Priprava soli aromatskih diamina

Kolarić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:182:886351

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Preddiplomski studij kemije

Ana Kolarić

PRIPRAVA SOLI AROMATSKIH DIAMINA

Završni rad

Mentor: doc.dr.sc. Tomislav Balić

Osijek, 2019.

Sažetak

U ovom su radu pripremljene soli aromatskih diamina. Sve soli pripremljene su otapanjem *o*-fenilendiamina, *p*-fenilendiamina i *m*-fenilendiamina u tri različite kiseline: klorovodičnoj, sumpornoj i dušičnoj kiselini. Sve dobivene soli analizirane su na FT-IR spektrofotometru te su im određena tališta.

Ključne riječi: amini, diamini, fenilendiamini, sol

Abstract

In this study aromatic diamines salts were prepared. All salts were prepared by dissolving *o*-phenyldiamine, *p*-phenyldiamine, *m*-phenyldiamine in three different acids: hydrochloric acid, sulfuric acid and nitric acid. All formed salts have been analysed using FT-IR spectrophotometer and their melting points have been measured.

Key words: amines, diamines, phenyenediamines, salt

Sadržaj

1. Uvod 4
2. Literaturni pregled 5
2.1. Soli 5
2.2. Amini 6
2.2.1. Svojstva amina 6
2.2.2. Bazičnost amina 7
2.3. Diamini 8
2.4. Soli amina 8
2.5. Fenilendiamini 9
2.5.1. Orto fenilendiamin 9
2.5.2. Para fenilendiamin 9
2.5.3. Meta fenilendiamin 10
3. Eksperimentalni podaci 11
3.1. Priprema soli klorida 11
3.2. Priprema soli sulfata 11
3.3. Priprema soli nitrata 12
3.4. Instrumentalne metode 13
4. Rezultati i rasprava 14
4.1. Spektri nastalih soli 14
4.1.1. IR spektar *orto*-fenilendiamina i njegove soli (*orto*-fenilendikllorida) 14
4.1.2. IR spektar *para*-fenilendiamina i njegove soli (*para*-fenilendinitrata) 15
4.1.3. IR spektra *meta*-fenilendiamina i njegove soli (*meta*-fenilendisulfata) 16
4.2. Talište 17
5. Zaključak 18
6. Literatura 19
7. Dodatak 20
7.1. IR spektri soli *orto*-fenilendiamina 20
7.2. IR spektri soli *para*-fenilendiamina 21
7.3. IR spektar soli *meta*-fenilendiamina 22

1. Uvod

Alifatski amini su produkti amonijaka pa su ime dobili skraćivanjem riječi amonijak u amin. Amini su skupina organskih spojeva bazičnih svojstava koja sadrže jednu ili više alkilnih ili arilnih skupina vezanih za dušikov atom. Oni su najvažnija vrsta organskih spojeva koja pokazuju bazna svojstva.

Zbog njihove bazičnosti (alkalnosti) velika skupina prirodnih amina naziva se alkaloidima. Alkaloidi su dušikove baze koje su široko rasprostranjene u biljnom svijetu te često pokazuju veliku biološku aktivnost.

Reakcijom amina i kiselina nastaju amonijeve soli. Reakcija je brza i egzotermna, a sol je stabilna tvar s visokim talištem.

Na benzenski prsten mogu biti vezana dva supstituenta, a njihov se međusobni položaj može opisati slovima: *o*-(za položaj 1,2), *p*-(za položaj 1,4) i *m*- (za položaj 1,3).

Cilj ovog završnog rada bio je pripremiti soli različitih fenilendiamina s različitim kiselinama. U ovom radu sintetizirano je devet različitih soli pomoću tri različita fenilendiamina (*orto, meta i para*) i tri različite kiseline (klorovodična, sumporna i dušična kiselina).

Dobivene soli okarakterizirane su pomoću FT-IR spektrofotometra te im je određeno talište.

2. Literaturni pregled

2.1. Soli

Soli su kemijski spojevi koji nastaju zamjenom vodikova atoma, u nekoj kiselini, s atomom metala. To su pretežito ionski spojevi kristalne strukture, koji se sastoje od pozitivno nabijenog kationa (najčešće metalni ion) i negativno nabijenog aniona (kiselinski ostatak), stoga je ukupni naboj jednak nuli. Pozitivni i negativni ioni se privlače ionskom vezom. [1] Ionsku vezu stvaraju atomi tipičnih metala s atomima tipičnih nemetala. Ionski spoj je stabilniji što su ta dva svojstva izrazitija. Tipični ionski spojevi često se nazivaju i tipičnim solima. [2]

Zbog ionske veze između suprotno nabijenih iona, soli imaju razmjerno visoka tališta i vrelišta. Njihove taline i vodene otopine provode električnu struju, odnosno oni su elektroliti, jer se soli u njima disociraju na svoje ione. Pri otapanju, ioni se okružuju molekulama vode (hidratiziraju) ili molekulama otapala (solvatiziraju). Soli se mogu prirediti neutralizacijom kiselina i lužina, djelovanjem kiselina na metale, na metalne okside, na druge metalne soli, na okside nemetala, izravnim spajanjem metala i nemetala.

Ionski kristali pokazuju svojstvo kalavosti, odnosno fizičko svojstvo kristalne strukture da se pod djelovanjem vanjske sile kristal lomi po najgušćim kristalnim plohama. Ova pojava se javlja jer prilikom djelovanja vanjske sile na kristal dolazi do pomicanja slojeva u kristalu i tada se istoimeni naboji nalaze jedan pored drugog što dovodi do pucanja zbog odbojnih sila između istoimenih naboja.

Mnoge soli u svojoj strukturi imaju vezanu vodu, a metali koji imaju više valencija grade dva ili više nizova soli.

Soli jakih kiselina i jakih baza najčešće su lako topljive u vodi, a ostale su teško topljive ili netopljive. Zbog hidrolize vodene otopine soli jakih kiselina i slabih baza su kisele, a vodene otopine soli slabih kiselina i jakih baza su lužnate. Za disocijaciju izrazito je važna relativna jačina kiseline ili baze koja sudjeluje u reakciji, što je vidljivo iz njihovih konstanti disocijacija. Ovi navedeni faktori određuju hoće li doći do nastanka soli te su oni mjera za stabilnost nastale soli.

2.2. Amini

Amini su skupina organskih spojeva bazičnih svojstava koji sadrže jednu ili više alkilnih ili arilnih skupina vezanih za dušikov atom. S obzirom na broj ugljikovodičnih skupina vezanih na dušikov atom, razlikujemo primarne (RNH_2), sekundarne (R_2NH) i tercijarne (R_3N) amine. Postoje i spojevi koji imaju vezana četiri supstituenta i tada dušik ima pozitivan naboj. Takvi se spojevi zovu kvaterne amonijeve soli. Heterociklički amini su spojevi kod kojih je atom dušika dio aromatskog prstena. [3]

2.2.1. Svojstva amina

Amini su polarni spojevi te uz izuzetak tercijarnih amina mogu stvarati intermolekulske vodikove veze. Primarni i sekundarni amini imaju veze N-H što im omogućuje stvaranje vodikovih veza, dok tercijarni nemaju N-H vezu pa međusobno ne mogu tvoriti vodikove veze, ali ih mogu tvoriti sa molekulama koje imaju O-H ili N-H veze. Zbog slabije polarnosti N-H veze od O-H veze amini tvore slabije vodikove veze od alkohola iste molekulske mase.[4] Amini malih relativnih molekulskih masa su, kao i amonijak, plinovi pri sobnoj temperaturi, dok su oni većih molekulskih masa tekućine ili čvrste tvari. Amini s malom relativnom molekulskom masom imaju neugodan miris sličan amonijaku, dok amini s većom molekulskom masom mirišu kao pokvarena riba. Topljivost amina u vodi smanjuje se povećanjem relativne molekulske mase, jer zbog povećanja hidrofobnog dijela molekule amino-skupina ima manje značenje za strukturu, dok se amini do 5 ugljikovih atoma dobro otapaju u vodi, slično alkoholima, tvore vodikove veze s molekulama vode. [5] Topivi su i u manje polarnim otapalima kao što su eter, alkohol, benzen. Aromatski amini su često vrlo otrovni spojevi, koji lako oksidiraju na zraku.

Imaju viša vrelišta od nepolarnih spojeva iste molekulske mase, ali su niža od vrelišta alkohola i karboksilnih kiselina. [2]

Molekula amina, kao i molekula amonijaka, ima piramidalnu strukturu s dušikovim atomom u vrhu trostrane piramide. Dušikov atom je sp^3 hibridiziran, sa po tri supstituenta na trima od četiri vrhova tetraedra, dok je na četvrtom vrhu nepodijeljeni elektronski par. Nepodijeljeni elektronski par uzrokuje smanjivanje kuta H-N-H s tetraedarskog 109,5° na 107°. Također nevezani elektronski par povećava elektronsku gustoću iznad piramidnoga dušikova atoma. Tetraedarski amini su kiralne molekule što znači da se ne mogu preklopiti sa svojom zrcalnom slikom. [6] Kvarterne amonijeve soli, kod kojih su četiri alkilne skupine vezane na dušik, imaju tetraedarski oblik te postoje kao konfiguracijski enantiomeri. [7]

2.2.2. Bazičnost amina

Amini se ponašaju kao Brønsted-Lowryeva baza jer može primiti proton od kiseline koja ga sadrži. Relativna bazičnost amina označava se pomoću pK_a njihovih konjugiranih kiselina. Pravilo je takvo da što je amin bazičniji to njegova konjugirana kiselina ima veći pK_a. [8] Amini su relativno jake baze pa je njihova vodena otopina lužnata. Oni, slično amonijaku, reagiraju s vodom ili s kiselinama. Bazično svojstvo potječe od slobodnog elektronskog para na atomu dušika pa zato reagiraju sa svim spojevima koji mogu otpustit H^+ ion. Većina amina reagira s jakim kiselinama dajući u vodi topljive soli, to je kiselo-bazna neutralizacijska reakcija. Amini mogu reagirati s derivatima karboksilnih kiselina pri čemu nastaju amidi. Alifatski amini su bazičniji od amonijaka, jer alkilne skupine induktivnim efektom doniraju elektronsku gustoću dušiku te nastoje bolje raspršiti pozitivan naboj supstituiranog atoma dušika. Takav atom dušika je stabiliziran, dok kod amonijeva iona nema takve stabilizacije. Slaba bazičnost aromatskih amina potječe od rezonancijske delokalizacije nevezanih elektrona u slobodnom aminu, pa je amin zbog rezonancije jače stabiliziran nego njegov ion. Aromatski prsten snižava bazičnost amina ovisno o supstituentima, dok prisutnost amino-skupine povećava reaktivnost zbog elektron donora. Supstituent koji otpušta elektrone povećava bazičnost, dok supstituent koji ih privlači smanjuje bazičnost. [7]

Može doći do pojave orto-efekta što znači da i oni supstituenti koji otpuštaju elektrone smanjuju bazičnost kada se nalaze u *orto*-položaju prema amino skupini. Supstituenti koji privlače elektrone jače utječu na smanjenje bazičnosti ako su u *orto*-položaju, nego ako su u *meta*- ili *para*- položaju.

2.3. Diamini

Diamini su organski spojevi s dvije amino skupine, koriste se za pripravu poliamida, poliimida i poliurea.

Ako su na benzenski prsten vezana dva supstituenta, njihov se međusobni položaj može opisati slovima *o*- (orto, za međusobni položaj 1,2), *m*- (meta, za međusobni položaj 1,3) i *p*- (para, za položaj 1,4).

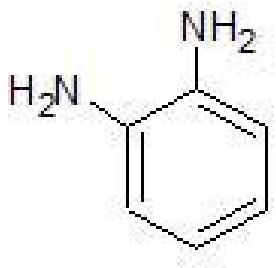
2.4. Soli amina

Soli amina nastaju protoniranjem amina. Sastavljena je od kationa koji je protonirani amin i aniona dobivenog iz kiseline. To su tipični ionski spojevi- kruti, nehlapljivi ili slabo hlapljivi spojevi, visokog tališta, ali se najčešće prije točke tališta raspadaju. Jednostavne soli amina su amonijeve soli dok su soli složenih amina supstituirane amonijeve soli. Topljiviji su u vodi od odgovarajućih amina. Ta razlika u topljivosti koristi se za njihovo odjeljivanje od drugih spojeva. [7] Amin se dobro otapa u hladnoj, razrijeđenoj kiselini iz čega proizlazi to da je vrlo bazičan spoj te tvori odgovarajuću amonijevu sol. Nastajanje soli je brza, egzotermna reakcija, a amonijeve soli koje nastaju su čvrste stabilne tvari s visokim talištem. Amin se može odjeliti od neutralnih i kiselih spojeva na temelju razlike topljivosti u kiselini. [2] Kvaterne amonijeve soli se otapaju u vodi i u nepolarnim organskim otapalima pa služe kao katalizatori faznog prijenosa jer prenose ionske reagense u organska otapala. [6]

2.5. Fenilendiamini

2.5.1. Orto fenilendiamin

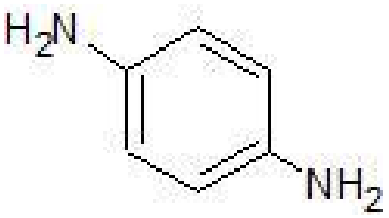
o-fenilendiamin je organski spoj formule $C_6H_4(NH_2)_2$. 1,2-fenilendiamin (slika 1.) je fenilendiamin u kojemu su dvije amino skupine u orto položaju jedna naspram druge. Ima ulogu davatelja vodika, kristali su smeđe boje koji tamne na zraku i svijetlu. Ovaj aromatski diamin je važan prekursor mnogih heterocikličkih spojeva. Kondenzira s ketonima i aldehidima za dobivanje niza korisnih proizvoda. Reakcije sa karboksilnim kiselinama i njihovim derivatima daju benzimidazole. [9]



Slika 1. Strukturna formula *o*-fenilendiamina

2.5.2. Para fenilendiamin

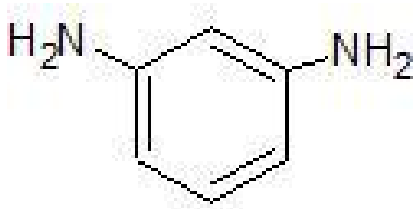
p-fenilendiamin je 1,4-fenilendiamin (slika 2.) u kojemu su dvije amino skupine u para položaju jedna naspram druge. To je prah roze boje. Sastojak je boja za kosu i povremeno se koristi kao zamjena za kanu. Pri normalnoj temperaturi i tlaku stabilan je spoj, dok termodinamičkom razgradnjom, ovisno o uvjetima, nastaju plinovi ugljikov monoksid i dioksid, dušik i oksidi dušika. [10]



Slika 2. Strukturna formula *p*-fenilendiamina

2.5.3. Meta fenilendiamin

m-fenilendiamin je 1,3-fenilendiamin (slika 3.) u kojemu su dvije amino skupine u meta položaju jedna naspram druge. Kristali su bijele boje. Koristi se u pripravi različitih polimera, epoksi smole, boja i u fotografiji. Dobro je topljiv u vodi, metanolu, etanolu, kloroformu, acetonu… [11]



Slika 3. Strukturna formula *m*-fenilendiamina

3. Eksperimentalni podaci

Za pripremu svih soli (klorida, sulfata i nitrata) korišten je omjer fenilendiamin:kiselina, 5 mmol:10 mmol pa je dobivena masa fenilendiamina iznosila 0,5407 g.

3.1. Priprema soli klorida

500 ml 20%-tne klorovodične kiseline priredili smo iz 37%-tne klorovodične kiseline *(ρ= 1,185 g/ml, M= 36,458 g/mol*). Dobiveni volumen kiseline koji smo koristili u otapanju fenilendiamina, iz omjera 5 mmol: 10 mmol, iznosio je 1,657 ml.

o-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 1,657 ml 20%-tne klorovodične kiseline. Dobivena otopina bila je tamno crvene boje s tamnim, sitnim kristalima.

p-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 1,657 ml 20%-tne klorovodične kiseline. Dobivena otopina bila je ružičaste boje, a s vremenom se istaložio i ružičasti talog.

m-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 1,657 ml 20%-tne klorvodične kiseline. Dobivena otopina bila je prozirne do bijele boje s krupnim, bijelim talogom.

3.2. Priprema soli sulfata

50 ml 20%-tne sumporne kiseline priredili smo iz 96%-tne sumporne kiseline *(ρ=1,835 g/ml, M=98,086 g/mol)*. Dobiveni volumen kiseline koji smo koristili u otapanju fenilendiamina, iz omjera 5 mmol:10 mmol, iznosio je 2,673 ml.

o-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 2,673 ml 20%-tne sumporne kiseline. Dobivena otopina bila je tamno, narančasto-smeđe boje sa smeđim, gustim talogom.

p-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 2,673 ml 20%-tne sumporne kiseline. Dobivena otopina bila je ružičaste boje s talogom.

m-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 2,673 ml 20%-tne sumporne kiseline. Dobivena otopina bila je bistra, s vremenom je došlo do taloženja sitnog, bijelog taloga.

3.3. Priprema soli nitrata

50 ml 20%-tne dušične kiseline priredili smo iz 65%-tne dušične kiseline *(ρ=1,390 g/ml, M=63,018 g/mol)*. Dobiveni volumen kiseline koji smo koristili u otapanju fenilendiamina, iz omjera 5 mmol:10 mmol, iznosio je 2,266 ml.

o-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 2,266 ml 20%-tne dušične kiseline. Dobivena otopina bila je tamno crvene boje sa crveno-smeđim talogom.

p-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 2,266 ml 20%-tne dušične kiseline. Dobivena otopina bila je ružičaste boje, guste teksture.

m-fenilendiamin (0,5407 g) otopljen je u 2,266 ml 20%-tne dušične kiseline. Dobivena otopina je bila bistra, s vremenom se istaložilo jako malo bijelog taloga.

3.4. Instrumentalne metode

IR spektri fenilendiamina i priređenih soli snimljeni su pomoću Shimadzu FT-IR 8400S spektrometra. Za prikupljanje i obradu podataka korišten je računalni program IR Solution 1.30. Tališta čistih fenilendiamina i dobivenih soli određena su pomoću digitalnog uređaja za određivanje temperature taljenja (Stuart).

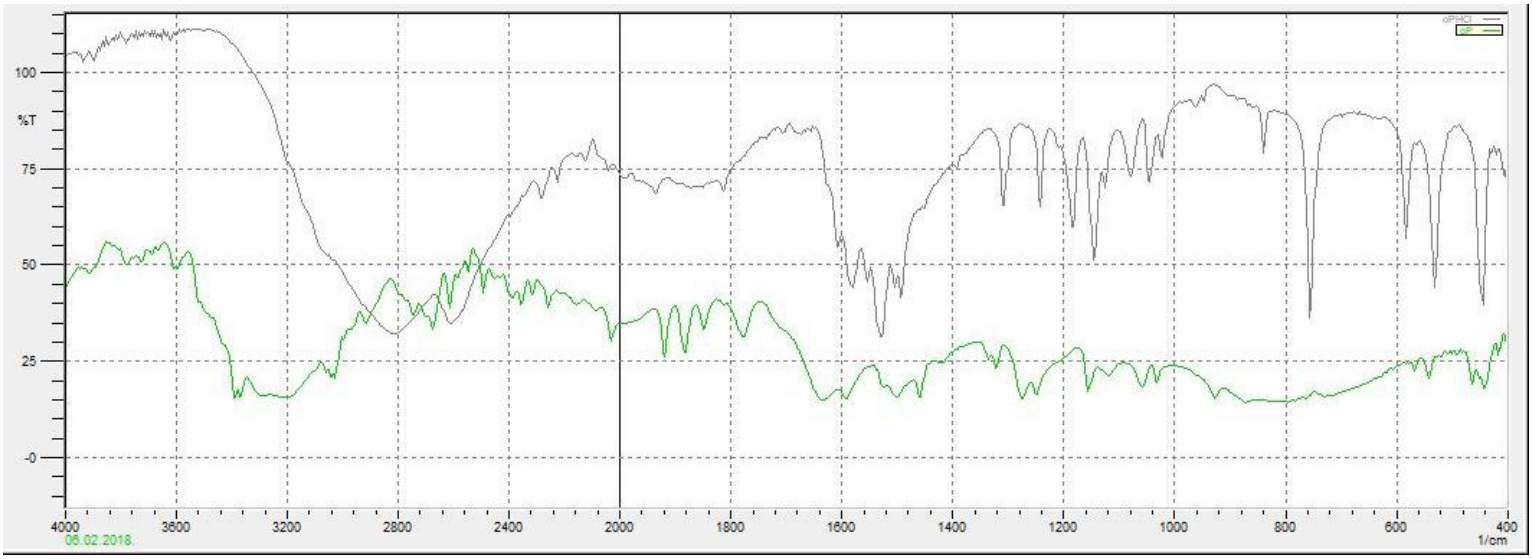
4. Rezultati i rasprava

4.1. Spektri nastalih soli

U izvedenim sintezama korištena su tri polazna spoja (*orto-, para- i meta*-fenilendiamini). Dobiveni spektri fenilendiamina (bez kiselina) imaju veliki broj funkcijskih skupina, no u ovom radu promatrani su pikovi koje se odnose na amino-skupinu (N-H veza) , vibraciju karakterističnu za aromatske amine (C-N veza) te na određeni položaj supstituenata na prstenu.

Također je prokomentiran samo jedan spektar od svakog fenilendiamina preklopljen sa spektrom jedne od kiselina, dok se ostali spektri nalaze u dodatku.

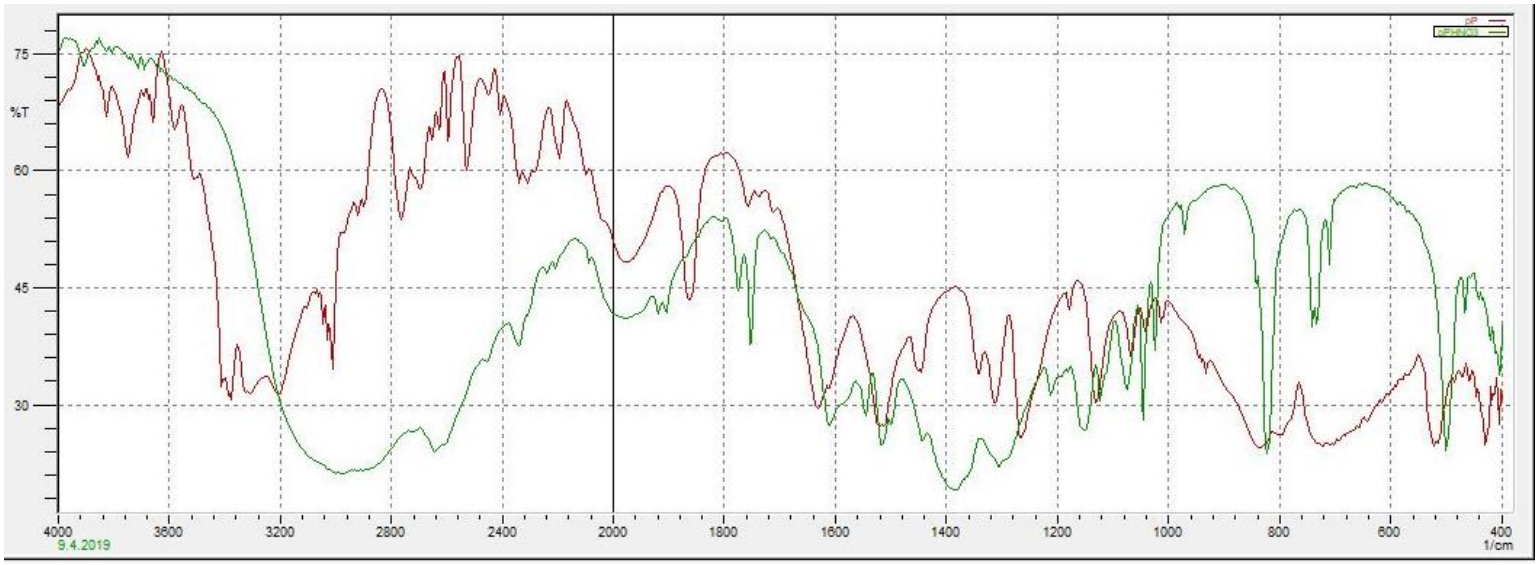
4.1.1. IR spektar *orto*-fenilendiamina i njegove soli (*orto*-fenilendikllorida)



Slika 4. IR spektri *orto*-fenilendiamina i *orto*-fenilendiklorida

Na IR spektru (slika 4.) kod *orto*-fenilendiamina (zelena krivulja) vidljiv je karakteristični pik amino-skupine, to jest N-H veza, široka vrpca sa šiljcima od 3300 cm^{-1} do 3400 cm^{-1}, dok je kod spektra nastale soli (siva krivulja) vidljiv karakteristični gubitak te skupine. Na oko 780 cm^{-1} javlja se pik karakterističan za *orto* položaj supstituenata. Uočljiv je i pik C-H istezanja karakterističan za aromatske amine pri 1335-1250 cm^{-1}.

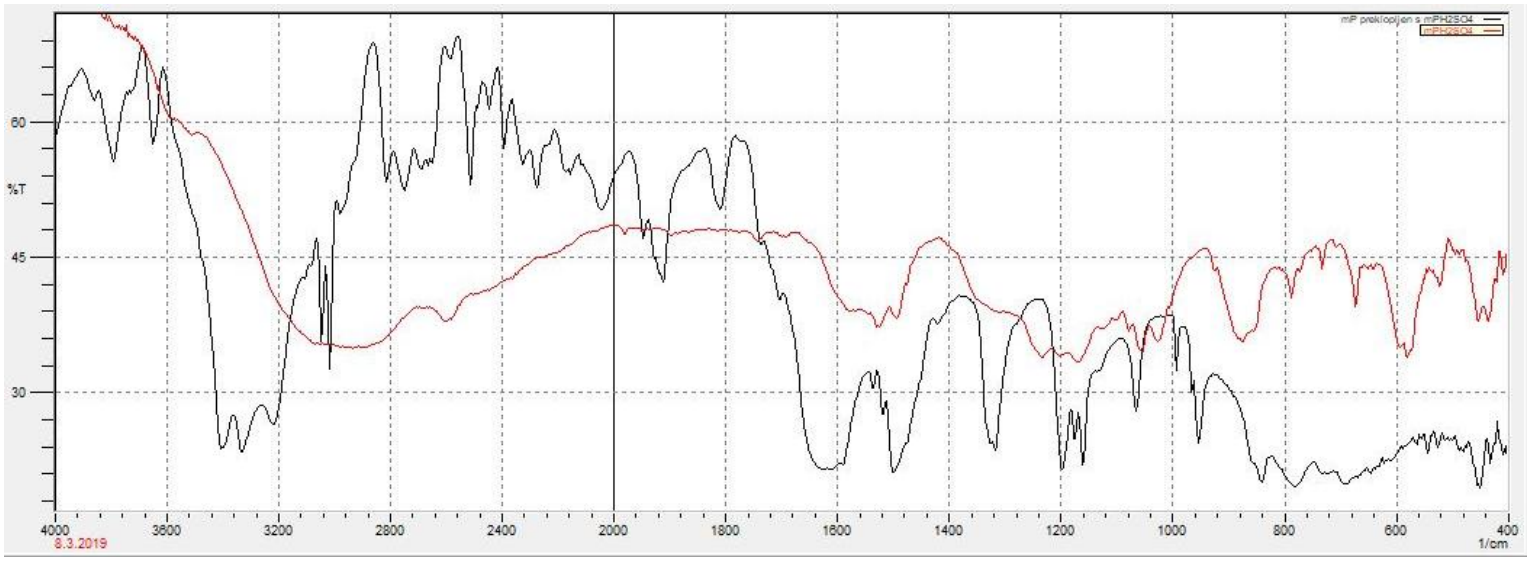
4.1.2. IR spektar *para*-fenilendiamina i njegove soli (*para*-fenilendinitrata)



Slika 5. IR spektri *para*-fenilendiamina i *para*-fenilendiamina

Na slici 5. uočavamo pik amino-skupine (crvena krivulja) od 3225 cm^{-1} do 3375 cm^{-1} te na 825 cm^{-1} pik karakterističan za *para* položaj. Kod dobivene soli (zelena krivulja) može se uočiti da navedena vibracija amino-skupine nije prisutna, ali je maksimum vidljiv pri 3100 cm^{-1}, široki pik, koji se može pripisati O-H, vodikovoj, vezi koja dodatno stabilizira dobivenu sol te nas upućuje na to da je dobivena sol na sebe vezala vodu.

4.1.3. IR spektra *meta*-fenilendiamina i njegove soli (*meta*-fenilendisulfata)



Slika 6. IR spektri *m*-fenilendiamina i *m*-fenilendisulfata

Na IR spektru (slika 6.) prilikom preklapanja čistog spoja *m*-fenilendiamina (crna krivulja) s njegovom soli *m*-fenienldisulfatom (crvena krivulja) vidljiv je karakterističan gubitak amino-skupine, to jest N-H veze, na 3300 cm^{-1}. *Meta* položaj izražen je na oko 780 cm^{-1}. Kod dobivene soli također je vidljiv široki pik na oko 3000 cm^{-1} koji nam karakterizira vezu O-H, što znači da je sol vezala vodu. Vrlo je izražen maksimum pri oko 1325 cm^{-1} koji upućuje na C-N istezanje veze.

4.2. Talište

Talište je temperatura pri kojoj neka tvar prelazi iz čvrstog u tekuće agregatno stanje, to jest temperatura pri kojoj se čvrsta i tekuća faza nalaze u ravnoteži.

Kristalni spojevi se tale na određenoj temperaturi na kojoj, zbog dovođenja topline, energija vibracije elementa kristalne rešetke postaje veća od energije veza pa se rešetka naglo raspada. Povišenjem temperature raste i kinetička energija molekula. Molekule sve jače osciliraju te pri temperaturi tališta molekule mijenjaju mjesto s obzirom na svoje susjede pa dolazi do promjene strukture.

Dobivena tališta za fenilendiamine puno su niža od tališta za soli fenienldiamina, jer je potrebna viša temperatura da bi se raspala kristalna rešetka soli. (Tablica 1.)

Iz tablice je vidljivo da najviše talište ima *para* fenilendiamin, zatim *orto* fenilendiamin te *meta* fenilendiamin. Sličan porast tališta vidljiv je i kod dobivenih soli fenilendiamina.

Najviše talište imaju soli fenilendiklorida, slijede ih soli fenilendisulfata pa soli fenilendinitrata. Objašnjenje takvih dobivenih vrijednosti tališta soli vezano je uz veličinu iona. S obzirom da su kloridni ioni, Cl^-, najveći, pa pretpostavljamo da zauzimaju najviše mjesta u kristalnoj strukturi, potrebno je i dovesti najviše topline to jest potrebna je najviša temperatura da dođe do raspadanja kristalne rešetke. Sulfatni, SO_4^{2-}, i nitratni, NO_3^-, ioni su približno iste veličine, ali je talište više kod sulfata, pretpostavljamo zbog 2- naboja na ionu i četiri atoma kisika koja nose glavninu negativnog naboja.

Tablica 1. Prikaz vrijednosti tališta za fenilendiamine i soli fenilendiamina

	fenilendiamini/°C	**fenilendikloridi/°C**	**fenilendisulfati/°C**	**fenilendinitrati/°C**
para	141	298	296	182
orto	104	272	248	165
meta	66	268	210	150

5. Zaključak

U ovom radu sintetizirano je devet različitih soli. Soli su se pripremile otapanjem *o*-fenilendiamina, *p*-fenilendiamina i *m*-fenilendiamina u klorovodičnoj kiselini, sulfatnoj kiselini te dušičnoj kiselini. Nastale soli su analizirane pomoću FT-IR spektrofotometra i mjerenja tališta. Uočene su sličnosti među solima, ali i određene razlike.

FT-IR spektroskopija pomaže pri identifikaciji spoja tako da na spektru prikazuje vibracije istezanja, savijanja pri određenom valnom broju te se iz dobivenog spektra može zaključiti o kojem spoju se radi. Glavna vibracija koja se treba vidjeti pri analizi fenilendiamina je vibracija amino-skupine, to jest N-H veza, koja se očitava pri 3500-3250 cm^{-1} te vibracija aromatskih amina, C-N istezanje, pri 1335-1250 cm^{-1}. Prilikom sinteze soli fenilendiamina dolazi do gubitka N-H i C-N veza. Rezultati IR spektroskopije sugeriraju nam da su nastali produkti onečišćeni s određenom količinom reaktanta ili su vezali vodu, pa pretpostavljamo da reakcije nisu u potpunosti završene ili nisu provedene u odgovarajućim uvjetima.

Promatrajući tališta spojeva vidljive su razlike između fenilendiamina i njihovih soli koje se mogu pripisati strukturi kristalne rešetke. Vidljivo je da se svi fenilendiamini određene soli tale pri sličnim temperaturama. Navedene sličnosti tališta pripisuju se sličnostima amina iz kojih je sol nastala.

6. Literatura

[1] Habuš, Tomašić, Opća kemija 1 : udžbenik kemije za prvi razred gimnazije, 1. izd., Profil, Zagreb, 2014

[2] Dr. Ivan Filipović, dr. Stjepan Lipanović, Opća i anorganska kemija, IV promijenjeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1982

[3] Dubravka Stričević, Blanka Sever: Temelji organske kemije, udžbenik za četvrti razred gimnazije, Profil, 2013.

[4] Katherine J. Denniston, Joseph J. Topping, General, Organic and Biochemistry, Third Edition, Mc-Graw Hill, 2001

[5] McMurry, John Osnove organske kemije, Udžbenici Sveučilišta u Rijeci, "Zrinski", 2014 .

[6] L. G. Wade, ml., prevoditelji: dr.sc. Olga Kronja, prof.dr.sc. Vladimir Rapić, prof.dr.sc. Ivo Bregovec, Organska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 2017

[7] Robert Thornton Morrison, Robert Neilson Boyd, preveo: Dragutin Kolbah, Organska kemija, Svezčilišna naklada Liber, Zagreb, 1979

[8] Stanley H. Pine, preveli: Ivo Bregovec, Vladimir Rapić, Organska kemija, III. promijenjeno izdanje, Školska knjiga, Zgreb, 1994

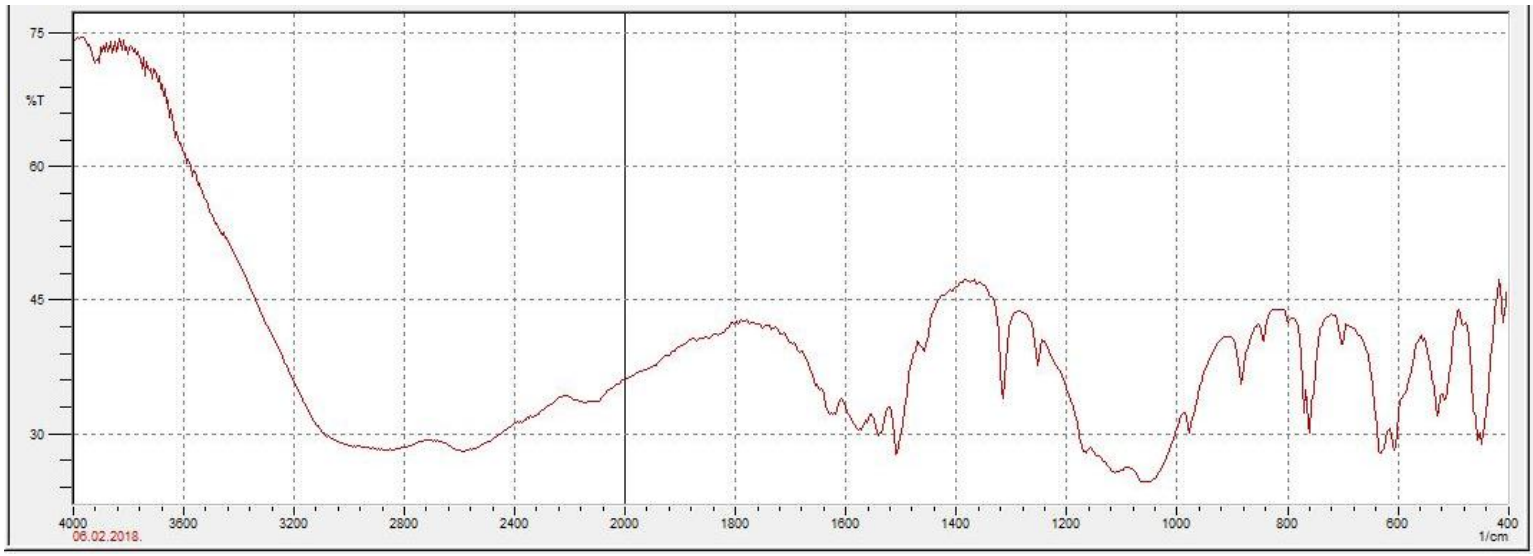
[9] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/o-phenylenediamine#section=Abiotic-Degredation

[10] Požarno opasne, toksične i reaktivne tvari, *Kem. Ind.* 61 (4) A1177-A1179 (2012), uređuje: Branko Uhlik

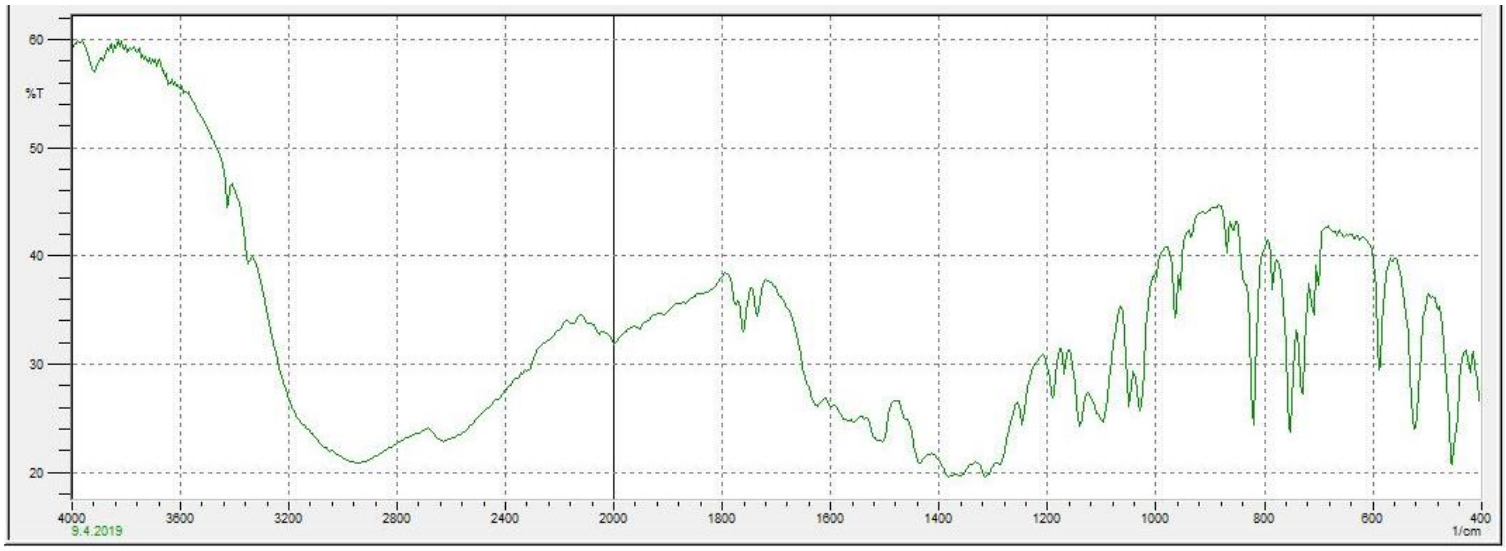
[11] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/m-Phenylenediamine#section=Kovats-Retention-Index

7. Dodatak

7.1. IR spektri soli *orto*-fenilendiamina

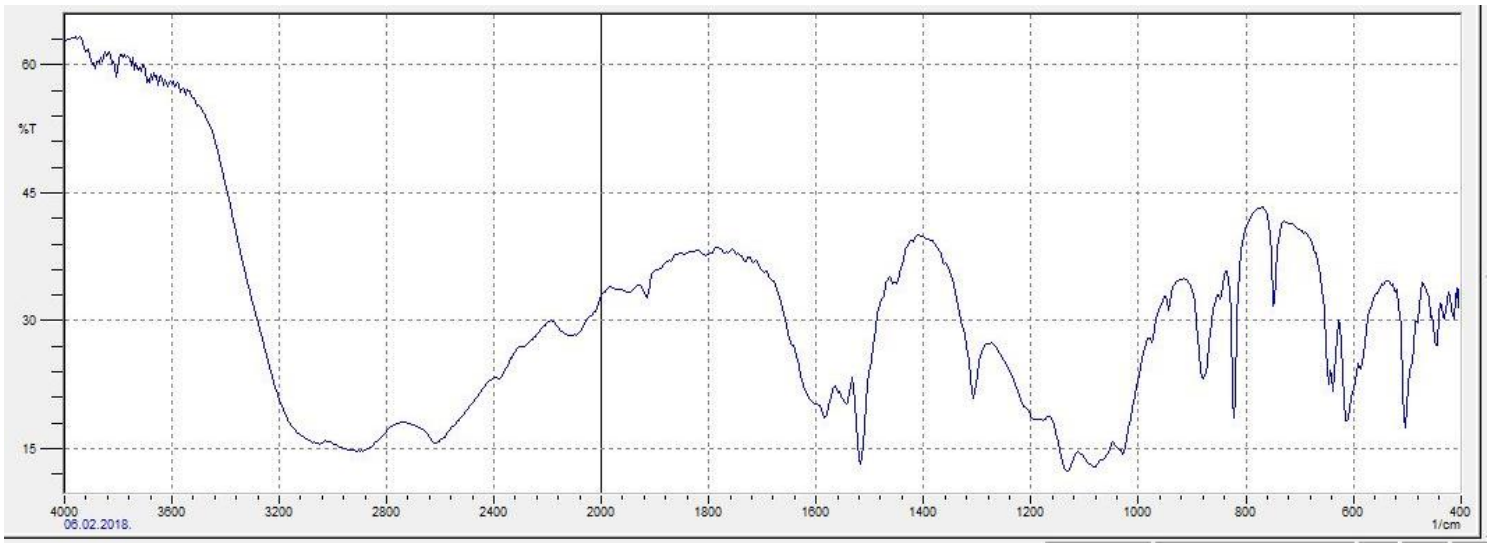


Slika 7. IR spektar *o*-fenilendisulfata

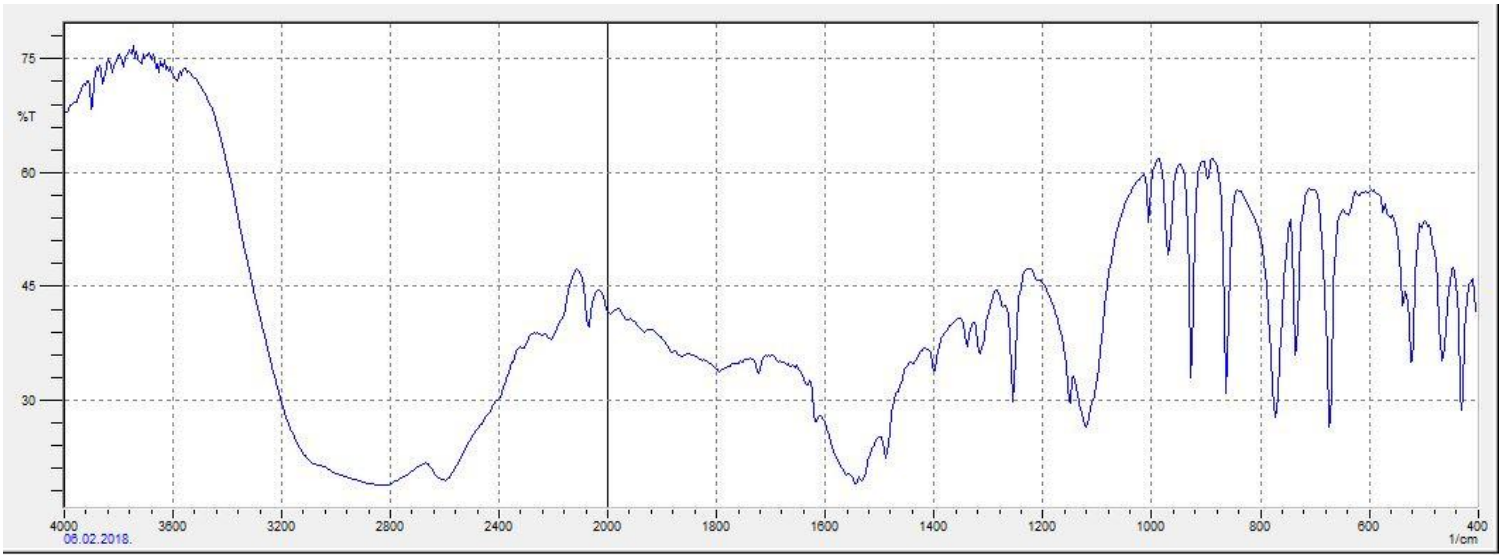


Slika 8. IR spektar *o*-fenilendinitrata

7.2. IR spektri soli *para*-fenilendiamina

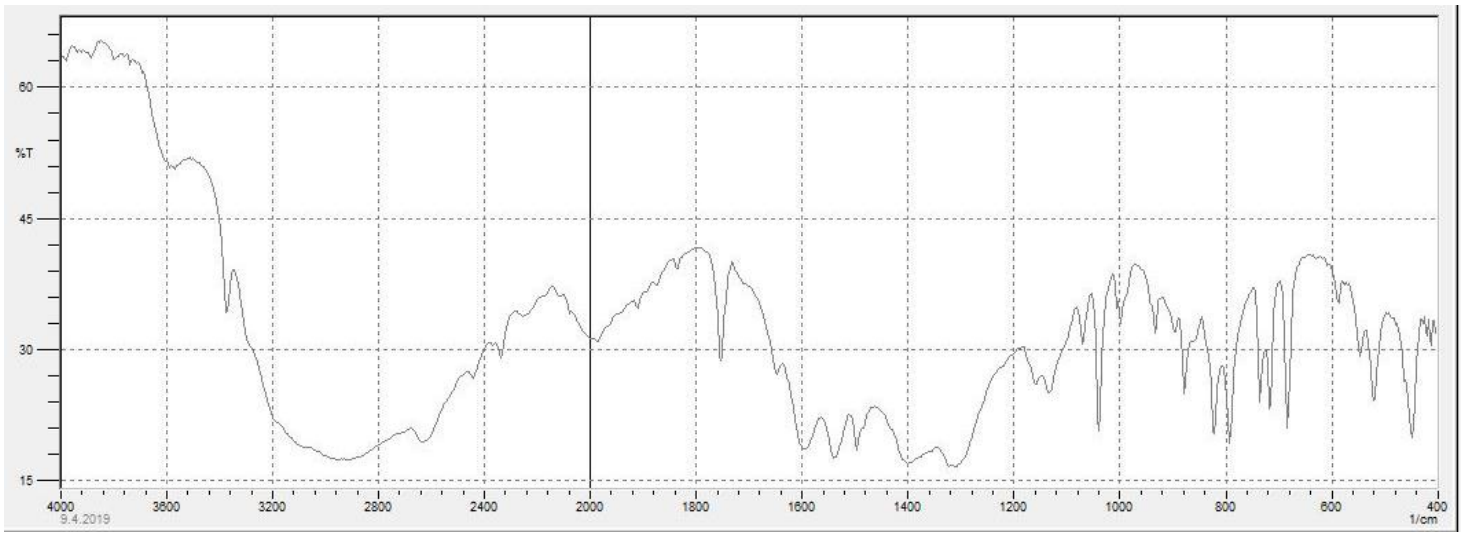


Slika 9. IR spektar *p*-fenilendisulfata

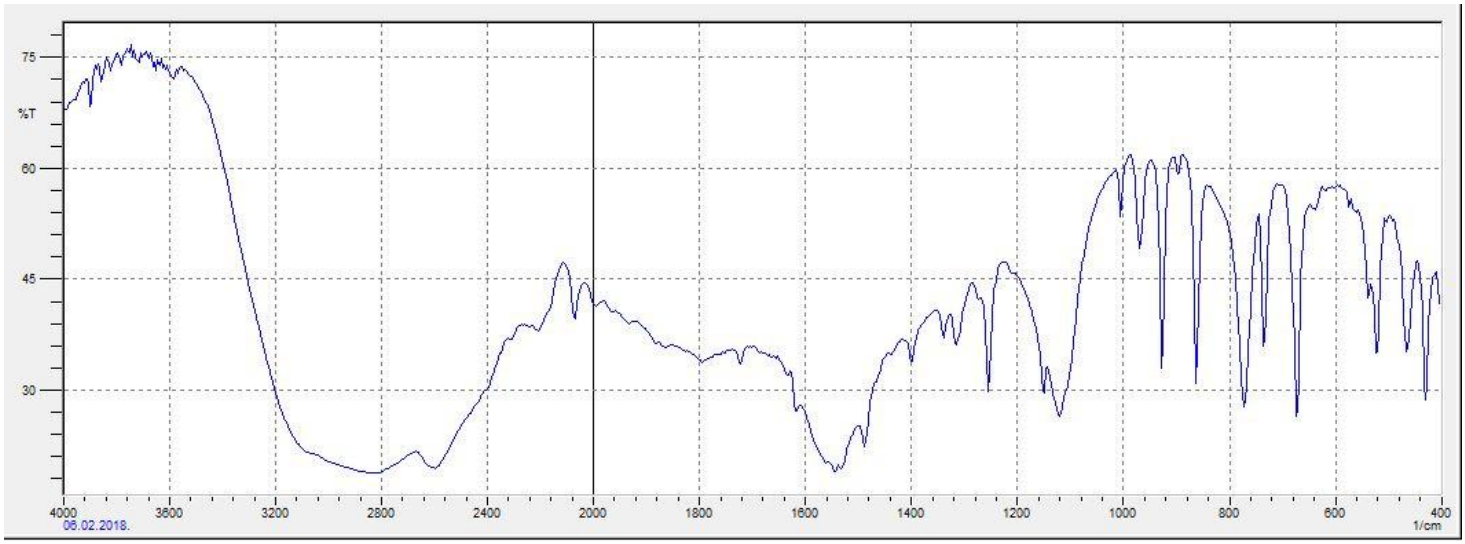


Slika 10. IR spektar *p*-fenilendiklorida

7.3. IR spektar soli *meta*-fenilendiamina



Slika 11. IR spektar *m*-fenilendinitrata



Slika 12. IR spektar *m*-fenilendiklorida