

# Priprava membrane LaF3 postupkom taloženja La3+ i F- uz dodatak Eu(NO3)3 za FISE

---

**Bek, Eva**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:620347>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-18**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**PRIPRAVA MEMBRANE  $\text{LaF}_3$  POSTUPKOM SUTALOŽENJA  $\text{La}^{3+}$  I  $\text{F}^-$  UZ  
DODATAK  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  I  $\text{Eu}^{3+}$  ZA FISE**

**DIPLOMSKI RAD**

**EVA BEK**

**Matični broj: 71**

**Split, listopad 2018.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**DIPLOMSKI STUDIJ KEMIJE**  
**SMJER: ORGANSKA KEMIJA I BIOKEMIJA**

**PRIPRAVA MEMBRANE  $\text{LaF}_3$  POSTUPKOM SUTALOŽENJA  $\text{La}^{3+}$  I  $\text{F}^-$  UZ  
DODATAK  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  I  $\text{Eu}^{3+}$  ZA FISE**

**DIPLOMSKI RAD**

**EVA BEK**

**Matični broj: 71**

**Split, listopad 2018.**

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**GRADUATE STUDY IN CHEMISTRY**  
**ORIENTATION: ORGANIC CHEMISTRY AND BIOCHEMISTRY**

**PREPARATION  $\text{LaF}_3$  MEMBRANE BY PRECIPITATION OF  $\text{La}^{3+}$  AND  $\text{F}^-$   
WITH ADDITION OF  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  AND  $\text{Eu}^{3+}$  FOR FISE**

**GRADUATE THESIS**

**EVA BEK**

**Parent number: 71**

**Split, October 2018.**

**Sveučilište u Splitu**

**Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu**

**Studij:** Kemija, smjer: Organska kemija i biokemija

**Znanstveno područje:** prirodne znanosti

**Znanstveno polje:** kemija

**Tema rada** je prihvaćena na III. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko tehnološkog fakulteta

**Mentor:** prof. dr. sc. Marija Bralić

**Pomoć pri izradi:** Josip Radić, mag. chem.

**PRIPRAVA MEMBRANE  $\text{LaF}_3$  POSTUPKOM SUTALOŽENJA  $\text{La}^{3+}$  I  $\text{F}^-$  UZ DODATAK  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$  I  $\text{Eu}^{3+}$  ZA FISE**

Eva Bek , 71

**Sažetak:**

U ovom radu dobiven je slabo topljiv talog  $\text{LaF}_3$  sutaloženjem  $\text{NaF}$  i  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  s europijem. Bijeli puderasti talog sušen je u sušioniku na  $60^\circ\text{C}$ . Pripravljane su membrane različitih debljina, zbog veće čvrstoće u membrane dodavan je teflon. Odzivne karakteristike elektrode ispitivane su metodom slijednog razrijeđenja počevši od koncentracije fluorida  $10^{-1}$  do  $10^{-7}$   $\text{molL}^{-1}$ . Kako bi se dobile bolje odzivne karakteristike na površinu membrana nanošene su nanočestice  $\text{Fe}_x\text{O}_y$ . Pripravljene membrane nisu pokazale očekivane odzivne karakteristike, promjena potencijala po dekadi znatno je niža od teorijske vrijednosti (59 mV) i iznosila je 15 mV. Dodatak nanočestica nije znatno poboljšalo odzivne karakteristike. Dodatak europija u različitim postotcima (0,3 %, 1%, 3%) nije znatno poboljšao odzivne karakteristike.

**Ključne riječi:** taloženje, potencijal, membrane, nanočestice

**Rad sadrži:** 37 stranica, 19 slika, 17 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav povjerenstva za obranu:**

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. Izv.prof. dr. sc. Josipa Giljanović | - predsjednik |
| 2. doc. dr. sc. Ante Prkić             | - član        |
| 3. prof. dr. sc. Marija Bralić         | - član-mentor |

**Datum obrane:** 23. listopad, 2018.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen** u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University of Split**

**Faculty of Chemistry and Technology Split**

**Study:** Chemistry, Orientation: Organic Chemistry and Biochemistry

**Scientific area:** natural sciences

**Scientific field:** chemistry

**Thesis subject** was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. III.

**Mentor:** PhD Marija Bralić, full professor

**Technical assistance:** Josip Radić, MSc

### PREPARATION $\text{LaF}_3$ MEMBRANE BY PRECIPITATION OF $\text{La}^{3+}$ AND $\text{F}^-$ WITH ADDITION OF $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ AND $\text{Eu}^{3+}$ FOR FISE

Eva Bek, 71

**Abstract:**

**Sažetak:**

In the present thesis, sparingly soluble  $\text{LaF}_3$  was obtained by precipitating  $\text{NaF}$  with  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  with the addition of europium. The white powder-like precipitate was put in the dryer at  $60^\circ\text{C}$ . The membranes of different thicknesses were prepared, after which the Teflon was added in order to make membranes harder. Response characteristics were tested by using the serial dilution method with concentrations of fluoride ranging from  $10^{-1}$  to  $10^{-7}$   $\text{molL}^{-1}$ .  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  nanoparticles were deposited on the membrane surfaces in order to receive better response. The prepared membranes did not show any kind of response that was expected, which is due to potential change towards decades being around 15 mV, which is much lower than the theoretical value (59 mV). The addition of europium of different percentages (0,3%, 1% and 3%) did not significantly improve response characteristics of membranes.

**Keywords:** precipitating, potential, membranes, nanoparticles

**Thesis contains:** 37 pages, 19 figures, 17 references

**Original in:** Croatian

**Defence committee:**

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. associate prof. PhD Josipa Giljanović | chair person |
| 2. assistant prof. PhD Ante Prkić        | member       |
| 3. full prof. PhD Marija Bralić          | supervisor   |

**Defence date:** October 23, 2018.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35.

*Diplomski rad je izrađen u zavodu za kemiju okoliša, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom prof. dr.sc. Marije Bralić, u razdoblju od travnja do listopada 2018. godine.*



## ZAHVALA

*Zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Mariji Bralić na strpljenju, pomoći i vodstvu pri izradi diplomskog rada.*

*Također zahvaljujem asistentu Josipu Radiću, -mag. chem. na doprinosu i pomoći prilikom izradi diplomskog rada.*

*Hvala kolegama što su obogatili ovaj dio mog života, posebno Denisu Kriviću na savjetima i pomoći prilikom pisanja diplomskog rada.*

*Na kraju, zahvaljujem svojoj obitelji na strpljenju, razumijevanju i podršci koje mi nikada nije manjkalo, posebno ne tijekom studiranja.*

*Eva Bek*

## **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

1. Dobiti slabo topljivi talog  $\text{LaF}_3$  sutaloženjem  $\text{NaF}$  i  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  i  $\text{Eu}^{3+}$  pri sobnim uvjetima
2. Pripraviti membrane za FISE iz iztaloženog  $\text{LaF}_3$  i  $\text{Eu}^{3+}$  uz dodatak teflona i nanočestica
3. Ispitati karakteristike napravljenih membrana, potencijometrijskom metodom

## SAŽETAK

U ovom radu dobiven je slabo topljiv talog  $\text{LaF}_3$  sutaloženjem  $\text{NaF}$  i  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  s europijem. Bijeli puderasti talog sušen je u sušioniku na  $60^\circ\text{C}$ . Pripravljane su membrane različitih debljina, zbog veće čvrstoće u membrane dodavan je teflon. Odzivne karakteristike elektrode ispitivane su metodom slijednog razrijeđenja počevši od koncentracije fluorida  $10^{-1}$  do  $10^{-7}$   $\text{molL}^{-1}$ . Kako bi se dobile bolje odzivne karakteristike na površinu membrana nanošene su nanočestice  $\text{Fe}_x\text{O}_y$ . Pripravljene membrane nisu pokazale očekivane odzivne karakteristike, promjena potencijala po dekadi znatno je niža od teorijske vrijednosti (59 mV) i iznosila je 15 mV. Dodatak nanočestica nije znatno poboljšalo odzivne karakteristike. Dodatak europija u različitim postotcima (0,3 %, 1%, 3%) nije znatno poboljšao odzivne karakteristike.

**Ključne riječi:** taloženje, potencijal, membrane, nanočestice

## SUMMARY

In the present thesis, sparingly soluble  $\text{LaF}_3$  was obtained by precipitating  $\text{NaF}$  with  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  with the addition of europium. The white powder-like precipitate was put in the dryer at  $60^\circ\text{C}$ . The membranes of different thicknesses were prepared, after which the Teflon was added in order to make membranes harder. Response characteristics were tested by using the serial dilution method with concentrations of fluoride ranging from  $10^{-1}$  to  $10^{-7}$   $\text{molL}^{-1}$ .  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  nanoparticles were deposited on the membrane surfaces in order to receive better response. The prepared membranes did not show any kind of response that was expected, which is due to potential change towards decades being around 15 mV, which is much lower than the theoretical value (59 mV). The addition of europium of different percentages (0,3%, 1% and 3%) did not significantly improve response characteristics of membranes.

**Keywords:** precipitating, potential, membranes, nanoparticles

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| UVOD .....  | 1  |
| 1. OPĆI DIO .....   | 2  |
| 1.1. POTENCIOMETRIJA .....  | 2  |
| 1.1.1. Standardne (referentne) elektrode .....                                    | 6  |
| 1.1.2. Ionsko selektivne elektrode .....  | 6  |
| 1.2. FLUORIDNA IONSKO – SELEKTIVNA ELEKTRODA.....                                 | 7  |
| 1.2.1. Vrijeme života FISE .....  | 9  |
| 1.2.2. Utjecaj difuzije na dinamički odziv FISE.....                              | 10 |
| 1.2.3 Utjecaj acetatnog pufera na FISE .....                                      | 11 |
| 1.2.3. Unutarnji elektrolitni kontakt s LaF <sub>3</sub> – membranom .....        | 12 |
| 1.3. PREGLED NOVIJE LITERATURE .....  | 13 |
| 2. EKSPERIMENTALNI DIO .....  | 15 |
| 2.1. PRIPREMA OTOPINA .....   | 15 |
| 2.1.1. Otopina lantanovog nitrata ( $c = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ ).....          | 15 |
| 2.1.2. Otopina natrij-fluorida ( $c = 0,3500 \text{ mol L}^{-1}$ ).....           | 15 |
| 2.1.3. Otopina natrij–fluorida ( $c = 0,1000 \text{ mol L}^{-1}$ ).....           | 16 |
| 2.1.4. Otopina kalijevog nitrata ( $c = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ ).....           | 16 |
| 2.1.5. Priprava otopine natrijevog acetata ( $c = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ )..... | 16 |
| 2.1.6. Priprava otopine octene kiseline ( $c = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ ).....    | 16 |
| 2.1.7. Priprava acetatnog pufera pH = 4,70 .....                                  | 17 |
| 2.1.8. Otopina za razrjeđenje .....   | 17 |
| 2.2. PRIPREMA MEMBRANA .....  | 17 |
| 2.2.1 TALOŽENJE LaF <sub>3</sub> IZ NaF I La(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ..... | 17 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.2.2 | PRIPRAVA MEMBRANE.....                                       | 21 |
| 2.3.  | Labaratorijska izvedba elektrode .....                       | 23 |
| 2.4.  | Mjerni uređaji i pribor.....                                 | 24 |
| 3.    | REZULTATI MJERENJA .....                                     | 25 |
| 3.1   | Testiranje odziva fluoridne ionsko–selektivne elektrode..... | 25 |
| 4.    | RASPRAVA.....  | 34 |
| 5.    | ZAKLJUČAK.....   | 36 |
| 6.    | LITERATURA .....   | 37 |

## UVOD

Elektroda selektivna na fluoride je jedna od najšire rabljenih ionsko-selektivnih elektroda u analitičkoj praksi. Kod komercijalno dostupnih fluorid ionsko-selektivnih elektroda membrana elektrode izrađena je od monokristala  $\text{LaF}_3$  dopiranog s europijem. U ranijim radovima, autori su pokušavali pripremiti ionsko-selektivnu elektrodu koja je selektivna na fluoridne ione s membranama dobivenim taloženjem fluorida a različitim vrstama metala, ali su mnoge tako izrađene elektrode u praksi pokazale određene manjkavosti. Potencijometrija je elektroanalitička metoda u kojoj se mjeri razlika potencijala između elektroda elektrokemijske ćelije uz ravnotežne uvjete. Mjerenje se provodi tako da kroz ćeliju ne teče struja ili teče jako mala električna struja da je njen utjecaj na mjerenje zanemariv. Razlika potencijala između referentne i radne (indikatorske) elektrode mjeri se pomoću osjetljivih uređaja kao što su potencijometar i voltmetar.

U ovom radu membrana je napravljena od  $\text{LaF}_3$  umetnuta je u laboratorijski izvedeno tijelo za membranu, te su njene odzivne karakteristike mjerene potencijometrijski.

# 1. OPĆI DIO

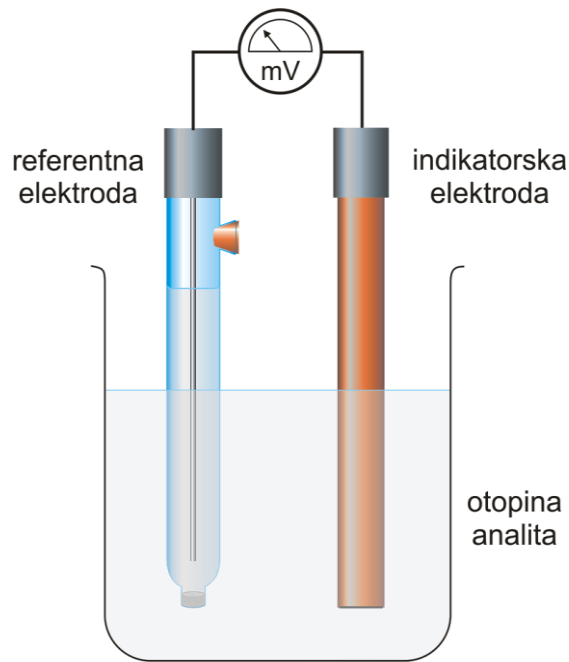
## 1.1. POTENCIOMETRIJA

Potenciometrija je elektroanalitička metoda u kojoj se mjeri razlika potencijala između elektroda elektrokemijske ćelije uz ravnotežne uvjete. Mjerenje napona ćelije provodi se tako da kroz ćeliju ne teče struja, odnosno teče tako malena električna struja da ne utječe mjerljivo na stanje ravnoteže na elektrodama.

Razlika potencijala između elektroda mjeri se pomoću osjetljivih mjernih uređaja potenciometra i voltmetra s velikom ulaznom impedancijom, tzv. pH- odnosno pIon-metar. Ove mjerne naprave omogućuju mjerenje razlike potencijala uz minimalan tok struje kroz elektrokemijsku ćeliju.

Potenciometrijska mjerenja provode se uz upotrebu dviju elektroda. Uvijek je jedna od njih referentna elektroda. Potencijal referentne elektrode ne ovisi o aktivitetima aktivnih ionskih ili molekulskih vrsta u potenciometrijskoj ćeliji. Zato se potencijal referentne elektrode tijekom mjerenja ne mijenja. Druga elektroda je indikatorska (radna) elektroda. Njezin potencijal ovisi o aktivitetu (koncentraciji) jedne ili više molekulskih vrsta u ćeliji<sup>1</sup>.





**Slika 1** – Ćelija s parom elektroda<sup>2</sup>

Indikatorske elektrode koje se koriste u potenciometriji mogu biti raznolike.

Razvrstavaju se temeljem razlike u načinu nastajanja razlike potencijala na dodirnoj površini elektroda-otopina. Razlika potencijala na dodirnoj površini elektroda-otopina posljedica je elektrokemijske reakcije na površini elektrode. Dolazi do razdvajanja naboja na dodirnoj površini, a time i do razlike potencijala između elektrode i otopine s njom u kontaktu.<sup>1</sup>

Dvije su temeljne vrste indikatorskih elektroda: kovinske elektrode i membranske (selektivne) elektrode. Kod kovinskih elektroda razlika potencijala na dodirnoj granici elektroda- otopina posljedica je redoks-reakcije na elektrodi. Kod membranskih elektroda, kao što je već rečeno, potencijal elektrode proizlazi iz promjene slobodne entalpije reakcije prijelaza iona, ionskom izmjenom, adsorpcijom, ekstrakcijom ili drugim načinom, kroz međusloj membrana-ispitivana otopina.<sup>1</sup>

Potencijal reverzibilne kovinske elektrode, na aktivnoj površini gdje je uspostavljena dinamička ravnoteža između metala i njegovih iona u otopini, dat je Nerstovom jednažbom.

Za redoks-sustav metala iskazanog općenitom relacijom:

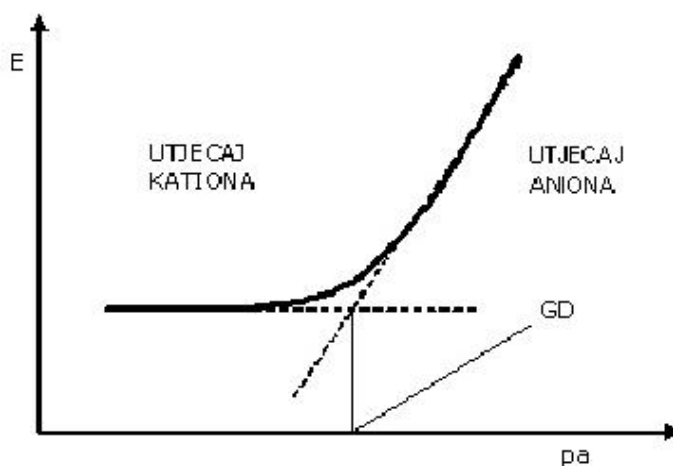


potencijal elektrode kod 25°C je:

$$E = E_{M^{z+}/M}^{\circ} + \frac{0,059V}{z} \log \frac{a_{M^{z+}}}{a_M} \quad (2)$$

Gdje je  $E^{\circ}$  standardni potencijal redoks- sustava, a  $a_{M^{z+}}$  i  $a_M$  aktiviteti oksidiranog i reduciranog oblika redoks - sustava metala.<sup>1</sup>

Budući da je aktivitet čistog metala  $a_M = 1$ , potencijal kovinske elektrode spomenutih metala ovisi samo o aktivitetu iona metala u otopini. Područje koncentracije, odnosno područje u kojem potencijal elektrode linearno slijedi promjenu koncentracije ( $\log c$ ) naziva se linearno dinamičko područje (Slika 3). Granica detekcije predstavlja koncentraciju kod koje, pri određenim uvjetima, elektroda više ne može pratiti promjenu potencijala, odnosno kao što slika 2 ilustrira to je granični aktivitet u točki GD koja je sjecište ekstrapoliranih linearnih područja baždarne krivulje.<sup>1</sup>

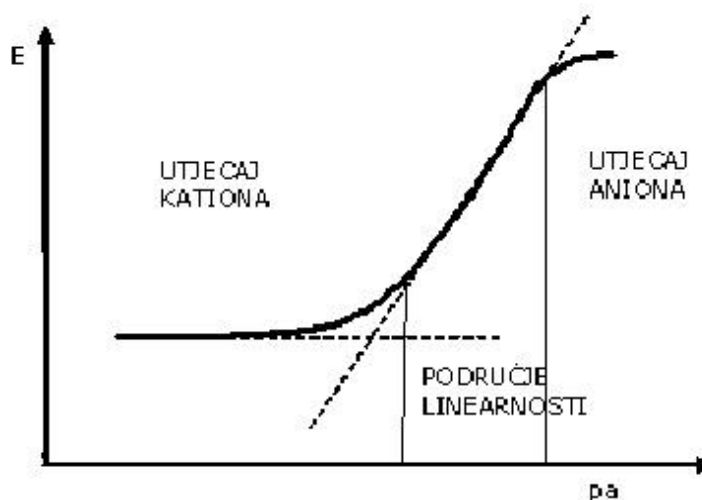


**Slika 2** - Ovisnost potencijala o logaritmu aktiviteta – granica detekcije<sup>1</sup>

Nagib pravca (S) u području linearnosti predstavlja promjenu potencijala po log c:

$$\frac{dE}{d \log c} = \frac{0.059}{z_i} = S \quad (3)$$

Za ione koji imaju  $z = 1$ , nagib pravca iznosi  $S = 0.059$



**Slika 3** - Ovisnost potencijala o logaritmu aktiviteta – područje linearnosti<sup>1</sup>

Selektivne membranske elektrode imaju vrlo široku primjenu u potenciometriji. Kod ovih elektroda potencijal ovisi o aktivitetu samo jedne molekulske vrste prisutne u potenciometrijskoj ćeliji. Često se membranske elektrode nazivaju još i ionsko selektivne elektrode zbog njihove visoke selektivnosti. Nazivaju se još i p-ion elektrode, jer se njihov izlazni signal registrira kao p-funkcija, kao što je pH; pCa i dr. U većini membranskih elektroda razlika potencijala na dodirnoj površini posljedica je zamjene iona iz otopine i iona u površinskom dijelu materijala membrane. Na dodirnoj površini dviju elektrolitnih otopina različitog sastava nastaje difuzijski potencijal. Posljedica je razlike u brzini difuzije iona elektrolita kroz graničnu površinu između dviju otopina. Membrane nisu

dvodimenzionalna sita koja propuštaju samo jednu vrstu iona. To su tijela koja imaju određenu debljinu, i zbog toga dolazi do izmjene na obje strane membrane između dva elektrolita i do razlike potencijala. Da bi membrana mogla služiti kao osjetilo u materijalu same membrane moraju postojati pokretljivi nosioci električnog naboja koji prenose električnu struju kroz membranu<sup>1</sup>.

### **1.1.1. Standardne (referentne) elektrode**

Referentne elektrode imaju stalan potencijal tijekom elektroanalitičkog postupka, pa služe kao standard prema kojem mjerimo potencijal druge elektrode (radne ili indikatorske).<sup>1</sup>

Vrste referentnih elektroda:

- standardna vodikova elektroda
- kalomelova elektroda  $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$
- elektroda srebro/srebrov klorid  $\text{Ag}/\text{AgCl}$

### **1.1.2. Ionsko selektivne elektrode**

Ionsko-selektivne elektrode su elektrode čiji je potencijal (primarno) ovisan o jednoj ionskoj vrsti.

Razlika potencijala koja se uspostavi na među površini membrana/ ispitivana otopina jedini je promjenjivi doprinos ukupnom potencijalu indikatorske elektrode odnosno razlici potencijala između indikatorske i referentne elektrode. Koriste se membrane od različitih materijala ovisno o analitu (ionu na koji je elektroda selektivna) i ostalim željenim svojstvima. Sadrže internu referentnu elektrodu (najčešće  $\text{Ag}/\text{AgCl}$ ).<sup>1</sup>

Vrste ionsko-selektivnih elektroda:

- staklene elektrode – selektivne za  $H^+$  i druge monovalentne katione ( $Na^+$ ,  $Ag^+$ ,  $K^+$ ,  $Li^+$ ,  $NH_4^+$ )
- ionsko-selektivne elektrode s čvrstom membranom
- selektivne elektrode s heterogenom čvrstom membranom
- selektivne elektrode s tekućom membranom
- elektrode za plinove
- enzimske elektrode

## 1.2. FLUORIDNA IONSKO – SELEKTIVNA ELEKTRODA

Prve ionsko-selektivne elektrode s heterogenim membranama pripravili su Pungor i Hollos – Rokosingi još 1961. godine<sup>3</sup>, a ionsko-selektivne elektrode s membranom od kristalnog materijala pripravili su Frant i Ross.<sup>4</sup>

Za fluoridnu ionsko-selektivnu elektrodu (FISE)<sup>5</sup> koristili su se monokristali lantanovog fluorida. Kako monokristal lantanovog fluorida nema zadovoljavajuću vodljivost dopiran je s ionima europija. Produkt topljivosti svježe<sup>6</sup> istaloženog lantanovog fluorida kod ionske jakosti,  $I=0.08 \text{ mol L}^{-1}$ , je  $K_{sp}(LaF_3)=10^{-17.9} \text{ mol}^4 \text{ L}^{-4}$ . Stajanjem  $LaF_3$  mijenja konstantu<sup>6</sup> produkta topljivosti  $K_{sp}(LaF_3)=10^{-24.2} \text{ mol}^4 \text{ L}^{-4}$ . Razlika u konstanti produkta topljivosti posljedica je različite energije kristalne rešetke koja je mnogo veća kod svježe istaloženih polikristaličnih materijala nego kod monokristala.

Konstanta produkta topljivosti ( $K_{sp}$ ) umnožak je ravnotežnih koncentracija (točnije aktiviteta) iona taloga podignutih na potenciju svog stehiometrijskog faktora u ravnotežnoj jednadžbi.

Za bilo koji spoj opće formule  $A_aB_b$



konstanta produkta topljivosti iznosi

$$K_{sp}(A_aB_b) = [A^+]^a \cdot [B^-]^b \quad (5)$$

Topljivost, kao i sve konstante ravnoteže ovisi o temperaturi. Što je manja vrijednost konstante produkta topljivosti, to je manja topljivost tvari.<sup>7</sup>

Ova elektroda pokazuje odziv u skladu s Nerstovim izrazom za monovalentne aktivne ione u neutralnoj i slabo kiseloj sredini unutar koncentracijskog područja fluorida od  $10^{-1}$  do  $10^{-6}$  molL<sup>-1</sup>.<sup>6</sup>

Donja granica detekcije ove elektrode može biti i niža, čak do koncentracije F<sup>-</sup> ona  $10^{-7}$  mol L<sup>-1</sup> za ionsku jakost otopine  $I=2$  mol L<sup>-1</sup>.

Zapažena je interferencija hidroksidnih iona na odziv FISE. Frant i Ross<sup>4</sup> smatrali su da selektivnost prema hidroksidnim ionima može biti karakterizirana koeficijentom selektivnosti  $K^{pot}(F^-, OH^-) = 0,1$ . Utvrđeno je da se koeficijent selektivnosti mijenja u ovisnosti o koncentraciji fluoridnih iona i o vremenu. Ovisnost o vremenu je izrazitija u lužnatim otopinama, u čemu važnu ulogu ima prodiranje OH<sup>-</sup> iona u kristalnu rešetku lantanovog trifluorida. Posljedica prodiranja OH<sup>-</sup> iona u kristalnu rešetku LaF<sub>3</sub> je oslobađanje F<sup>-</sup> iona, njihovu difuziju u otopinu i promjenu potencijala. Kod ispitivanja odziva ove elektrode utvrđeno je da se stabilan potencijal postiže za 0,5 sekundi kod visokih koncentracija, dok se kod koncentracije fluorida  $10^{-6}$  mol L<sup>-1</sup> stabilan potencijal uspostavlja u vremenu od 3 min. Frant i Ross<sup>4</sup> preporučili su kao najpogodniji pH za mjerenje s ovom elektrodom pH = 5 – 5,5 uz primjenu TISAB- pufera. Elektroda ima vrlo široku primjenu u praktičnim analitičkim određivanjima kao i kod proučavanja mehanizma reakcija stvaranja fluoridnih kompleksa.

Primjena FISE u praktičnim analizama:

- Određivanje  $F^-$  - iona u anorganskim supstancama dimećoj  $HNO_3$  fluorosilicijevoj kiseline, metalnim oksidima, fosfatima, mineralima i stijenama
- Određivanje  $F^-$  - iona u organskim supstancama
- Određivanje  $F^-$  - iona u okolišu: zraku, ispušnim plinovima, vodi za piće, otpadnim vodama i morskoj vodi
- Određivanje  $F^-$  - iona u biologiji, medicini i industrijskoj hrani; posebice u uzorcima kao što su: kosti, zubi, serum, urin, pasta za zube, biljke, pića...

Primjena FISE kod proučavanja kinetike nekih reakcija:

- Reakcije ionizacije HF
- Računanje konstanti stabilnosti za reakcije različitih kationa s  $F^-$  - ionima
- Proučavanje mehanizma reakcije između Fe(III)- iona i  $F^-$  iona u fluoridnom mediju
- Ispitivanje kinetike nastajanja kompleksa  $MF_n^{(3-n)+}$

U posljednjih 15-ak godina ova elektroda našla je svoju primjenu i u protočnoj analizi <sup>8</sup>.

### 1.2.1. Vrijeme života FISE

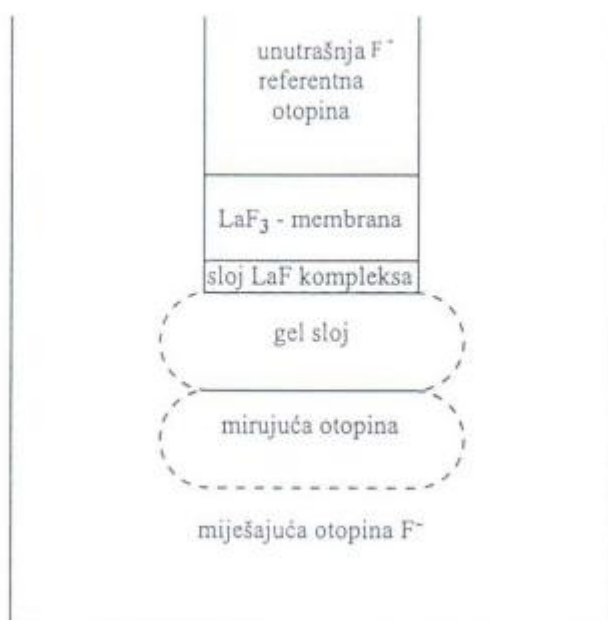
Tijekom vremena upotrebe elektrodni odziv slabi<sup>9</sup>, postaje sve sporiji i elektroda je na kraju neprikladna za upotrebu. Brzina promjene odziva može se uočiti već 1 do 6 mjeseci poslije kupnje. Dužim korištenjem odzivno vrijeme postaje deset puta duže od uobičajenog.

Mertens i suradnici <sup>10</sup> opisali su vrijeme odziva koje može biti od 1 do 10 min. Ako bi se elektroda kupovala nakon što pokazuje slabije odzivne karakteristike to bi bilo skupo za analizu, pa su Stahr i suradnici <sup>9</sup> pokazali kako obnoviti komercijalnu izvedbu FISE-e koja je potpuno izgubila kontakt. Pokazalo se da elektroda gubi odziv zbog iscjeđenja ili ishlapljivanja unutrašnjeg elektrolita koji ostvaruje kontakt. Obnovom istog elektroda ponovno pokazuje dobar odziv. Kao unutrašnji elektrolit autori su upotrijebili: otopinu HCl,  $c(HCl) = 1 \text{ mol L}^{-1}$ , pripravljenu s redestiliranom vodom zasićenom s  $CaCl_2$ . U otopinu su

dodali 1-2 kapi otopine  $\text{AgNO}_3$ ,  $c(\text{AgNO}_3) = 1 \text{ mol L}^{-1}$ . Jedan mililitar pripravljene otopine dodan je u tijelo elektrode. Karakteristike odziva obnovljene elektrode u potpunosti su usporedive s komercijalnom elektrodom iako može doći do paralelnog pomaka vrijednosti potencijala u pozitivnom ili negativnom smjeru.

### 1.2.2. Utjecaj difuzije na dinamički odziv FISE

Hawkings i suradnici<sup>11</sup> su pokušali protumačiti dinamički odziv FISE pomoću četiri odvojena čimbenika: difuzijom iona, nedefiniranim reakcijama, topljivošću  $\text{LaF}_3$  membrane i kalibracijskim pomakom potencijala. Pretpostavili su da se električna ravnoteža uspostavlja veoma brzo kroz čvrstu membranu te da je sumarni spori odziv rezultat procesa na granici membrana vanjska otopina. Kod razmatranog modela mogu nastati miješane soli na površini ili gel sloj La- kompleksa. Za brzinu odziva elektrode od značaja mogu biti i efekti izazvani statičkim slojem otopine.

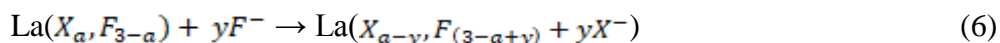


**Slika 4** - Shematski prikaz granice faza membrana / otopina



Ispitivana je i brzina odziva FISE i to za vremenski interval od 0,5 do  $> 10^{-4}$  min i koncentraciju fluorida od  $0,7 \text{ ng g}^{-1}$  do  $15 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ . Pokazalo se da vrijeme potrebno za postizanje ravnotežnog potencijala kod niskih koncentracija  $\text{F}^-$  iona može biti od 2 do čak 10 sati.

Promjena potencijala FISE kod definiranih eksperimentalnih uvjeta može biti posljedica promjene debljine i sadržaja fluorida u La–kompleksnom sloju na površini  $\text{LaF}_3$  membrane (slika 4). Svaka promjena sadržaja fluorida u otopini dovodi do reverzibilne promjene sastava graničnog sloja. Reakcija može biti prikazana:



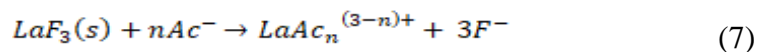
Gdje X može biti klorid, acetat, hidroksid ili DCTA anion. Veličine konstante brzine  $k_1$ ,  $k_2$  određene su smjesom aniona<sup>4</sup>.

Kompleksnost odziva  $\text{LaF}_3$  elektrode nameće ograničenje za njenu primjenu kod niskih koncentracija fluorida, ali uz kontrolirano kondicioniranje ova elektroda može biti uspješno primijenjena i kod niskih koncentracija  $\text{F}^-$  iona.

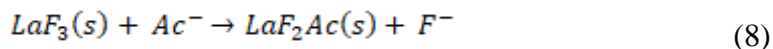
### 1.2.3 Utjecaj acetatnog pufera na FISE

Ispitivan je utjecaj acetatnog iona na odziv FISE<sup>12</sup>. Eksperimentalno je utvrđeno da prisutnost acetata utječe na izgled krivulje kalibracije. Kod većih koncentracija acetata prisutnog u otopini područje linearnosti je smanjeno do pF vrijednosti 3,6.

Pretpostavljeno je da je mogući utjecaj od nastajanja lantan–acetat kompleksa ili od miješanja taloga  $\text{LaF}_2\text{Ac}_{(s)}$  tj. da dolazi do izmjene iona na membrani



Ili



Ovaj utjecaj može se smanjiti, a područje linearnosti povećati iznad pF 3,6 dodatkom male količine La (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> u otopinu ili dodatkom suviška nitrat-iona u otopinu.

### 1.2.3. Unutarnji elektrolitni kontakt s LaF<sub>3</sub> – membranom

Od prvih radova Franta i Rossa<sup>4,13</sup> veliki broj publikacija odnosi se na tumačenje odziva potencijala fluoridne ionsko-selektivne elektrode uključujući mehanizam funkcioniranja unutarnjeg kontakta sa selektivnom membranom. Kod komercijalno dostupnih fluoridnih ionsko-selektivnih elektroda kontakt između unutarnje srebro/srebro-kloridne referentne elektrode ostvaren je preko tekućeg elektrolita. Unutrašnja elektrolitna otopina sadrži kloridne i fluoridne ione u određenim koncentracijama koje definiraju radni potencijal FISE.

Uočeno je da odziv komercijalne elektrode s vremenom postaje tromiji nakon čega potpuno nestaje. Gubitak kontakta između unutarnje referentne elektrode i osjetljive membrane rezultat je ispitivanja ili cijedenja unutrašnje otopine. Kontakt je moguće obnoviti obradom tijela elektrode i dodavanjem svježje standardne otopine<sup>9</sup>. Međutim, ovaj način obnove unutarnjeg kontakta nije se pokazao kao dobro rješenje. Ghosh i suradnici<sup>14</sup> pripravili su ISE s kalcij fluoridnom membranom. Kalcij fluorid su pripravili u obliku kristala koji su dopirali s ionima europija. Cijela procedura nastajanja kristala i dopiranja izvođena je pri temperaturi 1380°C. Kristal je kontrolirano hlađen, posebice se kontrolirao rast kristala čija je konačna debljina iznosila 40 nm a promjer 10 mm. Kao unutrašnje otopine koristili su otopine nitratne kiseline, kalijevog nitrata, kalcijevog klorida i kalijevog fluorida različitih koncentracija, kao i kombinacija ovih otopina u različitim omjerima. Kod svih unutrašnjih otopina kao unutarnju elektrodu koristili su platinsku elektrodu.

Odziv elektrode prema kalcijevim ionima ispitan je uz korištenje unutrašnje otopine koja je sadržavala ione kalcijevog klorida i kalijevog fluorida, promjena potencijala po dekadi

koncentracije bila je 20 mV. Kada su kao unutrašnju otopinu koristili otopinu  $\text{CaCl}_2$   $c(\text{CaCl}_2) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$  pomiješanu s nekoliko kapi otopine  $\text{HNO}_3$ ,  $c(\text{HNO}_3) = 0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , dobivena je promjena potencijala po koncentracijskoj dekadi 30mV, međutim elektroda pokazuje slabu selektivnost. Bolji rezultati dobiveni su kada je kao unutrašnja otopina korištena otopina kalijevog fluorida,  $c(\text{KF}) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$  pomiješana s nekoliko kapi otopine  $\text{HNO}_3$ ,  $c(\text{HNO}_3) = 0,01 \text{ mol L}^{-1}$ .

Ispitivan je odziv elektrode prema fluoridnim ionima, te je dobivena promjena potencijala po koncentracijskoj dekadi od 15 do 40 mV u području koncentracije fluorida  $10^{-1}$  do  $10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ . Elektroda je bila testirana i na druge ione i pokazalo se da odziv elektrode ovisi o sastavu unutrašnje otopine.

### 1.3. PREGLED NOVIJE LITERATURE

Neki autori pripravili su novi fluoridni ionsko–selektivni senzor temeljen na kombinaciji jedinstvenih osobina grafenovog oksida s anionskom selektivnošću metaloporfirina. Elektroda je pripravljena iz smjese 27% PVC-a, 54% NPOE-a, 4% NaTPB-a i 15 %NbTPP-GO-a. Senzor pokazuje Nerstov odziv (58.3 mV po dekadi) u području koncentracije od  $5,0 \times 10^{-1}$  do  $5,0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$  s granicom detekcije od  $8,0 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ . Odziv senzora stabilan je u pH području od 3,0 do 7,0, također senzor temeljen na NbTPP – GO – a pokazuju selektivnost prema velikom broju aniona. Vrijeme života pripremljenog senzora je dugo (više od 12 tjedana) a vrijeme odziva je oko 20 s.<sup>15</sup>

Razvijena je nova fluorid selektivna elektroda pripravljena od 70%  $\text{Ag}_2\text{S}$ , 10%  $\text{Cu}_2\text{S}$  i 20%  $\text{CaF}_2$ . Linearna promjena potencijala je u području koncentracije od  $1 \times 10^{-6}$  do  $1 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$  fluoridnog iona. Promjena potencijala po koncentracijskoj dekadi fluorida za ovaj senzor iznosila je  $26 \pm 2 \text{ mV}$ . Nađeno je da promjena pH vrijednosti u području od 1 do 8 nema utjecaja na promjenu potencijala elektrode. Nije zabilježena interferencija kationa kao što su  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  te aniona  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{PO}_4^{3-}$ . Životni vijek elektrode je više od 2 godine kada se koristi bar 4 do 5 puta dnevno, a vrijeme odziva je oko 60 s.

Mjerenja su izvedena pri konstantnoj ionskoj jakosti ( $0,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ ) i na sobnoj temperaturi. Elektroda je korištena za određivanje fluoridnog iona u gradskoj vodi Ankare i u bocama izvorske vode primjenom standardne metode dodavanja.<sup>16</sup>

Bis (2-metilbenzaldehyd) butan-2,3-dihidrazon (TDSB) je korišten kao nova N-N Schiffova baza koja ima ulogu izvrsnog ionskog nosača u pripravi senzora za La(III) membrane. Najbolje odzivne karakteristike dobivene su s membranom koja sadrži 30% poli (vinil klorid), 60% benzil acetat, 6% TDSB i 4% natrijev tetrafenilborat. Ovaj senzor pokazuje vrlo dobru selektivnost prema ionima La(III) te drugih kationa, uključujući alkalne, zemno alkalne, prijelazne i teške metalne ione. Predložena elektroda pokazuje nenstovsko ponašanje (s nagibom od  $19,8 \text{ mV}$  po dekadi) u širokom rasponu koncentracija ( $1,0 \times 10^{-5}$  -  $1,0 \times 10^{-1} \text{ M}$ ). Granica detekcije senzora je  $7,0 \times 10^{-6} \text{ M}$ . senzor ima vrlo kratko vrijeme odziva, u cijelom rasponu koncentracija ( $\sim 5 \text{ s}$ ), a može se koristiti najmanje dvanaest tjedana u području pH od 3,0 do 9,4. Predloženi senzor uspješno je primijenjen kao indikatorska elektroda za potenciometrijsku titraciju La (III), s EDTA. Također je uspješno primijenjena u određivanju fluoridnih iona u tri preparata za ispiranje usta<sup>17</sup>.

## 2. EKSPERIMENTALNI DIO

Tijekom eksperimentalnog rada korištene su slijedeće kemikalije p.a. čistoće:

- Octena kiselina, ( $C_2H_4O_2$ ), T.T.T, Sveta Nedjelja
- Natrijev acetat bezvodni, ( $C_2H_3NaO_2$ ), Gram-mol, Zagreb
- Kalijev nitrat, ( $KNO_3$ ), Kemika, Zagreb
- Natrijev fluorid (NaF), Kemika, Zagreb
- Lantan (III) nitrat heksa hidrat ( $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ), Alfa Aesar
- Politetrafluoroetilen (teflon), Alfa Aesar

### 2.1. PRIPREMA OTOPINA

#### 2.1.1. Otopina lantanovog nitrata ( $c = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ )

Za pripravu otopine lantanovog nitrata  $c(La(NO_3)_3) = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$  izvagano je 8,123 g  $La(NO_3)_3$ , ( $M(La(NO_3)_3) = 324,92 \text{ g mol}^{-1}$ ). Odvagana masa otopljena je u destiliranoj vodi, prenesena u odmjernu tikvicu od 250 mL te se sve nadopuni destiliranom vodom do oznake.

#### 2.1.2. Otopina natrij-fluorida ( $c = 0,3500 \text{ mol L}^{-1}$ )

Za pripravu otopine natrijevog fluorida  $c(NaF) = 0,3500 \text{ mol L}^{-1}$  izvagano je 3,674 g NaF, ( $M(NaF) = 41,99 \text{ g mol}^{-1}$ ). Odvagana masa otopljena je u destiliranoj vodi, prenesena u odmjernu tikvicu od 250 mL te se sve nadopuni destiliranom vodom do oznake. NaF je prethodno sušen 2 h na  $110^\circ\text{C}$ .

### **2.1.3. Otopina natrij-fluorida ( $c = 0,1000 \text{ mol L}^{-1}$ )**

Za pripravu otopine natrijevog fluorida  $c(\text{NaF}) = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$  izvagano je 2,1 g NaF, ( $M(\text{NaF}) = 41,99 \text{ g mol}^{-1}$ ). Odvagana masa otopljena je u 500 mL otopine za razrijeđenje.

### **2.1.4. Otopina kalijevog nitrata ( $c = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ )**

Za pripravu otopine kalijevog nitrata  $c(\text{KNO}_3) = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$  izvagano je 10,11 g  $\text{KNO}_3$ , ( $M(\text{KNO}_3) = 101,1032 \text{ g mol}^{-1}$ ). Odvagana masa otopljena je u destiliranoj vodi, prenesena u odmjernu tikvicu od 1 L te se sve nadopuni destiliranom vodom do oznake.

### **2.1.5. Priprava otopine natrijevog acetata ( $c = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ )**

Za pripravu otopine natrijevog acetata,  $c(\text{NaAc}) = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$  izvagano je 10,254 g NaAc, ( $M(\text{NaAc}) = 82,035 \text{ g mol}^{-1}$ ). Odvagana masa otopljena je u destiliranoj vodi, prenesena u odmjernu tikvicu od 250 mL te se sve nadopuni destiliranom vodom do oznake.

### **2.1.6. Priprava otopine octene kiseline ( $c = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ )**

Za pripravu otopine octene kiseline,  $c(\text{HAc}) = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$  otpipetirano je 7,20 mL ledene octene kiseline, preneseno u odmjernu tikvicu od 250 mL te se sve nadopuni destiliranom vodom do oznake.

Za pripravu  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  otopine octane kiseline uzeli smo 7,2 mL koncentrirane octane kiseline i razrijedili destiliranom vodom do 250 mL.

### 2.1.7. Priprava acetatnog pufera pH = 4,70

Za pripravu acetatnog pufera pH = 4,70 pomiješano je 250 mL otopine octene kiseline ( $c(\text{HAc}) = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ ) s 250 mL otopine natrijevog acetata ( $c(\text{NaAc}) = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ ). pH se podešava kapaljkom dodatkom pripravljenih otopina HAc ili NaAc dok se ne postigne vrijednost pH = 4,70.

### 2.1.8. Otopina za razrjeđenje

Za pripravu otopine za razrjeđenje otpipetirano je 50,0 mL acetatnog pufera pH=4,70, preneseno u odmjernu tikvicu od 500 mL te se sve nadopuni otopinom kalijevog nitrata,  $c(\text{KNO}_3) = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$  do oznake.

## 2.2. PRIPREMA MEMBRANA

### 2.2.1 TALOŽENJE $\text{LaF}_3$ IZ $\text{NaF}$ I $\text{La}(\text{NO}_3)_3$

Cilj je dobiti slabo topljiv talog  $\text{LaF}_3$  iz  $\text{NaF}$  i  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ .



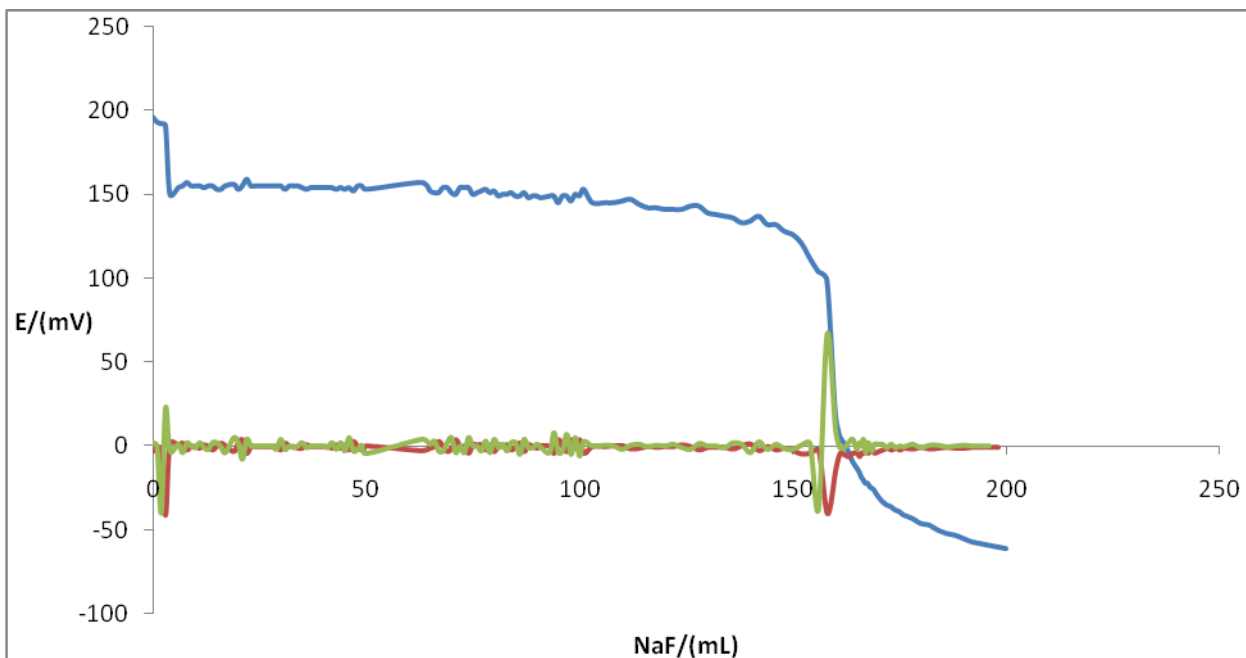
Taloženje je vršeno na četiri načina: uz povremeno miješanje, bez miješanja, miješanjem pomoću magnetne mješalice te sutaloženjem s europijem. Mjeren je potencijal kako bi se uočila točka ekvivalencije.

#### 2.2.1.1. TALOŽENJE $\text{LaF}_3$ IZ $\text{NaF}$ I $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ UZ POVREMENO MIJEŠANJE

U čaši od 600 mL nalazi se 250 mL  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  otopine  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  (pH= 3,98). Bireta je napunjena  $0,35 \text{ mol L}^{-1}$  otopinom NaF koju smo dokapavali (1 kap/1s) u čašu s  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ . Već nakon dodatka prvih kapi NaF, na površini je nastalo bijelo zamućenje. Prilikom ovog

taloženja, otopina u koju dokapavamo NaF mješana je staklenim štapićem dodatka svakog mL NaF i mjereno je elektrodni potencijal koji je prema očekivanjima nakon dodatka prvih 50 mL bio konstantan (oko 155 mV). Sljedećih 50 mL zabilježena je vrijednost potencijala oko 150 mV. Potencijal je bio skoro pa konstanta do naglog pada odnosno do trenutka kad se kvantitativno istaložio  $\text{LaF}_3$ . U tom trenutku u otopini je jasno vidljiv nastanak bijelog taloga. Tijekom miješanja uočili smo da štapićem razbijamo kristaliće pa je odlučeno da ćemo vršiti taloženje bez miješanja. Oko točke ekvivalencije došlo je do značajnog odvajanja faza (gornja faza – vodeni sloj, donja faza – puderasti, želatinozni talog). Nakon završetka titracije, nakon što je otopina nekoliko puta izmiješana sa staklenim štapićem, relativno brzo bi došlo do odvajanja faza.

-Izvršeno je dekantiranje (oko 350 mL prozirne faze-pipetom, a ostatak volumena oko 100 mL filtrirano je plavom filter vrpcom). Dobivena je puderasta vlažna smjesa koju smo s filter papirom ( $m = 1,0385 \text{ g}$ ) stavili u sušionik na  $60^\circ \text{C}$ , te ostavili preko noći. Nakon sušenja dobili smo čvrstu krutu kristaličnu masu.



**Slika 5** - Promjena potencijala s dodatkom NaF



### **2.2.1.2. TALOŽENJE $\text{LaF}_3$ BEZ MIJEŠANJA**

U čaši od 600 mL nalazi se 250 mL  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  otopine  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  ( $\text{pH}=3,98$ ). Bireta je napunjena  $0,35 \text{ mol L}^{-1}$  otopinom NaF koju smo dokapavali (1 kap/1s) u čašu s  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ . Talog je odmah počeo nastajati i tonuti na dno čaše. Oko očekivane točke ekvivalencije (oko 150-160 mL dodanog NaF) došlo je do naglog odvajanja faza. Nakon što je prethodno pipetom odvojeno 50 mL prozirne faze, pokušali smo filtracijom (bijela vrpca) odvojiti  $\text{LaF}_3$ , ali pore filter papira su se vrlo brzo začepile, a nakon nekog vremena filtrat je postao замуćen. Filtracija je prekinuta. Zaključeno je da su čestice  $\text{LaF}_3$ , dobivene bez miješanja, manje od čestice LaF dobivenih povremenim miješanjem. Filter papir je ispran destiliranom vodom u drugoj čaši. Sve je ostavljeno preko noći.

Nakon što je otopina ostavljena preko noći vidljivo je slijedeće:

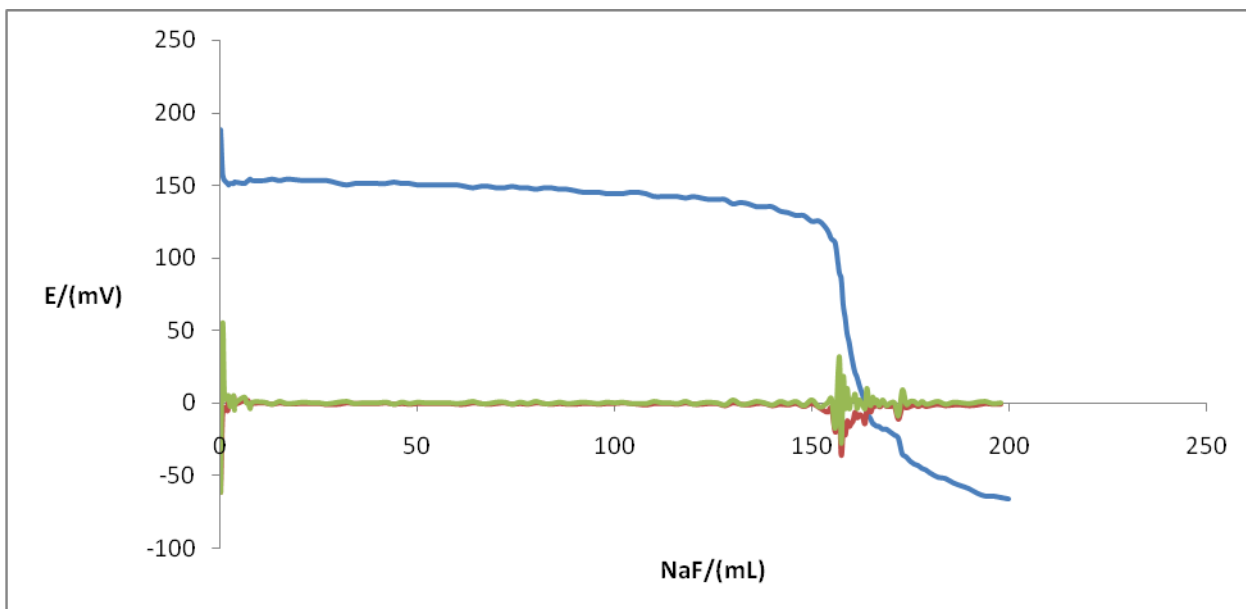
- 1) U čaši u kojoj je talog s filter papira, filtrat i destilirana voda kojom smo isprali filter papir, talog je na dnu a otopina poviše taloga je bistra.
- 2) U čaši u kojoj je preostali dio (oko 250 mL) otopine u kojoj smo vršili taloženje nema nikakve promjene. Zamućena otopina u kojoj su kroz cijeli volumen dispergirane čestice  $\text{LaF}_3$ .

Pod 2.) otopina je centrifugirana 5 minuta 5000 okretaja u minuti, pa 15 minuta pri 8500 okretaja u minuti. Talog je stavljen u sušionik pri  $60^\circ \text{C}$  te ostavljen preko noći.

### **2.2.1.3. TALOŽENJE $\text{LaF}_3$ IZ NaF i $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ S MAGNETNOM MIJEŠALICOM**

Kao i u prethodna dva taloženja pripravljene su otopine započelo se s taloženjem uz miješanje s magnetskom miješalicom. Magnetska miješalica postavljena je na 150 okretaja u minuti. Dodatkom prvih kapi NaF u otopinu  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  nastajalo je замуćenje. Mjeren je elektrodni potencijal od početka taloženja. Nakon dodatka 200 mL  $0,35 \text{ mol L}^{-1}$  NaF,

otopina je ostavljena preko noći. Nakon filtriranja, sušenjem 24 h u sušioniku na 60°C, dobili smo identičnu masu kao i kod pripreve LaF<sub>3</sub> s povremenim miješanjem.



**Slika 6** - Promjena potencijala s dodatkom NaF

#### **3.2.1.4 SUTALOŽENJE LaF<sub>3</sub> S EUROPIJEM UZ MIJEŠANJE S MAGNETNOM MIJEŠALICOM**

Otopljeno je 6,4984 g La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O u 100 mL destilirane vode te je dobivena otopina 0,2 molL<sup>-1</sup> La<sup>3+</sup>.

U tri tikvice od 50 mL otipipetira se 25 mL otopine 0,2 mol L<sup>-1</sup> otopine lantana.

U prvu tikvicu doda se 0,0065 g Eu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O te nadopuni destiliranom vodom do oznake. Očekuje se oko 0,74g LaF<sub>3</sub> s Eu u kristalnoj rešetci (oko 0,3% Eu).

U drugu tikvicu doda se 0,0217g Eu(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O te nadupuni destiliranom vodom do oznake. Očekuje se oko 0,74 g LaF<sub>3</sub> s Eu u kristalnoj rešetci ( oko 1% Eu).

U treću tikvicu doda se 0,065g  $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  te nadopuni destiliranom vodom do oznake. Očekuje se oko 0,74 g  $\text{LaF}_3$  s Eu u kristalnoj rešetci (3% Eu). Tako pripremljene otopine titrirane se s otopinom NaF,  $c(\text{NaF}) = 0,35 \text{ mol L}^{-1}$ , dobiveni talog ostavljen je 24 h u matičnoj otopini, dekantiran, filtriran te sušen u sušioniku na  $60^\circ\text{C}$ . Od dobivenog taloga pripravljene su membrane.

### 3.2.2 PRIPRAVA MEMBRANE

Membrane su pripravljene u preši pod pritiskom od 8 tona sat vremena. Membrane su pripravljene od smjese istaloženih taloga  $\text{LaF}_3$  s teflonom ili bez teflona. Membrane u koje nije dodavan teflon su se listale i pucale prilikom vađenja iz kalupa. Kada je dodano 10 % teflona membrane nisu pucale.



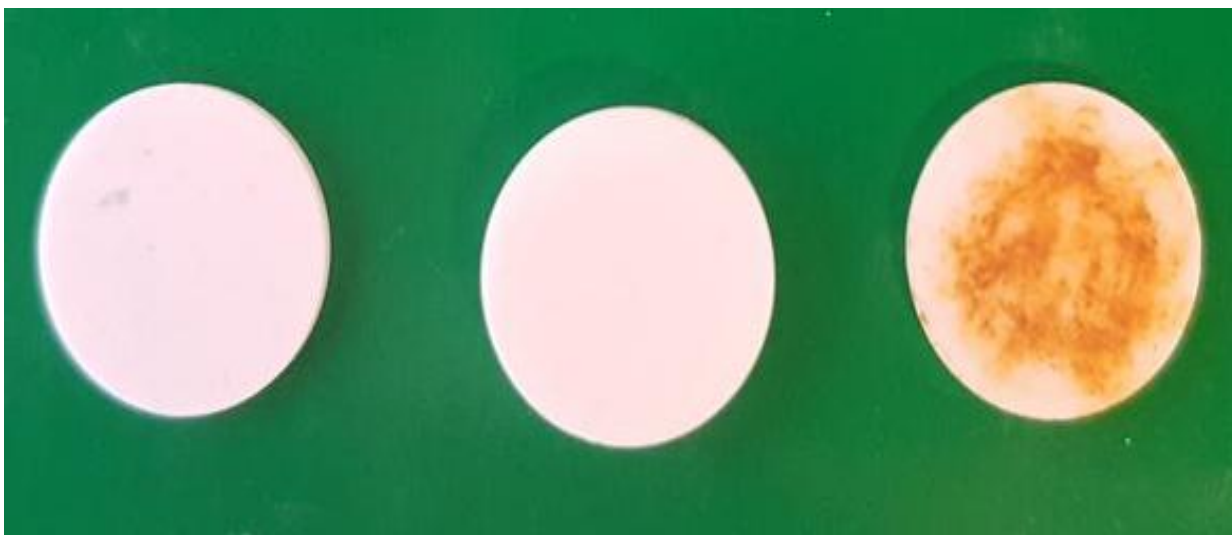
**Slika 7** - Preša za pripravu membrana



**Slika 8** - Kalup za prešanje membrana

Masa pripravljene membrane je:

- 1) 0,9 g  $\text{LaF}_3$  + 0,1g teflona
- 2) 0,45g  $\text{LaF}_3$  + 0,05g teflona
- 3) 0,63  $\text{LaF}_3$  + 0,07g teflona + 0,0062g  $\text{Eu}(\text{NO})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- 4) 0,45g  $\text{LaF}_3$  + 0,005g teflona + 0,0147g  $\text{Eu}(\text{NO})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- 5) 0,45 g  $\text{LaF}_3$  + 0,005g teflona + 0,0441g  $\text{Eu}(\text{NO})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



**Slika 9** - Prikaz isprešanih membrana

### **2.3. Labaratorijska izvedba elektrode**

U tijelo elektrode umetnute su  $\text{LaF}_3$  membrane koje su pripremljene na prethodno opisan način. Membrane su isprane s redestiliranom vodom kako bi se uklonile zaostale istaložene soli. Dva prstena od silikonske gume umetnuta su između membrane i tijela elektrode kako bi spriječila miješanje unutarnje i vanjske otopine. Kontakt s milivoltmetrom ostvaren je preko koaksijalnog kabela.



**Slika 10** – tijelo za elektrodu

## 2.4. Mjerni uređaji i pribor

Za ispitivanja provedena u ovom diplomskom radu korišteni su sljedeći mjerni uređaji i pribor:

- 1) pH/mV-metar, Mettler Toledo, Slovenija
- 2) Analitička vaga, Mettler, AT 261, (preciznost 0.00001 g), Švicarska
- 3) Magnetska mješalica, Železnik; MM 510, Slovenija
- 4) Sušionik, ST-01/02, Zagreb, Hrvatska
- 5) Čelija za potenciometriju



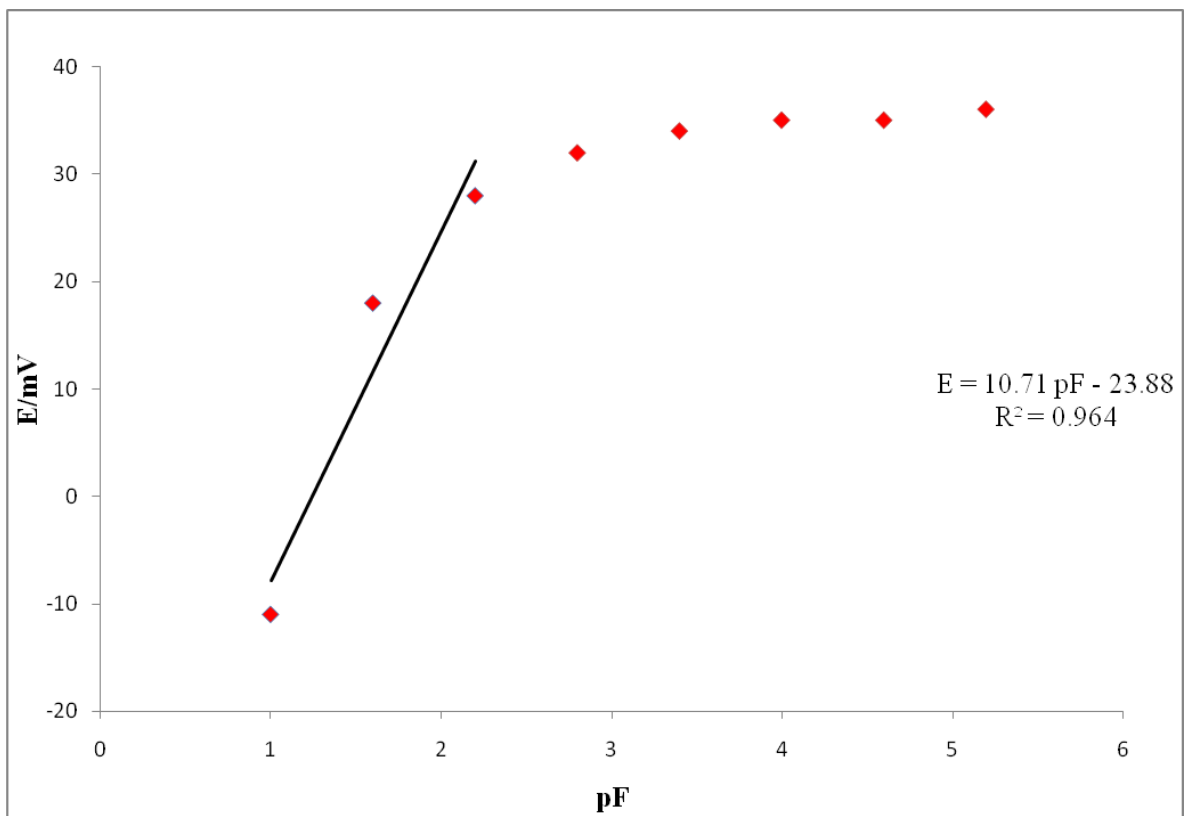
**Slika 11** - Aparatura za potenciometriju

### 3.REZULTATI MJERENJA

#### 3.1 Testiranje odziva fluoridne ionsko–selektivne elektrode

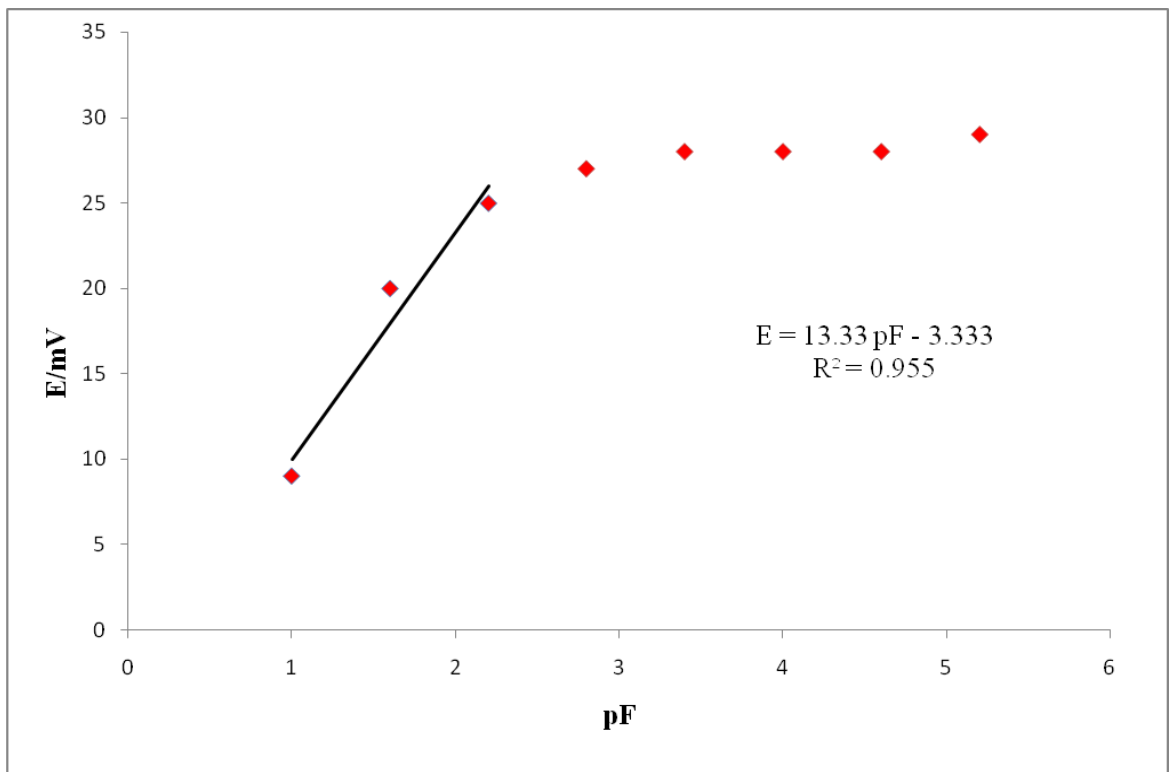
Ispitivan je odziv pripremljenih fluoridne ionsko-selektivnih elektroda dobivenih sutaloženjem  $\text{La}^{3+}$  i Eu (različiti % Eu) prema fluoridnim ionima metodom slijednog razrjeđenja. Početna koncentracija fluorida je  $10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ , a pH otopine je 4,7. Ispitivanje odziva vršeno je do  $c(\text{F}^-) = 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ . Niže koncentracije postignute su dodatkom otopine za razrjeđenje. Tijekom mjerenja temperatura i miješanje otopina održavani su konstantnim. Podatci mjerenja prikazani su na slijedećim slikama.

Nakon mjerenja membrana se ostavila u otopini NaF, ( $c(\text{NaF}) = 1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ), da bi se kondicionirala te se idući dan mjerio potencijal na prethodno opisan način. Na površinama određenih membrana nanosile su se nanočestice radi boljih odzivnih karakteristika.

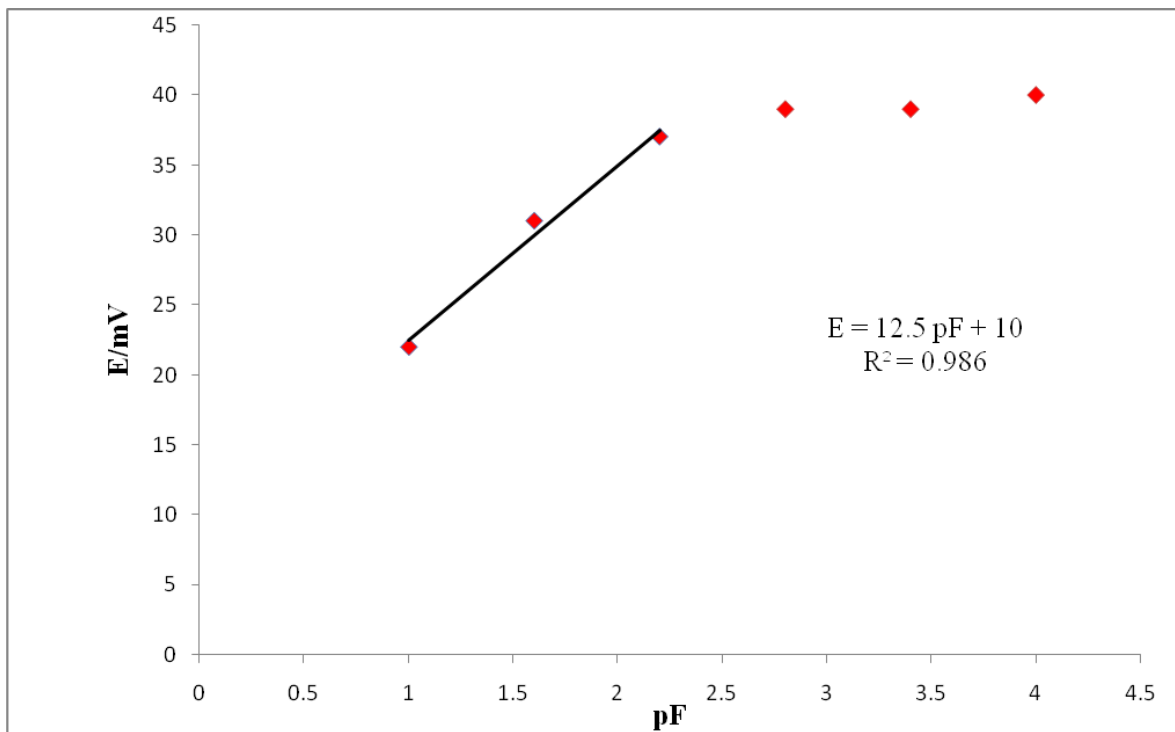


**Slika 12** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  + 0,05 g teflona + 0,3 % Eu (nekondicionirana), pH = 4,70, unutarnji kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )

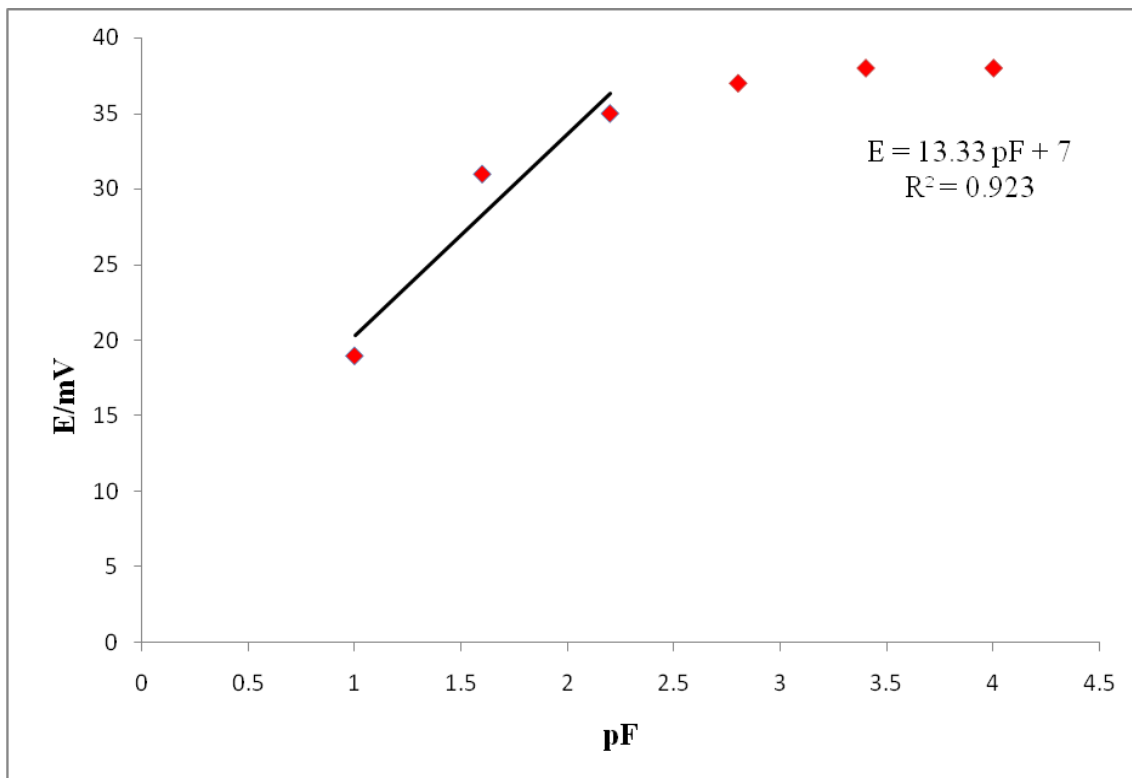




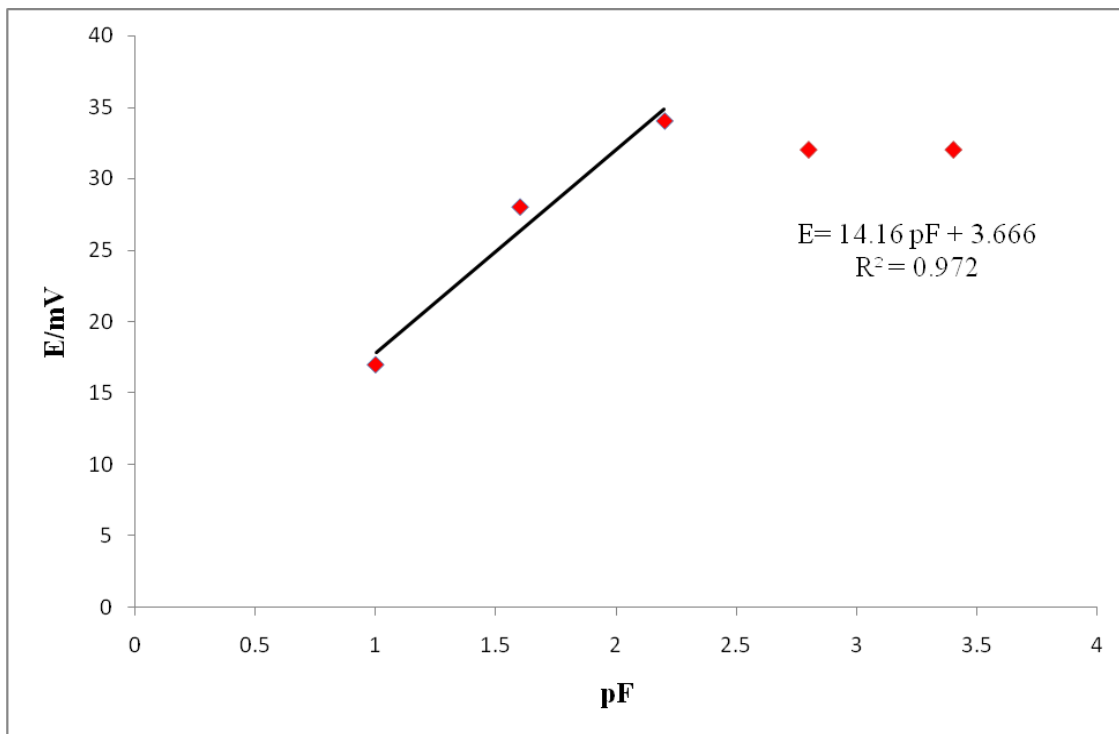
**Slika 13** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  + 0,05 g teflona + 0,3 % Eu (kondicionirana), pH = 4,70, unutarnji kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ ))



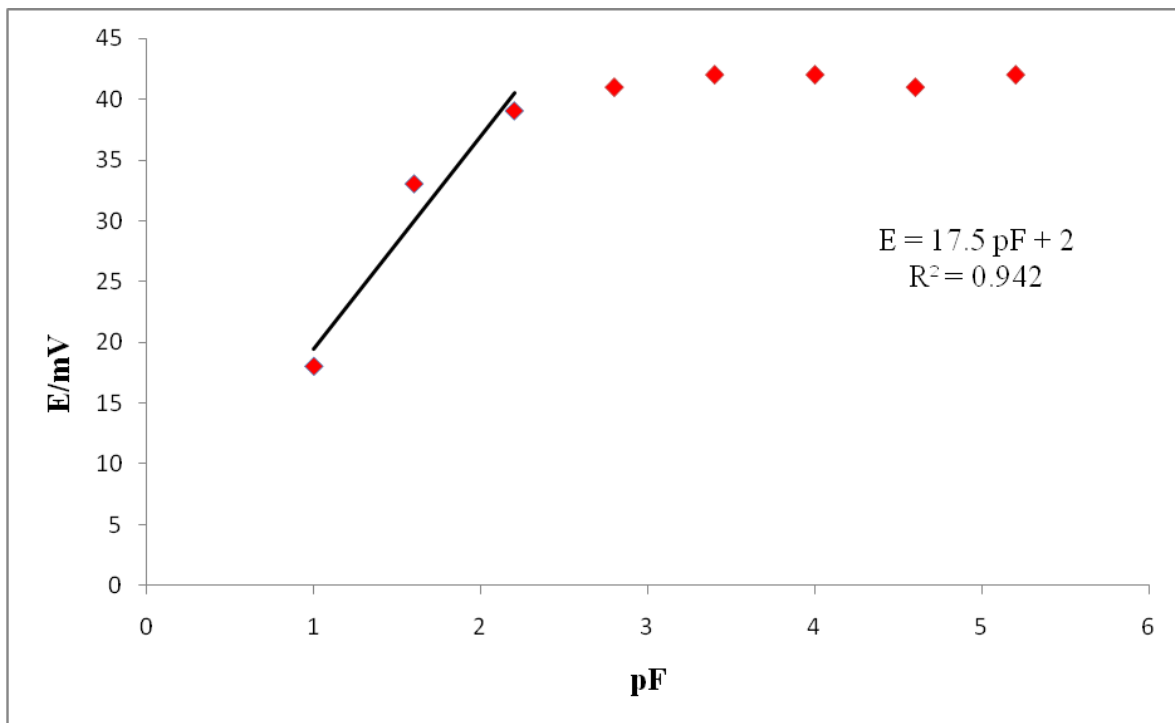
**Slika 14** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  +0,05 g teflona + 0,3 % Eu + nanočestice (nekondicionirana), pH =4,70, unutarnji elektrolitni kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )



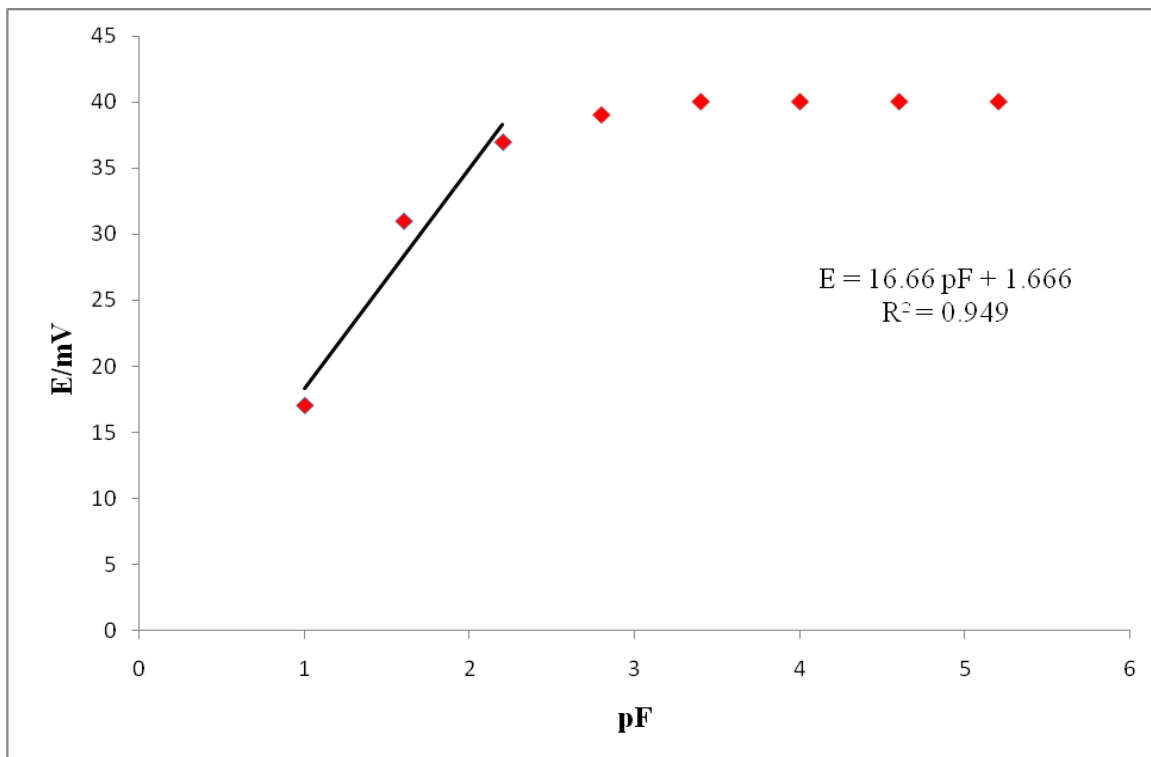
**Slika 15** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  + 0,05 g teflona + 0,3 % Eu + nanočestice (kondicionirana)<sup>-</sup>, pH = 4,70, unutarnji elektrolitni kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )



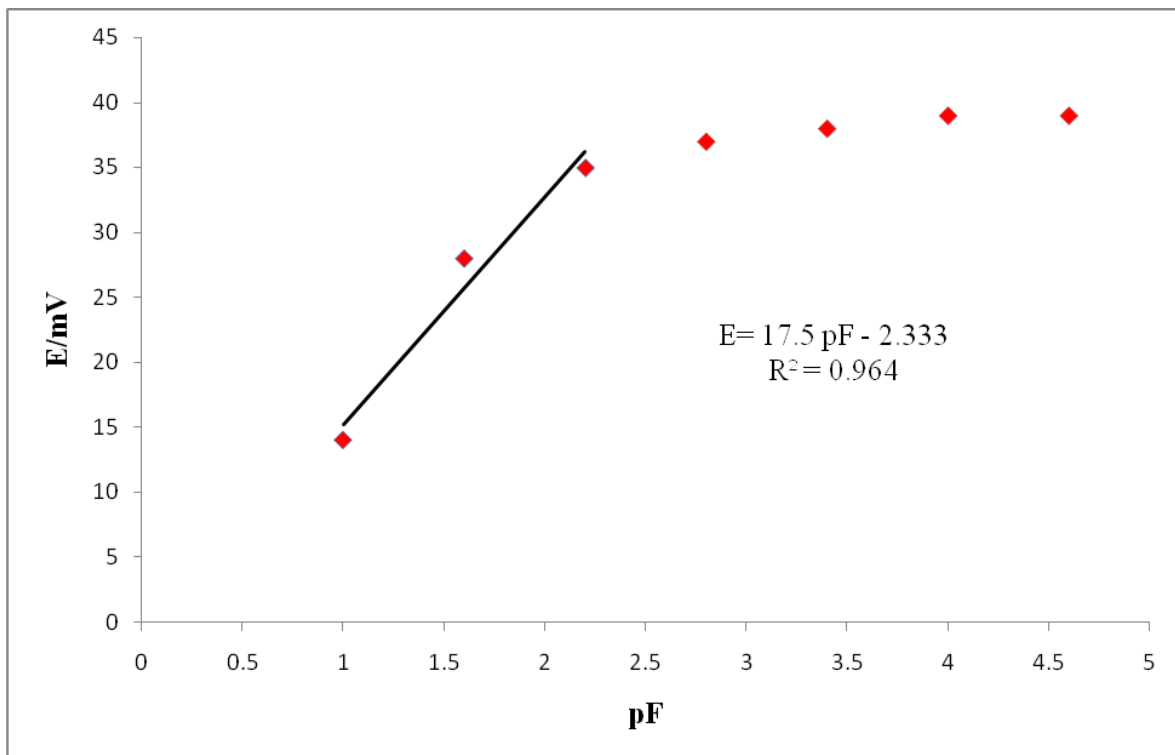
**Slika 16** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  +0,05 g teflona + 1 % Eu (nekondicionirana), pH =4,70, unutarnji elektrolitni kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )



**Slika 17** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  +0,05 g teflona + 1 % Eu (kondicionirana), pH =4,70, unutarnji elektrolitni kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )



**Slika 18** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  +0,05 g teflona + 3 % Eu (nekondicionirana), pH =4,70, unutarnji elektrolitni kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )



**Slika 19** - Ovisnost potencijala o koncentraciji  $F^-$  za membranu od 0,45 g  $LaF_3$  +0,05 g teflona + 3 % Eu (kondicionirana), pH =4,70, unutarnji elektrolitni kontakt: otopina KCl ( $c(KCl) = 3 \text{ molL}^{-1}$ )

## 4. RASPRAVA

Potencijometrija je elektroanalitička metoda koja se temeljna mjerenju razlike potencijala između radne (indikatorske) i referentne elektrode. Razlika potencijala između elektroda mjeri se pomoću osjetljivih mjernih uređaja potencijometra i voltmetra s velikom ulaznom impedancijom, tzv. pH- odnosno plon-metar. Ove mjerne naprave omogućuju mjerenje razlike potencijala uz minimalan tok struje kroz elektrokemijsku ćeliju. Ionsko selektivne elektrode su elektrode čiji je potencijal (primarno) ovisan o jednoj ionskoj vrsti. U ovom radu izvršeno je testiranje membrana koje su napravljene sutaloženjem  $\text{LaF}_3$  s  $\text{Eu}^{3+}$ , odzivne karakteristike ispitivane su pri konstantnom miješanju otopine, konstantnoj temperaturi i  $\text{pH}=4,70$ . Dobiveni rezultati nisu pokazali očekivane vrijednosti promjene potencijala po koncentracijskoj dekadi. Nekondicionirana membrana koja u sebi sadrži 0,3%  $\text{Eu}^{3+}$  (slika 12) pokazala je linearnu promijenu potencijala do koncentracije fluorida  $6,25 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ . Uočeno je i da je promjena potencijala po koncentracijskoj dekadi od 10,00 mV do 29,00 mV što je dosta niže od očekivane vrijednosti (59 mV). Kondicioniranjem membrane koja sadrži 0,3 %  $\text{Eu}^{3+}$  nije došlo do poboljšanja odzivnih karakteristika (slika 13), kao ni dodatkom nanočestica (slika 14). Dodatkom većih količina europija također nije došlo do poboljšanja odzivnih karakteristika. Kod membrana koje u sebi sadrže 1% (slika 16) i 3%  $\text{Eu}^{3+}$  (slika 18) također imamo linearnu promjenu potencijala do koncentracije fluorida  $6,25 \times 10^{-3}$ . Promjena potencijala kod ovih membrana je od 5 mV do 15 mV. Kondicioniranjem membrana s 1% i 3% nije došlo do poboljšanja odzivnih karakteristika (slika 19).

Dosada u literaturi nisu pronađeni znanstveni članci koji su na ovaj način pripremali membrane za FISE ali su neki autori opisali pripremu membrana na bazi  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$  i  $\text{Cu}_2\text{S}^{16}$  ili na bazi ionofora.<sup>15,17</sup> Ako su elektrode bile na bazi kalcijevog fluorida elektroda je pokazivala promjenu potencijala po koncentracijskoj dekadi od 26 mV s linearnom promjenom do koncentracije fluorida  $10^{-1}$  do  $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ . Kod membrana s ionoforama promjena potencijala po koncentracijskoj dekadi je 19,8 mV s linearnom promjenom do koncentracije  $10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ , odnosno 58,3 mV s linearnom promjenom do  $10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ .<sup>15,17</sup>



Iako je FISE jedna od najstarijih ionsko selektivnih elektroda još uvijek je predmet istraživanja mnogih autora i zbog toga iako rezultati prikazani u ovom radu nisu ohrabrujući trebalo bi istraživanje nastaviti s usmjerenjem na ispitivanje kristalografije nastalih kristala kao i variranjem unutarnjih elektrolitnih otopina.

## 5. ZAKLJUČAK

Membrane pripravljene na ovaj način nisu pokazale očekivane vrijednosti promjene potencijala. Promjena potencijala po koncentracijskoj dekad je znatno niža od očekivane vrijednosti (59mV).

Dodatak europija u različitim omjerima nije dovelo do željene promjene potencijala kao ni dodatak nanočestica.

Kako bi se poboljšale odzivne karakteristike istraživanje je potrebno nastaviti varirajući postotak  $\text{LaF}_3$ , teflona i europija kao i mijenjajući unutarnju elektrolitnu otopinu i kontakt..

## 6. LITERATURA

1. N. Đonlagić, Elektroanalitičke metode, Tuzla (2004) str. 2-5

URL: <https://www.scribd.com/doc/188301787/Seminarski-Rad-Potenciometrija>,  
(22.08.2018.)

2. URL: [https://www.periodni.com/enig/potenciometrijski\\_senzori.html](https://www.periodni.com/enig/potenciometrijski_senzori.html), ( 06.10.2018.)

3. *E. Pungor, E. Hollos-Rokosingi*. Preparation and properties of a new solid state borate ion selective electrode and its application, *Acta, Chim., Acad. Hung.*, **27** (1961) 63, doi: [http://www.academia.edu/3491427/Preparation\\_and\\_properties\\_of\\_a\\_new\\_solid\\_state\\_borate\\_ion\\_selective\\_electrode\\_and\\_its\\_application](http://www.academia.edu/3491427/Preparation_and_properties_of_a_new_solid_state_borate_ion_selective_electrode_and_its_application)

4. *M.S. Frant, J.W. Ross*, Electrode for sensing fluoride ion activity in solution, *Science* **154** (1966) 1559, doi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5924922>

5. *J.J. Lingane*, Preparation of Standard Chromous Sulfate or Chromous Chloride Solutions of Determinate Concentration, *Analytical Chemistry*, **40** (1968) 935,

doi: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60017a006>

6. *J.Koryta*, Membrane Electrodes, *Analytical Chemistry. Acta.* **61**, (1972) 329, doi: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ac60307a032>

7.URL: [https://www.periodni.com/hr/konstante\\_produkta\\_topljivosti.html](https://www.periodni.com/hr/konstante_produkta_topljivosti.html),( 10.8.2018.)

8. *J.Koryta*, Exchange kinetics at potassium – selective liquid membrane electrodes, *Analytical Chemistry, Acta*, **233** (1990)1, doi: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac00269a003?src=recsys&journalCode=ancham>

9. *H.M. Stahr, P.F. Ross and W. Hyde*, Selective Fluoride Electrode Mechanism Studies *Microchem. J.*, **25** (1980) 232, doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0026265X80901344>

10. *J. Martens, P. Van den Winkel and D.L Massart*, Effect of polishing the fluoride – selective electrode on the response time and sensitivity in flow systems, *Analytical Chemistry*, **48** (1976) 272, doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267000855750>

11. *R.C Hawkings, L.P.V. Corriveau*, Dynamic response of the fluoride ion – selective electrode, *S.A. Kushneriuk and Analytical Chemistry. Acta*, **102** (1978.) 61, doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267001934610>
12. *T. Anfalt and D. Jagner*, A photometric and potentiostatic investigation of the complex formation between fluoride and lanthanumalizarin complexone, *Analytical Chemistry Acta*, **47** (1969) 483, doi: [https://www.researchgate.net/publication/229297887\\_Effect\\_of\\_acetate\\_buffer\\_on\\_the\\_potentiometric\\_titration\\_of\\_fluoride\\_with\\_lanthanum\\_using\\_a\\_lanthanum\\_fluoride\\_membrane\\_electrode](https://www.researchgate.net/publication/229297887_Effect_of_acetate_buffer_on_the_potentiometric_titration_of_fluoride_with_lanthanum_using_a_lanthanum_fluoride_membrane_electrode)
13. *M.S Grant and J.W. Ross Jr.*, Serum fluoride analysis with the fluoride electrode, *Analytical Chemistry*, **40** (1968) 1169, doi: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60259a017>
14. *M. Ghosh, M.R. Dhaneshwar, R.G. Dhaneswar and B. Ghosh*, Analytical Control of Drug – Type Substances with Membrane Electrodes, *Analyst*, **103** (1978) 768, doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080284347500092>
- 15.URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23158301>, ( 25.8.2018.)
- 16.URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914009006845>, (25.8.2018.)
17. *M. R. Ganjali, P. Matloobi, M. Ghorbani, P. Norouzi, and M.S.-Niasari*, La(III) Selective Membrane Sensor Based on a New N-N Schiff's Base, *Bulletin of the Korean Chemical Society* **26** (2005) 38-42, doi: <https://www.mdpi.com/1424-8220/7/4/438/htm>