.

Kromatografske metode možemo podijeliti na plošnu kromatografiju i kromatografiju na stupcu. Zatim kromatografske metode možemo podijeliti još i prema izvedbenim tehnikama:

- Kromatografija na papiru (PC)
- Kolonska kromatografija (CC)
- Plinska kromatografija (GC)
- Tankoslojna kromatografija (TLC)
- Tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC)

U ovom radu korištena je tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (eng. *High performance liquid chromatography* - HPLC),koja je vrsta kromatografije na stupcu te se često koristi u analitičkoj kemiji. U literaturi se može pronaći i naziv „Tekućinska kromatografija pod visokim tlakom“.

Mobilna faza kod HPLC-a je tekuća, može joj se mijenjati sastav kako bi se poboljšala separacija te se može mijenjati polarnost i pH. Kod stacionarne faze kemijske osobine površine punjenja određuju tip interakcija koje će se odvijati. Najčešće punilo koje se koristi u tekućinskoj kromatografiji je silikagel. Punila koja se još mogu koristiti sadrže glinicu, porozne polimere ili ionske izmjenjivače.

Na temelju interakcija između sadržaja kolone i mobilne faze možemo HPLC tehniku podijeliti na:

- HPLC normalnih faza (Stacionarna faza je polarna, a mobilna faza nepolarna)
- HPLC reverznih faza (Stacionarna faza je nepolarna, a mobilna faza polarna)

Prilikom HPLC metode upotrijebljen je DAD detektor, „diode-array“, koji omogućava kvalitetnu identifikaciju kromatograma u području ultraljubičastog i vidljivog zračenja. Prednost diodnog detektora je odabiranje najpogodnije valne duljine za analizu, jer može snimati u području od 190 do 800 nm te zbog toga se najčešće koristi u tekućinskoj kromatografiji.

3.2.3. Postupak analize uzorka

Nastali spoj 2,4-dinitrofenilhidrazon (DNPH) je ekstrahiran s acetonitrilom i analiziran je s HPLC-om reverznih faza s UV-detektorom. Koncentracije formaldehida možemo očekivati u rasponu od 10 do 150 $\mu g/m^3$. Za analizu je korišten HPLC sustav i UV detektor čije su karakteristike opisane u tablici 3.6..

Tablica 3.6. Opće karakteristike HPLC metode

HPLC Sustav (proizvođač, model)	Agilient 1100
Kolona (proizvođač, tip, duljina, promjer, promjer čestica)	Intertsil ODS 250×46mm, 5µm
Detektor (tip)	DAD: UV
Valna duljina detektora (nm)	355 nm

Prije početka analize potrebno je pripremiti standardne otopine formaldehida-DNPH derivata. Početna otopina je pripremljena otapanjem 100 mg formaldehida-DNPH derivata u 50 mL acetonitrila. Zatim se od početne otopine priredi šest standardnih otopina (Tablica 3.7.).

Tablica 3.7. Priprema standardnih otopina

	DNPH-derivat		
Korak razrjeđivanja	Volumen početne otopine / µL	Koncentracija (µg/10 mL)	Koncentracija (µg/2 mL)
Slijepa proba	0	0	0
1	125	250	50
2	370	740	148
3	620	1240	248
4	1000	2000	400
5	1250	2500	500
6	2000	4000	800

Za pripremu slijepe probe koristi se novu kapsulu s adsorbensom koju se ekstrahira s 2 mL acetonitrila te je dobivena otopina profiltrirana. Priprema ovih sedam otopina je potrebna za kalibraciju instrumenta.

Nakon kalibracije instrumenta analizira se uzorke. Svaka kapsula s uzorkom je ekstrahirana s 2 mL acetonitrila po 30 minuta. Potom je dobivena otopina profiltrirana i uzorak je spreman za analizu.

Jednadžba za izračunavanje koncentracije formaldehida u zraku se može matematički prikazati iz omjera mase i umnoška *Q* koeficijenta stope adsorpcije i vremena uzorkovanja:

$$C(\mu g/m^{-3}) = \frac{m(\mu g)}{Q(ml \times min^{-1}) \times t(min)} \times 1000000$$

C - koncentracija

m – masa adsorbiranog analita

Q– stopa adsorpcije (eng. *uptake rate*), (pri 25 °C *Q* (formaldehid) = 99 mL/min)

t - vrijeme

4. Rezultati i rasprava

4.1. Koncentracije formaldehida

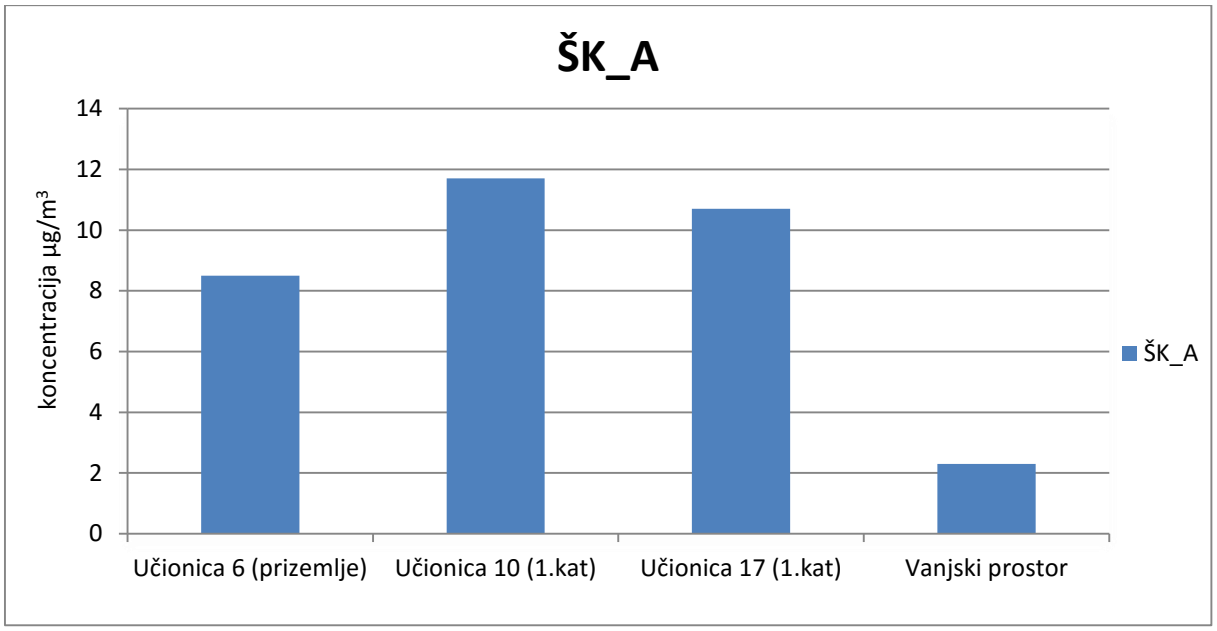
Formaldehid je jedan od glavnih onečišćivača zraka u zatvorenom prostoru te izrazito negativno utječe na zdravlje ljudi. Stoga je važno istražiti metode i tehnike za mjerenje njegove koncentracije u zatvorenom prostoru. U ovom radu korištena je pasivna metoda uzorkovanja, koja se temelji na reakciji 2,4 – dinitrofenilhidrazina s formaldehidom [29].

Mjerenje koncentracije formaldehida u školskom prostoru je bilo pilot istraživanje za procjenu izloženosti štetnim okolišnim faktorima u školama. Prikupljeno je osam uzoraka pomoću pasivnog uzorkivača (Radiello Code 165) u dvije srednje škole u Osijeku tijekom četiri do pet dana u travnju 2012. godine.

Izmjerene koncentracije formaldehida u školskom prostoru prikazane su u tablici 4.1., 4.2. i grafički (slike 4.1. i 4.2.) te su to ujedno i preliminarni podatci koncentracija formaldehida u školskom prostoru na području grada Osijeka.

Tablica 4.1. Rezultati mjerenja – ŠK_A

ŠK_A		
Mjesto uzorkovanja	Vrijeme uzorkovanja/sat	Koncentracija CH_2O / $\mu g/m^3$
Učionica 6 (prizemlje)	78	8,5
Učionica 10 (1.kat)	76	11,7
Učionica 17 (1.kat)	77	10,7
Vanjski prostor	76	2,3

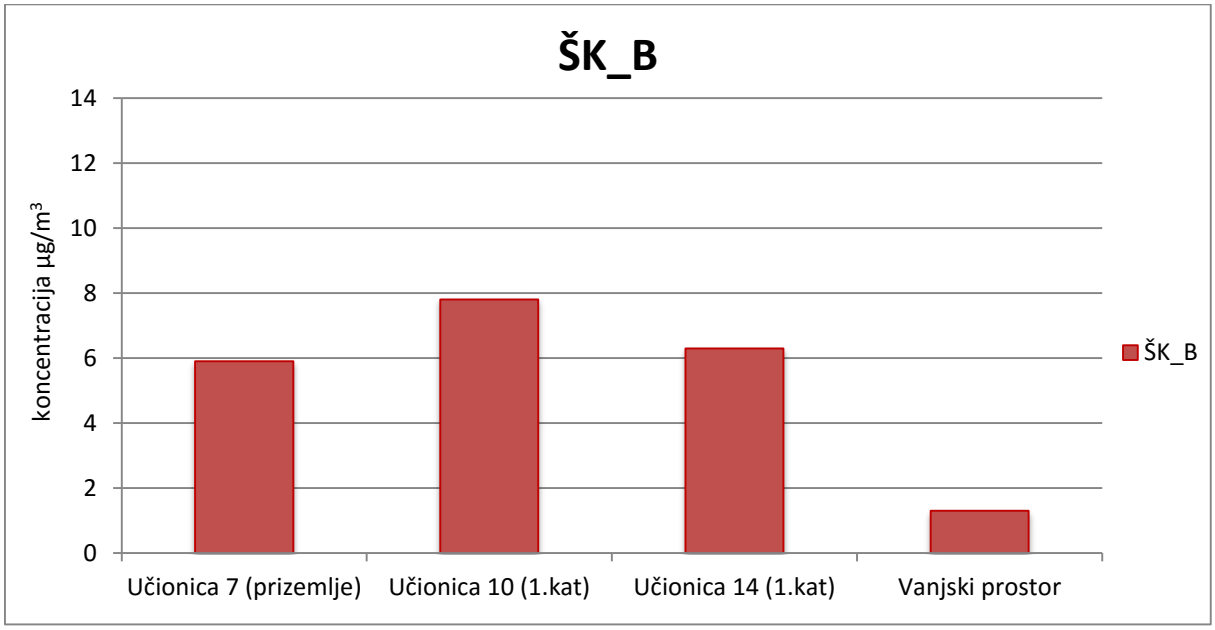


Slika 4.1. Koncentracija formaldehida – ŠK_A

Najviša izmjerena vrijednost koncentracije formaldehida je u učionici 10 koja se nalazi na prvom katu. Također je neznatno manja koncentracija u učionici 17, dok je koncentracija nešto niža u učionici 6 koja je u prizemlju zgrade. Prosječna vrijednost unutarnjih koncentracija iznosi 10,6 µg/m^3. Izmjerene koncentracije ne prelaze preporučenu graničnu vrijednost od strane Svjetske zdravstvene organizacije. Mogući razlog više koncentracije formaldehida u učionicama 10 i 17 nego u učionici 6 su manji otvori za prozore, veći potencijalni izvori formaldehida kao što su drveni pod i namještaj od šperploče i drveta. Zatim u učionici 10 također je uočena kondenzacija na prozorima. U učionici 6 pod je obložen pločicama, namještaj je od drveta i šperploče te je prozorski otvor znatno veći i to sve pridonosi manjoj koncentraciji formaldehida.

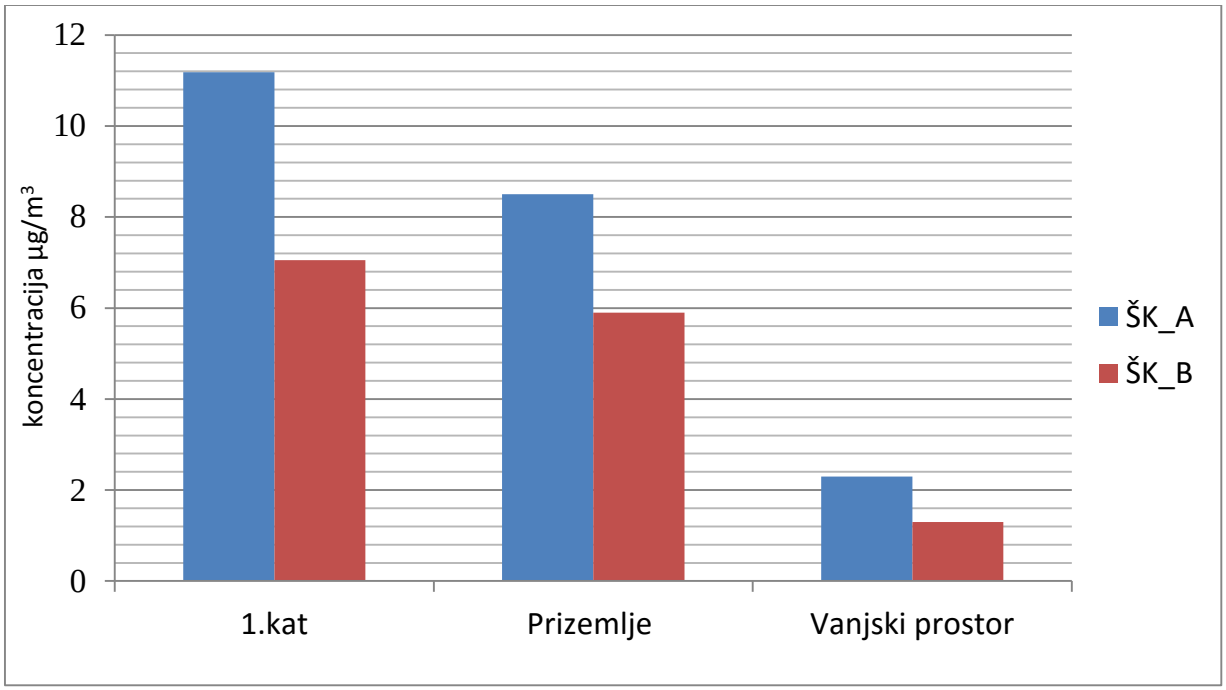
Tablica 4.2. Rezultati mjerenja - ŠK_B

ŠK_B		
Mjesto uzorkovanja	Vrijeme uzorkovanja/sat	Koncentracija CH_2O / $\mu g/m^3$
Učionica 7 (prizemlje)	101	5,9
Učionica 10 (1.kat)	101	7,8
Učionica 14 (1.kat)	102	6,3
Vanjski prostor	102	1,3



Slika 4.2. Koncentracija formaldehida - ŠK_B

U ŠK_B najveća izmjerena koncentracija formaldehida je u učionici 10, a neznatno niža koncentracija je u učionici 14 i obje se nalaze na prvom katu. U učionici 7 koja je u prizemlju izmjerena je najniža koncentracija. Prosječna vrijednost izmjerenih koncentracija iznosi 6,7 $\mu g/m^3$. Također ni u ŠK_B vrijednosti koncentracije formaldehida ne prelaze preporučenu graničnu vrijednost. Mogući razlog najveće koncentracije u učionici 10 što je pod obložen laminatnim parketom (u proizvodnji se koristi ljepilo na bazi formaldehida), namještaj je od šperploče te je otvor prozora najmanji od te tri učionice.



Slika 4.3. Usporedba prosječnih koncentracija formaldehida

Iz usporednog grafičkog prikaza ŠK_A i ŠK_B je vidljivo da su u obje škole najviše koncentracije izmjerene u učionicama koje se nalaze na prvom katu, a najniže u prizemlju. Kako neposredni izvori formaldehida u zatvorenom prostoru utječu na njegovu koncentraciju, potrebna su kontinuirana dugoročna mjerenja da bi se mogle ustanoviti tipične razine formaldehida u zatvorenim prostorima. Tim mjerenjima bi mogli dobiti uvid o potencijalnim izvorima.

Zatim iz usporednog grafa na slici 4.3. je vidljivo da je vanjska koncentracija formaldehida najveća kod ŠK_A. Razlog tomu može biti što se ŠK_A nalazi uz prometnu cestu i što se oko škole nalaze stambene jedinice koje pridonose zagađenju zraka.

Izmjerene koncentracije formaldehida u obje škole su od 5,9 do 11,7 µg/m^3 (prosječna vrijednost iznosi 8,4 µg/m^3). Koncentracije vanjskog prostora su 1,3 i 2,3 µg/m^3 (prosječna vrijednost iznosi 1,8 µg/m^3). Prosječna vrijednost koncentracija formaldehida u učionicama je veća 4,7 puta od vrijednosti izmjerene u vanjskom prostoru.

5. Metodička obrada nastavne jedinice: Aldehidi i ketoni

Cilj ovog dvosata kemije je upoznati učenike s nastavnom jedinicom „Aldehidi i ketoni“. Tijekom sata učenike treba potaknuti na samostalan rad, razmišljanje te donošenja zaključaka na temelju izvedenih pokusa. Zatim tijekom sata bit će opisana struktura i objašnjena nomenklatura aldehida i ketona. Učenici će kroz razgovor upoznati fizikalna i kemijska svojstva aldehida i ketona. Demonstracijskim pokusima će se prikazati dobivanje i dokazivanje aldehida i ketona. Kroz razgovor i postavljena pitanja bit će navedena primjena aldehida i ketona u svakodnevnom životu.

5.1. Priprema za izvođenje nastavnog sata

Razredni odjel:	4. razred gimnazije		
Nastavni predmet:	Kemija	Broj sata:	
		Datum:	
Skup ishoda učenja:	Aldehidi i ketoni Opisati strukturu aldehida i ketona. Objasniti nomenklaturu aldehida i ketona. Upoznati fizikalna i kemijska svojstva aldehida i ketona. Pokazati dobivanje aldehida i ketona. Objasniti keto-enolnutautomeriju. Navesti primjenu aldehida i ketona u svakodnevnom životu.		
Ishodi učenja SIU:	Opisati temeljne pojmove, nomenklaturu organskih spojeva, stereokemiju te tipične organske reakcije adicije, eliminacije, supstitucije. Ilustrirati načine primjene nomenklature, izomerije, stereokemije i mehanizma organskih reakcija (ionski tip i tip radikala). Predložiti mehanizme reakcija nukleofilne supstitucije i eliminacije na		

	zasićenom ugljiku i adicije na nezasićenom ugljiku te elektrofilne aromatske supstitucije uvažavajući regio-selektivnost/specifičnost i stereo-selektivnost/specifičnost. Izabrati ispravan kemijski pristup u rješavanju problema iz područja organske kemije, polazeći od usvojenih znanja iz opće, analitičke i fizikalne kemije.
Cilj predmeta:	Stjecanje osnovnih znanja o suvremenoj organskoj kemiji, razumijevanje strukture i fizikalnih i kemijskih svojstava organskih spojeva, nomenklature organskih spojeva, vrste izomera, razumijevanje mehanizama organskih reakcija adicije, supstitucije, eliminacije.

Nastavna cjelina-tema:	Organski spojevi s kisikom
Nastavna jedinica:	Aldehidi i ketoni
Cilj nastavnog sata (svrha obrade nastavne jedinice)	Opisati strukturu i objasniti nomenklaturu aldehida i ketona. Opisati fizikalna i kemijska svojstva te način dobivanja aldehida i ketona. Objasniti keto-enolnutautomeriju. Navesti primjenu aldehida i ketona u svakodnevnom životu.
Tip nastavnog sata:	Obrada novih sadržaja
Ključni pojmovi: **(**ideje koje učenici trebaju usvojiti na razini razumijevanja i/ili primjene**)**	Aldehid Keton Oksidacije Keto-enolnatautomerija

Obrazovni zadatci: **(**sadržajni okvir učenja**)**	Dijalog s učenicima o dosadašnjim naučenim sadržajima. Učenici će moći navesti fizikalna i kemijska svojstva aldehida i ketona. Zatim će moći imenovati aldehide i ketone te će znati navesti nekoliko primjera uporabe aldehida i ketona u svakodnevnom životu.

br. IU	**Ishodi učenja nastavne jedinice:** (ishodi učenja trebaju obuhvatiti kognitivnu, psihomotoričku i afektivnu domenu učenja)	**Zadatak/primjer pitanja za provjeru:** (pitanja trebaju polaziti od razine propisane kurikulumom (minimum), ali treba planirati i pitanja više zahtjevnosti)
1.	Upoznati se s osnovnim pojmovima aldehida i ketona.	Navedite što su to aldehidi i ketoni.
2.	Navesti opću formulu i objasniti strukturu molekule aldehida i ketona.	Napišite opću formulu aldehida i ketona. Opišite strukturu molekule aldehida i ketona.
3.	Objasniti nomenklaturu aldehida i ketona.	Imenujte aldehide i ketone na zadanom primjeru.
4.	Opisati fizikalna i kemijska svojstva aldehida i ketona. Navesti i opisati dobivanje aldehida i ketona.	Nabrojite fizikalna i kemijska svojstva aldehida i ketona. Navedite kako se dobivaju aldehidi i ketoni te napišite primjer kemijske jednadžbe. Opišite i objasnite pokus kojim dobivamo aldehide i ketone.
5.	Navesti uporabu aldehida i ketona u industriji i u svakodnevnom životu.	Nabrojite gdje se koriste aldehhidi i ketoni u industriji i u svakodnevnom životu.
6.	Utvrditi naučeno gradivo.	Radni listić.

5.2. Artikulacija nastavnog sata

Artikulacija nastavnog sata (kratki tablični prikaz strukture nastavnog sata s iskazanim dominantnim aktivnostima i sociološkim oblicima rada te predviđenim trajanjem za svaki strukturni element sata. Uz svaku aktivnost obavezno navesti br. IU koji se njome ostvaruje.)				
Strukturni elementi nastavnog sata:	**Dominantna aktivnost:**	**br. IU**	**Sociološki oblici rada:**	**Trajanje:** (min)
UVODNI DIO	Pripremiti radno mjesto i uspostaviti kontakt s učenicima. Provesti učenike kroz nastavnu temu, objasniti smisao nastavne teme i cilj. Ponoviti i analizirati učenička ranija iskustva s nastavnom temom.	1.	Frontalno, razgovor	10
GLAVNI DIO	Opisati i usporediti molekule aldehida i ketona. Pokus 1. Dokazivanje karbonilne skupine Objasniti nomenklaturu aldehida i ketona. Navesti neke primjere imenovanja aldehida i ketona. Navesti kako se dobivaju aldehidi i ketoni. Pokus 2. Oksidacija etanola Navesti fizikalna i kemijska svojstva aldehida i ketona. Pokus 3. Test srebrnog zrcala Pokus 4. Dokazivanje aldehidne skupine Fehlingovim reagensom	2. 3. 4. 5.	Frontalno, individualno, razgovor, PPT, demonstracija pokusa	70

	Objasniti keto-enolnu tautomeriju. Navesti primjere upotrebe aldehida i ketona u svakodnevnom životu.			
ZAVRŠNI DIO	Primijeniti naučene sadržaje u rješavanju radnog listića	6.	Frontalno, individualno	10

Materijalna priprema:

(popis nastavnog materijala, izvori znanja, sredstva i pomagala, odnosno svega što je potrebno pripremiti za uspješno odvijanje nastave prema postavljenom cilju i zamišljenom planu.)

Nastavni materijali i izvori znanja:

1. D. Stričević, B. Sever: Temelji organske kemije, udžbenik iz kemije za četvrti razred gimnazija, Profil, Zagreb, 2013.
2. S. Pine: Organska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
3. M. Sikirica: Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, priručnik za nastavnike i učenike, Školska knjiga, Zagreb, 2011.

Nastavna sredstva i pomagala:

LCD projektor, računalo, PPT prezentacija

Ploča, kreda

Literatura za učenike:

Prema katalogu obveznih udžbenika i pripadajućih dopunskih nastavnih sredstava Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta.

Internet.

Plan učeničkog zapisa: (Može biti plan ploče ili zapis koji nastaje na temelju drugih poticaja.)
Plan ploče: **Aldehidi i ketoni** Funkcionalna skupina-**karbonilna skupina** Opća formula aldehida i ketona **Pokus 1. Dokazivanje karbonilne skupine** Nomenklatura aldehida i ketona: Aldehid: nastavak-**al** Keton: nastavak-**on** **Dobivanje aldehida i ketona:** Aldehidi: oksidacija primarnih alkohola Ketoni: oksidacija sekundarnih alkohola **Pokus 2. Oksidacija etanola** Fizikalna svojstva aldehida i ketona Kemijska svojstva aldehida i ketona **Pokus 3. Test srebrnog zrcala** **Pokus 4. Dokazivanje aldehidne skupine Fehlingovim reagensom** Keto-enolna tautomerija

Prilozi: (Radni listovi i ostali materijali koji će biti korišteni u nastavi.)
PPT prezentacija: Aldehidi i ketoni Radni listić: zadatci za ponavljanje

5.3. Pokusi – Aldehidi i ketoni

(4. razred gimnazije)

5.3.1. Pokus 1. Dokazivanje karbonilne skupine

-demonstracijski pokus

Pribor i kemikalije: drveni stalak s tri epruvete, kapalice, vodena kupelj, destilirana voda, 2,4-dinitrofenilhidrazin, octena kiselina (CH_3COOH), aceton (C_3H_6O), acetaldehid (C_2H_4O)

Postupak: U epruvetu se ulije 5 mL vode i u njoj otopi 0,5 g 2,4-dinitrofenilhidrazina. Zatim se doda kap po kap octene kiseline dok se ne otopi i takav pripremljen reagens se podijeli u dvije epruvete. U jednu epruvetu doda se 0,5 mL acetona, a u drugu acetaldehida i promućka. Ako se ne stvara talog, reakcijsku smjesu treba blago zagrijati, a zatim dodati 2 mL vode i smjesu ohladiti.

Opažanja:

U epruvetama s acetaldehidom i acetonom nastaje žuti talog.

Zaključak:

Karbonilna skupina reagira s 2,4-dinitrofenilhidrazinom, pri čemu nastaje talog 2,4-dinitrofenilhidrazona.

5.3.2. Pokus 2. Oksidacija etanola

-demonstracijski pokus

Pribor i kemikalije: drveni stalak s jednom epruvetom, kapalice, destilirana voda, kalijev dikromat ($K_2Cr_2O_7$), konc. sumporna kiselina (H_2SO_4), etanol (CH_3CH_2OH)

Postupak: U epruveti se pripremi 3-4 mL zasićene otopine kalijevog dikromata. Toj se otopini doda kap po kap oko 1 mL koncentrirane sumporne kiseline polagano se dodaju 3 do 4 kapi etanola. Promatrajte promjene u epruveti.

Opažanja:

Dodavanjem etanola reakcijska smjesa u epruveti mijenja boju u zelenu.

Kemijska reakcija:

$3CH_3CH_2OH(aq) + K_2Cr_2O_7(s) + 4H_2SO_4(konc.) \rightarrow CH_3CHO + Cr_2(SO_4)_3(aq) + 7H_2O(l) + K_2SO_4()aq$

Zaključak:

Reakcijom kalijevog dikromata, koncentrirane sumporne kiseline i etanola nastaje etanal. Etanol se oksidira, a dikromatni ion reducira.

5.3.3. Pokus 3. Test srebrnog zrcala – reakcija s Tollensovim reagensom

-demonstracijski pokus

Pribor i kemikalije: drveni stalak s 3 epruvete, kapalice, drvena hvataljka, plamenik, destilirana voda, srebrov nitrat ($AgNO_3$), vodena otopina amonijaka ($NH_3(aq)$), acetaldehid (CH_3CHO), aceton (C_3H_6O)

Oprez: Srebrov nitrat je otrovan i ostavlja sive mrlje na koži i odjeći pa treba raditi s zaštitnim rukavicama i kutom.

Postupak: Tollensov reagens uvijek se priprema svjež jer stajanjem može nastati srebrov acetilid koji je izrazito eksplozivan spoj. Potrebna je posve čista epruveta. U epruvetu se ulije destilirana voda i u njoj se otopi nekoliko kristalića srebrovog nitrata. U dobivenu otopinu srebrovog nitrata se dodaje kap po kap otopine amonijaka dok se nastali talog ne otopi.

Dobiveni Tollensov reagens razdijeli se u dvije epruvete. U jednu epruvetu se polagano uz stjenku epruvete ulije oko 3 mL acetaldehida. Epruvetu treba držati što mirnije u kosom položaju. Zagrijava se tako da se stalno okreće u kosom položaju iznad „čađavog plamena“. U drugu epruvetu s Tollensovim reagensom ulije se oko 3 mL acetona te se ponovi postupak.

Opažanja:

Zagrijavanjem smjese Tollensovog reagensa i acetaldehida na stjenkama epruvete stvara se sivi sloj elementarnog srebra.

Zagrijavanjem smjese Tollensovog reagensa i acetona u epruveti ne dolazi do promjene.

Kemijska reakcija:

$CH_3CHO(aq) + 2[Ag(NH_3)_2]OH(aq) \rightarrow CH_3COOH(aq) + 2Ag(s) + 4NH_3(aq) + H_2O(l)$

Zaključak:

Aldehidi se dokazuju pomoću Tollensovog reagensa, jer aldehidi reduciraju srebro iz diaminosrebrovog iona u elementarno srebro.

5.3.4. Pokus 4. Dokazivanje aldehidne skupine Fehlingovim reagensom

-demonstracijski pokus

Pribor i kemikalije: drveni stalak s 2 epruvete, kapalice, drvena hvataljka, plamenik, otopina Fehling I (vodena otopina bakrova (II) sulfata pentahidrata), otopina Fehling II (lužnata otopina kalijeva natrijeva tartarata), acetaldehid (CH_3CHO), aceton (C_3H_6O)

Postupak: Fehlingov reagens je smjesa otopine Fehling I i Fehling II. U epruvetu se ulije oko 1 mL Fehlingove otopine I. Kapaljkom se dodaje Fehlingova otopina II dok se nastali talog ne otopi te otopina postane modra. Tako pripremljena otopina je Fehlingov reagens. Jedan dio Fehlingovog reagensa ulije se u epruvetu s otprilike 3 mL acetaldehida, a drugi dio u epruvetu s istom količinom acetona. Svaku se epruvetu zagrijava nad blagim plamenom. Pozorno promatrati promjene.

Opažanja:

U prvoj epruveti dolazi do promjene boje iz plave u crvenosmeđu. U drugoj epruveti nema promjene.

Kemijske reakcije:

$CH_3CHO(aq) + 2Cu^{2+}(aq) + 4OH^-(aq) \rightarrow CH_3COOH(aq) + Cu_2O(s) + 2H_2O(l)$

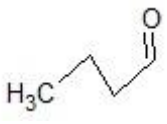
Zaključak:

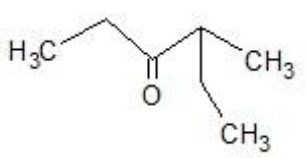
Acetaldehid reducira Fehlingov reagens i nastaje crvenosmeđi talog (Cu_2O), pritom se aldehid oksidira do kiseline.

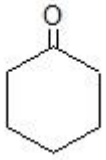
5.4. Radni listić – Aldehidi i ketoni (ponavljanje)

(4. razred gimnazije)

1. Navedite sustavna imena sljedećih spojeva:

a) 

b) 

c) 

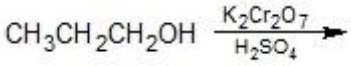
2. Napišite kondenzirane strukturne formule alkohola koji oksidacijom prelaze u:

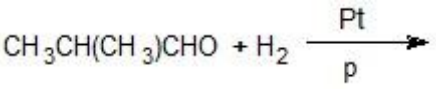
   a) metanal (formaldehid)

   b) propanon (aceton)

3. Napišite kondenzirane strukturne formule i IUPAC-ova imena strukturnih izomera spojeva s karbonilnom skupinom molekulske formule C_4H_8O. Koji od navedenih izomera ne reagira s Tollensovim i Fehlingovim reagensom?

4. Napišite jednadžbe reakcije u kojima su reaktanti:

a) 

b) 

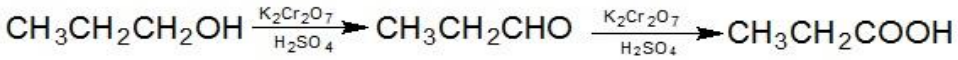
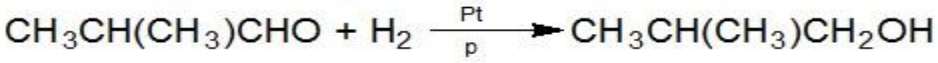
5. Prometna policija zaustavila je vozača automobila i ispitala alkotestom je li pio alkohol. Balon je pozelenio i zato je upućen na vađenje krvi u laboratoriju sudske medicine. Analizom krvi utvrđeno je da je 10 cm^3 krvi reagiralo s 2×10^{-5} mola kalijevog dikromata. Izračunajte masenu koncentraciju etanola.

5.5. Očekivano rješenje radnog listića - Aldehidi i ketoni (ponavljanje)

1. a) butanal
   b) 4-metilheksan-3-on
   c) Cikloheksanon

2. a) CH_3-OH
   b) CH_3-CH(OH)-CH_3

3. CH_3-CH_2-CH_2CHO (butanal)
   CH_3-CH(CH_3)-CHO (2-metilpropanal)
   CH_3-CO-CH_2-CH_3 (butan-2-on)
   Ne reagira butan-2-on.

4. a) 
   b) 

5. $\gamma(C_2H_5OH) = 0{,}28\ g/dm^3$

6. Zaključak

Formaldehid je plin koji se emitira iz različitih neposrednih izvora kao što su lakovi i boje, namještaj od šperploče i iverice, izvori izgaranja te duhana. Klasificiran je kao ljudski kancerogen.

Ovo pilot istraživanje testiranja metode istraživanja i izbora uzorka uspješno je dokazalo primjenu standardne metodologije Svjetske zdravstvene organizacije. Koncentracija formaldehida izmjerena 2012. godine u dvije srednje Osječke škole ne predstavlja opasnost od štetnih učinaka na zdravlje. Potrebno je nastaviti istraživanje kako bi se utvrdile koncentracije formaldehida u hrvatskim školama.

U metodičkom dijelu diplomskog rada obrađena je nastavna jedinica „Aldehidi i ketoni“. Sat je predviđen za blok sat, s ciljem upoznavanja strukture i nomenklature aldehida i ketona, fizikalnih i kemijskih svojstava te primjenu aldehida i ketona u svakodnevnom životu. Izvođenjem pokusa i rješavanjem radnih listića učenici će razviti sposobnost zapažanja i razvijati vlastito kritičko mišljenje.

7. Literatura

1. Tehnička enciklopedija 1, A-Beta, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1963.

2. L. Zhang, C. Steinmaus, D. A. Eastmond, X. K. Xin, M. T. Smith, Mutation Research **681** (2009), 150-168.

3. http://www.wikiwand.com/bs/Aldehid (16.6.2016.)

4. N. Kalinić, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju **46** (1995), 259-273.

5. T. Salthammer, S. Mentese, R. Marutzky, Chem. Rev. **110** (2010), 2536-2572.

6. https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/Zrak.pdf (18.4.2016.)

7. http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=4464 (13.6.2016.)

8. R. M. Harrison, Understanding Our Environment: An Introduction to Environmental Chemistry and Pollution, The Royal Society of Chemistry, UK, 1999.

9. D. J. Jacob, C. E. Colb, L. T. Molina, The Hobitable Planet, Unit 11: Atmospheric Pollution, On-line Textbook, http://learner.org/courses/envsci/unit/pdfs/unit11.pdf (18.6.2016.)

10. P. Carlier, H. Hannachi, G. Mourier, Atmospheric Environment **20** (1986), 2079-2099.

11. W. Liu, J. Zhang, L. Zhang, B. J. Turpin, C. P. Weisel, M. T. Morandi, T. H. Stock, S. Colome, L. R. Korn, Atmospheric Environment **40** (2006), 2202-2214.

12. A. Fried, S. McKeen, S. Sewell, J. Harder, B. Henry, P. Goldan, W. Kuster, E. Williams, K. Baumann, R. Shetter, C. Cantrell, Jurnal of Geophysical Research **102** (1997), 6283-6296.

13. S. Wang, X. Cui, G. Fang, Food Chemistry **103** (2007), 1487-1493.

14. F. Bianchi, M. Careri, M. Musci, A. Mangia, Food Chemistry **100** (2007), 1049-1053.

15. Y. Yu, C. Guangxue, C. Yanyan, Applied Mechanicsand Materials **469** (2014), 450-453.

16. A. Afkhami, H. Bagheri, Microchim Acta **176** (2012), 217-227.

17. http://www.cfs.gov.hk/englisch/whatsnew/whatsnew_fa/files/formaldehyde.pdf (15.6.2016.)

18. E. Cotsaris, B. C. Nicholson, Analyst. **118** (1993), 265-268.

19. http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad40.pdf (15.6.2016.)

20. http://www.eea.europa.eu/hr/signals/signals-2013/clanci/kvaliteta-zraka-u-zatvorenom-prostoru (12.6.2016.)

21. K. Kawamura, K. Kerman, M. Fujihara, N. Nagatani, T. Hashiba, E. Tamiya, Sensorsand Actuators B **105** (2005), 495-501.

22. P. Wolkoff, G. D. Nielsen, Environment International **36** (2010), 788-799.

23. http://www.arb.ca.gov/research/indoor/formaldgl08-04.pdf (20.6.2016.)

24. R. Atkinson, J. Arey, Chemical Reviews **103** (2003), 4605-4638.

25. Vlada RH (2012), Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, Zagreb, 130/2011

26. X. Tang, Y. Bai, A. Duong, M. T. Smith, L. Li, L. Zhang, Environmental International **35** (2009), 1210-1224.

27. T. Ma, M. M. Harris, Mutation Research **196** (1998), 37-59.

28. http://www.baypins.com/slijepa-karta/Ym90YW5pYypocnxwdWJsaWN8Z2lzYmlvfGNocipqcGc_dHVsc2FydW5uZXIqY29tfDE2fHNsaWplcGEta2FydGE/ (1.9.2016.)

29. J. Vignau-Laulhere, H. Plaisance, P. Mocho, K. Raulin, Y. Bigay, V. Desauziers, Anal. Methods **7** (2015), 5497-5503.

8. Životopis

Rođen sam 29.08.1992. godine u Našicama. Osnovnu školu „Viktor Car Emin“ pohađao i završio u Donjim Andrijevcima. Gimnaziju „Matija Mesić“ u Slavonskom Brodu upisujem 2007./08. godine, a završavam 2010./11. godine.

Nakon završene srednje škole pohađam Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, preddiplomski studij kemije. Akademski naziv prvostupnika kemije stječem 2014. godine sa završnim radom iz kolegija Analitička kemija na temu „Odabir titransa za određivanje anionskih tenzida novim potenciometrijskim senzorom“, pod mentorstvom doc.dr.sc. Mirelom Samardžić.

Akademske godine 2014./15. postajem student 1. godine diplomskog studija kemije na Odjelu za kemiju.